

# Planungshandbuch

Dampfkessel



# Inhalt

7	<b>Vorwort</b>
9	<b>Einleitung</b>
11	<b>A Die Nutzung von Dampf</b>
12	<b>Geschichte der Wasserdampferzeugung</b>
15	<b>B Was ist Dampf?</b>
16	<b>Nassdampf, Sattdampf, Heißdampf</b>
18	B.1.2 Wärmeinhalt
19	B.1.3 Anwendungsgebiete

## **21 C Komponenten einer Dampfkesselanlage**

### **24 Dampfkessel**

- 26 C.1 Dampfkessel
- 32 C.1.1 Kesselausrüstung
- 38 C.1.2 Mehrkesselanlage
- 41 C.1.3 Dampferzeuger im Stand-by-Betrieb
- 42 C.1.4 Abhitzeessel

### **44 Economiser (ECO)**

### **46 Dampfüberhitzer (ÜH)**

### **48 Feuerungsanlage**

- 49 C.4.1 Verbrennungsluft
- 49 C.4.2 Flüssige Brennstoffe
- 50 C.4.3 Gasförmige Brennstoffe
- 51 C.4.4 Zweistoffbrenner
- 52 C.4.5 Holzfeuerung

### **54 Wasseraufbereitung**

- 58 C.5.1 Chemische Wasseraufbereitung (CWA)
- 59 C.5.2 Osmoseanlagen
- 60 C.5.3 Thermische Wasseraufbereitung (TWA)

### **64 Kondensatwirtschaft/-behandlung**

- 65 C.6.1 Niederdruck-Kondensat
- 65 C.6.2 Hochdruck-Kondensat
- 66 C.6.3 Kondensat-Aufbereitung
- 67 C.6.4 Probenahmekühler
- 69 C.6.5 Dosierung von Korrekturchemikalien

### **70 Pumpen**

- 71 C.7.1 Speisewasserpumpen/-regelung
- 73 C.7.2 Kondensatpumpen

### **74 Thermische Apparate (systembedingt)**

- 75 C.8.1 Mischkühler
- 75 C.8.2 Absalzenspanner und Laugenkühler
- 75 C.8.3 Brüdenkondensator
- 76 C.8.4 Speisewasserkühler
- 76 C.8.5 Speisewasservorwärmer

### **78 Rohrleitungsanlage**

### **80 Abgasanlage**

**82 Anlageneigenbedarf**

- 83 C.11.1 Elektrischer Eigenenergiebedarf
- 83 C.11.2 Thermischer Eigenenergiebedarf

**84 Isolierungen von Rohrleitungen, Behältern etc.**

- 85 C.12.1 Wärmeschutzisolierungen
- 85 C.12.2 Schutz vor Schwitzwasserbildung

**86 Steuer- und Schaltanlage**

- 87 C.13.1 Hauptfunktionen

**88 Vorschriften und Bestimmungen**

- 88 C.14.1 Rechtliche Grundlagen

**93 D Auslegung der Komponenten****96 Auswahl Dampferzeuger**

- 96 D.1 Auswahl Dampferzeuger
- 98 D.1.2 Wahl der Kesseldruckstufe
- 99 D.1.3 Abhitzeessel

**102 Produktprogramm**

- 103 D.2.1 Dampfkessel
- 104 D.2.2 Flammrohr-Temperatur-Überwachung (FTÜ)
- 105 D.2.3 Economiser (ECO)-Betrieb
- 106 D.2.3.1 Ecowärmeleistung
- 108 D.2.3.2 Amortisation Economiser ( $A_{ECO}$ )
- 110 D.2.3.3 Brennwertnutzung
- 113 D.2.3.4 Überhitzer (ÜH)-Betrieb
- 116 D.2.3.5 Druckhaltung/Warmhaltung – Dampferzeuger

**118 Feuerungsanlagen**

- 119 D.3.1 Drehzahlregelung – Verbrennungsluftgebläse
- 120 D.3.2  $O_2$ -Regelung
- 121 D.3.3 Brennstoffmenge/Brennstoffbedarf
- 122 D.3.4 Verbrennungsluft, Zuluftführungen
- 125 D.3.5 Schallemissionen von Monoblock-/Duoblockbrennern

**128 Wasseraufbereitung**

- 129 D.4.1 Vollentgasungsanlage
- 130 D.4.2 Teilentgasungsanlage
- 132 D.4.3 Chemische Wasseraufbereitungsanlage (CWA-Enthärtungsanlagen)
- 136 D.4.4 Funktionsbeschreibung Umkehr-Osmoseanlage (UO)
- 139 D.4.5 Wasseranalytik, allgemeine Erläuterungen



## **142 Kondensatwirtschaft**

- 143 D.5.1 Funktionsbeschreibung „offene“ Kondensatsysteme
- 144 D.5.2 Funktionsbeschreibung „geschlossene“ Kondensatsysteme

## **150 Pumpen**

- 151 D.6.1 Speisepumpen – Kriterien für Auslegung und Betrieb
- 160 D.6.2 Kondensatpumpen – Kriterien für Auslegung und Betrieb

## **162 Auslegung der thermischen Apparate**

- 163 D.7.1 Mischkühler
- 168 D.7.2 Absalzentspanner
- 171 D.7.3 Brüdenkondensator
- 174 D.7.4 Speisewasserkühler
- 180 D.7.5 Probenahmekühler

## **182 Rohrleitungsanlage**

- 183 D.8.1 Rohrleitungsanlagen
- 188 D.8.2 Spezifikationen – Werkstoffe, Schweißarbeiten
- 196 D.8.3 Berechnungen und Auslegungen von Rohrleitungen
- 210 D.8.4 Festigkeit - Dehnung - Stützweiten - Abstände - Verlegungen/Lagerungen
- 219 D.8.5 Hinweise zur planerischen Gestaltung ausgewählter Leitungssysteme
- 219 D.8.5.1 Dampfleitungen/Dampfverteiler
- 224 D.8.5.2 Kondensatleitungen und Systeme
- 226 D.8.5.3 Kessellauge- und Abschlammleitungen
- 227 D.8.5.4 Speisewasser – Weichwasser – Trinkwasser
- 229 D.8.5.5 Brüden-, Abdampf-, Ausblaseleitungen
- 232 D.8.5.6 Brennstoffleitungen
- 233 D.8.5.7 Abwasser- und Fußbodenentwässerungen

## **236 Abgasanlage**

- 237 D.9.1 Planungs- und Ausführungshinweise für Verbindungsstücke
- 239 D.9.2 Bemessungen zur Abgasanlage
- 240 D.9.3 Schornsteinanschluss/-ausführung
- 242 D.9.4 Gemeinsame Abgasanlage, Zusammenführung von Abgasströmen

## **244 Anlageneigenbedarf**

- 244 D.10.1 Elektrischer Anlageneigenbedarf
- 248 D.10.2 Thermischer Anlageneigenbedarf

## **253 E Anforderungen und Vorschriften**

### **254 Grundsätzliche Anforderungen und Vorschriften an das Erlaubnisverfahren**

- 254 E.1.1 Erlaubnisverfahren nach §13 Betriebssicherheitsverordnung
- 265 E.1.2 Übersicht Erlaubnisverfahren Deutschland
- 268 E.1.3 Übersichten und Zusammenstellung von Antragsunterlagen und deren Erstellung
- 271 E.1.4 Übersichten zur Erstellung der Antragsunterlagen

**272 Grundsätzliche Anforderungen und Vorschriften zur Aufstellung von Dampfkesseln**

- 273 E.2.1 Aufstellung für Landdampfkessel der Kategorie IV
- 273 E.2.2 Aufstellung für Landdampfkessel der Kategorie III (TRD 802)
- 274 E.2.3 Aufstellungsraum Dampfkesselanlage
- 277 E.2.4 Schallemission
- 278 E.2.5 Transport und Einbringung
- 279 E.2.6 Sicherheiten gegen Erdbeben

**283 F Betrieb****284 Betriebsarten**

- 284 F.1.1 Betriebsarten
- 286 F.1.2 Normen und Vorschriften für den Betrieb
- 287 F.1.3 Prüffristen für Kessel nach Druckgeräterichtlinie

**293 G Anhang  
Technische Datensammlung und Tabellen**

- 294 [A 1] Grundlagenschema, weitere Schemen befinden sich in der Innentasche der Umschlagseite
- 296 [A 2.1] Wärmedämmung von Rohrleitungen
- 297 [A 2.2] Berührungsschutzdämmung
- 298 [A 3] Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit – Auszug
- 302 [A 4] Skizze Dampfkessel Containeranlage
- 304 [Tb. 1.0] SI-Einheiten/Umrechnungstabelle
- 305 [Tb. 1.1] 1. Umrechnungstabelle BTU/BHP/KW/t/h
- 306 [Tb. 2.0] Wasserdampf tabel (Sättigungszustand)
- 309 [Tb. 2.1] Stoffwerte für überhitzten Dampf
- 313 [Tb. 2.2] Stoffwerte für Satttdampf
- 314 [Tb. 2.3] Enthalpy/Entropy
- 315 [Tb. 3.0] Rohrrinnenrauigkeit
- 316 [Tb. 3.1] Rohrreibungszahl/Reynoldszahl
- 317 [Tb. 4.0] Druckabfall in Dampfleitungen
- 318 [Tb. 4.1] Druckabfall in Dampfleitungen Beispiel
- 319 [Tb. 5] Umrechnung für die Einheiten der Wasserhärte
- 320 [Tb. 6] Nachverdampfung bei Kondensatentspannung
- 321 [Tb. 7] Rohrleitungsquerschnitt bei gegebenen Dampfparametern (Beispiel)
- 322 [Tb. 8] Widerstand in Wasserrohrleitungen bei einem bestimmten Volumenstrom (Beispiel)
- 323 [Tb. 9] Strömungsgeschwindigkeiten (Richtwerte)
- 324 [Tb. 10] Checkliste Prüfung Dampfkessel
- 325 Literaturverweise

**326 Stichwortverzeichnis****336 Impressum**



## Vorwort

Die Energiesituation ist weltweit gekennzeichnet von begrenzten Erdgas- und Erdölreserven bei zunehmendem Verbrauch und deutlichen Preissteigerungen. Zudem heizen wachsende CO<sub>2</sub>-Emissionen unsere Atmosphäre auf und führen zu einem bedrohlichen Klimawandel. Das zwingt zu einem verantwortlichen Umgang mit Energie. Gefordert sind mehr Effizienz und der verstärkte Einsatz regenerativer Energien. Als großer Energieverbraucher kann der Industriesektor durch Einsatz innovativer und effizienter Technik maßgeblich zur notwendigen Einsparung von Energie und CO<sub>2</sub> beitragen.

Zum Viessmann Komplettangebot gehören Systemlösungen für alle Energieträger, die den Ressourcenverbrauch für eine komfortable Wärmeversorgung und sichere Dampfbereitstellung auf ein Minimum begrenzen und durch die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen die Umwelt schonen. Ob Dampferzeuger mit integrierten Economisern und nachgeschalteten Brennwertwärmetauschern für Öl- oder Gasfeuerungen bzw. Dampferzeuger für die Verbrennung von Holz (Biomasse) zur Erzeugung von Prozessdampf – Viessmann hat das passende Angebot.

Die Integration von Wärmerückgewinnungssystemen setzt genau aufeinander abgestimmte Einzelkomponenten voraus, um maximale Effizienz zu erzielen und die Betriebskosten senken. Dem muss eine korrekte Anlagenplanung zugrunde liegen. Viessmann hat bereits seit mehreren Jahrzehnten mit der Entwicklung und Produktion von leistungsfähigen Kesseln zur Erzeugung von Dampf begonnen und kann so auf große Erfahrung zurückgreifen. Diese Erfahrung möchten wir für Sie mit dem vorliegenden Planungshandbuch in kompakter Form nutzbar machen.

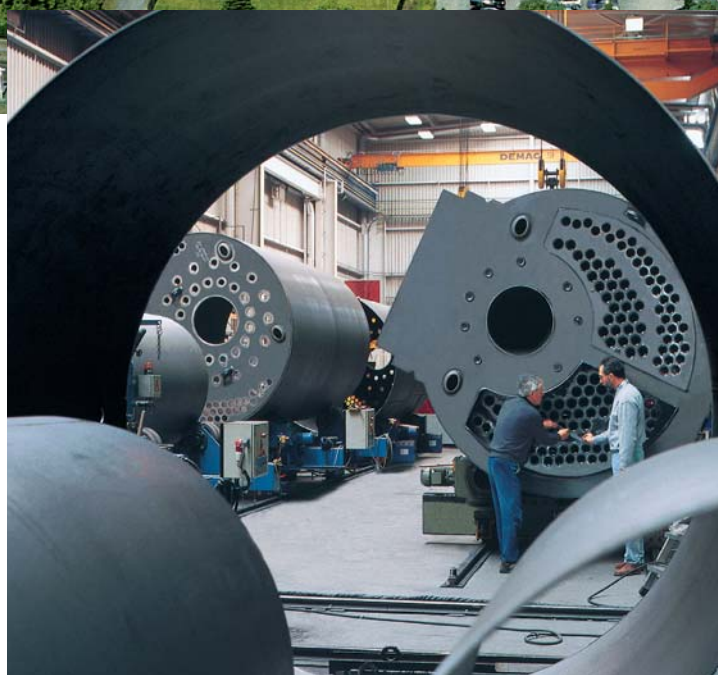
Bei der Themenauswahl haben wir einen Schwerpunkt auf die planerische und handwerkliche Sicherheit bei der Auslegung von Dampfkesseln und deren Komponenten gelegt. Denn korrekte Planung und fachgerechte Ausführung sind Grundbedingungen nicht nur für den störungsfreien und effizienten Betrieb einer Dampfkesselanlage, sondern auch für die Sicherheit von Mensch und Umwelt.

Ich bin überzeugt, dass dieses Planungshandbuch all denjenigen eine gute Unterstützung bieten wird, die planerisch in der industriellen Dampferzeugung tätig sind.

Dr. Martin Viessmann







Vitomax Fertigungswerk  
Mittenwalde

## Einleitung

Mit dem vorliegenden Handbuch Dampf werden die Viessmann Informationsmaterialien Fachreihe Dampf und der Vertriebsordner Industrieanlagen Dampf mit Fokus auf die Auslegung und Dimensionierung von Dampferzeugungsanlagen mit dem Brennstoff Öl, Gas und Holz (Biomasse) sowie Abhitzeessel bis zu einer Erzeugerleistung von 75 t/h erweitert.

Das Handbuch ist ein „Leitfaden“ für die Herangehensweise bei der Findung eines schlüssigen Erzeugerkonzeptes unter Zugrundelegung Viessmann-spezifischer „Hauptkomponenten“.

Anlagen- und Heizungsbauer, Planer und Betriebsingenieure werden dieses Handbuch im Verbund mit den oben genannten Fachbroschüren als ein weiteres Nachschlagewerk nutzen können.

Trotz gründlicher Kontrolle können wir inhaltliche Fehler sowie übersehene Druckfehler nicht völlig ausschließen.

Viessmann behält sich ausdrücklich Irrtümer vor. Aus diesem Grunde wird Viessmann für die in dieser Publikation gemachten Aussagen keine Haftung für die Richtigkeit übernehmen. Ebenso haftet Viessmann nicht für etwaige Sach-, Personen- oder Vermögensschäden die aus der Verwendung dieses Handbuches entstehen.





**VIESSMANN**

VITOMAX 200

## A Die Nutzung von Dampf

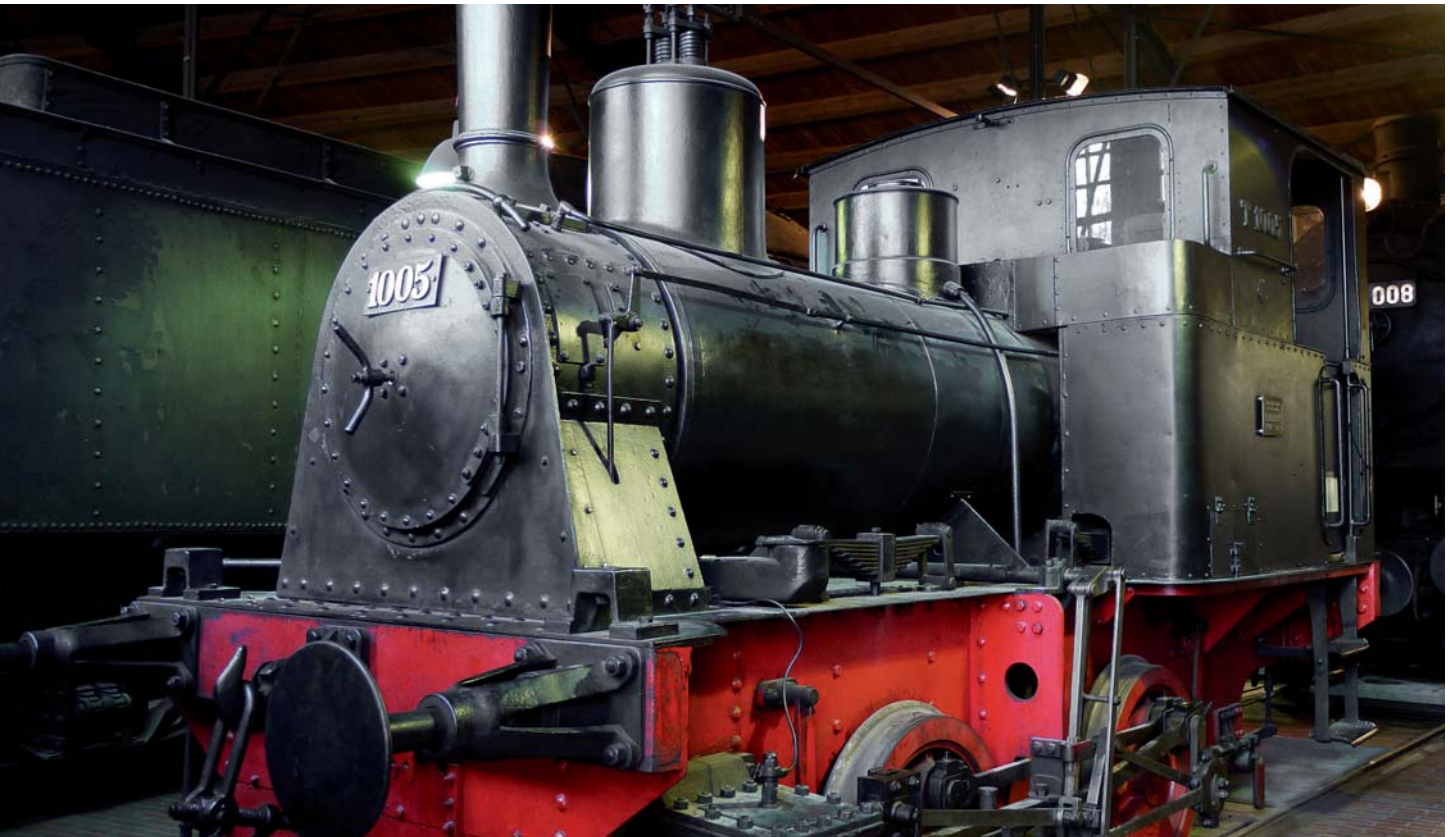
Ziel des vorliegenden Handbuches ist es, Grundlagen zur Erzeugung von Wasserdampf in Dampfkesseln zu vermitteln, sowie die Auslegung der Komponenten einer Dampfkesselanlage zu beschreiben.

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 zum Betrieb erfolgen.

Das Handbuch 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 und klammern Besonderheiten der mobilen Erzeugung, zum Beispiel auf Schiffen, bewusst aus.

Sofern Normen und Gesetze angesprochen sind, liegen europäische Regelungen zugrunde. Beispielhaft fließen auch Betrachtungen ein, die auf deutschen Vorschriften beruhen und nicht ohne Weiteres auf andere Länder übertragen werden können.





## Geschichte der Wasserdampferzeugung

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

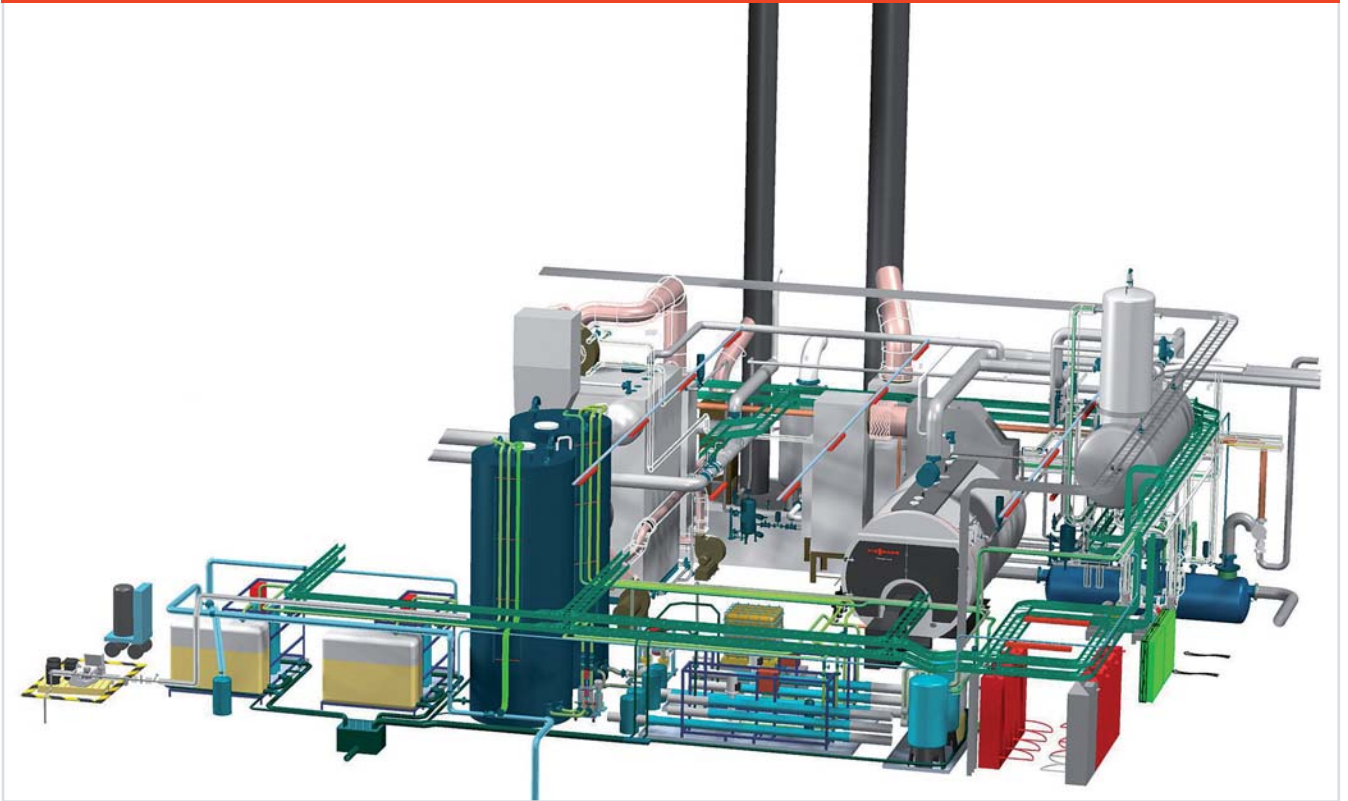
Erste Überlegungen zur technischen Nutzung von Wasserdampf werden Archimedes (287 bis 212 v. Chr.) zugeschrieben, der eine Dampfkano­ne konstruierte.

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, nach dem 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.

Abb. A.1-1 Visualisierung Kesselhaus



Zu den Praktikern gehörten James Watt und Carl Gustav Patrik de Laval, die beide durch die Vermarktung ihrer Maschinen zu wohlhabenden Männern wurden.



## B.1 Was ist Dampf?



## B Was ist Dampf?

Im Zusammenhang mit diesem Handbuch 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 beziehungsweise festen Phase durch Verdampfung beziehungsweise Sublimation<sup>1)</sup>. 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 beziehungsweise festen Phase in die gasförmige Phase übertreten wie umgekehrt aus dem Gas zurückwechseln. Der Dampf ist dann gesättigt.

Wie viele Teilchen von einer in die andere Phase wechseln, hängt stark von Druck und Temperatur des betrachteten Systems ab.

### Hinweis

Bei den in diesem Buch erwähnten Drücken handelt es sich ausschließlich um Überdrücke, außer es ist explizit darauf hingewiesen.

### 16 Nassdampf, Satttdampf, Heißdampf

#### 18 B.1.2 Wärmeinhalt

#### 19 B.1.3 Anwendungsgebiete

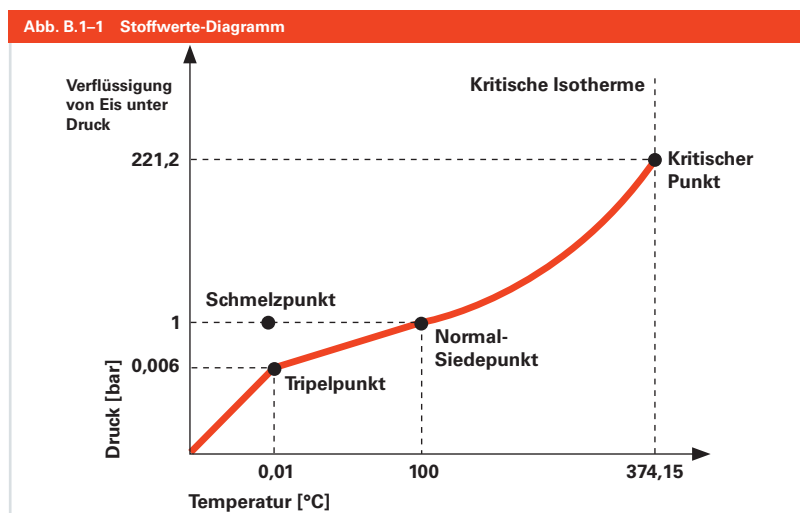
<sup>1)</sup> Sublimation: unmittelbarer Übergang eines Stoffes vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand ohne sich vorher zu verflüssigen.





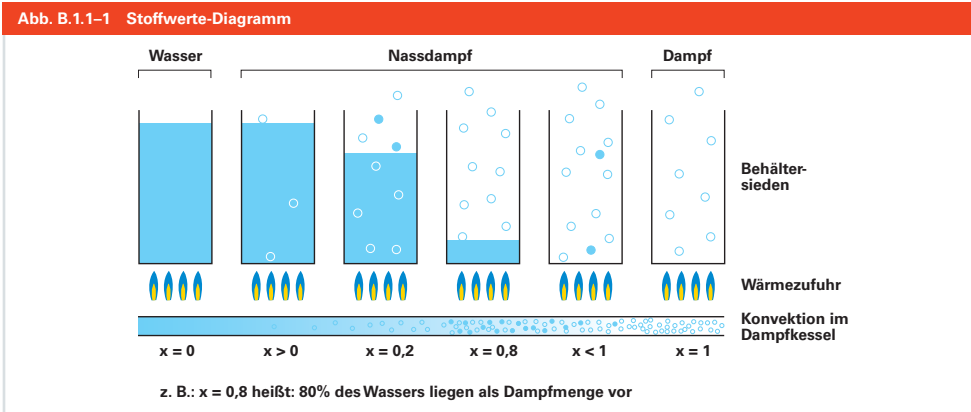
## Nassdampf, Sattdampf, Heißdampf

Wasser verdampft bei gleichem Druck unter Zuführung von Wärme. Dampf kondensiert wiederum an einer kälteren Oberfläche zu feinsten Tröpfchen.



Der Wasserdampf besteht dann aus einer Mischung von feinsten Tröpfchen und gasförmigem, unsichtbarem Wasser. Diese Mischung bezeichnet man als Nassdampf (Abb. B.1.1-1 und B.1.1-2).

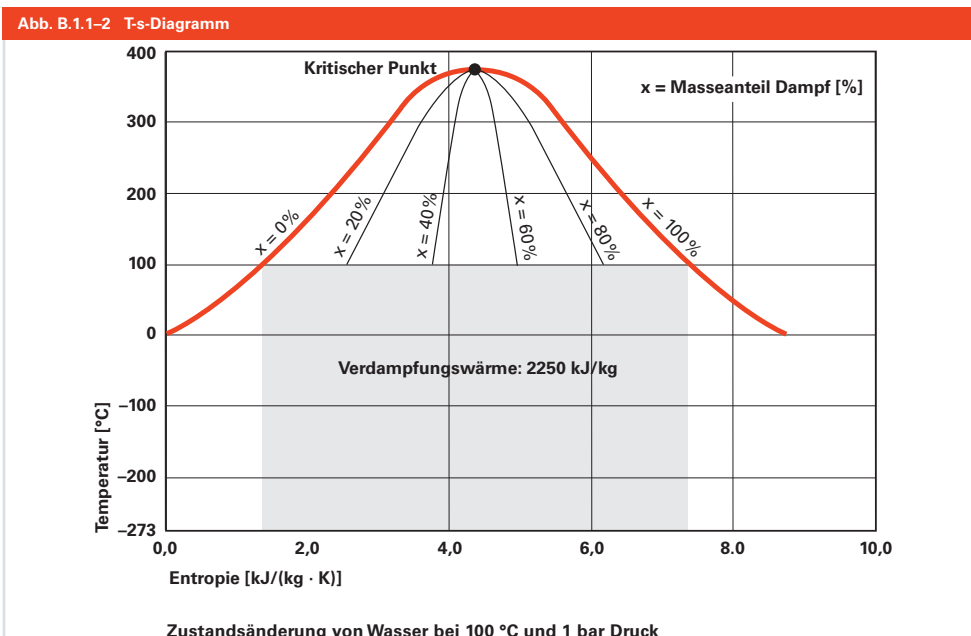
Oberhalb des kritischen Punktes sind Wasserdampf und flüssiges Wasser in ihrer Dichte nicht mehr voneinander zu unterscheiden, weshalb man diesen Zustand „überkritisch“ nennt. Dieser Zustand ist für die Anwendung von Dampfkesseln nicht relevant.



Nassdampf, Sattdampf, Heißdampf

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 Wassertröpfchen mehr und ist in seinem physikalischen Verhalten ebenfalls ein Gas und nicht sichtbar.

Der Grenzbereich zwischen Nass- und Heißdampf heißt „Sattdampf“ oder in Abgrenzung zum Nassdampf gelegentlich auch „Trockendampf“. Auf diesen Zustand sind die meisten Tabellenwerte über Wasserdampf bezogen. (Siehe Kap. G2 Tab. 2)



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

## B.1 Was ist Dampf?

Abb. B.1.2-1 Dampfkochtopf



### B.1.2 Wärmeinhalt

Der Vorteil von Dampf als Wärmeträgermedium liegt darin, dass er im Vergleich zu Wasser eine deutlich höhere Wärmekapazität besitzt. 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, zum Beispiel vom Wasserkochen. (Abb.B1.2-1)

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 beziehungsweise Dampf bleibt gleich (100 °C bei Normaldruck). (Abb. B.1.2.-2)

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. (Abb. B.1.2.-3)

Abb. B.1.2-2 Siedeverhalten

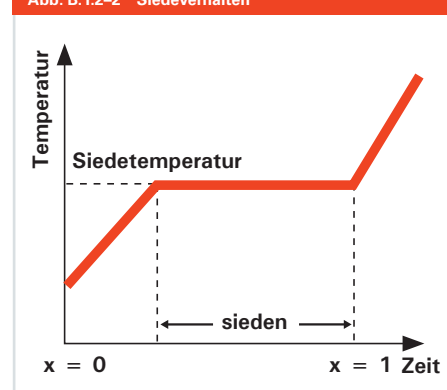


Abb. B.1.2-3 Wärmeinhalt



Abb. B.1.3-1 Dampfkesselanlage



Slowenien/Novo Mesto,  
Pharmaproduktion

### B.1.3 Anwendungsgebiete

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.

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.

Typische Einsatzgebiete für stationär erzeugten Dampf:

- Dampfturbinen,
- Dampfheizungen (Träger der Wärmeenergie),
- chemische Prozesse: als Energieträger sowie als Träger der Reagenzien,
- Lebensmittelindustrie (Fruchtsaftherstellung, Brauereien, Nudel und Käseherstellung, Molkereien, Großbäckereien), auch zu Sterilisationszwecken,
- Düngemittelindustrie,
- Vulkanisierung von Gummiprodukten,
- 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.





StoVerotec, Deutschland, Vitomax  
200-HS, 4t/h, 16 bar

## C Komponenten einer Dampfkesselanlage

Für die Erzeugung von Dampf sind neben dem Dampfkessel noch diverse thermische Apparate zum Aufbereiten des Speisewassers oder auch Rückgewinnung von Energie sowie Pumpen, Brenner und Armaturen erforderlich.

Im Gegensatz zu Heißwasserkesseln werden Dampfkessel kontinuierlich mit „frischem“ Speisewasser durchströmt. Damit die im Wasser befindlichen Inhaltsstoffe wie zum Beispiel Kalzium, Magnesium, Sauerstoff und Kohlendioxid den Dampfkessel im Laufe der Zeit nicht durch zum Beispiel Lochfraß oder Kalkablagerungen zerstören, sind geeignete Maßnahmen zu treffen um die für den Dampf-

kessel schädlichen Inhaltsstoffe zu entfernen. Darüber hinaus sind Brenner, Armaturen und Pumpen erforderlich, um den Dampfkessel mit der nötigen Energie zu versorgen. Das Zusammenspiel all dieser Komponenten bildet eine Dampfkesselanlage.

Die Hauptkomponenten einer Dampfkesselanlage werden im folgenden Kapitel beschrieben.

### **21 C Komponenten einer Dampfkesselanlage**

#### **24 Dampfkessel**

- 26 C.1 Dampfkessel
- 32 C.1.1 Kesselausrüstung
- 38 C.1.2 Mehrkesselanlage
- 41 C.1.3 Dampferzeuger im Stand-by-Betrieb
- 42 C.1.4 Abhitzekeessel

#### **44 Economiser (ECO)**

#### **46 Dampfüberhitzer (ÜH)**

#### **48 Feuerungsanlage**

- 49 C.4.1 Verbrennungsluft
- 49 C.4.2 Flüssige Brennstoffe
- 50 C.4.3 Gasförmige Brennstoffe
- 51 C.4.4 Zweistoffbrenner
- 52 C.4.5 Holzfeuerung

#### **54 Wasseraufbereitung**

- 58 C.5.1 Chemische Wasseraufbereitung (CWA)
- 59 C.5.2 Osmoseanlagen
- 60 C.5.3 Thermische Wasseraufbereitung (TWA)

#### **64 Kondensatwirtschaft/-behandlung**

- 65 C.6.1 Niederdruck-Kondensat
- 65 C.6.2 Hochdruck-Kondensat
- 66 C.6.3 Kondensat-Aufbereitung
- 67 C.6.4 Probenahmekühler
- 69 C.6.5 Dosierung von Korrekturchemikalien

#### **70 Pumpen**

- 71 C.7.1 Speisewasserpumpen/-regelung
- 73 C.7.2 Kondensatpumpen

#### **74 Thermische Apparate (systembedingt)**

- 75 C.8.1 Mischkühler
- 75 C.8.2 Absalzentspanner und Laugenkühler
- 75 C.8.3 Brüdenkondensator
- 76 C.8.4 Speisewasserkühler
- 76 C.8.5 Speisewasservorwärmer

**78 Rohrleitungsanlage****80 Abgasanlage****82 Anlageneigenbedarf**

83 C.11.1 Elektrischer Eigenenergiebedarf

83 C.11.2 Thermischer Eigenenergiebedarf

**84 Isolierungen von Rohrleitungen, Behältern etc.**

85 C.12.1 Wärmeschutzisolierungen

85 C.12.2 Schutz vor Schwitzwasserbildung

**86 Steuer- und Schaltanlage**

87 C.13.1 Hauptfunktionen

**88 Vorschriften und Bestimmungen**

88 C.14.1 Rechtliche Grundlagen



Vitomax 200-HS; 3,8t/h,  
13 bar in Belgien

## Dampfkessel

Es gibt unterschiedlichste Arten von Dampfkesseln. Angefangen bei Dampfkesseln zum Aufkochen von Teewasser über die Dampflokomotive hin zu industriell genutzten stationären Dampfkesselanlagen oder auch Dampfkessel im Kraftwerksbereich zur Erzeugung von Strom.

Viessmann baut ausschließlich Dampfkessel im Niederdruck- und Hochdruckbereich bis 30 bar für die Erzeugung von Satttdampf oder auch überhitztem Dampf, die nachfolgend beschrieben werden.





3 Vitomax 200-HS Typ M235

## C.1 Dampfkessel

Abb. C.1-1 Wärmehalt von Wasserdampf



### C.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 (Abb. C.1-1).

Die verschiedenen Kesseltypen kann man entweder nach der Bauform oder der Feuerungs- beziehungsweise 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).

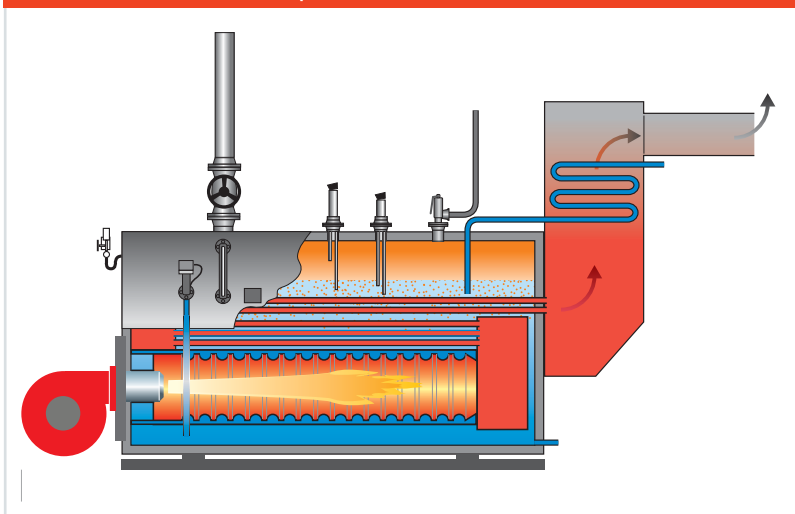
Bei ersterem befindet sich das Wasser in den Rohren, die vom Heizgas umströmt werden. Diese Bauform kommt üblicherweise als Schnelldampferzeuger bis ca. 30 bar oder aber als Wasserrohrkessel bis etwa 200 bar vor. Solche Drücke können von Flammrohr-Rauchrohr-Kesseln prinzipbedingt nicht bereitgestellt werden. Bei ihnen strömt das Heizgas (Rauchgas) durch Rohre, die von Wasser umgeben sind (Abb. C.1-2).

Je nach Größe haben diese Kessel einen zulässigen Betriebsdruck bis etwa 25 bar und liefern zum Beispiel 26 Tonnen Dampf pro Stunde.

Oberhalb der hier beschriebenen Leistung gibt es nach dem gleichen Konstruktionsprinzip Doppelflammrohrkessel bis zu einer Leistung von ca. 50 t/h. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Anordnung von 2 Flammrohren mit jeweils getrennten Rauchgaszügen und dementsprechend 2 Brennern.

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.

Abb. C.1-2 Schnitt durch einen Dampfkessel



Funktionsprinzip Flammrohr-Rauchrohr-Kessel

Abb. C.1-3 Vitomax 200-HS



Vitomax 200 HS Öl-/Gas-Hochdruck-Dampferzeuger  
Dampfleistung: 0,5 bis 4 t/h

Auch zur Erzeugung von Niederdruckdampf (bis 0,5 bar) kommt diese Bauform üblicherweise zum Einsatz.

In Deutschland sind mehr als 50% der in Betrieb befindlichen Hochdruckdampferzeuger Großwasserraumkessel der Bauart Dreizug, so auch die Hochdruckdampferzeuger Vitomax 200-HS (Abb. C.1-3 und Abb. C.1-4).

Mit der Dreizugbauweise lässt sich eine besonders wirtschaftliche und schadstoffarme und damit umweltschonende Verbrennung erzielen.

Die Heizgase strömen am Brennraumende über eine wassergekühlte Wendekammer in den zweiten Zug. In einer weiteren Wendekammer im Bereich der vorderen Kesseltür gelangen die Heizgase in den dritten Zug. Beide Rauchgaszüge sind als Konvektionsheizfläche ausgebildet.

Da die Heizgase den Brennraum durch die hinten liegende Wendekammer verlassen und keine rückströmenden Heizgase den Flammkern, wie zum Beispiel bei einem Umkehrflamkessel, 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.

Abb. C.1-4 Vitomax 200-HS mit integriertem ECO



Vitomax 200 HS Öl-/Gas-Hochdruck-Dampferzeuger mit  
aufgesetztem ECO, Dampfleistung: 5 bis 26 t/h

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 nahezu trockenen Dampf.

Aufgrund der drei Züge, und der damit einhergehenden schnellen Wärmeübergabe lässt sich eine hohe Dampfleistung bei geringen Anheizzeiten erreichen.

Die Wärmeübertragung teilt sich innerhalb der Züge wie folgt auf:

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

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



## C.1 Dampfkessel

Abb. C.1-5 Vitomax 200-HS



Sanovel/Istanbul

Die Ein-Flammrohr Großwasserraumkessel können bei der Verfeuerung von Gas bis zu einer Leistung von 26 t/h und bei Betrieb mit

Heizöl bis 19 t/h gefertigt werden. Die maximal zulässigen Betriebsdrücke betragen je nach Leistungsgröße bis zu 30 bar.

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

- großzügig dimensionierter Dampfraum mit niedriger Dampfraumbelastung und integriertem Dampftrockner sorgt für hohe Dampfqualität
- Dehnabstände nach Verbändevereinbarung. Die Abstände der Rauchrohre untereinander wie auch der Abstand der Rauchrohre zum Mantel als auch zum Flammrohr liegen deutlich über den Anforderungen. Hierdurch ist gewährleistet, dass die Schubkraft auf die stirnseitigen Böden hervorgerufen durch die unterschiedliche Längenausdehnung der Rauchrohre und des Flammrohres geringer ausfällt. Vorteil für den Betreiber: langlebiger und problemloser Kesselbetrieb. Ein Reißen der Eckanker ist bei Vitomax Kesseln unbekannt.
- Wassergekühlte Brennerdurchführung. Vitomax Kessel sind so konstruiert, dass Brenner ohne Ausmauerung montiert werden können (Ausnahme: Drehzerstäuber). Hierdurch ist eine gleichbleibende

Temperatur um den Brennerkopf herum gewährleistet was zu niedrigen gleichbleibenden  $\text{NO}_x$ -Werten führt. Die Rückstrahlung der Ausmauerung fehlt. Ausmauerungen müssen nach einem festgelegten Programm trocken gefahren werden, was die Inbetriebnahme verlängert. Darüber hinaus sind es Verschleißteile.

- Wassergekühlte hintere Wendekammer. Vitomax Kessel sind so konstruiert, dass die hintere Rauchgasumlenkung komplett wassergekühlt ist. Somit wird die Energie der Rauchgase ausschließlich der Erwärmung des Wassers zur Verfügung gestellt. Schamottsteine, wie sie teilweise in der Branche noch verwendet werden, heizen bis zum Glühen auf und wirken durch ihre Abstrahlung auf die Flamme ein und haben eine erhöhte Wärmeabstrahlung des Kessels zur Folge. Darüber hinaus sind Schamottsteine Verschleißteile und müssen regelmäßig inspiziert und gegebenenfalls erneuert werden.

- 120 mm Verbundwärmedämmung sorgt für geringe Abstrahlverluste.
- Vitomax Kessel sind mit ausreichender Anzahl an Besichtigungs- und Befahröffnungen ausgerüstet, um im Revisionsfall an alle wichtigen Stellen innerhalb des Kessels heranzukommen. Das führt zu den längstmöglichen Prüfzeiten für die innere Prüfung. Siehe Kapitel F.1.3.2.
- Sofern Eckanker eingesetzt werden, sind diese immer paarweise angeordnet. Die zulässigen Spannungen liegen deutlich unter den nach der Vereinbarung Dampfkessel zulässigen Werten. Niedrige Spannung im Bauteil => erhöhte Lebensdauer.
- Vitomax Kessel erfüllen die Regelwerke, soweit anwendbar, im kompletten Umfang.
- Die Flammraum-Geometrie erfüllt den Mindeststandard nach BDH-Richtlinie. Damit sind die Kessel-Brenner-Kombinationen im Betrieb unkritisch.
- Einfach zu öffnende Kesseltüren und Reinigungstür am Kesselende erleichtern die Wartung und senken damit die Betriebskosten.
- Verlässliche technische Angaben, die jeder Prüfung standhalten.
- Viessmann arbeitet aktiv bei der Gestaltung neuer Richtlinien und Regelwerke mit und setzt so neue Standards, die den Stand der Technik repräsentieren.

Abb. C.1-5 Pyroflex Holz befeuerter Dampfkessel



### Holzbefuerter Hochdruck Dampfkessel

Der MAWERA Hochdruck Dampferzeuger Pyroflex FSB mit einem Betriebsdruck von 6 bis 25 bar kann in Kombination mit der Flachschrubrostfeuerung Pyroflex FSB (Feuerungsleistung 1 bis 2 MW) und Pyroflex FSR (Feuerungsleistung 1 bis 15,3 MW) eingesetzt werden. Die Pyroflex FSB und FSR Brennkammer für Holzbrennstoffe (Biomasse) wird im Kapitel C.4.5 erläutert.

Der Kessel wird als 2-Zug-Kessel mit Kühlschild ausgeführt. Die Wärmeübertragung teilt sich wie folgt:

1. Zug zirka 80%
2. Zug zirka 20%.

Die Konstruktion der Pyroflex FSB/FSR Dampfkessel zeichnet sich durch nachstehende Besonderheiten aus:

- Modulare Bauweise – Einsetzbar für Holzfeuerungsanlage Pyroflex FSB und Pyroflex FSR
- Kessel kann auf der Brennkammer wahlweise direkt oder freistehend platziert werden
- Geringste thermische Spannungen bedingt durch die Kühlschildbauweise
- Einfache Geometrie der drucktragenden Teile
- Geringe Betriebskosten durch 2-Zug-Bauweise (geringer rauchgasseitiger Druckverlust)
- Geringe Abstrahlungsverluste durch 120 mm Verbund-Wärmedämmung
- Großer Dampfraum und große Ausdampffläche sowie ein integrierter Tropfenabscheider erhöhen die Dampfqualität
- Stabile Abdeckung auf der Oberseite des Kessels (Lieferumfang) – erleichtert die Wartung und schützt die Wärmedämmung vor Beschädigung
- alternativ als Kesselbedienbühne ausgeführt
- Zur Erhöhung der Reisezeit ist optional eine pneumatische Abreinigung lieferbar

In einigen Ländern werden durch die Zulassungsbehörden ab Kesselleistungen

- > 12 MW bei Ölbetrieb und
- > 15,6 MW bei Gas

Messstellen zur Flammrohrtemperaturüberwachung gefordert (siehe auch Tab. D.2.2-1).

Diese Messstellen können bei allen Vitomax 200-HS problemlos integriert werden. Derzeit werden in den EU-Ländern, auf der Grundlage entsprechender nationaler Vorschriften, Temperaturmesssysteme mit mindestens sechs Messpunkten im Flammrohr gefordert.

Mit den Messstellen werden unzulässige Wandungstemperaturen erfasst (zulässige Wandtemperatur = f (Flammrohrwerkstoffes) und die Kesselsicherheitskette (mit Feuerungsabschaltung) getrennt.

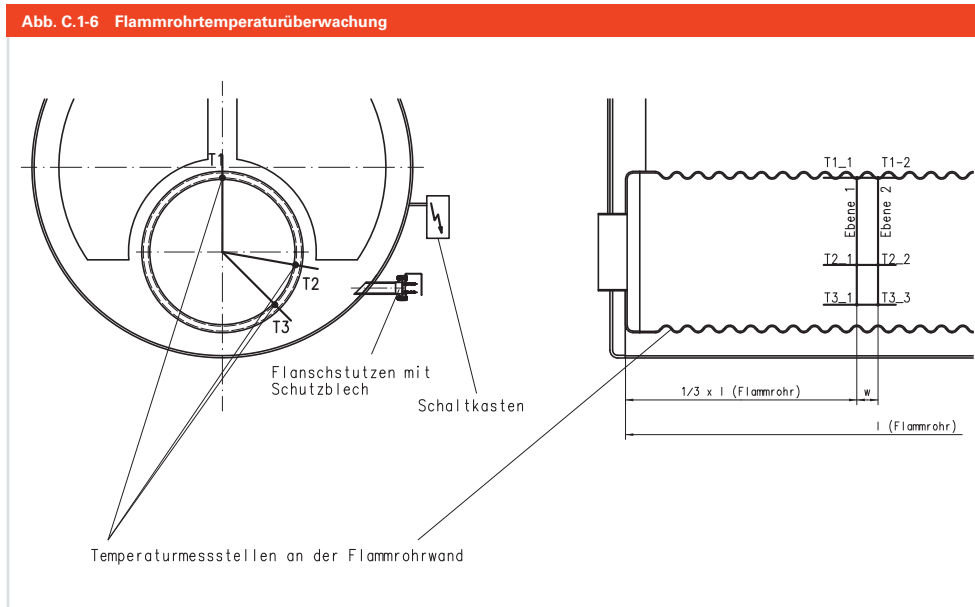
Brennstoff	Feuerungswärmeleistung (MW)	
	alt	neu
Erdgas	13,65	18,20
Heizöl	10,50	14,00

Zusätzlich der normativen Begrenzung gemäß DIN EN 12953-3 müssen dem Regelwerk folgend (TRD 306 Ziff. 11) konstruktive Begrenzungen „Herstellerbindend“ erbracht werden, die letztlich ein wesentliches Kriterium für die Bestimmung der Nenndampfleistung (siehe Auswahlhinweise eines Dampferzeugers unter Kapitel D 2) sind.

Als ausgleichende Maßnahme zur möglichen Leistungserhöhung wird in Deutschland gemäß der DIN EN 12953-3 zuzüglich der gültigen Verbändevereinbarung eine Flammrohrtemperaturüberwachung gefordert.

**Hinweis**

Bei der Anwendung der DIN EN 12953 oder der TRD + gültiger Verbändevereinbarung kann in Bezug auf die Flammrohrauslegung (in Abhängigkeit der Werkstoffdicke, des Werkstoffes, des Innendurchmessers und des Brennstoffes) die Feuerungswärme um  $\frac{1}{3}$  gegenüber den ‚alten‘ TRD-Vorschriften Verbändevereinbarung 1894/1 erhöht werden.



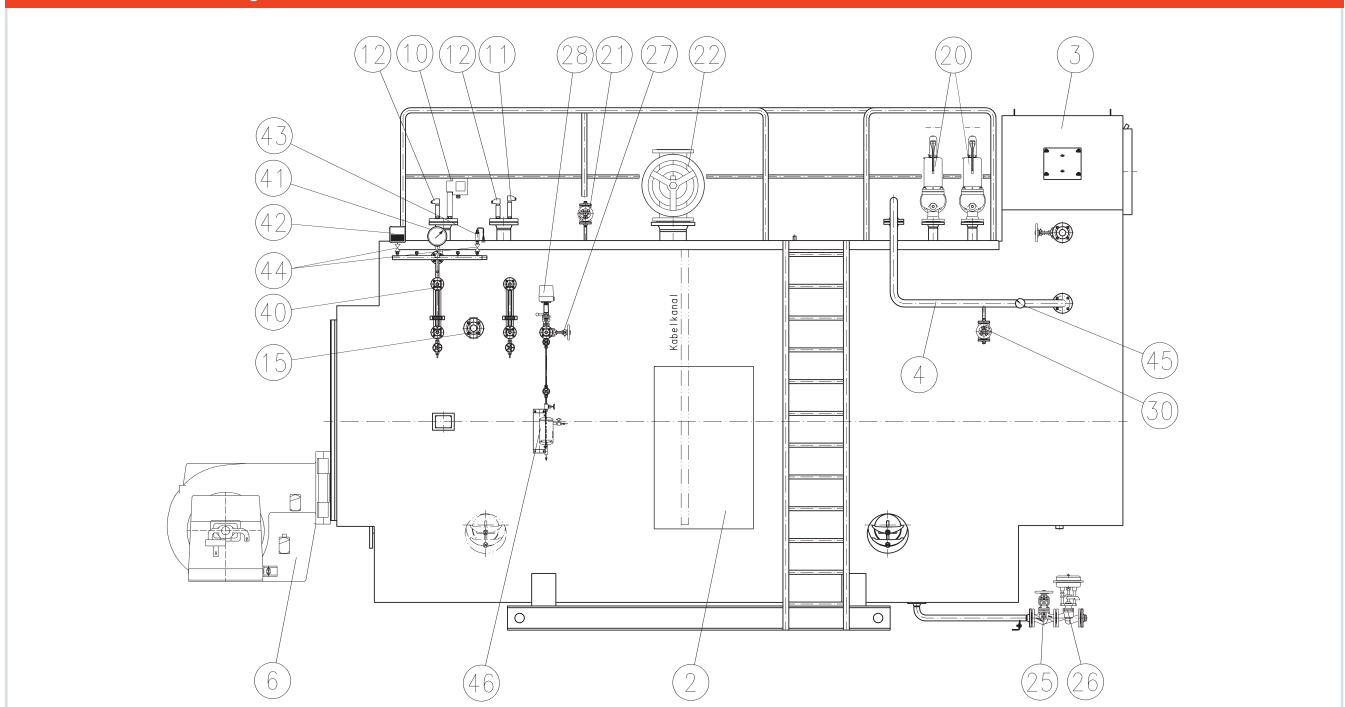
## C.1 Dampfkessel

### C.1.1 Kesselausrüstung

Zum Dampferzeuger gehören die Sicherheits-, Regel-, Anzeige- und Absperrarmaturen, das Speisewasserpumpenmodul, die Feuerung (Brenner) und ein Schaltschrank zur Ansteuerung aller kessel- und brennerspezifischen Regel- und Steuerungseinrichtungen.

Die Auswahl dieser dem Dampferzeuger zuzurechnenden Einzelkomponenten richtet sich nach der vom Betreiber gewünschten Betriebsweise der Anlage und den Brennstoffen.

Abb. C.1.1.1 Kesselausrüstung



Position 20 und 40: Anzahl (1 oder 2)  
je nach Länderanforderung

Abb. C.1.1.2 Speisewasserpumpengruppe

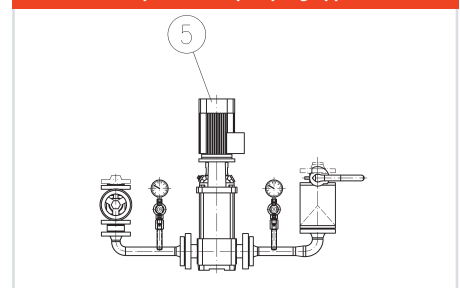
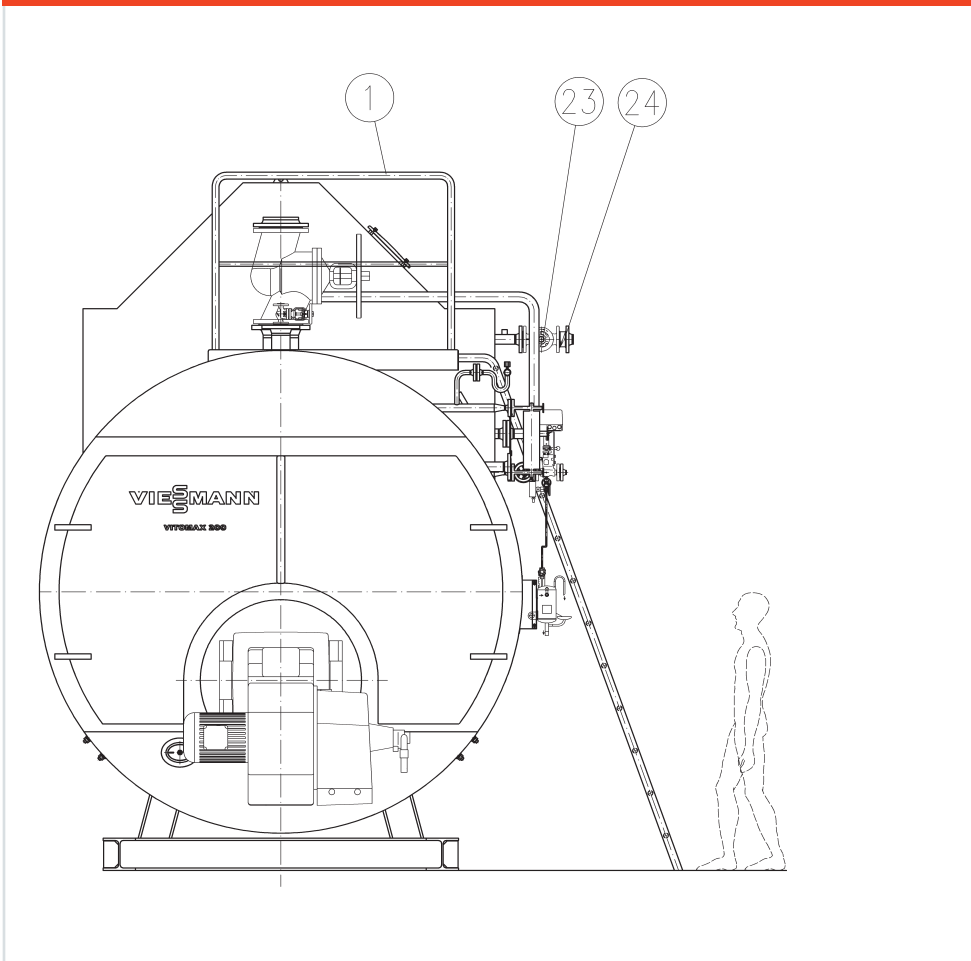


Abb. C.1.1.3 Kesselausrüstung



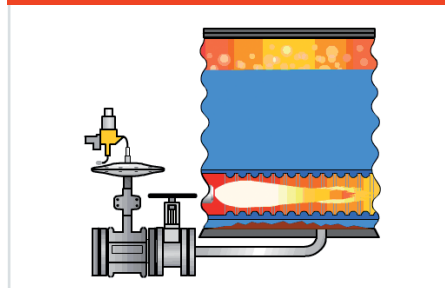
- 1 Bühne
- 2 Schaltschrank
- 3 Integrierter ECO
- 4 Verbindungsleitung ECO-Kessel
- 5 Speisewasserpumpe (Modul)
- 6 Brenner
  
- 10 Niveau Elektrode (zum Beispiel NRG126-1)
- 11 Niveau Elektrode (zum Beispiel NRG16-51)
- 12 Niveau Elektrode (zum Beispiel NRG16-50)
- 15 Leitfähigkeitselektrode
  
- 20 Sicherheitsventil
- 21 Absperrventil Entlüftung
- 22 Absperrventil Dampf
- 23 Absperrventil Speisewasser
- 24 Rückschlagventil Speisewasser
- 25 Absperrventil Abschlammung
- 26 Abschlammventil
- 27 Absperrventil Absalzung
- 28 Absalzregulierventil
- 30 Absperrventil für Entleerung ECO
  
- 40 Wasserstandanzeiger
- 41 Nanometer
- 42 Maximaldruckbegrenzer
- 43 Druckmessumformer
- 44 Durchgangsabsperrentil mit Kappe
- 45 Zeigerthermometer
- 46 Probeentnahmekühler

## C.1 Dampfkessel

Abb. C.1.1-4 Abschlammentil



Abb. C.1.1-5 automatische Abschammung



Die Ausrüstung erfolgt auf der Basis der TRD-Regelwerke beziehungsweise der EN-Norm 12953 unter Verwendung hochwertiger und soweit von den Regelwerken möglich zugelassener Systeme. Basis für die Zulassungen bilden die entsprechenden EN-Normen beziehungsweise sofern nicht verfügbar die entsprechenden VdTÜV-Merkblätter. Diese Produktauswahl ermöglicht eine hohe Anlagenverfügbarkeit und -sicherheit.

Von besonderer Bedeutung sind Abschlammentil 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.

### Abschammung

Hierzu dient ein spezielles Ventil (Abb. C.1.1-4), mit dessen Hilfe durch das kurzzeitige schlagartige Öffnen und dem damit verbundenen Sogeffekt Feststoffe vom Kesselboden entfernt werden. Die Öffnungszeit beträgt 2–5 Sekunden und erfolgt manuell beziehungsweise bei wachfrei betriebenen Anlagen automatisch über eine Abschamm-Programmsteuerung. Abschlammentile sollten durch spezielle Konstruktionsmerkmale ein sicheres und kraftvolles Schließen der Armatur sicherstellen. Optimiert wird dieses durch den Einbau des Kegels von unten, das heißt Federkraft und Kesseldruck addieren sich zur maximalen Schließkraft auf und stellen so sicher, dass trotz der betriebsbedingten Verunreinigungen das Ventil sicher schließt.

Bei sogenannten Mehrkesselanlagen sind in der Ablaufleitung Rückschlagventile zu berücksichtigen (EN 12953-6, Abs. 4.6.3).



## Absalzung

Bei der Dampferzeugung bleiben die im Wasser gelösten Salze zurück und erhöhen die Salzkonzentration des Kesselwassers vor allem an der Wasseroberfläche. Die Absalzelektrode befindet sich aus diesem Grunde im oberen Bereich des Dampferzeugers in Höhe des unteren Wasserstandes. Eine zu hohe Salzkonzentration führt zur Bildung einer Feststoffkruste, verschlechtert damit den Wärmeübergang und sorgt für Kesselkorrosion sowie Schaumbildung, wobei der Schaum mit dem Dampf mitgerissen werden kann und die nachgeschaltete Anlage störend beeinflusst.

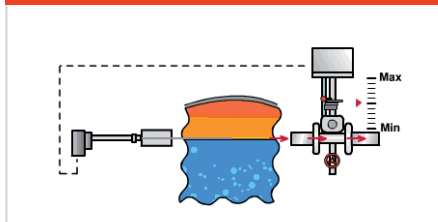
Damit sinkt die Dampfqualität und die entstehenden Wasserstaus belasten die Armaturen. Außerdem werden die Wasserstandsregler, die einen ausreichenden Wasserstand im Kessel sichern, in ihrer Funktion beeinträchtigt. Aus diesem Grund fordern die Regelwerke eine Überwachung der Kesselwasserqualität, die bei Überschreitung der maximal zulässigen Werte die Kesselanlage abschaltet. Wesentliche Anforderungen an die Qualität der Messungen werden in dem VdTÜV-Merkblatt „Wasserüberwachungseinrichtungen 100“, kurz WÜ 100, beschrieben und bilden die Basis für eine Zulassung der Messsysteme. Besondere Beachtung wird hierbei auf die Messqualität, die automatische Temperaturkompensation und die temperaturkompensierte Istwertanzeige gelegt. Als präventive Maßnahme gegen die Abschaltung der Kesselanlage infolge von zu hoher Leitfähigkeit setzt man Absalzventile ein. Durch den Absalzregler mit Grenzwertmeldung wird das Absalzventil angesteuert und schleust zusätzlich Kesselwasser aus. Die Niveauregelung gleicht den Wasserverlust mit aufbereitetem Speisewasser aus und reduziert hierdurch die Leitfähigkeit im Kessel. Auch bei den Absalzventilen kommen speziell für diese Aufgabe konstruierte Armaturen zum Einsatz. Durch die Stufendüse erfolgt die Ausschleusung bei vollem Differenzdruck (Kessel/Wärmerückgewinnung) geräusch- und verschleißarm.

Über eine im Kessel montierte Absalzelektrode wird der Leitwert kontinuierlich gemessen und bei Überschreiten eines vorgegebenen Sollwertes des Absalzventils weiter oder weniger weit geöffnet (Abb. C.1.1-6 und C.1.1-7).

Abb. C.1.1-6 Absalzventil



Abb. C.1.1-7 automatische Absalzung



Aufgrund der besseren Darstellung sind die beiden Armaturen gegenüberliegend angeordnet. In Wirklichkeit befinden die sich nebeneinander seitlich an der Kesselwand.



## C.1 Dampfkessel

### Hinweis

Für Wasserstandbegrenzer sind Geräte „besonderer Bauart“ zu verwenden. Eine „besondere Bauart“ liegt vor, wenn im elektrischen und mechanischen Teil bei jedem Gerät eine regelmäßige Prüfung selbsttätig erfolgt. Wenn im Prüfablauf Störungen auftreten, muss die Beheizung selbsttätig abgeschaltet und in einen sicheren Zustand überführt werden.

Die Begrenzer müssen den Anforderungen der EN 12953-9 entsprechen und es ist zusätzlich gem. EN 12953-6, Abs. 4.3.2, für jede Begrenzerfunktion eine Gefährdungsanalyse durchzuführen und angemessenen Stufen der funktionalen Sicherheit einzurichten.

Anmerkung: Typische Anforderungen zum Sicherheits-Integritätslevel (SIL) von Kesselschutzsystemen sind nicht kleiner als 2.

### Funktion der Niveauelektroden

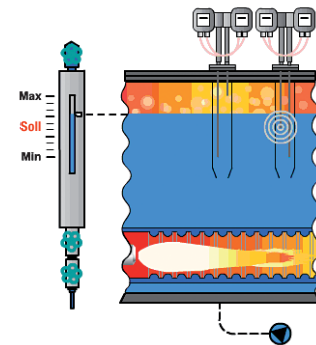
Am Beispiel Kesselausrüstung nach BosB 72h. Siehe hierzu Kapitel F.1.1.

Jeder Dampfkessel besitzt 2 Stutzen der Nennweite 100 mit den dazugehörigen, kesselseitigen Schaumschutz nach EN 12953-9, Abs. in denen jeweils 2 Elektroden montiert werden. Mögliche Kombinationen sind WB+WR oder WB+HW. Zwei WB-Elektroden dürfen nicht in einem gemeinsamen Flansch montiert werden.

WB – Wassermangelbegrenzer  
WR – Wasserstandregler  
HW – Hochwasserstandbegrenzer

Bei einem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung muss gem. der EN 12953 der Wasserstand geregelt werden. Hinsichtlich der Qualität der Niveauregelung macht das Regelwerk keine Vorgaben, das heißt es können sowohl Intervall- als auch kontinuierliche Regelungen eingesetzt werden. Für die Intervallregelung werden häufig konduktive Mehrfachelektroden eingesetzt, die über die unterschiedlichen Längen der Elektrodenstäbe eine Pumpe EIN/AUS schalten und zusätzliche Alarmer realisieren. Bei Anlagen > 2 t/h werden bevorzugt kontinuierliche Regelungen berücksichtigt. Bei dieser Messung erfolgt die Erfassung des Füllstandes über eine kapazitive, kontinuierlich arbeitende Sonde. Über einen Sollwertregler erfolgt die Ansteuerung des Regelventiles oder der FU-Pumpe für die kontinuierliche Nachspeisung.

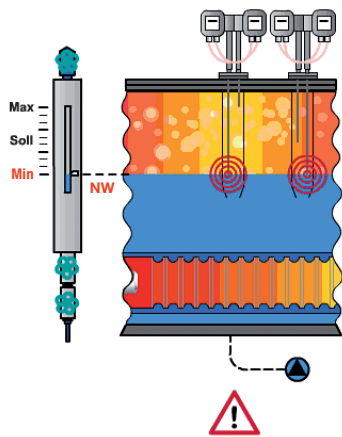
Abb. C.1.1-8 Elektroden, Regelbetrieb



Des Weiteren fordert die EN 12953 zwei unabhängig voneinander wirkende Vorrichtungen, die das Unterschreiten des min. Wasserstandes verhindern (Begrenzerelektroden für min. Wasserstand NW). Diese Begrenzerelektroden müssen in 2 Stutzen mit entsprechenden Schutzrohren eingebaut werden. Gemäß TRD 604 muss für den BosB 72h zusätzlich eine selbsttätig wirkende Einrichtung (Begrenzerelektrode für max. Wasserstand HW) am Kessel montiert sein, die das Überschreiten des höchsten Wasserstandes zuverlässig verhindert.

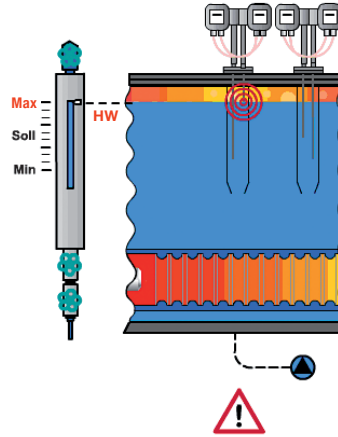
Für die wasserseitige Überwachung sind entsprechend BosB 72h somit vier Elektroden notwendig.

Abb. C.1.1-9 Elektroden, min. Alarm



Sicherheitskette HW-Alarm!

Abb. C.1.1-10 Elektroden, max. Alarm



Sicherheitskette HW-Alarm!

Kesselabsicherung: siehe Kapitel D1

Die Begrenzungselektroden für den min. und max. Wasserstand sichern den Kesselbetrieb gegen Über- oder Unterschreiten des HW beziehungsweise NW-Wasserstands. Beim Ansprechen der Begrenzungselektroden wird in die Sicherheitskette eingegriffen, die Feuerung abgeschaltet und verriegelt.

Bei der HW-Elektrode ist die Abschaltung der Feuerung nur erforderlich, wenn nachgeschaltete Heizflächen gefährdet werden können. Ansonsten greift die HW-Elektrode nur in die Nachspeiseeinrichtung ein und schaltet diese bis zum Austauschen der Elektrode ab.



## C.1 Dampfkessel

### C.1.2 Mehrkesselanlage

Aus Gründen der Versorgungssicherheit der Dampfkesselanlage, zum Beispiel in Krankenhäusern für die Sterilisation oder aus unterschiedlichem Dampfbedarf über einen bestimmten Zeitraum (Tag/Nacht, Sommer/Winter) werden Mehrkesselanlagen (Abb. C.1.2-1) eingesetzt.

Ein weiterer Grund, eine Mehrkesselanlage zu realisieren, stellt die Kombination einer Holz (Biomasse) befeuerten Dampfanlage mit einer öl- und gasbefeuerten Dampfanlage dar. Der Holz (Biomasse) befeuerte Dampfkessel wird in der Regel als Grundlastkessel eingesetzt. Als Spitzenlastkessel und zur Ausfallsicherheit kommen öl- oder gasbeheizte Dampfkessel zum Einsatz. Der öl- oder gasbeheizte Dampfkessel wird durch eine eingebaute Heizschlange auf Temperatur beziehungsweise Dampfdruck gehalten. Die erforderliche Energie wird dabei durch die Holz (Biomasse) beheizte Dampfanlage bereitgestellt.

Die Frage, wie viele Kessel in einer Anlage und mit welcher Leistung aufgestellt werden sollen, ist 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 größerer Leistung können bis auf zirka  $\frac{1}{8}$  der maximalen Kesselleistung geregelt werden. Fällt der Dampfbedarf noch unter diesen Regelbereich, geht der Kessel in Aussetzbetrieb.

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 und somit höheren Wirkungsgraden.



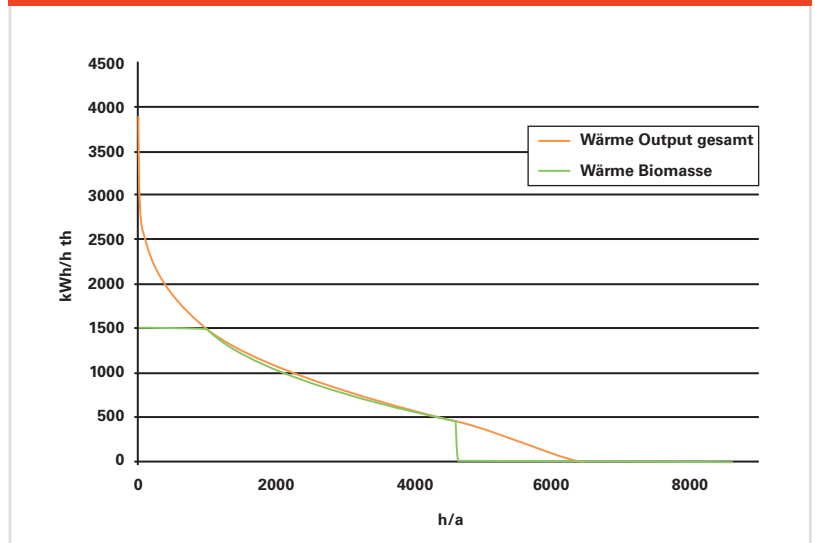
Abb. C.1.2-1 Dampfkesselanlage in einem Krankenhaus

Krankenhaus AMH Chorzow Polen,  
3 Hochdruck-Dampferzeuger Vitomax  
200 HS mit 2,4 t/h (8 bar); Versorgung  
der Heizung, Wäscherei und Sterilisa-  
tion mit Dampf.

Jeder Kessel hat grundsätzlich seine eigene Kesselsteuerung und kann über diese autark gesteuert und betrieben werden. Als Steuerung wird üblicherweise eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) vorgesehen. Die Folgeschaltung, ebenfalls über eine SPS, ist den einzelnen Kesselsteuerungen übergeordnet.

Über die SPS der Folgesteuerung wird der Führungskessel und die Reihenfolge der weiteren Folgekessel festgelegt. Kessel, die zum Beispiel in Revision sind oder aufgrund eines längerfristigen geringeren Dampfbedarfs nicht benötigt werden und deshalb konserviert werden, werden aus der Folgeschaltung herausgenommen.

Abb. C.1.2-2 Jahreslastkurve beziehungsweise Jahresdauerlinie



Die Jahreslastkurve beziehungsweise Jahresdauerlinie stellt einen praktischen Anwendungsfall einer Holz (Biomasse) befeuerten Dampfanlage (Nennleistung 1.500 kW) in Kombination mit einem Öl- oder Gas befeuerten Dampfkessel dar.

## C.1 Dampfkessel

Abb. C.1.2-3 Motor Dampfabsperrventil



Motorgesteuertes  
Dampfabsperrventil

Der Führungskessel wird entsprechend der Programmierung der SPS nach einem festgelegten Zeitraum und einer festgelegten Reihenfolge automatisch gewechselt. Die Zuschaltung eines Folgekessels kann beispielsweise dann erfolgen, wenn der Kessel, der in Betrieb ist, über einen vorgegebenen Zeitraum mit einer Leistung von zum Beispiel 80% fährt.

Die Feuerung des Folgekessels geht in Betrieb und nach Erreichen des Systemdruckes öffnet das motorgesteuerte Dampfabsperrventil (Abb. C.1.2-3) und der Kessel speist in die Dampfsammelleitung mit ein.

Abb. C.1.2-4 SPS Touch-Panel



SPS Touch Panel am  
Schaltschrank „Vitocontrol“

Das Abschalten eines Kessels erfolgt, wenn die Leistung zum Beispiel unter 35% fällt. Der Folgekessel geht außer Betrieb und das motorgesteuerte Dampfabsperrventil schließt.

Die in Reserve stehenden Kessel werden über einen zweiten Regeldruck, der tiefer liegt als der benötigte Dampfsystemdruck, unter Druck gehalten.

Mit dieser Schaltung ist eine schnelle Verfügbarkeit des Kessels bei Anforderung gesichert und der Druckkörper wird vor schwellenden Belastungen und vor Stillstandskorrosionen geschützt.

Abb. C.1.2-5 Schaltschrank „Vitocontrol“



Schaltschrank „Vitocontrol“  
mit SPS Touch Panel

Alle konkreten Einstellwerte für die Folgeschaltung sind für jede Anlage gesondert festzulegen und über die SPS (Abb. C.1.2-4 und Abb. C.1.2-5) vorzugeben.



### C.1.3 Dampferzeuger im Stand-by-Betrieb

Beim Einsatz von Mehrkesselanlagen, bei denen zum Beispiel ein Dampfkessel als Spitzenabdeckung 1x täglich zusätzlich genutzt wird, empfiehlt es sich, diesen Spitzenkessel ständig unter Druck zu halten. Das gleiche gilt auch bei Produktionsstillstand am Wochenende.

Hierbei wird der/werden die Dampferzeuger unter Druck gehalten, wobei vorzugweise eine geringe Druckstufe gewählt wird.

Somit ist gewährleistet, dass die Dampferzeuger kurzfristig Dampf für den Produktionsprozess zur Verfügung stellen und die Kesselanlage, unter Einbindung der thermischen Wasseraufbereitung, vor Sauerstoffeinbruch geschützt ist.

#### C.1.3.1 Arten der Druckhaltung

##### A Druckhaltung mittels Feuerung

In der SPS wird eine zweite Druckstufe mit geringem Überdruck (zum Beispiel 4 bar) hinterlegt. Die Brenneranlage fährt den Kessel auf den vorgegebenen Druck. Sobald der Druckaufnehmer des Kessels den erreichten Sollwert signalisiert, geht der Brenner auf Stillstand. Die thermische Wasseraufbereitung ist hier mit einzubeziehen. Das heißt, der Behälter der TWA ist ebenfalls unter Druck zu halten, um Sauerstoffeinbruch zu vermeiden.

##### B Druckhaltung mittels Heizschlange

Bei Mehrkesselanlagen können die Kessel mittels Heizschlange, welche in den wasserführenden Teil des Druckkörpers eingebaut ist, unter Druck gehalten werden. Die Zuführung des Heizdampfes wird geregelt, um die geforderten Parameter einzuhalten.

Voraussetzung ist, dass immer ein Dampferzeuger zur Verfügung steht, um die Heizschlange mit Medium zu versorgen (Abb. C.1.3.1-1).

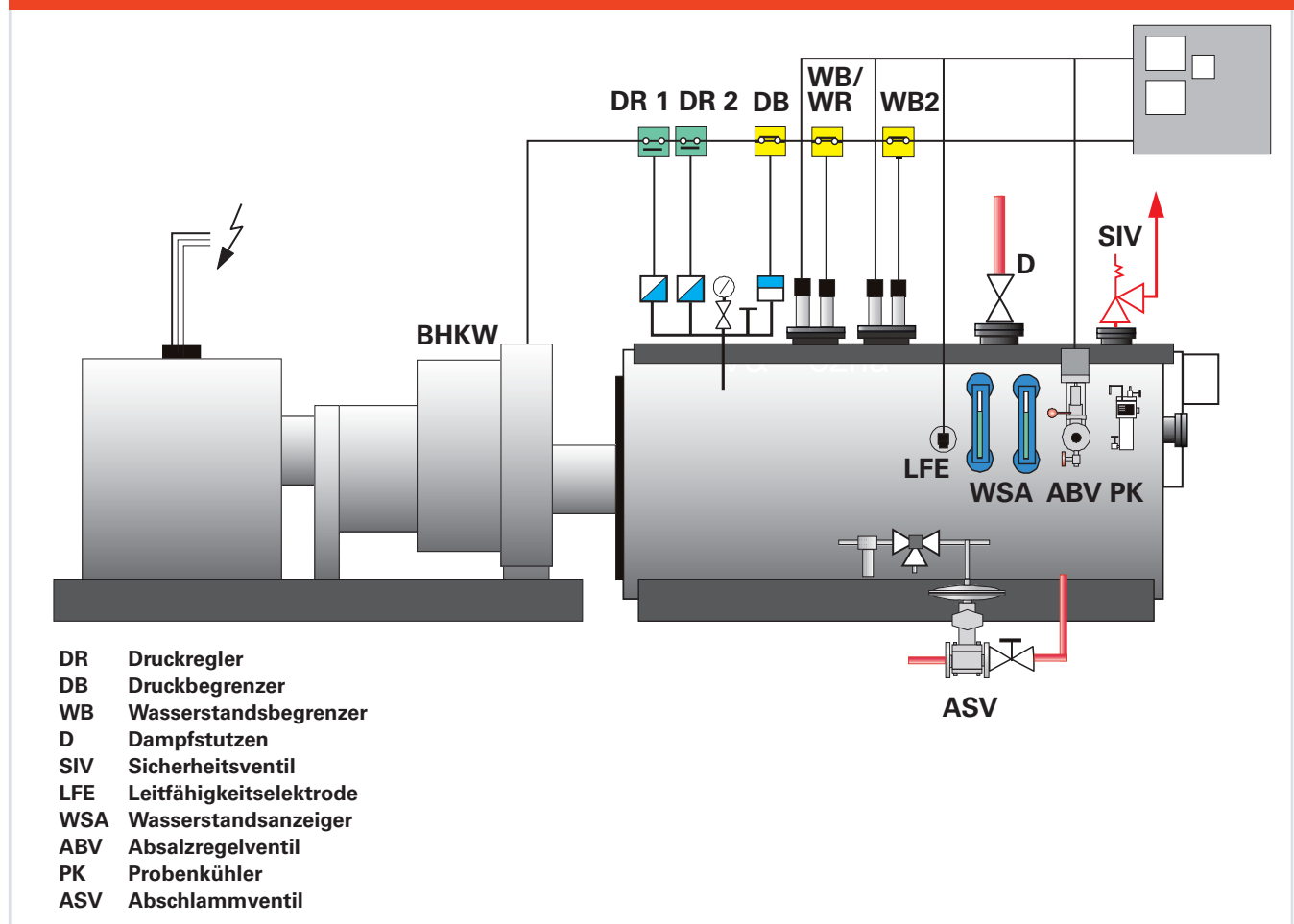
Alternativ kann auf die Dampfregelung in der Zuführungsleitung der Heizschlange verzichtet werden, wenn konstante Parameter vorliegen, nach denen die Heizschlange ausgelegt werden kann.

Um alle Kessel abwechselnd als Führungskessel fahren zu können, empfiehlt es sich, jeden Dampferzeuger mit einer Heizschlange auszurüsten.



## C.1 Dampfkessel

Abb. C.1.4-1 Abhitzeessel



### C.1.4 Abhitzeessel

Abhitzeessel nutzen die Wärme von Abgasen aus Verbrennungsprozessen oder von heißen Abluftströmen aus industriellen Prozessen zur Erzeugung von Heißwasser, Stattdampf oder überhitzten Dampf.

#### Funktion und Aufbau

Abhitzeessel von Viessmann sind nach dem Prinzip des Flammrohr-Rauchrohrkessels aufgebaut. Dabei wird das heiße Abgas durch Rohrbündel geführt, wo es seine Wärme an das im Kesselkörper befindliche Medium Wasser überträgt.

Im Gegensatz dazu strömt bei Abgas-Wärmetauschern das Medium Wasser durch Rohrbündel und das Abgas strömt innerhalb des Wärmetauschergehäuses um die Rohre herum. Abgas-Wärmetauscher werden bevor-

zugt bei der Nutzung von „kühleren“ Abgasen zur Erzeugung von Warmwasser verwendet. An der Ein- und Austrittsseite der Abhitzeessel sind Abgassammler angebracht, an denen sich Reinigungsöffnungen befinden und die Abgasleitungen angeschlossen werden.

Zur Minimierung der Abstrahlverluste ist der Abhitzeessel mit einer 120 mm Verbund-Wärmedämmung mit lackiertem Blechmantel versehen.

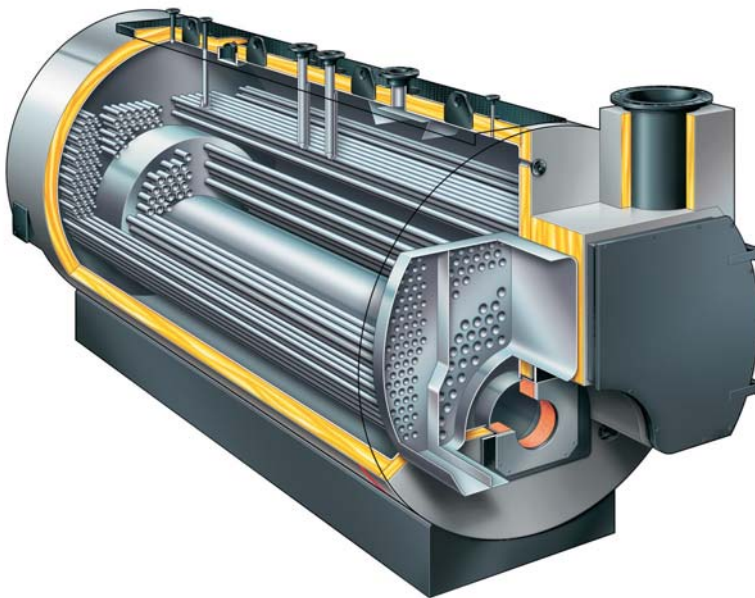
Der Abhitzeessel steht wie alle Vitomax Kessel auf einem Grundrahmen, der die Last großflächig auf den Boden überträgt.

Abb. C.1.4-2 Abhitzeessel 1-züig



Viessmann Abhitzeessel gibt es in zwei verschiedenen Bauarten: Abhitzeessel (AHK) ohne Zusatzfeuerung. Hierbei werden ausschließlich die Abgase/Abluftströme zur Erzeugung von Heißwasser oder Sattdampf genutzt.

Abb. C.1.4-3 Großwasserraumkessel Vitomax 200-HS zur Dampferzeugung mit zusätzlichen Abhitzezügen



Dampf- oder Heißwassererzeuger mit Abhitzenutzung. Hierbei handelt es sich um einen konventionell befeuerten Kessel mit zusätzlicher Abhitzenutzung.

Wann welche Kesselvariante zum Einsatz kommt, ist von den kundenspezifischen Einsatzbedingungen abhängig.



### Economiser (ECO)

Ein Economiser ist ein Abgas-/Wasser-Wärmetauscher, der im Dampferzeuger integriert oder als separate Baugruppe oben auf dem Abgassammelkasten aufgesetzt oder hinter dem Kessel angeordnet ist. Bei Dampfkesseln werden solche Economiser zur Vorerwärmung des Speisewassers genutzt. Sie dienen der Verbesserung der Energieausbeute und damit der Steigerung des Wirkungsgrades der Kesselanlage.

Die Abgastemperaturen am Kesselaustritt liegen zirka 60–80 K über der Sattdampf-temperatur. Dieser Wert ist aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei der Wärmeübertragung mit akzeptablem Aufwand nicht weiter zu verringern.

Aus dieser vergleichsweise hohen Abgastemperatur errechnet sich ein feuerungstechnischer Wirkungsgrad von 88 bis 91 % bei 100% Kesselleistung. Der Abgasverlust kann somit bis 12% betragen.

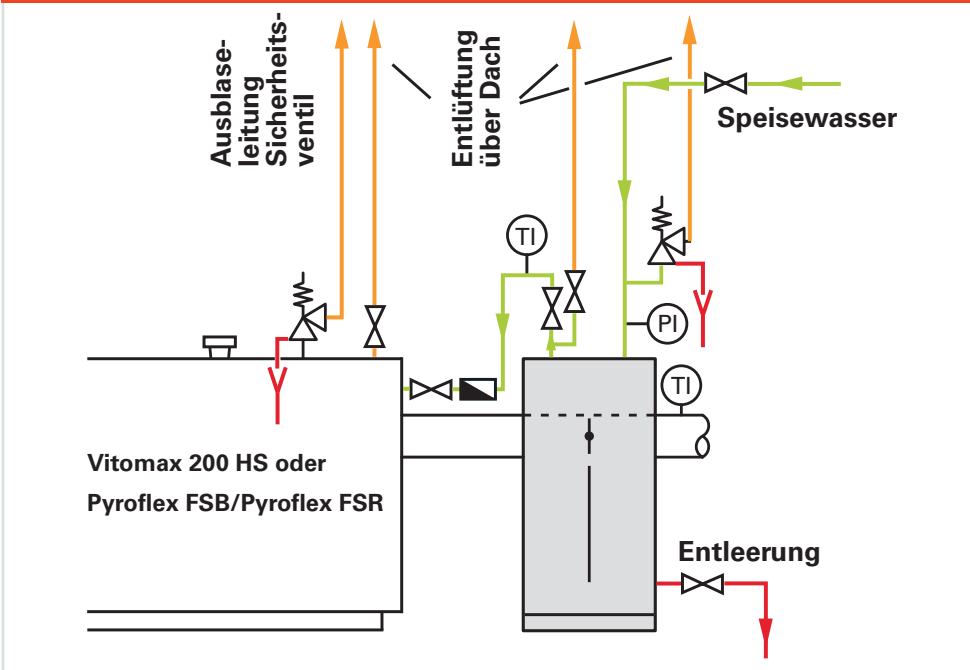
Die Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) fordert einen maximalen Abgasverlust von 9%. Zur Unterschreitung dieses Grenzwertes werden deshalb bei Dampferzeugern in vielen Fällen Speisewasservorwärmer (Economiser – ECO) eingesetzt.

Darüber hinaus ist es die ökonomischste Art, den Wirkungsgrad zu steigern.

Die ECO werden grundsätzlich dem 3. Zug bei Großwasserraumkesseln oder dem 2-Zug-Kessel (Holz beziehungsweise Biomasse befeuerte Kessel Pyroflex FSB/Pyroflex FSR) beziehungsweise Umkehrflamkesseln nachgeschaltet. Dort erfolgt dann die weitere Abkühlung der Abgase durch das Kesselspeisewasser im Gegenstrom (Abb. C.2-1).

Die wärmetechnische Auslegung erfolgt nach den gegebenen Parametern Abgasmenge und -temperatur, Speisewassermenge und -temperatur und der gewünschten Abgastemperatur nach dem ECO.

Abb. C.2-1 Schaltschema Viessmann (Mawera) - Dampferzeuger



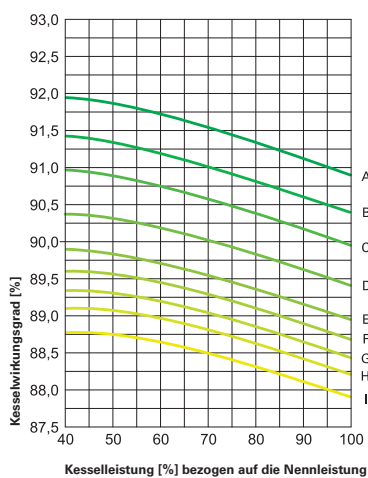
Schaltschema eines absperbaren ECOs mit Armaturen und Bypass.

Je nach Größe der Heizfläche erfolgt die Abkühlung der Abgase bis auf zirka 130 °C. Im Lieferprogramm sind für die Vitomax Dampferzeuger zwei Größen von Economisern für eine Abkühlung der Abgase auf 180 °C beziehungsweise 130 °C (Standard). Für den Pyroflex FSB/Pyroflex FSR sind Economiser zur Abkühlung der Abgase auf ca. 130–180 °C je nach Druckstufe serienmäßig verfügbar.

Das Speisewasser erwärmt sich von 102 °C (Eintrittstemperatur) auf ca. 135 °C (bei 130 °C Abgastemperatur). Auf Kundenwunsch werden andere Werte ausgelegt und angeboten.

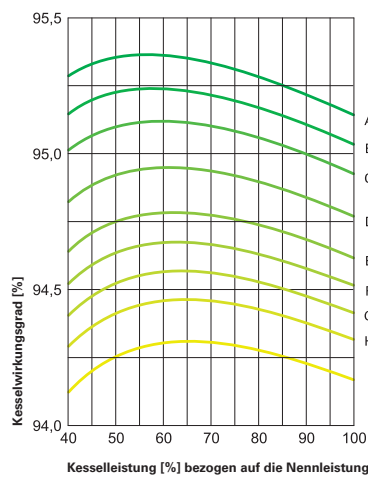
Damit ist ein feuerungstechnischer Wirkungsgrad, bezogen auf einen Betriebsdruck von 12 bar, von 95% erreichbar (Abb. C.2.-2 und Abb. C.2-3).

Abb. C.2-2 ohne Economiser



- A Betriebsdruck 5 bar
- B Betriebsdruck 7 bar
- C Betriebsdruck 9 bar
- D Betriebsdruck 12 bar
- E Betriebsdruck 15 bar
- F Betriebsdruck 17 bar
- G Betriebsdruck 19 bar
- H Betriebsdruck 21 bar
- I Betriebsdruck 24 bar

Abb. C.2-3 mit Economiser 200



- A Betriebsdruck 5 bar
- B Betriebsdruck 7 bar
- C Betriebsdruck 9 bar
- D Betriebsdruck 12 bar
- E Betriebsdruck 15 bar
- F Betriebsdruck 17 bar
- G Betriebsdruck 19 bar
- H Betriebsdruck 21 bar
- I Betriebsdruck 24 bar

Kesselwirkungsgrad inklusive Abstrahlverluste in Abhängigkeit vom Betriebsdruck (Restsauerstoffgehalt im Abgas 3%, Speisewassertemperatur 102 °C).





### Dampfüberhitzer (ÜH)

Viele industrielle Anwendungen stellen spezifische Anforderungen an die Dampfparameter.



Abb. C.3-1 Vitomax 200-HS  
Vitomax 200-HS mit Überhitzer,  
22 t/h, 10 bar, während der Fertigung,  
(installiert in Litauen).

Bei einigen Verfahrensprozessen wird Dampf mit höheren Temperaturen benötigt, als bei Sättigungsdruck zur Verfügung steht. Dies macht eine Überhitzung von Dampf erforderlich. Dazu hat Viessmann spezielle Dampfüberhitzer entwickelt, die zwischen dem zweiten und dritten Rauchgaszug des Vitomax 200-HS installiert werden.

Bei einer solchen Lösung kann der Überhitzer Dampf mit einer Temperatur von zirka 50 K über der Sattdampfperatur erzeugen.

Abb. C.3-3 Dampfkessel mit geregeltm Überhitzer

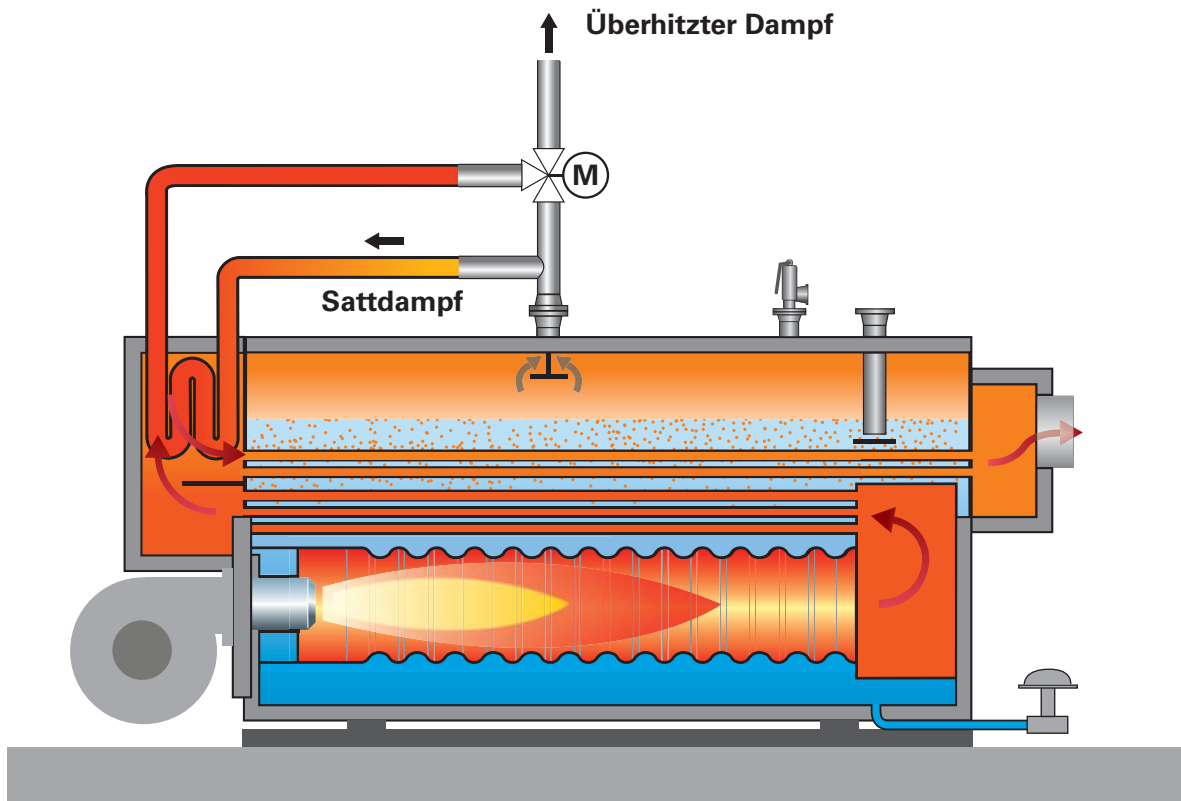
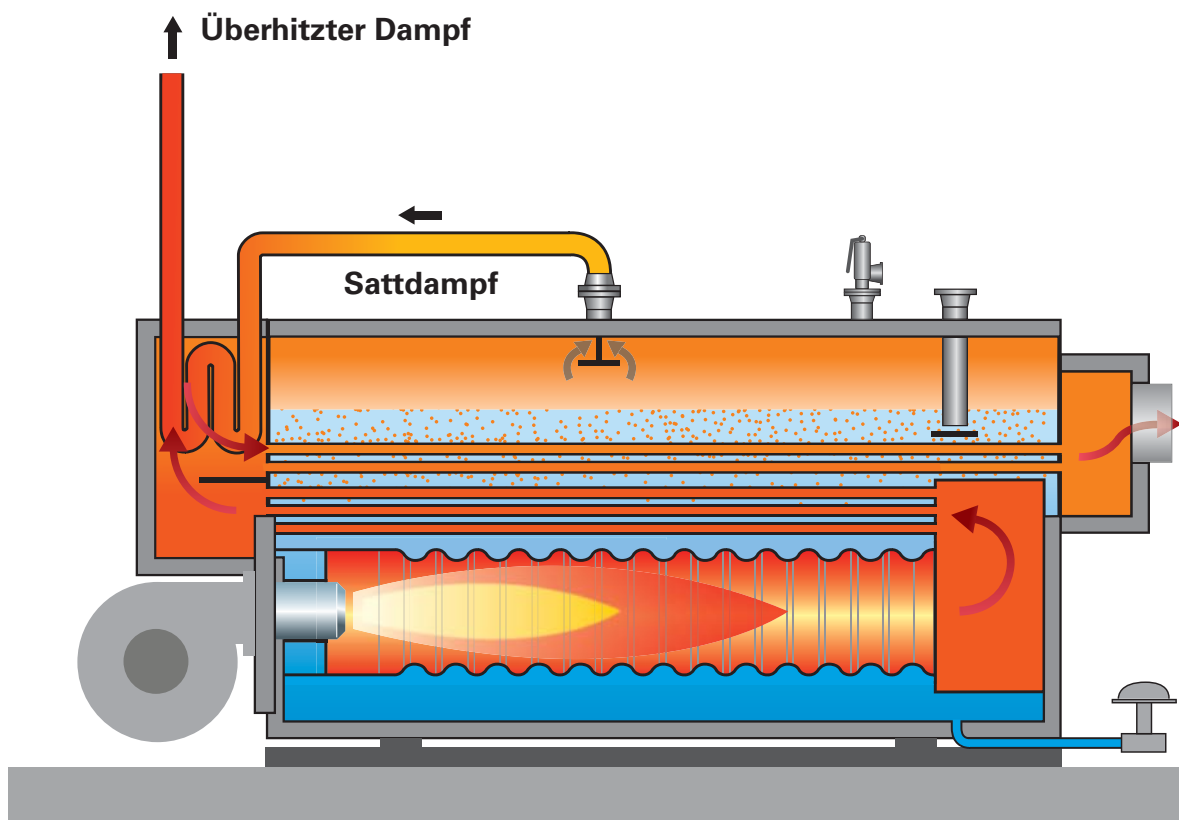
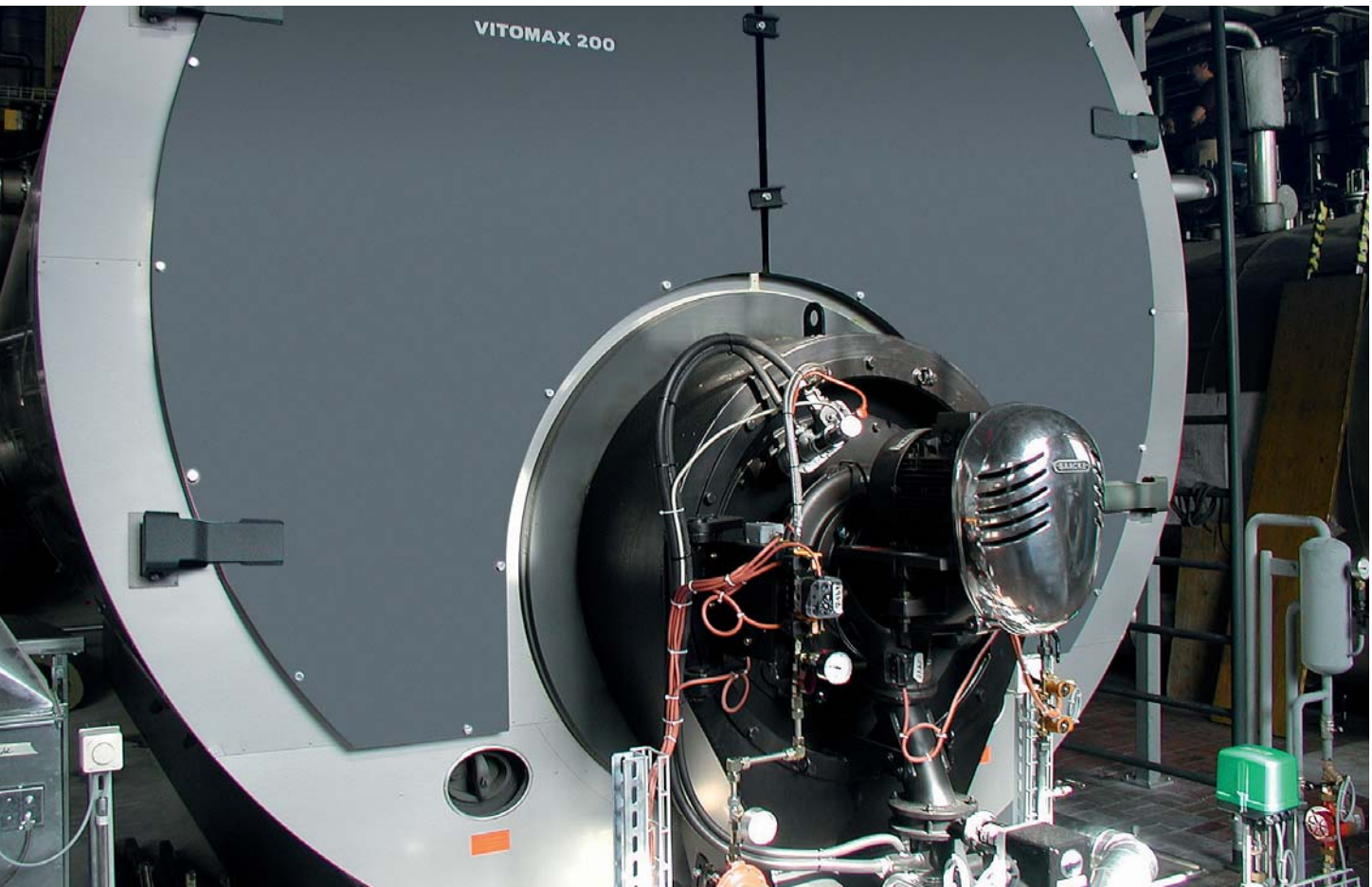


Abb. C.3-4 Dampfkessel mit unregelmäßigem Überhitzer





### Feuerungsanlage

Brenner haben die Aufgabe, den Energieinhalt von Brennstoffen als Wärme nutzbar zu machen.

Üblicherweise werden in Großwasserraumkesseln flüssige und/oder gasförmige Brennstoffe verfeuert. Vermehrt kommen jedoch auch Holz (Biomasse) befeuerte Dampfanlagen zum Einsatz denen als Spitzenlastkessel ein gas-/ölbeheizter Dampferzeuger beigelegt wird.

**C.4.1 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 erforderlichen etwa 10%-igen Zuschlags zu liefern und die anlagenbedingten Widerstände zu überbrücken.

Dies sind unter anderem der Widerstand des Kessels, des Brenners, des Economisers des Abgasschalldämpfers sowie der verbindenden Rohrleitungen.

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.

**C.4.2 Flüssige Brennstoffe**

Heizöle werden in folgende Kategorien aufgeteilt:

- HEL: Heizöl Extra Leicht  $H_i = 42,7 \text{ MJ/kg}$
- S-Öl<sup>1)</sup>: Schweröl  $H_i = 40,2 \text{ MJ/kg}$

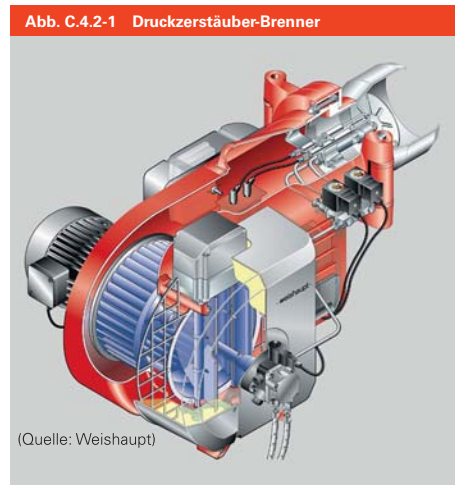
Länderabhängig gibt es Unterschiede in der Zusammensetzung der Öle. Je nach Art des Öls gibt es unterschiedliche Brennervarianten. Man unterscheidet zwischen Druckzerstäubern, Dampfdruckzerstäubern und Drehzerstäubern.

**Druckzerstäuber**

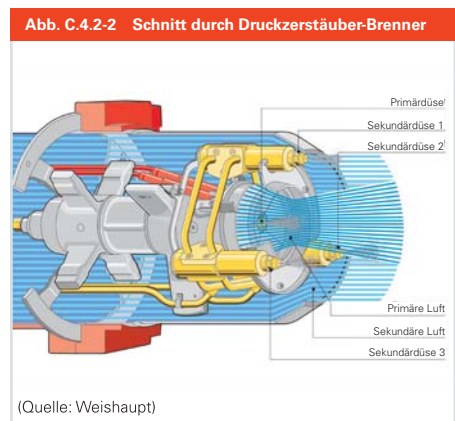
Hierbei wird das Öl mittels Pumpendruck durch eine Düse zu einem Ölnebel zerstäubt. Diese Brenner werden überwiegend zur Zerstäubung von Leichtöl verwendet (Abb C.4.2-1 und Abb. C.4.2-2).

**Hinweis**

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.



(Quelle: Weishaupt)



(Quelle: Weishaupt)

<sup>1)</sup> Bei der Verbrennung von S-Öl/Masut und einem Dampferzeuger mit Economiser ist die Anmerkung auf Seite 72 C8.5 zu beachten.



## C.4 Feuerungsanlagen

### Hinweis

Dimensionierung von Brennstoffleitungen siehe: D.8.5.6

### Dampfdruckzerstäuber

Unter Zuhilfenahme von Dampf wird das Öl im Brennerkopf zerstäubt. Dieses Verfahren wird üblicherweise erst in Leistungsbereichen oberhalb der hier betrachteten Großwasserraumkessel eingesetzt.

### Drehzerstäuber

(auch Rotationszerstäuber genannt)

Hierbei wird das Öl in einen sehr schnell rotierenden Becher stirnseitig aufgegeben. Durch die Rotation und die konische Innenkontur des Bechers wandert das Öl in Richtung Brennraum und wird an der Becherkante durch Zentrifugalwirkung und durch die mit hoher Geschwindigkeit austretende Zerstäuberluft fein zerstäubt.

Drehzerstäuber werden bevorzugt bei der Schwerölverbrennung eingesetzt (Abb. C.4.2-3). Sie sind auch geeignet für die Verbrennung von Leichtöl, Öl-Reststoffen wie Öl-Fettgemischen oder Entfettungsrückständen, für Tier- und Frittierfette sowie Rapsöl (RME).

### C.4.3 Gasförmige Brennstoffe

In Betracht kommt hier die Familie der Erdgase. Flüssiggase und Stadtgase werden hier aufgrund 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 unter anderem inerte Gase (nicht brennbare Bestandteile) sowie eventuell schwerere Kohlenwasserstoffe. Erdgas ist schwerer als Stadtgas jedoch leichter als Luft.

Erdgas E:  $H_i = 36 \text{ MJ/kg}$

Erdgas LL:  $H_i = 32 \text{ MJ/kg}$

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, sodass eine Brenneranpassung beziehungsweise der Einsatz eines Sonderbrenners notwendig ist.

Generell sollte bei der Anlagenausführung der Schwefelgehalt der eingesetzten Gase berücksichtigt werden, da gegebenenfalls besonders hochwertige Materialien wie Edelstahl für die gasberührten Armaturen eingesetzt werden müssen.

Abb. C.4.2-3 Drehzerstäuber



(Quelle: Saacke)



#### C.4.4 Zweistoffbrenner

Hierbei handelt es sich üblicherweise um Brenner, die mit Gas oder Öl betrieben werden können (Abb C.4.4-1).

Die Brennstoffumstellung erfolgt manuell oder automatisch, zum Beispiel 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.

Abb. C.4.4-1 Öl/Gas-Low-NO<sub>x</sub>-Druckzerstäuber

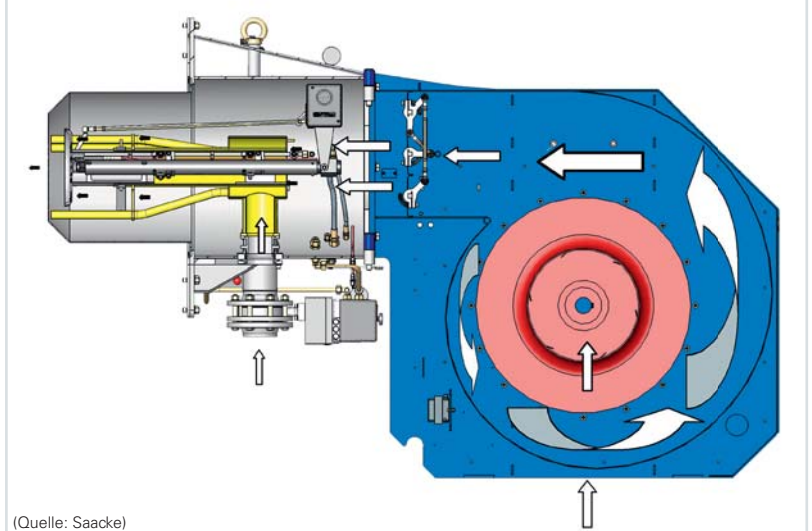


Abb. C.4.4-2 Vitomax 200-HS mit Ölbrenner

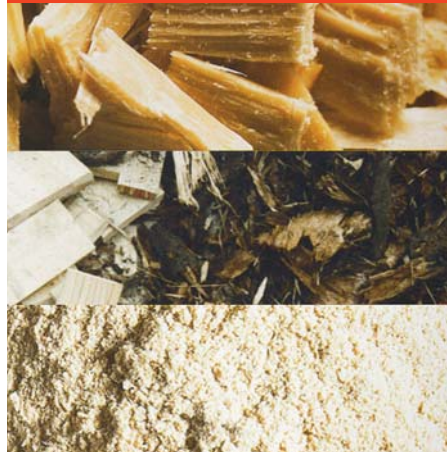


## C.4 Feuerungsanlagen

Abb. C.4.5-1 Blick in die Brennkammer MAWERA Flachschiebrost Pyroflex



Abb. C.4.5-2 Brennstoffarten (Holzbrennstoffe)



### C.4.5 Holzfeuerung

Neben Unternehmen der Holzindustrie entscheiden sich immer mehr Gewerbe- und Industriebetriebe (nicht Holzverarbeitend) für Holz (Biomasse) als Brennstoff. Dieser ist geringeren Preisschwankungen unterworfen als fossile Brennstoffe, wird aus krisensicheren Regionen bezogen und leistet nicht zuletzt durch Nachhaltigkeit und CO<sub>2</sub>-Neutralität einen entscheidenden Beitrag für eine lebenswerte Zukunft.

Als Holzfeuerungsanlage (Brennkammer mit Flachschiebrost) kommen bei Dampfanlagen MAWERA Pyroflex FSB und FSR zum Einsatz. Die Pyroflex FSR unterscheidet sich im Vergleich zur Pyroflex FSB im Wesentlichen durch das Feuerraumvolumen und die Rostfläche, wobei die Pyroflex FSB die kompaktere Holzfeuerungsanlage darstellt.

Aufgrund der Trägheit der Feuerung muss bei schnell abregelnden Dampfverbrauchern, die im Kessel befindliche Dampfmenge über ein gesondertes Ventil abgefahren werden.

#### Aufbau und Funktion

Der Flachschiebrost Pyroflex eignet sich neben der Verbrennung von Biomasse besonders für die Verbrennung von Sonderbrennstoffen mit erhöhtem Aschegehalt oder für Brennstoffe mit hohem Fremdanteil zum Beispiel: Sand, Metallreste, und so weiter.

Wesentliche Vorteile der Flachschiebrostfeuerung Pyroflex sind auf der einen Seite die Verwendbarkeit verschiedener biogener Brennstoffe und auf der anderen Seite ein niedriger Staubgehalt im Rauchgas, bedingt durch das ruhende Brennstoffbett.

#### Low-NO<sub>x</sub>-Reduktionstechnologie

Die Brennkammer wird serienmäßig mit Low-NO<sub>x</sub>-Reduktionstechnologie für Brennstoffe mit hohem Stickstoffgehalt geliefert. Die Low-NO<sub>x</sub>-Brennkammer ist eine zweigestufige Brennkammer mit einer Luftstufung zur Reduzierung der NO<sub>x</sub>-Emissionen. Zusätzlich wird dieser Effekt durch Einsatz einer Rauchgasrezirkulation verstärkt. Die Feuerraumgeometrie in der Reduktionszone (Primärzone) und der Oxidationszone (Sekundärzone) wurde durch Grundlagenforschung auf unserer Versuchsanlage entwickelt.

### Brennstoffaustragung/Brennstofftransport

Zum Austragen der Brennstoffe aus Silos oder Bunkern kommen Mawera Schubstangenaus-  
tragungen oder Siloaustragungen zum Einsatz.  
Als Brennstofffördereinrichtungen können,  
abhängig von der baulichen Situation und der  
Brennstoffkörnung, Kettenförderer, Schub-  
stangen oder Rohrförderschnecken eingesetzt  
werden.

### Rauchgasentstaubung

Als Rauchgasentstaubungssysteme werden  
Multizyklonabscheider für Reingasstaubwerte  
Brennstoffabhängig von  $< 60$  bis  $< 150$  mg/  
Nm<sup>3</sup> (Bezugssauerstoffgehalt 11 oder 13%)  
eingesetzt. Für Reingasstaubwerte von 10 bis  
50 mg/Nm<sup>3</sup> kommen Gewebefilter, Metall-  
gewebefilter oder Elektrofilter abhängig vom  
eingesetzten Brennstoff zum Einsatz.

### Mawera Logic

Die Anlagensteuerung und -regelung erfolgt  
durch die Microprozessorsteuerung Mawera  
Logic mit touch screen. Zusätzlich sind ein  
Modem für die Fernwartung, ein Prozessleit-  
system (MaVis) und ein Telenotgerät erhältlich.

Die Konstruktion des Pyroflex Flachscharbrost  
zeichnet sich durch nachstehende Besonder-  
heiten aus:

- minimale Strahlungsverluste durch  
komplette Isolierung der gesamten  
Kesselanlage
- ruhendes Glutbett bedingt wesentlich  
geringere Schadstoffemissionen
- Flammtemperaturregelung mit integrierter,  
adaptierter Restsauerstoff-Regelung
- modernste Mikroprozessorsteuerung  
regelt die Anlage mit automatischer Er-  
kennung der Brennstoff-Feuchte gleitend  
von 25–100% Last unter Einhaltung der  
vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte

Abb. C.4.5-3 Schnittbild der Flachscharbrostfeuerung Pyroflex



- kontrollierter Abbrand durch 2- oder 3-fach-  
geteilten Flachscharbrost mit unterschied-  
lichen Geschwindigkeiten
- hohe Verschleißfestigkeit durch großzügig  
dimensionierte Rostfläche, sowie Was-  
serkühlung bei Einsatz des hydraulischen  
Einschubs
- geringer Rostdurchfall durch überlappende,  
vorgespannte Roststäbe; permanente  
automatische Entschärfung

1. Sekundärluft-Einblasdüsen
2. Low-NO<sub>x</sub>-Verbrennungskammer
3. Flachscharbrost
4. Brennstoffzuführung mittels  
hydraulischem Einschubs oder  
Schnecke
5. Primär-Verbrennungsluftführung
6. Automatische Brennkammer-  
Entschärfung
7. Abgasrezirkulation „über Rost“





## Wasseraufbereitung

Das reinste in der Natur vorkommende Wasser ist Regenwasser.

Regenwasser 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 zum Beispiel Eisen und Kalk hinzu. Die Beschaffenheit des Wassers ist somit auch davon abhängig, welchen Weg es im Erdreich „durchlaufen“ hat.

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

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

### Allgemeine Erläuterungen

Das Wasser-Dampfsystem unterliegt Qualitätsanforderungen hinsichtlich seiner zulässigen Inhaltsstoffe. Abhängig von der Druckstufe des erzeugten Dampfes sind Grenzwerte einzuhalten, die in der Planungsanleitung „Richtwerte für die Wasserbeschaffenheit“, Kapitel G1 (A3), dargestellt sind.

Um diese Richtwerte einhalten zu können, muss das Speisewasser aufbereitet werden. Die dazu eingesetzten Verfahrenstechniken bestehen in der Regel aus der Kombination von chemischer und thermischer Wasseraufbereitung.

In einer Enthärtungsanlage werden die im Rohwasser enthaltenen Härtebildner gebunden und ausgetragen (siehe auch Kapitel C.5.1 – Chemische Wasseraufbereitung). Darüber hinaus sind im Wasser Gase gelöst, die bei Erwärmung des Wassers im Dampferzeuger ausgetrieben werden und sowohl im Dampferzeuger als auch im nachfolgenden Dampfsystem unweigerlich Korrosion verursachen würden.

Aus diesem Grund wird das Zusatzwasser aus der Enthärtungsanlage gemeinsam mit dem aus der Abnehmeranlage zurückgeführten Kondensat in einer Entgasungsanlage thermisch aufbereitet, also entgast (siehe auch Kapitel C.5.3 – thermische Wasseraufbereitung).

Um sicher zu gehen, dass der geforderte Restsauerstoffanteil im Speisewasser (maximal 0,02 mg/l) eingehalten wird, werden zusätzlich Chemikalien zur Restsauerstoffbindung zudosiert. Ausschließlich Chemikalien zur Bindung der gesamten Sauerstoffmenge zu verwenden, ist in den meisten Fällen unwirtschaftlich.



## C.5 Wasseraufbereitung

### Hinweis

In der EN 12953 Teil 10, der TRD 611 und in der Viessmann-Planungsunterlage „Wasserbeschaffenheit“ sind die Anforderungen an das Speise- und Kesselwasser definiert (Abb. C.5-1 und Abb. C.5-2 sowie Kap. G1 A3).

Abb. C.5-1 Anforderungen an das salzhaltige Kesselspeisewasser

Zul. Betriebsdruck	bar	0,5 ≤ PS ≤ 20		PS > 20
<b>Allg. Anforderungen</b>		farblos, klar und frei von ungelösten Stoffen		
<b>pH-Wert bei 25 °C</b>		> 9	> 9	
<b>Leitfähigkeit bei 25 °C</b>	µS/cm	nur Richtwerte für Kesselwasser maßgebend		
<b>Summe Erdalkalien (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>)</b>	mmol/Liter	< 0,01	< 0,01	
<b>Sauerstoff (O<sub>2</sub>)</b>	mg/Liter	0,05	< 0,02	
<b>Kohlensäure (CO<sub>2</sub>) gebunden</b>	mg/Liter	< 25	< 25	
<b>Eisen, gesamt (Fe)</b>	mg/Liter	< 0,2	< 0,1	
<b>Kupfer, gesamt (Cu)</b>	mg/Liter	< 0,05	< 0,01	
<b>Oxidierbarkeit (Mn VII → Mn II) als KMnO<sub>4</sub></b>	mg/Liter	< 10	< 10	
<b>Öl, Fett</b>	mg/Liter	< 1	< 1	
<b>organische Substanzen</b>	---	siehe Anmerkung		

### Anmerkung

Allgemein sind organische Substanzen Mischungen von verschiedenen Verbindungen. Die Zusammensetzung solcher Mischungen und das Verhalten ihrer Komponenten unter den Bedingungen des Kesselbetriebes sind schwer vorherzusehen. Organische Substanzen können sich zu Kohlensäure oder anderen

sauren Produkten zersetzen, die die Leitfähigkeit erhöhen und Korrosion und Ablagerungen verursachen. Sie können ebenso zu Schaum- und/oder Belagbildung führen, die so gering wie möglich zu halten sind. Ebenso ist der TOC-Gehalt (Total Organic Content) so gering wie möglich zu halten (<10 mg/Liter).

### Hinweis

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

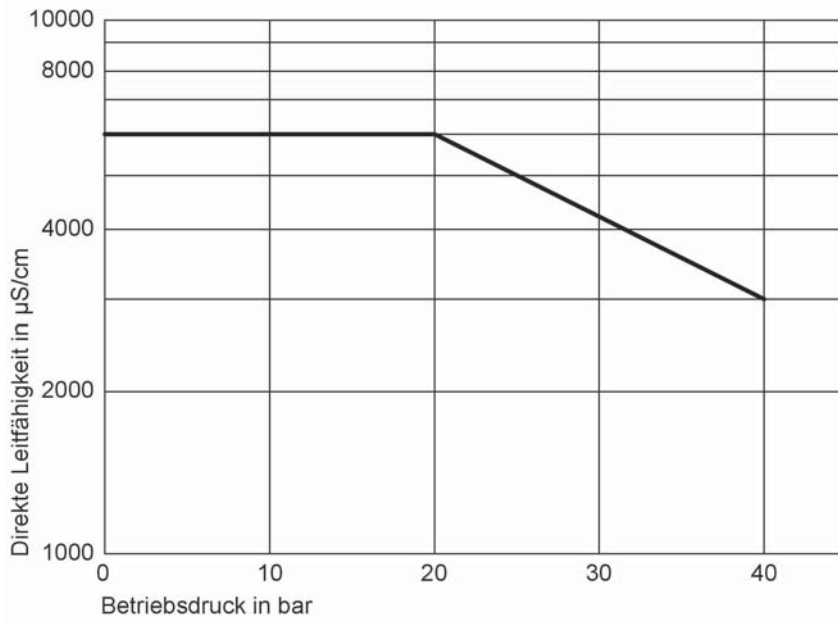
Abb. C.5-2 Anforderungen an das Kesselwasser

	bar	salzhaltige Fahrweise Speisewasserleitfähigkeit > 30 µS/cm		salzarme Fahrweise Speisewasserleitfähigkeit ≤30 µS/cm
		0,5 ≤ PS ≤ 20	PS > 20	PS > 0,5
<b>Allg. Anforderungen</b>		farblos, klar und frei von ungelösten Stoffen		
<b>pH-Wert bei 25 °C</b>		10,5 bis 12	10,5 bis 11,8	10 bis 11 <sup>11,12</sup>
<b>Säurekapazität (KS<sub>8,2</sub>)</b>	mmol/Liter	1 bis 12 <sup>13</sup>	1 bis 10 <sup>13</sup>	0,1 bis 1,0 <sup>11</sup>
<b>Leitfähigkeit bei 25 °C</b>	µS/cm	< 6000 <sup>13</sup>	siehe Abb. C.5-3 <sup>13</sup>	< 1500
<b>Phosphat (PO<sub>4</sub>)</b>	mg/Liter	10 bis 20	10 bis 20	6 bis 15
<b>Kieselsäure (SiO<sub>2</sub>)<sup>14</sup></b>	mg/Liter	druckabhängig, siehe Abb. C5.-4		

### Hinweise zu Abb. C.5-2:

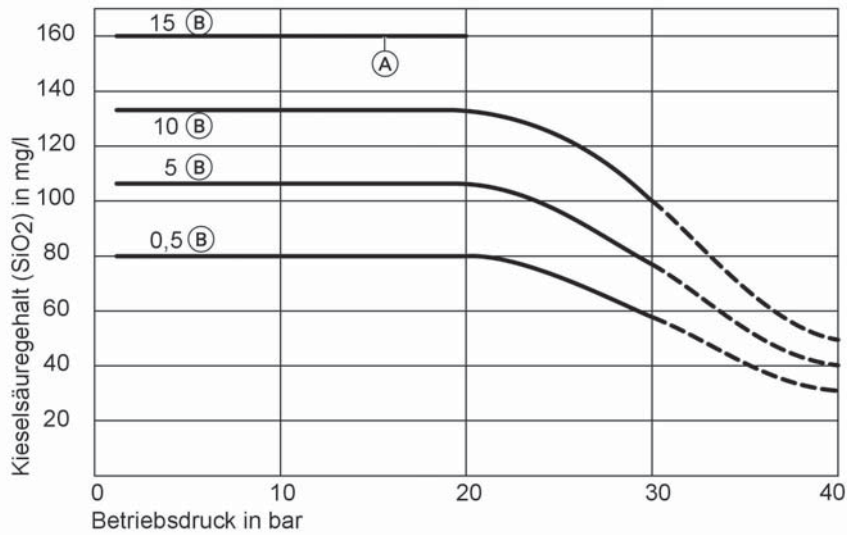
siehe Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit Anhang A3.

Abb. C.5-3 max. Kesselwasserleitfähigkeit



Maximal zulässige direkte Leitfähigkeit des Kesselwassers in Abhängigkeit vom Druck.

Abb. C.5-4 max. Kieselsäuregehalt



- (A) diese Ebene der Alkalität ist nicht mehr zulässig > 20 bar
- (B) KS 8,2 - Wert in mmol/l

Maximal zulässiger Kieselsäuregehalt (SiO<sub>2</sub>) des Kesselwassers in Abhängigkeit vom Druck.

### C.5.1 Chemische Wasseraufbereitung (CWA)

#### 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 aufgrund der fehlenden Kühlung der Heizflächen zu einer Zerstörung derselben. Aus diesem Grunde fordern die Wassernormen ein härtefreies Speisewasser.

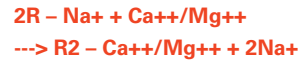
Vorgang der Kesselsteinbildung  $\text{CaCO}_3$  unter Wärmeeinwirkung:



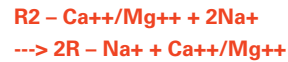
Zur Enthärtung werden Anlagen mit Ionenaustauscherharz eingesetzt. Ionenaustauscher sind kugelförmige Kunstharze mit angelagerten aktiven Gruppen Ionenaustauscher für die Enthärtung haben als aktive Gruppe Natriumionen angelagert. Läuft nun das Hartwasser über den Ionenaustauscher, werden die angelagerten 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, das heißt 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

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, das heißt in der Regenerationsphase (mehrere Stunden) steht kein Weichwasser zur Verfügung. Für kontinuierlichen Betrieb sind Doppel-Pendel-Enthärtungsanlagen zwingend.

Viessmann hat Doppel-Pendel-Enthärtungsanlagen in verschiedenen Leistungsgrößen im Lieferprogramm. Das Enthärtungsmodul besteht aus einer komplett montierten Anlage mit zwei Ionenaustauschersäulen, einem Salzlöser, der Steuerung und ist ohne weitere Montage einsetzbar (Abb. C5.1-1).

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, beziehungsweise steht dann in Reserve.



Abb. C.5.1-1 CWA  
Doppel-Pendel-Enthärtungsanlage

**Entkarbonisierung:**

Sofern Härtebildner ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) neben Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3$ ), auch als m-Wert oder Alkalität bezeichnet, vorliegen, kann der dem Anteil der Hydrogencarbonate entsprechende Anteil an ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) mittels schwach saurem Kationenaustauscher entfernt werden. Das freiwerdende  $\text{CO}_2$  wird über den Entgaser ausgetrieben. Somit wird der Gesamtsalzgehalt um den Betrag der Karbonhärte ( $\text{HCO}_3$ ) erniedrigt.

Für eine Kesselspeisewasseraufbereitung muss anschließend der verbleibende Teil an Härtebildnern (permanente Härte) mittels Neutralaustausch (Enthärter, stark saurer Ionenaustauscher in Na Form) entfernt werden.

**C.5.2 Osmoseanlagen**

In den letzten Jahren werden zur Entsalzung vermehrt Osmoseanlagen (Abb. C.5.2-1) eingesetzt. Osmose ist ein physikalisches Verfahren, ohne Chemikalien und damit sehr umweltfreundlich. Die Ausbeute an entsalztem Wasser (Permeat) beträgt ca. 80% des eingesetzten Wassers.

Bei der Osmose wird das Rohwasser mit einem Druck von zirka 30 bar durch eine Membrane gedrückt. Die Poren der semipermeablen (halbdurchlässigen) Membrane 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 Membrane 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.

**Abb. C.5.2-1 Osmoseanlage**

## C.5 Wasseraufbereitung

Abb. C.5.3.1-1 TWA



Thermische Vollentgasungsanlage

Abb. C.5.3.1-2 TWA



Thermische Vollentgasungsanlage

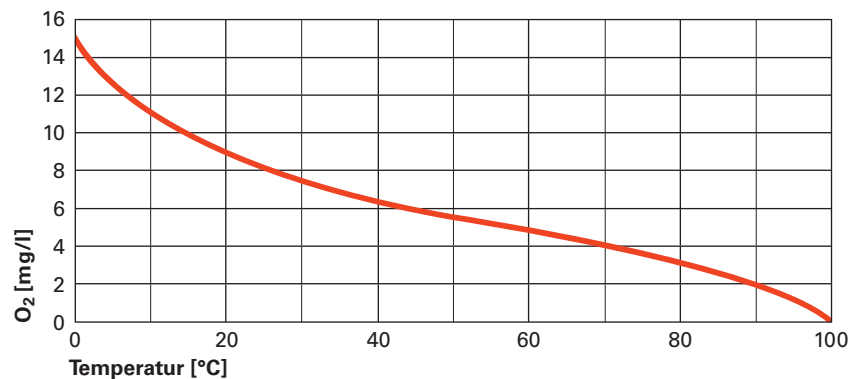
### C.5.3 Thermische Wasseraufbereitung (TWA)

Wasser kann Gase nicht in beliebiger Menge speichern. Die Speicherkapazität 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 (siehe Abb. C.5.3.1-3 und C.5.3.1-4). Im Extremfall, wenn das Wasser verdampft (Situation im Dampfkessel), werden sämtliche gelösten Gase abgegeben. Die Gase gehen häufig andere Verbindungen ein. Der freie Sauerstoff zum Beispiel kann sich mit ferritischem Stahl des Kessels verbinden.

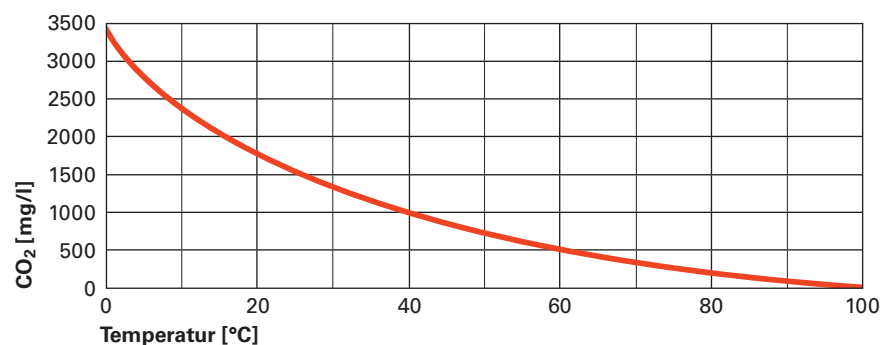
Bei Dampfkesseln führen diese Verbindungen zu dem gefährlichen Lochfraß. Besonders im Bereich der Speisewasseraufgabe kann es in kürzester Zeit zu punktförmigen Abtragungen kommen. Deshalb ist es wichtig, dem Kessel-speisewasser die gelösten Gase zu entziehen. Ein bewährtes Mittel für diesen Zweck ist die thermische Speisewasser-Entgasung.

Abb. C.5.3.1-3 Löslichkeit von Sauerstoff



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

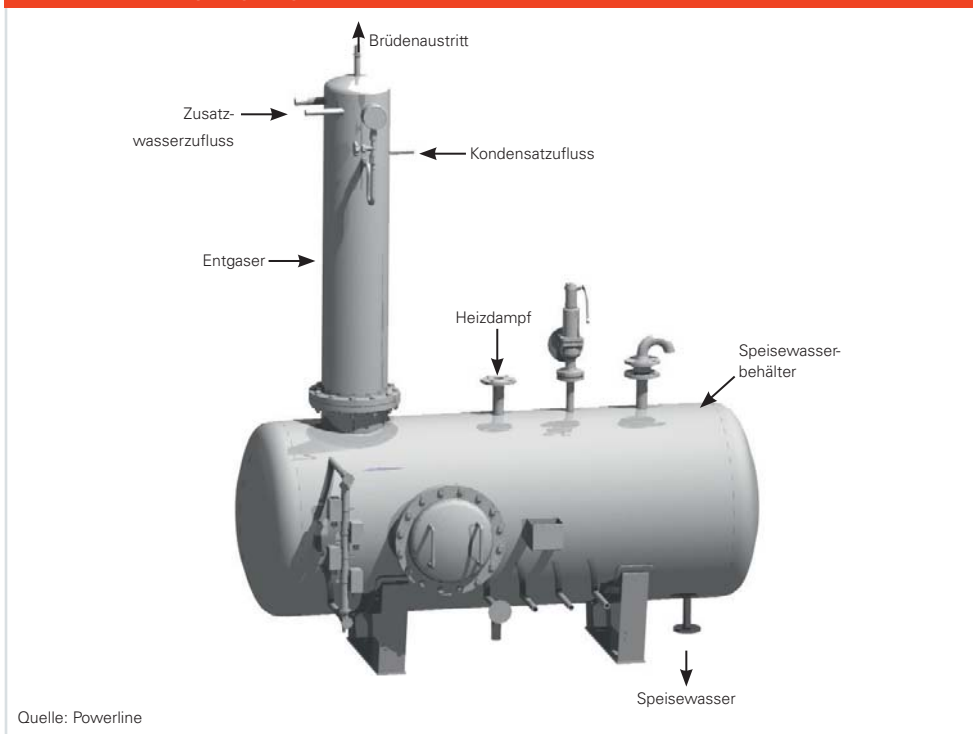
Abb. C.5.3.1-4 Löslichkeit von Kohlendioxyd



Löslichkeit von Kohlendioxyd in Abhängigkeit von der Temperatur bei 1 bar in reinem Wasser



Abb. C.5.3.1-1 Vollentgasungsanlage



Quelle: Powerline

### C.5.3.1 Die Vollentgasung

Die thermische Vollentgasung ist das effektivste Verfahren zur Entfernung der im Speiswasser gelösten Gase. In der Entgasungsanlage (Abb. C.5.3.1-1) wird das Speiswasser 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 einer Temperatur von 105 °C 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.

Die Vollentgasung hat sich in den weitaus meisten Bedarfsfällen als die beste Lösung erwiesen. Mit der Bezeichnung Vollentgasung ist immer eine Entgasung gemeint, die mit einem geringen Überdruck (ca. 0,1 bis 0,3 bar/ Niederdruck) 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 Speiswassers mit der Atmosphäre und die Rücklösung von Gasen ausgeschlossen sind.

Die Vollentgasung setzt sich aus den Baugruppen Entgaser und Speiswasserbehälter zusammen. Der Entgaser wird in Form eines Domes direkt auf dem Speiswasserbehälter montiert (Abb. C.5.3.2-2).

Je nach den Anforderungen an die Qualität des Speiswassers kommen unterschiedliche Bauarten von thermischen Entgasern zum Einsatz. Hinweise zur Beschaffenheit von Kesselwasser sind in der Abb. C.5-1 und C.5-2 (Kapitel C 5) enthalten. Die Einhaltung der angegebenen Grenzwerte sind Voraussetzung für den zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb einer Kesselanlage.

Für Großwasserraumkessel ist im Speiswasser ein O<sub>2</sub>-Gehalt von 0,02–0,05 mg/Liter, je nach Kesseldruck, einzuhalten.

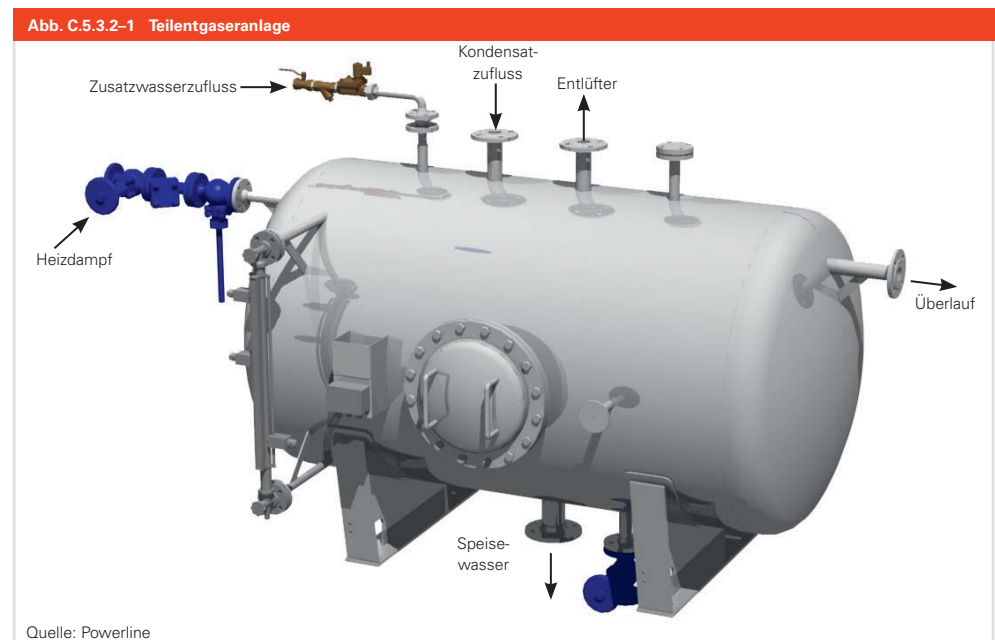
### C.5.3.2 Die Teilentgasung

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 (Abb. C.5.3.2-1) 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  $> 90\text{ °C}$  geregelt. Die Frischwassernachspeisung erfolgt über eine elektrische Niveauregelung. Teilentgaser kommen in erster Linie in Kesselanlagen mit kleiner Leistung und niedrigem Druck zum Einsatz.

Der bei diesem Entgaser etwas höhere Bedarf an Sauerstoffbindemitteln (siehe Kapitel C 5.1 – Chemische Wasseraufbereitung) wird in Kauf genommen.



Die verbreitetste Entgaserbauart ist  
**der Rieselentgaser**

Im Rieselentgaser wird das zurückgeführte Kondensat und das zugesetzte Frischwasser über sogenannte Tassen oder Füllkörper 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.

Der hierüber eingebrachte Dampf heizt das Speisewasser auf 102 °C auf. 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.

Abb. C.5.3.2-3 TWA mit Speisewasserpumpen

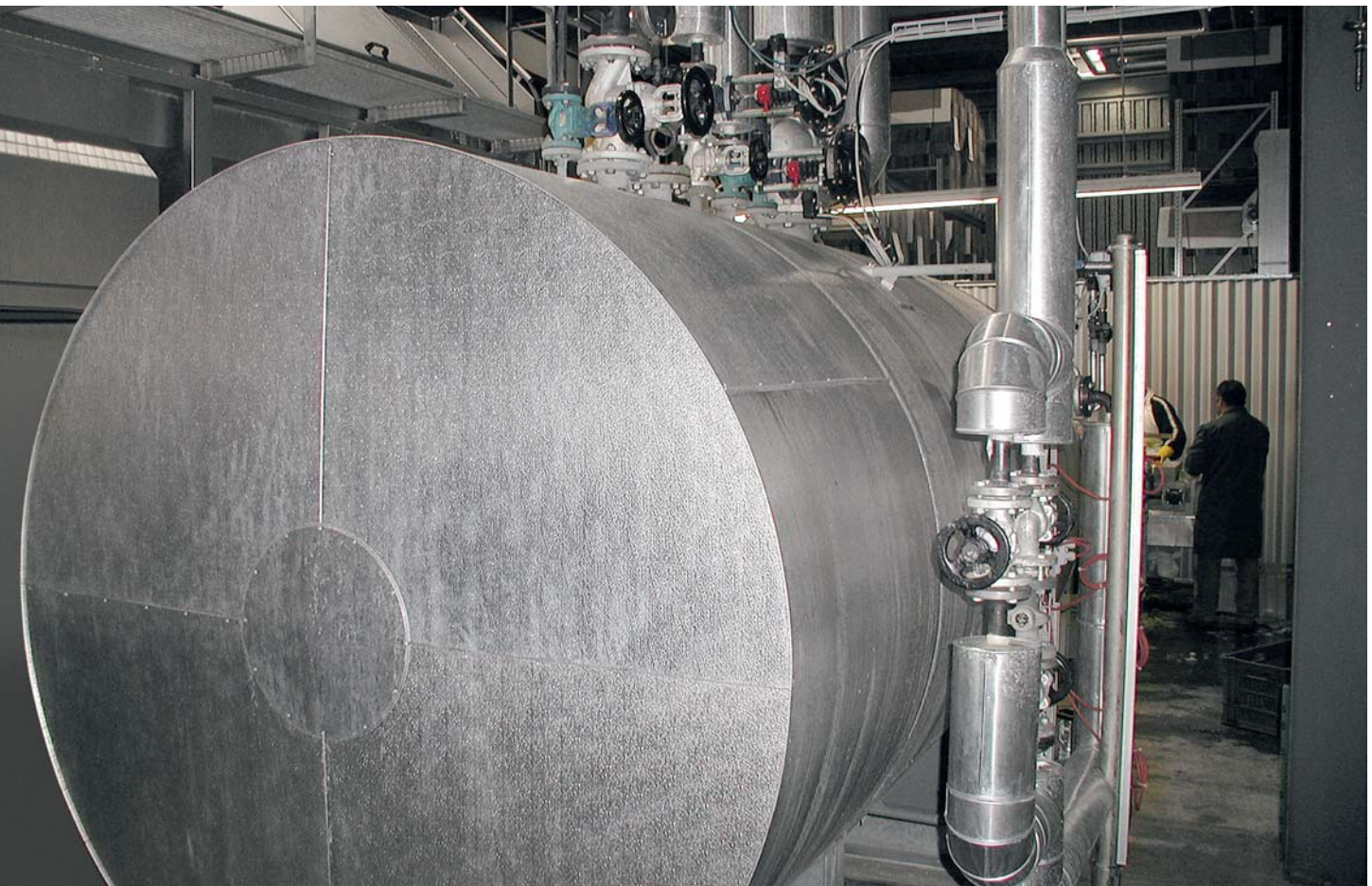


Speisewasserbehälter mit aufgesetztem Rieselentgaser

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

Der Speisewasserbehälter (Abb. C.5.3.2-3) ist mit Armaturen für die Regelung des Heizdampfes, des Füllstandes und für die Sicherheit sowie mit Anzeigen für die Bedienung und Überwachung ausgerüstet.





## Kondensatwirtschaft/-behandlung

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 überwiegenden 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.

- C 6.1 offene Anlagen
- C 6.2 geschlossene Anlagen

### C.6.1 Niederdruck-Kondensat

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-% als Nachdampf aus der Kondensatmenge, in Abhängigkeit von der Druckstufe.

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.

Abb. C.6.1-1 Kondensatbehälter



### C.6.2 Hochdruck-Kondensat

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

Derartige Anlagen sind dann sinnvoll, wenn sie mit einem Überdruck von mindestens 5 bar arbeiten und ein permanent hoher Kondensatrückfluss vorliegt. Zu beachten ist, dass alle Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen und Behälter für diesen Druck auszulegen sind.

Die Behälter (zum Beispiel Kondensatsammelbehälter (Abb. C.6.2-1), Speisewasserbehälter) sind überwachungsbedürftige Druckgefäße nach DGRL und unterliegen damit der Überwachung durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS).

Bei der Planung von Neuanlagen beziehungsweise 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.

Abb. C.6.2-1 Behälter



Kondensat-Sammelbehälter



### C.6.3 Kondensat-Aufbereitung

Kondensate können aufgrund 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, zum Beispiel Filtration, Entölung, Enthärtung, Vollentsalzung vorgesehen. Bei der Planung ist zu beachten, dass die Kesselvorschriften bei einem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung (BosB) automatische Analysengeräte zur Kondensatüberwachung vorsehen (siehe Kapitel D.4.5).

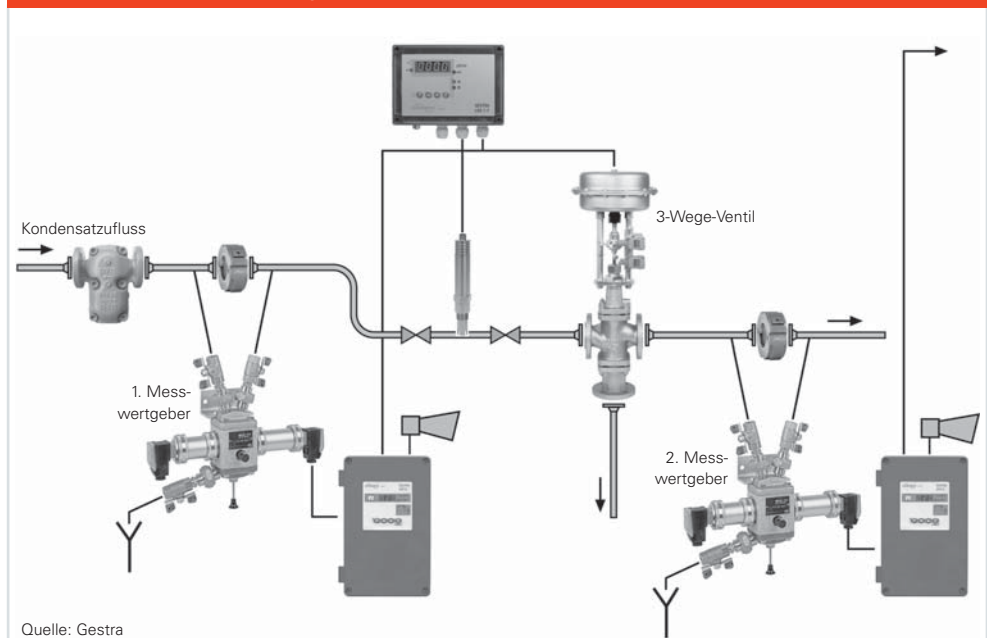
Bei der Feststellung von Verunreinigungen im Kondensat ist das verunreinigte Kondensat aus dem Wasser-Dampf-Kreislauf auszuschleusen.

Die Probenahmestellen 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.

Bei den Verunreinigungen wird unterschieden in leitfähigkeitserhöhende Produkte wie Säuren, Laugen, Rohwasser etc. und Stoffen wie Ölen, Fetten, Molke etc. Bei Stoffen, die die Leitfähigkeit anheben, erfolgt die Überwachung mit Leitfähigkeitsmesssystem; bei Ölen, Fetten etc. erfolgt die Erfassung über fotooptische Messsysteme, den sogenannten Öl- und Trübungsmeldern. Beide Systeme, wie auch die Härtemessung, stehen heute in geprüften und nach WÜ 100 zugelassenen Ausführungen zur Verfügung.

Bei BosB 72h ist die Kondensatüberwachung auf Öltrübung redundant auszuführen. In diesem Fall wird ein zweiter Messwertgeber nach dem 3-Wege-Ventil installiert. Begründung: Somit wird auch die Funktion des 3-Wege-Ventils überwacht. Achtung: Bei Anschlag der zweiten Überwachungseinrichtung muss der Brenner/ die Pumpen in Sicherheitsabschaltung gehen, um die in Strömungsrichtung folgenden Behälter bis einschließlich Kessel nicht zu kontaminieren. Das 3-Wege-Ventil ist vorzugsweise als pneumatisches Ventil auszuführen. Pneumatische Ventile fahren im Störfall (zum Beispiel Membrandefekt) in Sicherheitsstellung.

Abb. C.6.3-1 Kondensatüberwachung



### C.6.4 Probenahmekühler

Das chemisch und thermisch aufbereitete Speisewasser wird mittels Probenahme überprüft und gegebenenfalls mittels Dosierung von Chemikalien korrigiert.

Das Kesselspeisewasser muss beim BosB 24h (Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung) 1x täglich und beim BosB 72h alle 3 Tage analysiert werden.

Mittels Probenahmekühler (Abb. C.6.4-1) wird das Kessel(speise)wasser heruntergekühlt und entspannt. Anschließend kann es gefahrlos analysiert werden. Bei den oben geschilderten Verfahren handelt es sich um bewährte Anlagentechnik. Allerdings kann es bei der Überwachung und Bedienung dieser Technik immer wieder zu Fehlbedienungen kommen. Aus diesem Grunde entwickelte Viessmann ein Konzept der Analysetechnik, um die potenziellen Schadensfälle aus Sicht der Wasserchemie weitmöglich einzudämmen. Darüber hinaus ermöglicht diese Wasseranalytik eine wirtschaftlichere Fahrweise von Dampfanlagen.

Je nach Anforderung der Anlage kann die Analysetechnik erweitert oder reduziert werden und findet bei Bedarf in einem Analysenaufnahmegestell Platz.

Abb. C.6.4-1 Probenahmekühler

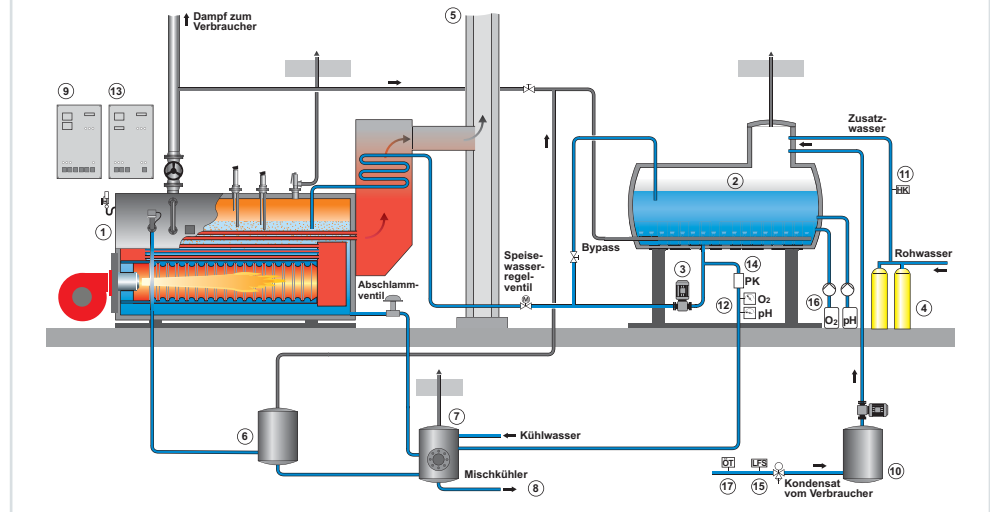


Abb. C.6.4-2 Wasseranalyse



## C.6 Kondensatwirtschaft / -behandlung

Abb. C.6.4-4 Einbindungsvariante



- |  |   |
|--|---|
| 1. Dampferzeuger mit Feuerungsanlage           | 10. Kondensatbehälter   |
| 2. thermische Wasseraufbereitung               | 11. Härtekontrolle  |
| 3. Kesselspeisepumpe                           | 12. O <sub>2</sub> - und pH-Messung                             |
| 4. Enthärtungsanlage                           | 13. übergeordneter Schaltschrank mit SPS zur Datenweiterleitung |
| 5. Schornstein                                 | 14. Probenentnahmekühler für Analysetechnik                     |
| 6. Absalzentspanner                            | 15. Leitfähigkeitsmessung                                       |
| 7. Mischkühler                                 | 16. Dosierung von Korrekturchemikalien                          |
| 8. Abkühlbehälter beziehungsweise Kanalisation | 17. Öltrübungsmessung   |
| 9. Schaltschrank Kesselanlage                  |   |

### C.6.5 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.

Viessmann liefert komplette Dosierstationen üblicherweise im Verbund mit der thermischen Wasseraufbereitung.

Abb. C.6.5-1 Dosierstation





## Pumpen

Die Kesselspeisepumpen versorgen den Dampferzeuger entsprechend der geforderten Dampfleistung mit Speisewasser.

Man unterscheidet die diskontinuierliche und kontinuierliche Niveauregelung. Die Regelgröße ist dabei der Füllstand des Dampferzeugers.



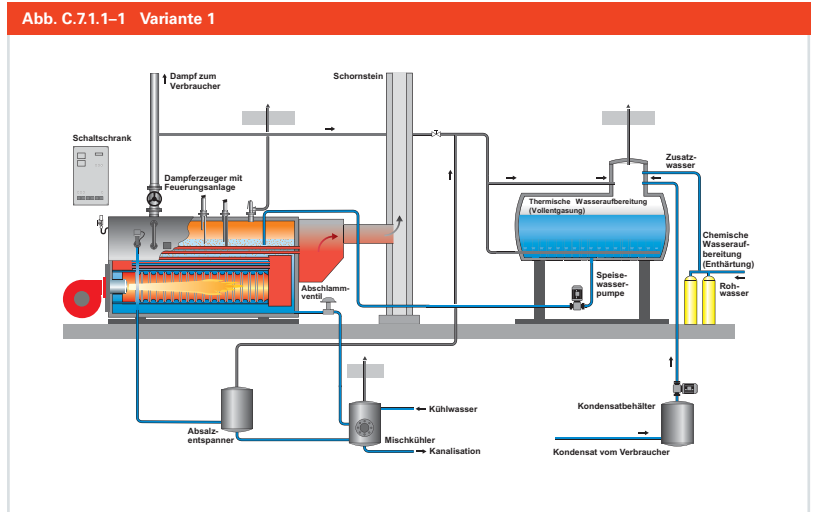
**C.7.1 Speisewasserpumpen/-regelung**

Speiseeinrichtungen (in der Regel 2 x 100% Pumpen) müssen den durch Dampfentnahme sowie durch Absatzung und Abschlämung entstehenden „Wasserverlust“ sicher decken respektive ausgleichen. Es werden an ihre Auslegung (Förderhöhe und -menge) und Verfügbarkeit erhöhte Anforderungen gemäß TRD 401, 402 und 802 gestellt

**C.7.1.1 Diskontinuierliche Niveauregelung**

Der Wasserstand wird zwischen zwei fest einstellbaren Schwellpunkten „Pumpe aus“ und „Pumpe ein“ gesteuert. Das Signal der Niveauelektrode wirkt auf die Pumpe.

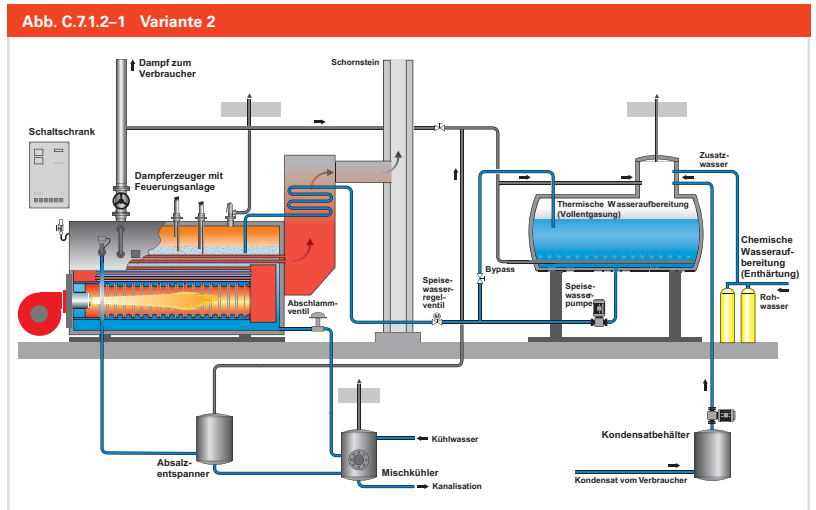
Kann bei Dampferzeugern ohne Economiser bis 3 t/h als einfachste Lösung angesehen werden. Bei Dampfleistungen größer 3 t/h oder bei Einsatz eines Economisers ist diese Variante nicht zu empfehlen.



**C.7.1.2 Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasser-Regelventil und optionalen Bypass**

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 durch Öffnen beziehungsweise Schließen des Speisewasserregelventils auf das gewünschte Sollniveau geregelt.

Mit einer drosselbaren Mindestmengenleitung wird eine bestimmte Menge zum Speisewasserbehälter zurückgeführt. Diese sogenannte Bypass-Leitung dient zum Schutz der Pumpe gegen Unterschreitung einer vorgeschriebenen Mindestfördermenge.



### C.7.1.3 Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasser-Regelventil mit Freilauf

Hierbei handelt es sich um eine Alternative zu Variante II, wobei die beiden Armaturen (Speisewasserregelventil & Bypassventil) in einer Armatur zusammengefasst sind. Sobald der Hauptförderstrom eine bestimmte Fördermenge unterschreitet, öffnet das Freilauf-Rückschlagventil (Bypass) so weit, dass stets die erforderliche Pumpenmindestmenge abgeführt werden kann.

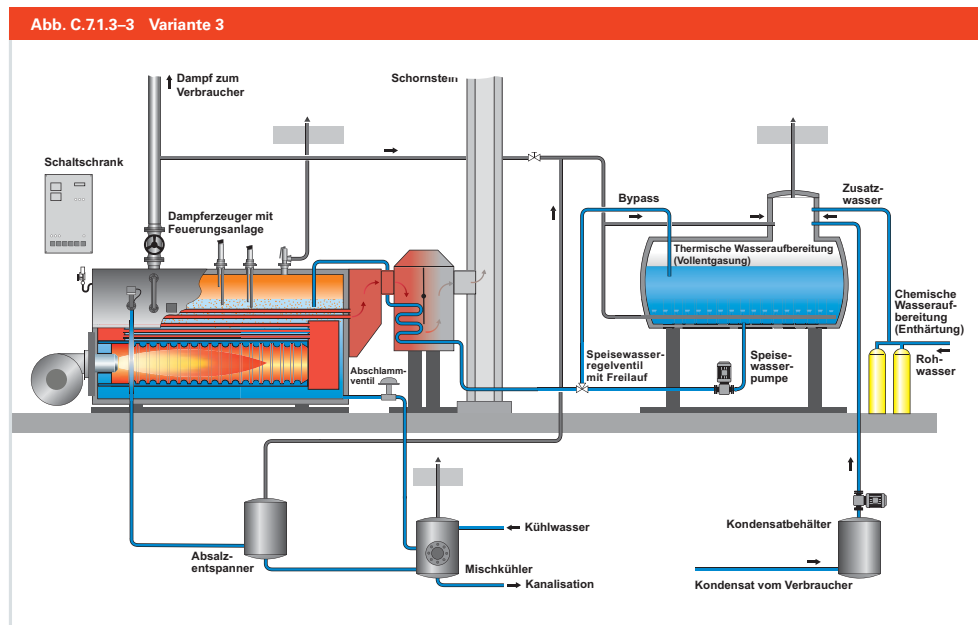


Abb. C.7.1.2-2 Regelventil mit Bypass



Quelle: RTK

**C.7.1.4 Kontinuierliche Niveauregelung mittels Drehzahlregelung der Pumpe**

Ziel der Regelung ist es, das Niveau im Kessel auf einem 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 Regelarmaturen vor dem Kessel eingespart werden.

Achtung: Der Regelbereich der Speisepumpe sollte mindestens so groß sein wie der Regelbereich der Kessel-Brenner Unit.

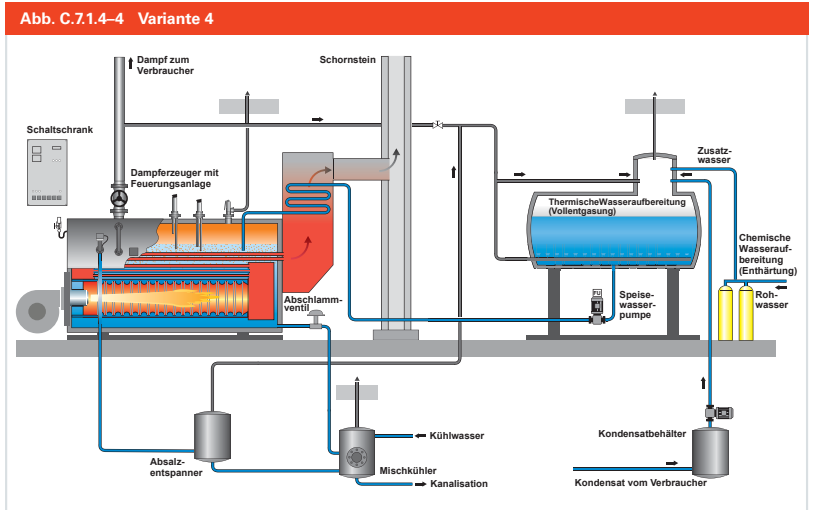
**C.7.1.5 schnelle Regelkreise (3-Komponenten-Regelung)**

Bei schnellen Regelkreisen, bei denen die Niveauregelung zu träge ist, können Signalwerte der Dampfahnehmer auf das Regelventil aufgeschaltet werden, um die geforderte Speisewassermenge dem schnell steigenden Dampfbedarf anzupassen.

Auch ist es denkbar, eine Massenbilanz um den Kessel herum aufzubauen, um schnell auf Laständerungen reagieren zu können. In diesem Fall erfolgt wasser- wie auch dampfseitig eine Durchflussmengenmessung mit Bilanzierung und Aufschaltung der Signale auf das Regelventil. In diesem Fall ist die Dampfmenge die Führungsgröße.

**C.7.2 Kondensatpumpen**

Kondensatpumpen (in der Regel zweimal 100 % Pumpen) müssen das kundenseitig und in der Anlage zwischengespeichert anfallende Kondensat bedarfsgerecht (je nach Anforderung aus dem Dampferzeugersystem diskontinuierlich und/oder kontinuierlich) fördern können. Die erforderlichen Förderhöhen hängen vom Gegendruck im Behälter, den druckseitigen Rohrleitungsverlusten sowie von der Dichte (temperaturabhängig) des Mediums ab.



**Hinweis**

Der Einsatz einer drehzahlgeregelten Pumpe ist dann sinnvoll, wenn der Regelbereich der Pumpe  $\geq 1:4$  beträgt sowie der Regelbereich der Speisepumpe mindestens so groß ist wie der Regelbereich der Kessel-Brenner Unit.

Weitere Vorteile einer drehzahlgeregelten Pumpe (FU-Pumpe)

- Sanftanlauf  
Druckstoßfreier Betrieb beim Einbeziehungsweise Ausschalten der Pumpe
- NPSH  
Der NPSH-Wert einer Kreiselpumpe sinkt mit geringerer Drehzahl. Dadurch sinkt die Kavitationsgefahr.

$$\Delta H = \frac{\Delta p}{\rho \times g}$$

$$\Delta p \text{ in bar beziehungsweise } \frac{N}{m^2}$$

$$\rho \text{ in } \frac{kg}{m^3}$$

$$g: 9,81 \text{ m/s}^2$$



### Thermische Apparate (systembedingt)

Thermische Apparate gewährleisten die Funktionstüchtigkeit einer Dampfkesselanlage.

Die hier beschriebenen Komponenten sind notwendige Bestandteile einer Dampfkesselanlage. Je nach Anlagenkonzept sind ggf. weitere hier nicht beschriebene Apparate erforderlich.

**C.8.1 Mischkühler**

Der Mischkühler dient der Aufnahme aller in der Kesselanlage anfallenden druckbehafteten, heißen Abwässer.

Im Mischkühler werden die Wässer auf Atmosphärendruck entspannt. Die Entlüftung des Mischkühlers erfolgt in die Atmosphäre.

Durch Zuführung von Kühlwasser aus dem Rohwassernetz über eine fest eingebaute Lanze wird das entspannte Abwasser auf eine Ableittemperatur von 30 bis 35 °C abgekühlt.

Abb. C.8.1-1 Mischkühler



**C.8.2 Absalzentspanner und Laugenkühler**

Der Absalzentspanner dient der Aufnahme der Kesselabsalzung und Entspannung auf ein Druckniveau von 0,5 bar.

Der Entspannungsdampf wird in der Entgasungsanlage (TWA) als Heizdampf genutzt. Die Restlauge wird, bevor sie dem Mischkühler zugeführt wird, über einen Laugenkühler abgekühlt über den im Gegenzug das Weichwasser vorgewärmt wird.

Abb. C.8.2-1 Absalzentspanner mit Laugenkühler



**C.8.3 Brüdenkondensator**

Der Brüdenkondensator (in der Regel ein Dampf/Wasser-Plattenwärmeübertrager) dient der Kondensation austretender ND-Dampfbrüden (Wasserdampf) aus dem Entgaser der TWA.

Über zugeführte Speisewasser- und/oder Kondensatwassermengen wird die sich ergebende Kondensationswärme dem System als Wärmerückgewinnung zurückgeführt.

Über den Einsatz eines Brüdenkondensators entscheidet letztlich eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (WKB).

Abb. C.8.3-1 Brüdenkondensator

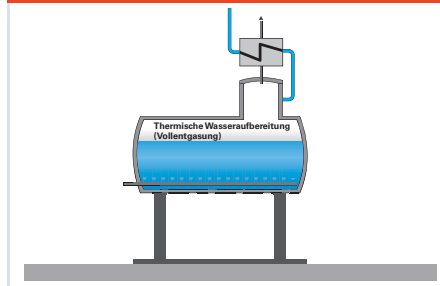
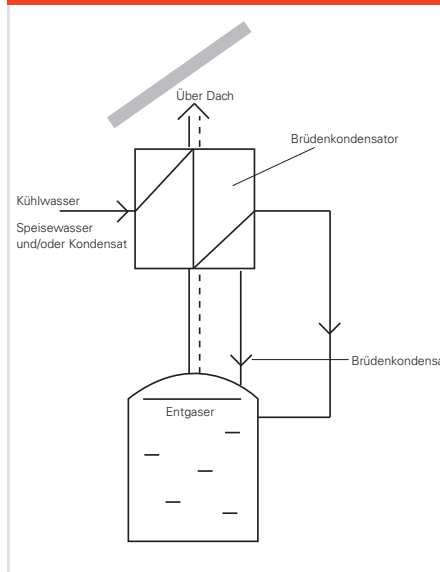


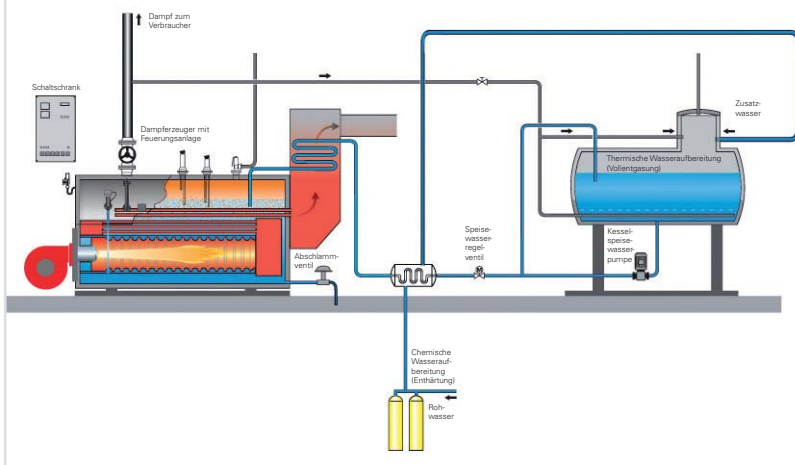
Abb. C.8.3-2 Schema Brüdenkondensator





## C.8 Thermische Apparate

Abb. C.8.4-1 Speiswasserkühler



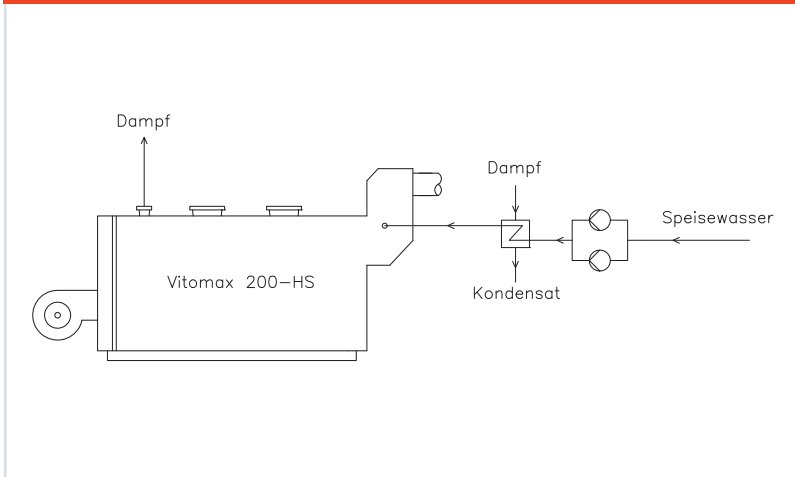
### C.8.4 Speiswasserkühler

Der Speiswasserkühler (in der Regel ein Wasser-/Wasser-Platten-/wärmeüberträger) dient der Speisewassertemperaturabsenkung (in der Regel auf  $\leq 100\text{ °C}$ ) vor Eintritt in den gewählten und ausgeführten Economiser (ECO).

Mit Absenkung der beschriebenen ECO-Speisewassereintrittstemperatur kann dem Abgas zusätzlich vorhandene Latentwärme, bei sich einstellender Kesselwirkungsgraderhöhung, entzogen werden.

Als „Kühlmittel“ soll hier vorteilhafterweise das vorzuhaltende Zusatzspeisewasser (Weichwasser) aus der chemischen Wasseraufbereitungsanlage (CWA) vor Eintritt in den Speiswasserbehälter genutzt werden. Über den Einsatz eines Speiswasserkühlers entscheidet letztlich eine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung (WKB).

Abb. C.8.5-1 Hochdruck Kondensat Speiswasservorwärmer



### C.8.5 Speiswasservorwärmer

Bei Einsatz eines Economisers in Verbindung mit den Brennstoffen S-Öl, Masud oder ähnlichem darf es auf keinen Fall zur Unterschreitung des Taupunktes im Kessel/Eco kommen. Damit das in allen Betriebszuständen unterbunden wird, wird das Speiswasser vor Eintritt in den Economiser auf  $130\text{ °C}$  mittels Wärmetauscher aufgeheizt. Als Heizmedium dient zum Beispiel eine Heizschlange im Kessel oder aber eine andere Heizquelle wie zum Beispiel Dampf. Dann in Verbindung eines Rohrbündel Wärmetauschers Dampf/Wasser. Die Art der Aufheizung muss objektspezifisch gewählt werden.

Man nimmt bewusst eine Wirkungsgradreduzierung in Kauf, um die Langlebigkeit des Economisers zu gewährleisten.

Abb. C.8.5-2 Dampfkesselanlage



Pfizer Animal Health  
Louvain-La-Neuve, Belgien  
2 x 3,2 t/h



### Rohrleitungsanlage

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

Im Wesentlichen handelt es sich hier um die später beschriebenen Hauptrohrleitungen  $\geq$ DN 25 (siehe unter Kapitel D 8) für die Medien:

- Dampf und Kondensat
- Brüden und Abdampf
- Speise- und Rohwasser
- Abwasser
- Heizöl- und Gas
- Abgas



Abb. C.9-1 Hauptdampfleitung



Abb. C.9.1-2 Dampfverteiler





Ahlstrom Malmédy, Belgien  
14 t/h; 13 bar

### Abgasanlage

Abgasanlagen dienen der gezielten Abführung von Abgasen. Zu Abgasanlagen zählen außer dem Schornstein sämtliche Verbindungsleitungen zwischen dem Wärme-/Dampferzeuger wie auch alle erforderlichen Einbauten wie zum Beispiel Schalldämpfer und Abgasabsperklappen.

Die für den Betrieb zu konzipierende und notwendig werdende Abgasanlage besteht im Wesentlichen aus der:

- Abgasleitung mit den notwendig werdenden Einbauten (Abgasklappe; Kompensator und falls notwendig ein Abgasschalldämpfer)
- Emissionsmessanlage mit Bedienbühne, sofern erforderlich; Mess- und Kalibrierstutzen
- Reinigungs- und Befahröffnungen
- Schornsteinanlage gegebenenfalls mit Neutralisationsanlage für das anfallende Rauchgaskondensat

Wesentliche Grundlagen für die Gestaltung und Ausführung sind die zu erwartende Anlagengesamtfeuerungsleistung und die hier gegebenenfalls einzuhaltenden Vorgaben gemäß der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) und/oder das hier zutreffende Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchV) beziehungsweise der gültigen Landesvorschriften.

Der Einbauort der Messstellen erfolgt vorzugsweise im Schornstein unter Beachtung gegebenenfalls notwendig werdender Ein- respektive Auslaufstrecken. Eine Installation in der „geraden“ Abgasleitung wäre ebenso denkbar.



Abb. C.10-2 Abgasschalldämpfer Dampfanlage

Abgasschalldämpfer Dampfanlage  
(2x 18t/h, 20 bar)

Abb. C.10-1 Abgasanlage (Dingolfing)

**Hinweis**

Der notwendige Umfang der zu installierenden Emissionsmess-einrichtungen wird verbindlich im Rahmen des Genehmigungsverfahrens durch die Genehmigungsbehörde bestimmt.

Es ist davon auszugehen, dass gegebenenfalls Messungen für:

- NO<sub>x</sub>
- SO<sub>2</sub>
- CO

Staub und/oder Rußzahl notwendig werden.



### Anlageneigenbedarf

Nachfolgend wird der energetische Anlageneigenbedarf betrachtet.

Dampfkesselanlagen benötigen für die Erzeugung von Frischdampf unter anderem einen energetischen Eigenbedarf in Form von Dampf, Strom, Brennstoff und einen geringen Anteil von Chemikalien zur Wasserkonditionierung.

### C.11.1 Elektrischer Eigenenergiebedarf

Der elektrische Eigenenergiebedarf einer Dampferzeugungsanlage wird im Wesentlichen durch die elektrische Leistung der Antriebe einzelner Hauptkomponenten bestimmt.

Die maßgebenden Hauptverbraucher sind:

- Verbrennungsluftgebläse;
- eventuell vorhandene Rauchgas-zirkulationsgebläse;
- Kesselspeisewasserpumpen;
- Kondensatpumpen;
- Ölpumpen;
- Drehzerstäubermotor (sofern vorhanden);
- Armaturen-Stellantriebe; wie zum Beispiel gegebenenfalls vorhanden: Abgasklappe(n), ECO-Bypassklappe(n), Hauptdampfabsperrrarmatur(en), Misch- und/oder Zweigventil(e) etc.;
- MSR-Schaltanlagen;
- Anlagenbeleuchtung und Notbeleuchtung des Kesselaufstellraumes.

#### Hinweis

Zwecks Minimierung des elektroseitigen Eigenbedarfes werden häufig elektrische Antriebe für Pumpen, Verdichter und Gebläse mit Frequenzumrichter ausgerüstet. Im Rahmen der Planung ist das Anlagenbetriebsregime eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz von Frequenzumrichtern (Aufwand/Nutzen, siehe auch unter Kapitel D 3.1 und D 6).

### C.11.2 Thermischer Eigenenergiebedarf

Der thermische Eigenbedarf wäre hier in Ansatz zu bringen:

- Der Heizdampf für TWA = als Funktion von Kondensat-Rücklaufverlusten von Absalz- und Abschlammverlusten sowie den Verlusten von Wrasendampf aus der TWA und dem Mischkühler.

Die hier aufgezeigten Verlustmengen müssen durch Zusatzspeisewasser aus der Wasseraufbereitungsanlage ausgeglichen werden. Mit dem Anstieg des in der TWA aufzuheizenden Zusatzspeisewassers steigt somit auch der thermische Anlagen-Eigenbedarf.

Für die Bestimmung des vorbeschriebenen Eigenbedarfs gemäß C 11 einer Anlage wären stets bedarfsgerechte Anlagen-Betriebszustände zu betrachten.

Herangehensweise, Auslegung und Berechnung werden unter Kapitel D 10 näher erörtert.



### Isolierungen von Rohrleitungen, Behältern etc.

Isolierungen dienen dem Schutz vor Wärme-/Energieverlust, dem Schutz vor Verbrennung/Verbrühung aber auch der Stabilisierung der Anlagenzustände.

Würde man zum Beispiel Dampfleitungen nicht einisolieren, käme es zur übermäßigen Kondensation in der Rohrleitung und damit zu instabilen Zuständen in der Anlage.

Da sämtliche Behälter und Armaturen einer Dampfkesselanlage untereinander mit Rohrleitungen verbunden sind, gilt es entsprechend viele Rohrleitungen je nach Betriebsparametern einzuisolieren.

### C.12.1 Wärmeschutzisolierungen

(siehe Anlage A2)

Warmgehende Rohrleitungen, Armaturen, Apparate und Behälter müssen durch eine außen aufgebrachte Wärmedämmschicht gegen Wärmeverluste und/oder Berührung geschützt werden.

Als Wärmedämmmaterialien kommen bevorzugt zum Einsatz:

- Mineralfasermatten (Glas- und Steinwolle)
- Kunststoffummantelungen
- Kunststoffe zum Ausschäumen
- Kunststoffschalen für Armaturen und Rohrkonstruktionen

Als wesentlichste Grundlage für die Ausführung von Wärmeschutzisolierungen sei hier die VDI-Richtlinie 2055 und die ENEC genannt. (siehe auch Kapitel D.8.3.4)

### C.12.2 Schutz vor Schwitzwasserbildung

Kaltgehende Rohrleitungen, Armaturen, Apparate und Behälter sind ggf. gegen Schwitzwasserbildung zu isolieren.

Als bevorzugtes Dämmmaterial kämen hier:

- Mehrkomponenten-Schaumstoffschalen und/oder
- Schaumglasschalen bei entsprechenden Bedarfsanforderungen zum Einsatz.

Der Anlagenausführende (Anlagenbauer, Heizungsbauer) hat die vollständige technische Bearbeitung und Planung der jeweiligen Dämmung zu übernehmen. Von daher sind die unter Kapitel D 8.3.4 und Anlage (A2) gegebenen Hinweise nur als „erste“ Auslegungshilfen zu verstehen.





SSAO Servolux, Litauen,  
3 St. Vitomax 200-HS  
4 t/h; 13 bar.

## Steuer- und Schaltanlage

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) (Abb. C.13-1).

Mittels dieses Displays werden alle Funktionen mit den dazugehörigen Betriebszuständen, Soll- und Istwerten dargestellt. Die Erfassung der Betriebsstunden für den Brenner und die Speisewasserpumpen erfolgt über die SPS.

Bei Zweistoffbrennern geschieht die Aufzeichnung der Betriebsstunden des Brenners und die Anzahl der Brennerstarts getrennt nach Brennstoff.



SPS-Touch-Panel Schaltschrank Vitocontrol

Alle Störmeldungen werden mit Datum und Uhrzeit erfasst und protokolliert.

Die Störmeldungen werden zusätzlich als Historie gespeichert, sodass das Auftreten von Störungen, deren Quittierung und die Beseitigung der Störung dokumentiert sind.

In der Steuer- und Schaltanlage (Abb. C.13-2), befinden sich alle Komponenten zur Ansteuerung der kesselspezifischen Regel- und Steuerungseinrichtungen von Dampfesselanlagen.



Schaltschrank Vitocontrol

## C.13.1 Hauptfunktionen

### C.13.1.1 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 oder einer übergeordneten Steuerung vorgegebenen Sollwert. Aus der Abweichung Soll-Druck – Ist-Druck ermittelt der Leistungsregler den Modulationsgrad des Brenners oder die jeweilige Brennerstufe, abhängig von der Konfiguration.

### C.13.1.2 Wasserstand-Niveauregelung

Die in der SPS hinterlegte Niveauregelung des Dampfessels kann als 2-Punkt-Regelung über das Zu- und Abschalten der Speisewasserpumpen oder als kontinuierliche Regelung über ein Speisewasserventil realisiert werden. Durch das Zu- und Abschalten der Speisewasserpumpe(n) beziehungsweise zusätzlich durch die Stellung des Speisewasserventils 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 beziehungsweise bei Störung einer Pumpe eine Pumpenumschaltung.

### C.13.1.3 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.

### C.13.1.4 Abschlammsteuerung

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

### C.13.1.5 Weitere Funktionen

Die Ansteuerung einer Abgas- und/oder einer Bypassklappe, sowie die Umschaltung auf zweiten Sollwert (Druck) sind ebenfalls in der SPS integriert.

#### Hinweis

Erforderliche Erweiterung im Verbund (respektive Beachtung) sämtlicher Nebenanlagen gemäß RI-Schema Anlage (A1).

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 Dampfesselanlage erforderlich sind.

#### Hinweis

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



## Vorschriften und Bestimmungen

Alle genannten Komponenten werden durch die benannte Stelle beziehungsweise die ZÜS (Zugelassene Überwachungsstelle) oder Überwachungsorganisation bei der Beurteilung einer Dampfkesselanlage betrachtet.

Eine nach den Regeln der Technik ausgeführte Dampfkesselanlage ist letztlich Grundlage für die Freigabe zur Inbetriebsetzung!

### C.14.1 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 Geräte mit einem max. zulässigen Druck von mehr als 0,5 bar oder einer Temperatur 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 zum Beispiel die EG-Gasgeräte-Richtlinie 2009/142/EG.

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.

Im Anhang II der DGRL sind die befeuerten Druckgeräte (Dampfkessel) in Kategorien unterteilt (Abb. C.14.1-1).

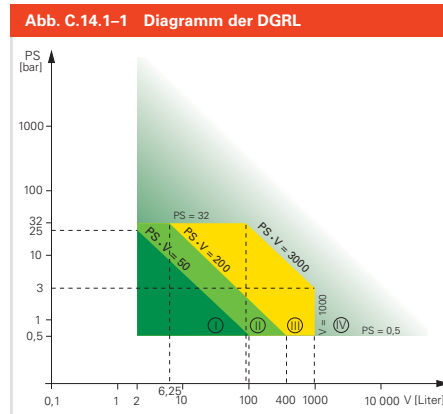
Aus den Kategorien III beziehungsweise IV leiten sich die nach der DGRL möglichen Modulkategorien ab. Mit den Modulkategorien wird geregelt, welche Prüfungen der Hersteller selbst durchführen kann und welche Prüfungen durch eine unabhängige Prüfstelle („Benannte Stelle“ nach DGRL) durchzuführen sind. Die Hochdruck-Dampferzeuger der Serie Vitomax 200-HS, Pyroflex FSB/FSR sowie die Niederdruck-Dampferzeuger Vitomax 200-LS fallen aufgrund der Formel: Druck x Inhalt in die Kategorie IV des Diagramms.

Nur die Kessel der Serie Vitoplex 100-LS (Abb. C.14.1-2) (Dampferzeuger mit einem zulässigen Betriebsdruck von 1 bar) mit einem Inhalt von > 1000 Liter fallen in die Kategorie III.

Hochdruck-Dampferzeuger 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.

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



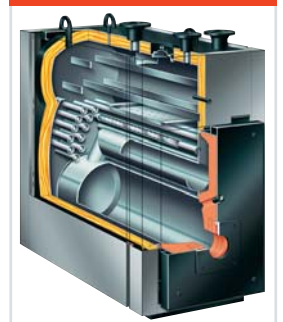
Nach EHI (Association of the European Heating Industry, Leitfaden zur Anwendung der Druckgeräte-Richtlinie 97/23/EG) modifiziertes Diagramm der DGRL.

**Hinweis**

**Inverkehrbringen und Inbetriebnahme**

- Inverkehrbringen ist die erstmalige entgeltliche oder unentgeltliche Bereitstellung eines Produktes auf dem Gemeinschaftsmarkt für den Vertrieb oder die Benutzung im Gebiet der Gemeinschaft (EU). Durch das Inverkehrbringen geht der Gefahrenübergang vom Hersteller auf den Betreiber über. Die Gefährdungsbeurteilung des Betreibers muss vorliegen!
- Die Inbetriebnahme erfolgt mit der erstmaligen Benutzung durch den Endbenutzer im Gebiet der Gemeinschaft. Die Notwendigkeit, im Rahmen der Marktaufsicht sicherzustellen, dass die Produkte bei der Inbetriebnahme die Bestimmungen der Richtlinie erfüllen, ist jedoch beschränkt.
- Wird ein Produkt erstmalig auf dem Gemeinschaftsmarkt in den Verkehr gebracht und in Betrieb genommen, muss es den anwendbaren nach dem neuen Konzept verfassten Richtlinien entsprechen. Die Mitgliedsstaaten der EU sind verpflichtet, das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme von Produkten, die die anwendbaren nach dem neuen Konzept verfassten Richtlinien erfüllen, nicht zu untersagen, einzuschränken oder zu behindern und alle notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, dass Produkte nur dann in den Verkehr gebracht und in Betrieb genommen werden, wenn sie keine Gefahr für die Sicherheit und Gesundheit von Personen oder sonstige von den anwendbaren Richtlinien berührte Interessen darstellen, sofern sie ordnungsgemäß gebaut, installiert, gewartet und ihrem Zweck entsprechend benutzt werden.

Abb. C.14.1-2 Vitoplex 100 LS




Niederdruck-Dampferzeuger, 260 bis 2200 kg/h.



## C.14 Vorschriften und Bestimmungen

Abb. C.14.1-3 Konformitätserklärung für Hochdruck Dampfkessel (Beispiel)

<b>Anlage zur Bedienungsanleitung Konformitätserklärung und Herstellerbescheinigung</b>	
Wir, die Viessmann Werke GmbH & Co KG, 35107 Allendorf, erklären in alleiniger Verantwortung, dass das Produkt	
<b>Vitomax Herstell-Nummer</b>	<b>M75A</b>
mit folgenden Normen/Regelwerken übereinstimmt:	Gemäß den Bestimmungen der
TRD-Regelwerk Vereinbarung 2000/1 (Dampfkessel) Vereinbarung Dampfkessel 2003/1	<b>Richtlinie 97/23/EG</b>  wird aufgrund der Einzelprüfung (Zertifikat-Nr. 01 202 620-G-042731-xxx-09) des befeuerten Druckgerätes durch die benannte Stelle TÜV Rheinland Group / TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, 10882 Berlin, dieses Produkt wie folgt gekennzeichnet:
	<b>CE-0035</b>
<b>Angaben gemäß Druckgeräterichtlinie 97/23/EG:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Befeuertes Druckgerät</li><li>- Kategorie IV gemäß Anhang II, Diagramm 5</li><li>- Modul G gemäß Anhang III</li><li>- Zertifiziertes QM-System nach Modul D</li><li>- Angewendetes Regelwerk: TRD</li><li>- Werkstoffe nach Anhang I, 4.2 b), TRD und EN 12953</li><li>- Korrosionszuschlag gemäß Anhang I, 2.2 und TRD</li></ul>	
Das Druckgerät wurde ohne Ausrüstung (Sicherheitseinrichtung) geprüft. Das Druckgerät muß vor der Aufstellung und der ersten Inbetriebnahme gemäß den nationalen Vorschriften ausgerüstet werden.	
<b>Das Druckgerät erfüllt die Anforderungen des gültigen TRD-Regelwerks und der Verbändevereinbarungen.</b>	
<b>Daher werden folgende Prüf Fristen vorgeschlagen:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- jährlich: äußere Prüfung</li><li>- alle drei Jahre: innere Prüfung</li><li>- alle neun Jahre: Festigkeitsprüfung, die als Wasserdruckprobe auszuführen ist.</li></ul>	
Länderspezifische Forderungen bezüglich der Prüf Fristen sind zu berücksichtigen.	
Allendorf,	Viessmann Werke GmbH & Co KG
	
ppa. Manfred Sommer	

In der Konformitätserklärung (Abb. C.14.1-3) wird durch den Hersteller erklärt, dass der Dampferzeuger die geltenden Anforderungen der DGRL oder 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.

Modul D beschreibt, dass der Hersteller ein zugelassenes Qualitätssicherungssystem für die Herstellung, die Endabnahme und Prüfung der Kessel hat. Die Erstellung der technischen Unterlagen sind darin inbegriffen.

Mit der Anbringung des CE-Kennzeichens, der Erstellung der Konformitätserklärung durch den Hersteller und dem Nachweis der Prüfungen entsprechend dem aus dem Diagramm 5 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, zum Beispiel 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 Überwachungsorganisation gesonderte Vereinbarungen getroffen werden.

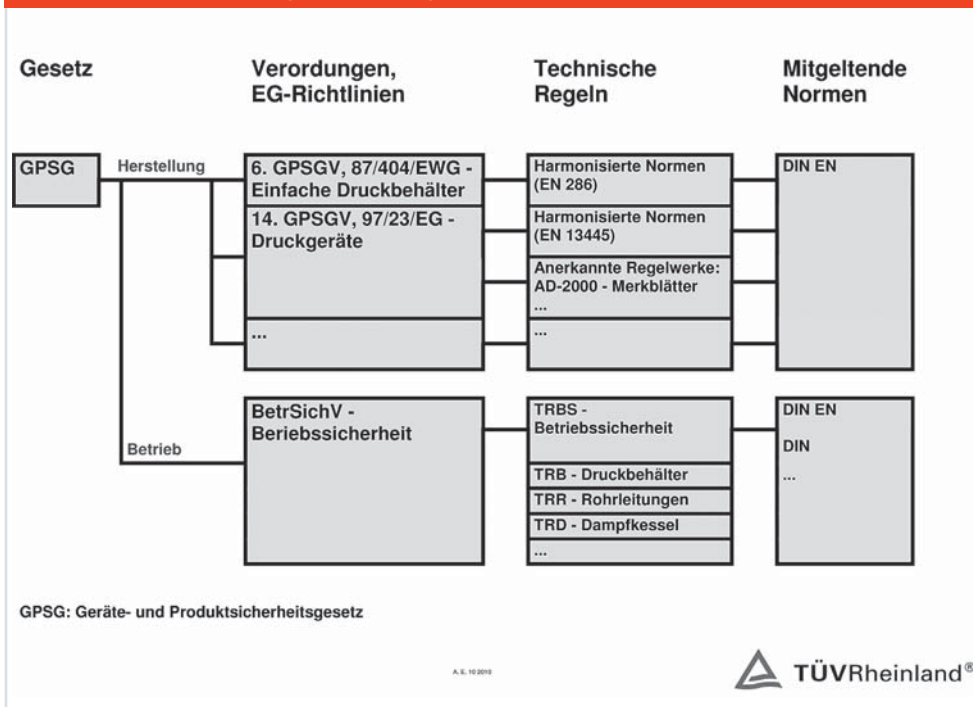
Mit Umsetzung der Produktsicherheitsrichtlinie 2001/95/EG ist aus den Kernvorschriften des Gerätesicherheitsgesetzes (GSG) und des Produktsicherheitsgesetzes (ProdSG) ein Gesetz zur Neuordnung der Sicherheit von technischen Arbeitsmitteln und Verbraucherprodukten entstanden. Das Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte genannt Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – GPSG vom 06.01.2004, gültig ab 01.05.2004. Das GPSG dient der Umsetzung der Richtlinie 97/23/EG und berücksichtigt Herstellung und Betrieb. Die Herstellung und damit die Beschaffenheitsanforderung werden in der 14. Verordnung zum Geräte und Produktsicherheitsgesetz geregelt. (Druckgeräteverordnung – 14.GPSGV vom 17.06.1998) Dies gilt für das Inverkehrbringen<sup>1</sup> von neuen Druckgeräten und Baugruppen mit einem maximal zulässigen Druck von über 0,5 bar.

Die Betrieblichen Belange sind in der Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes geregelt. Der sogenannten Betriebssicherheitsverordnung oder abgekürzt BetrSichV vom 27.09.2002. Die BetrSichV gilt für die Bereitstellung von Arbeitsmitteln durch den Arbeitgeber sowie für die Benutzung von Arbeitsmitteln durch die Beschäftigten bei der Arbeit.

<sup>1</sup> siehe Hinweis auf Seite 89



Abb. C.14.1-4 Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln



Gesetzliche Grundlagen zur Errichtung einer Dampfkesselanlage am Beispiel Deutschland.

Im Abschnitt 2 der BetrSichV „Gemeinsame Vorschriften für Arbeitsmittel“ ist die Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG enthalten. Im Abschnitt 3 der BetrSichV „Besondere Vorschriften für überwachungspflichtige Anlagen“ sind unter anderem beschrieben:

- Betrieb §12
- Erlaubnisvorbehalt §13
- Prüfung vor Inbetriebnahme §14
- Festlegung von Prüffristen §15

Abschnitt 4 der BetrSichV „Gemeinsame Vorschriften, Schlussvorschriften“ enthält Hinweise zum Ausschuss für Betriebssicherheit §24. Der Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) ist der Nachfolger des Deutschen Dampfkessel-ausschusses (DDA) mit folgenden Aufgaben:

1. Ermittlung von Regeln nach dem Stand der Technik
2. Ermittlung von Regeln zur Erfüllung der Anforderungen aus der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
3. Beratung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) zu Fragen der betrieblichen Sicherheit.

Der ABS erstellt die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS). Die TRBSen konkretisieren die Betriebssicherheitsverordnung hinsichtlich

- der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen

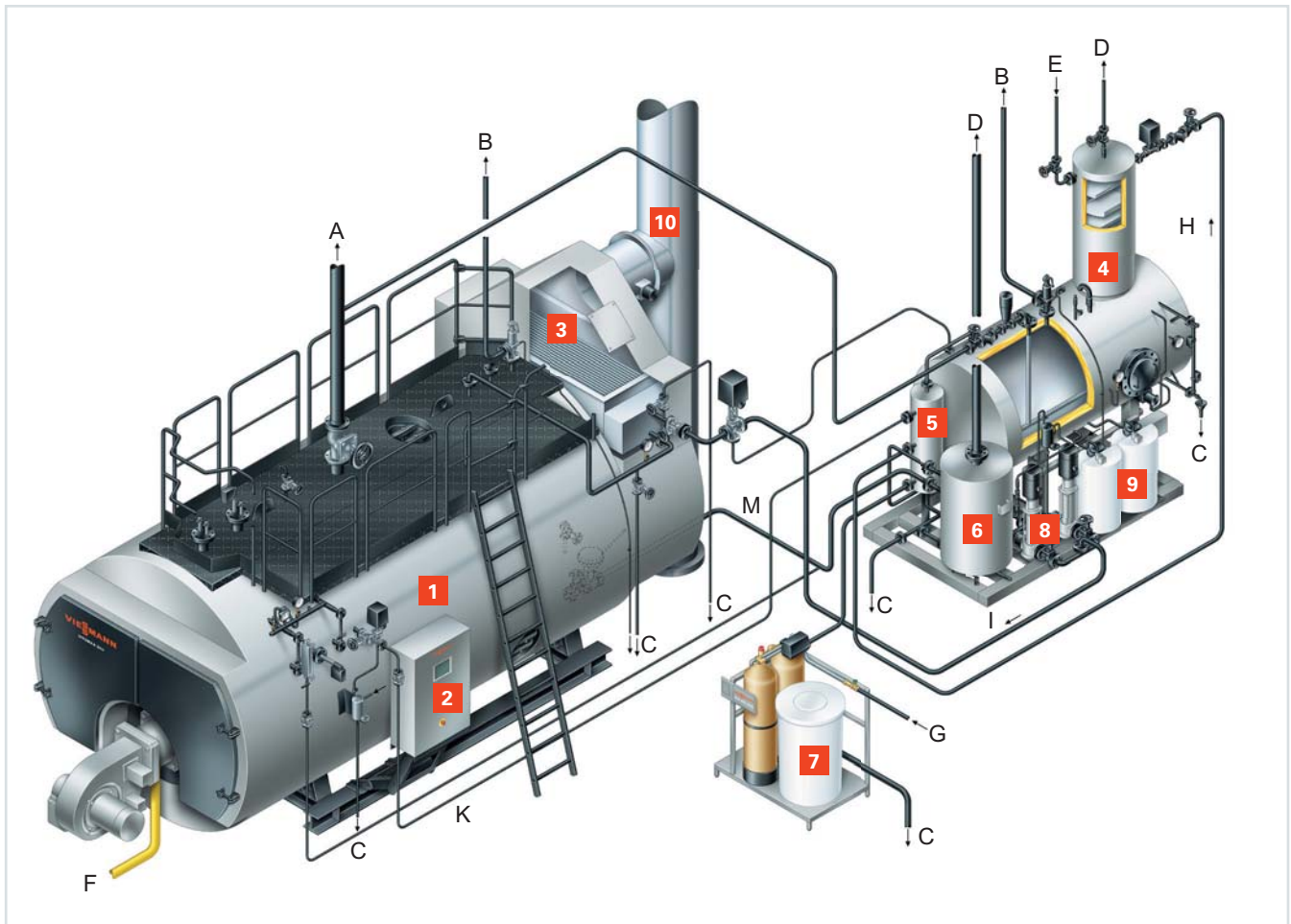
- der Ableitung von geeigneten Maßnahmen „Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Betreiber insoweit die Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen.“

Beispielhaft seien die TRBS 1111 und 2141 genannt, in denen die Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung und die Gefährdung durch Dampf und Druck beschrieben werden.

Kapitel 2 der TRBS 1111: „Für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung ist der Arbeitgeber, für die Durchführung der sicherheitstechnischen Bewertung ist der Betreiber verantwortlich.“

Kapitel 2.1 „Betriebsparameter“ der TRBS 2141 Teil 1: „Betriebsparameter sind Festlegungen von Prozess- und Stoffparametern, zum Beispiel Druck, Temperatur, Durchflussmenge, Füllhöhe, Abrasivität, Korrosivität. Sie folgen aus dem jeweiligen Prozess und repräsentieren in Summe die vom Arbeitgeber beziehungsweise Betreiber vorgesehene bestimmungsgemäße Betriebsweise“.

## D Auslegung der Komponenten



Übersicht Dampfkesselanlage

- |           |   |           |                                     |
|-----------|---|-----------|-------------------------------------|
| <b>1</b>  | Dampferzeuger                           | <b>A)</b> | Dampf zum Verbraucher               |
| <b>2</b>  | Steuer- und Schaltanlage (SPS)          | <b>B)</b> | Ausblasleitung – Sicherheitsventil  |
| <b>3</b>  | Integrierter Economiser                 | <b>C)</b> | Entlüftungs- und Entleerungsleitung |
| <b>4</b>  | Thermische Vollentgasungsanlage         | <b>D)</b> | Wrasenleitung                       |
| <b>5</b>  | Absalzentspanner mit Wärmerückgewinnung | <b>E)</b> | Kondensatzulauf                     |
| <b>6</b>  | Mischkühler                             | <b>F)</b> | Brennstoffzuführung                 |
| <b>7</b>  | Chemische Wasseraufbereitung            | <b>G)</b> | Rohwassereintritt                   |
| <b>8</b>  | Speisewasserpumpen                      | <b>H)</b> | Weichwasser                         |
| <b>9</b>  | Dosierstationen                         | <b>I)</b> | Speisewasser                        |
| <b>10</b> | Abgasabsperklappe                       | <b>K)</b> | Absalzleitung                       |
|           |   | <b>M)</b> | Abschlammleitung                    |

## D Auslegung der Komponenten

Im Folgenden werden für die unter Kapitel C aufgezeigten Komponenten und Systeme entsprechend „vereinfachte“ Auslegungs- und Berechnungshinweise gegeben.

Grundlage für die Auslegung ist die unter Anlage (A1) ausgewiesene „Musteranlage“ und die hier verfahrenstechnisch zutreffende Bilanz- und Berechnungsgröße, Viessmann bietet Ihnen für die konkrete Anfrage sogenannte „Anfrage-Checklisten“. Bitte erfragen Sie diese bei Ihrem Viessmann-Außendienst.

Eine korrekte Beantwortung der Anfragen-Checkliste ist Bedingung für eine exakte, dem Bedarf optimal angepasste Anlagendimensionierung.

Erforderlich werdende Hilfestellung bei der Beantwortung, respektive Erstellung der Anfragen-Checkliste, wird seitens Viessmann durch den jeweiligen Vertriebsingenieur zugesichert.

### **93 D Auslegung der Komponenten**

#### **96 Auswahl Dampferzeuger**

- 96 D.1 Auswahl Dampferzeuger
- 98 D.1.2 Wahl der Kesseldruckstufe
- 99 D.1.3 Abhitzeessel

#### **102 Produktprogramm**

- 103 D.2.1 Dampfkessel
- 104 D.2.2 Flammrohr-Temperatur-Überwachung (FTÜ)
- 105 D.2.3 Economiser (ECO)-Betrieb
- 106 D.2.3.1 Ecowärmeleistung
- 108 D.2.3.2 Amortisation Economiser ( $A_{ECO}$ )
- 110 D.2.3.3 Brennwertnutzung
- 113 D.2.3.4 Überhitzer (ÜH)-Betrieb
- 116 D.2.3.5 Druckhaltung/Warmhaltung – Dampferzeuger

### **118 Feuerungsanlagen**

- 119 D.3.1 Drehzahlregelung – Verbrennungsluftgebläse
- 120 D.3.2 O<sub>2</sub>-Regelung
- 121 D.3.3 Brennstoffmenge/Brennstoffbedarf
- 122 D.3.4 Verbrennungsluft, Zuluftführungen
- 125 D.3.5 Schallemissionen von Monoblock-/Duoblockbrennern

### **128 Wasseraufbereitung**

- 129 D.4.1 Vollentgasungsanlage
- 130 D.4.2 Teilentgasungsanlage
- 132 D.4.3 Chemische Wasseraufbereitungsanlage  
(CWA-Enthärtungsanlagen)
- 136 D.4.4 Funktionsbeschreibung Umkehr-Osmoseanlage (UO)
- 139 D.4.5 Wasseranalytik, allgemeine Erläuterungen

### **142 Kondensatwirtschaft**

- 143 D.5.1 Funktionsbeschreibung „offene“ Kondensatsysteme
- 144 D.5.2 Funktionsbeschreibung  
„geschlossene“ Kondensatsysteme

### **150 Pumpen**

- 151 D.6.1 Speisepumpen – Kriterien für Auslegung und Betrieb
- 160 D.6.2 Kondensatpumpen – Kriterien für Auslegung und Betrieb

### **162 Auslegung der thermischen Apparate**

- 163 D.7.1 Mischkühler
- 168 D.7.2 Absalzentspanner
- 171 D.7.3 Brüdenkondensator
- 174 D.7.4 Speisewasserkühler
- 180 D.7.5 Probenahmekühler

**182 Rohrleitungsanlage**

- 183 D.8.1 Rohrleitungsanlagen
- 188 D.8.2 Spezifikationen – Werkstoffe, Schweißarbeiten
- 196 D.8.3 Berechnungen und Auslegungen von Rohrleitungen
- 210 D.8.4 Festigkeit - Dehnung - Stützweiten - Abstände - Verlegungen/Lagerungen
- 219 D.8.5 Hinweise zur planerischen Gestaltung ausgewählter Leitungssysteme
- 219 D.8.5.1 Dampfleitungen/Dampfverteiler
- 224 D.8.5.2 Kondensatleitungen und Systeme
- 226 D.8.5.3 Kessellauge- und Abschlammleitungen
- 227 D.8.5.4 Speisewasser – Weichwasser – Trinkwasser
- 229 D.8.5.5 Brüden-, Abdampf-, Ausblaseleitungen
- 232 D.8.5.6 Brennstoffleitungen
- 233 D.8.5.7 Abwasser- und Fußbodenentwässerungen

**236 Abgasanlage**

- 237 D.9.1 Planungs- und Ausführungshinweise für Verbindungsstücke
- 239 D.9.2 Bemessungen zur Abgasanlage
- 240 D.9.3 Schornsteinanschluss/-ausführung
- 242 D.9.4 Gemeinsame Abgasanlage, Zusammenführung von Abgasströmen

**244 Anlageneigenbedarf**

- 244 D.10.1 Elektrischer Anlageneigenbedarf
- 248 D.10.2 Thermischer Anlageneigenbedarf



## D.1 Auswahl Dampferzeuger



Dampferzeuger mit und ohne Abhitzenutzung

## Auswahl Dampferzeuger

Je nach Anforderungen des Kunden an den Druck beziehungsweise die Menge des Dampfes sowie die Qualität des Brennstoffes unterscheidet man nach unterschiedlichen Kesseltypen und Konstruktionen.

Die Entscheidungskriterien sind:

1. Brennstoff  
Biomasse  
Abwärme  
Gas/Öl
2. Druck  
</gleich 0,5 bar  
> 0,5 bar
3. Leistung

### D.1 Auswahl Dampferzeuger

Hier erfolgt eine Auswahl je nach Bedarf zwischen dem:

- Vitomax 200-LS als Niederdruck-Dampferzeuger (NDE) Typ M233 der Kategorie IV gemäß europäischer Druckgeräterichtlinie DGRL 97/23/EG, in drei Leistungsgrößen bei einem je zulässigen Betriebsüberdruck von bis zu 1,0 bar.

Arbeitsgrundlage ist das Datenblatt des Dampferzeugers

Abb. D.1-1 Vitomax 200-LS Typ M233

Dampfmenge <sup>el</sup> (t/h)	2,9	3,5	5,0
Nennwärmeleistung (kW)	1900	2300	3300

und dem:

- Vitomax 200-HS als Hochdruck-Dampf-erzeuger (HD) Typ M73 der Kategorie IV gemäß europäischer Druckgeräterichtlinie DGL 97/23/EG. Diesen gibt es in neun Leistungsgrößen und unterschiedlichen Druckstufen mit einem zulässigen Betriebsdruck zwischen 6,0 bar und 30 bar.

**Abb. D.1-2 Vitomax 200-HS Typ M73**

Baugröße	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dampfmenge <sup>d)</sup> (t/h)	0,5	0,7	1,0	1,3	1,65	2,0	2,5	3,2	4,0
Nennwärmeleistung <sup>d)</sup> (MW)	0,325	0,455	0,65	0,845	1,1	1,3	1,65	2,1	2,6

Arbeitsgrundlage ist das Datenblatt des Dampferzeugers.

und dem:

- Vitomax 200-RS als Hochdruck-Dampf-erzeuger der Kategorie IV gemäß europäischer Druckgeräterichtlinie DGL 97/23/EG zur Nutzung von Abwärme.

und dem:

- Vitomax 200-HS als Hochdruck-Dampf-erzeuger (HD) Typ M75 der Kategorie IV gemäß europäischer Druckgeräterichtlinie DGL 97/23/EG. Diesen gibt es in 10 Leistungsgrößen und unterschiedlichen Druckstufen mit einem zulässigen Betriebsdruck zwischen 6,0 bar und 25 bar.

Arbeitsgrundlage ist das Datenblatt des Dampferzeugers.

**Abb. D.1-3 Vitomax 200-HS Typ M75**

Kesselgröße		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A <sup>d)</sup>
<b>max. Feuerungswärmeleistung MW</b>											
EN 12953-3	Gas	3,8	4,5	5,3	6,4	7,5	9,0	10,5	12,7	15,7	18,2
	HEL	3,8	4,5	5,3	6,4	7,5	9,0	10,4	12,2	14,0	14,0
<b>max. Dampfleistung<sup>d)</sup> ohne ECO in t/h</b>											
Arbeitsdruck	5 bar	5,2	6,2	7,3	8,9	10,4	12,5	14,6	17,6	21,7	25,2
	25 bar	5,0	5,9	7,0	8,5	9,9	11,9	13,9	16,9	20,8	24,2
<b>max. Dampfleistung<sup>d)</sup> mit ECO 200 in t/h</b>											
Arbeitsdruck	5 bar	5,5	6,5	7,7	9,3	10,9	13,1	15,3	18,5	22,9	26,6
	25 bar	5,4	6,4	7,6	9,1	10,7	12,9	15,0	18,2	22,5	26,1

Werte zwischen 5 und 25 bar können interpoliert werden.

**Achtung!**

Bei der Auswahl einer „geeigneten“ kundenseitigen Erzeuger-Dampfmenge wären die zu erwartenden „Dampfverluste“, bedingt durch anlagenspezifische Dampf-Eigenbedarf ( $\dot{m}_{FD/E}$ ), zu berücksichtigen.

Das heißt:  $Dampfmenge_{Erzeuger} = Dampfbedarfsmenge_{Kunde} + Dampfbedarfsmenge_{Anlage}$

In erster Näherung kann hier mit einem Zuschlag<sup>e)</sup> von zirka 5 bis 15% gerechnet werden.

Zum Beispiel ==>  $Dampfmenge_{Erzeuger} = Dampfbedarfsmenge_{Kunde} \times 1,05...1,15$

Eine „exakte“ Ermittlung wäre herstellenseitig mit der vorliegenden Formel unter Kapitel D.10.2 gegeben.

<sup>a)</sup> bezogen auf Speisewassertemperatur = 102 °C und Nenn-Wärmeleistung, ohne Emissionsanforderungen.

<sup>b)</sup> bezogen auf Dampfmenge bei Sattdampfdruck = 12 bar und Speisewassertemperatur = 102 °C.

<sup>c)</sup> bezogen auf Speisewassertemperatur = 102 °C und Nenn-Wärmeleistung.

<sup>d)</sup> Dampfleistung bei Gasfeuerung. Bei HEL und reduzierter Feuerungswärmeleistung ergeben sich andere Dampfleistungen.

<sup>e)</sup> Zuschlag für die Aufheizung des Frischwasserbedarfes von 0 bis 5% und Absalzraten ≤ 5%. Zwischengrößen wären hier linear entsprechend zu interpolieren.

## D.1 Auswahl Dampferzeuger

Abb. D.1.2-1 Begrenzer am Dampferzeuger

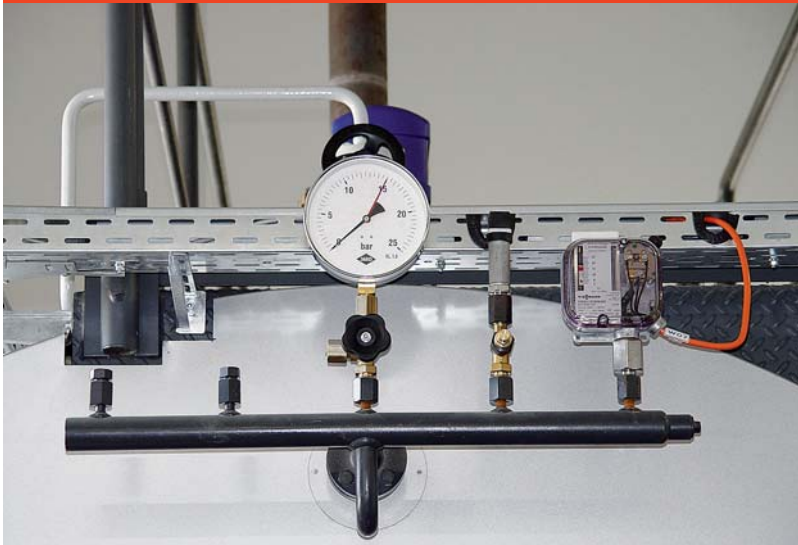
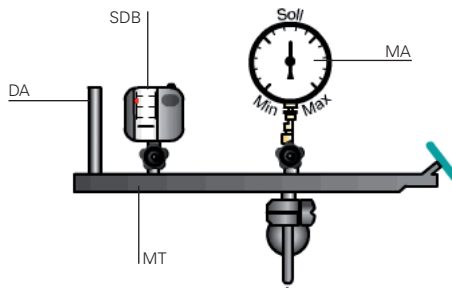


Abb. D.1.2-2 Begrenzer am Dampfkessel

Beispiel 1		Beispiel 2	
13	bar	<b>SiV</b>	25
12	bar	<b>SDB (Brenner verriegelt)</b>	23,5
10,5	bar	<b>DR (Sollwert)</b>	22



SDB Sicherheitsdruckbegrenzer  
 DA Druckaufnehmer  
 MA Manometer  
 MT Manostatenträger

## D.1.2 Wahl der Kesseldruckstufe

### Einstellung der Manostaten

Beispielhaft sind auf der Abb. D.1.2-2 zwei verschiedene Druckstufen unserer Dampfkessel dargestellt. Folgendermaßen ist die Herangehensweise für die Ermittlung der Kesseldruckstufe (Absicherung).

Der vom Kunden gewünschte Sollwert beträgt zum Beispiel 10 bar. Das ist der Wert der für die Produktion zur Verfügung stehen muss. Am Manostatenträger ist ein Druckaufnehmer montiert, der seine Signale an den in der SPS hinterlegten Regler (Druck) übermittelt. Der Druckregler wird zum Beispiel auf 10 bar eingestellt und regelt die Feuerung je nach Dampfabnahme. Der Druckregler schaltet zum Beispiel bei 10,5 bar den Brenner aus und zum Beispiel bei 9,5 bar wieder an. Die Ein- und Ausstellwerte sind frei wählbar. Druckseitig oberhalb des Druckreglers angeordnet ist ein Sicherheitsdruckbegrenzer, eingestellt auf zum Beispiel 12 bar. Sollte der Druckregler versagen, dient der Sicherheitsdruckbegrenzer der Sicherheit des Kessels vor Drucküberschreitung und verriegelt den Brenner. Wiedereinschalten ist nur manuell möglich. Druckseitig darüber angeordnet ist das Sicherheitsventil, welches mechanisch den Kessel gegen Überdruck absichert. Dieses öffnet bei 13 bar gegen Atmosphäre. Das heißt, bei einem gewünschten Druck von 10 bar ist ein Kessel mit 13 bar Absicherung erforderlich. Äquivalent gilt das bei einem gewünschten Druck von 22 bar. Hier wäre eine Kesselabsicherung von 25 bar erforderlich.

### D.1.3 Abhitzeessel

Abhitzeessel nutzen Abwärme industrieller Prozesse oder Abwärme von zum Beispiel BHKWs zur Erzeugung von Heißwasser oder Dampf. Da die Abwärmequellen vielfältig sind, erfolgt jeweils eine individuelle Auslegung der

Dampferzeuger. In Abb. D.1.3.1-1 sind Randbedingungen aufgezeigt innerhalb deren Werte Viessmann Abhitzeessel anbietet.

Abhängig von der Anzahl der Abgasquellen sowie der thermodynamischen Auslegung gibt es ein- oder mehrzügige Abhitzeessel für eine beziehungsweise mehrere Abgasquellen.

Abb. D.1.3.1-1 Auslegungsparameter

	Abhitzeessel ohne Zusatzfeuerung	Wärmeerzeuger mit Abhitzenutzung
Leistungsanteil aus der Abhitzenutzung	100% bezogen auf die Gesamt-Kesselleistung	10 bis 30% bezogen auf die Gesamt-Kesselleistung
Abgasquelle	Geeignet für Abgase aus folgenden Brennstoffen: Heizöl EL und Erdgas. Andere Brennstoffe wie RME, Tierfett, Festbrennstoffe beziehungsweise Abwärme aus belasteter Abluft auf Anfrage.	
Minimale Abgasmenge der Abgasquelle	5000 Nm³/h	1000 Nm³/h
Maximale Abgasmenge der Abgasquelle	80.000 Nm³/h (aus einer oder als Summe aus zwei Abgasquellen)	10.000 Nm³/h (aus einer oder als Summe aus zwei Abgasquellen)
Maximal zulässige wasser/dampfseitige Druckbelastung	25 bar	25 bar
Anzahl der Anhitzequellen	1 oder 2	1 oder 2

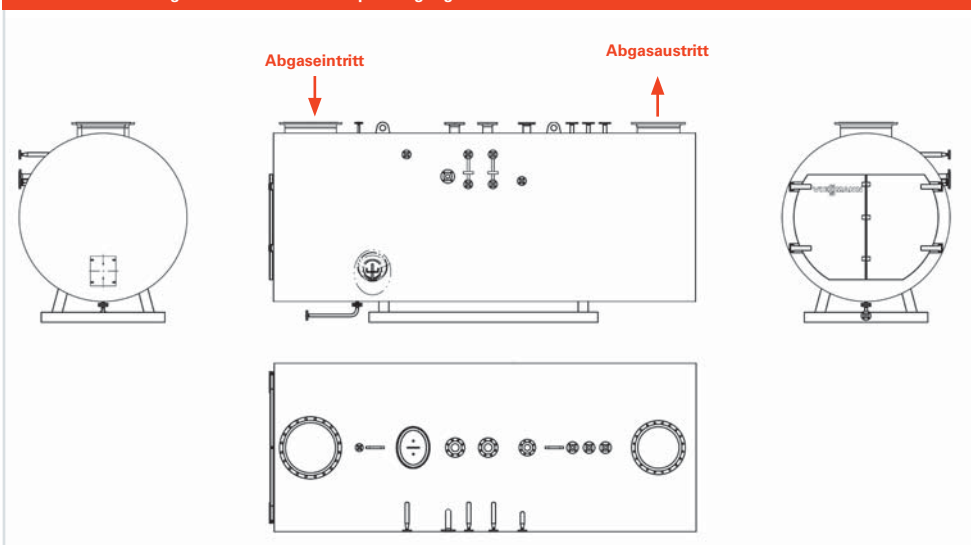
#### Ausführungsvarianten

Anlagen mit Abhitzenutzung gibt es in zahlreichen Größen und Ausführungen. Entsprechend vielfältig sind die Anforderungen an die einzu-bindenden Abhitzeessel.

#### Abhitzeessel 1-zügig

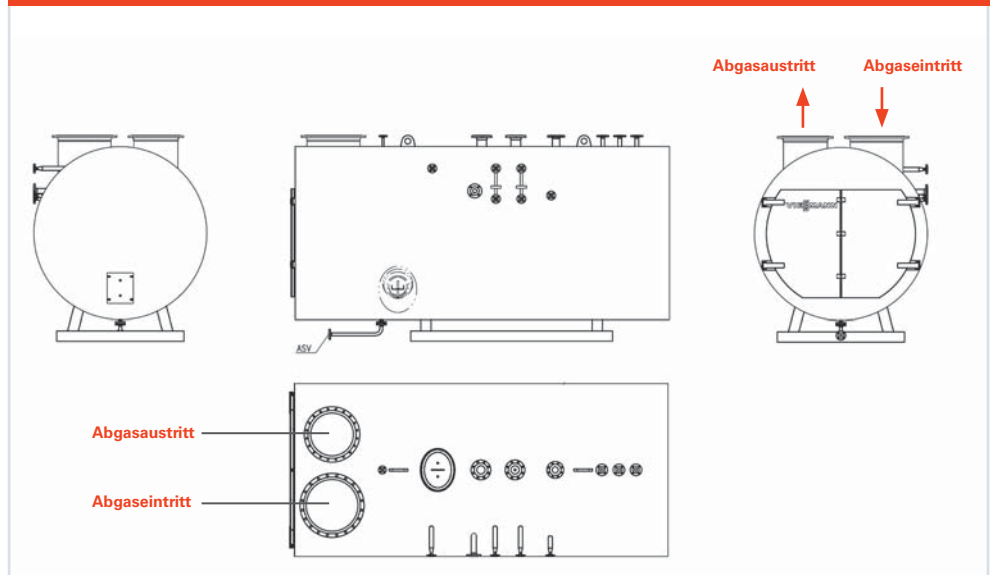
Im einfachsten Fall wird jeder Abgasquelle ein separater Abhitzeessel nachgeschaltet.

Abb. D.1.3.1-2 1-Zug-Abhitzeessel zur Dampferzeugung



## D.1 Auswahl Dampferzeuger

Abb. D.1.3.1-3 2-Zug-Abhitzeessel zur Dampferzeugung



Abhitzeessel 2-zügig

Wird der Abhitzeessel im Vergleich zu seinem Durchmesser sehr lang, kann das Rohrbündel auch geteilt werden. Abgaseintritt und -austritt liegen dann auf einer Seite. Diese kompaktere Ausführung ist oft bei kleinen Abgasvolumenströmen und niedrigen Abgaseintrittstemperaturen sinnvoll.



Abb. D.1.3.1-4 Großwasserraumkessel zur Dampferzeugung mit einem Abhitzezug

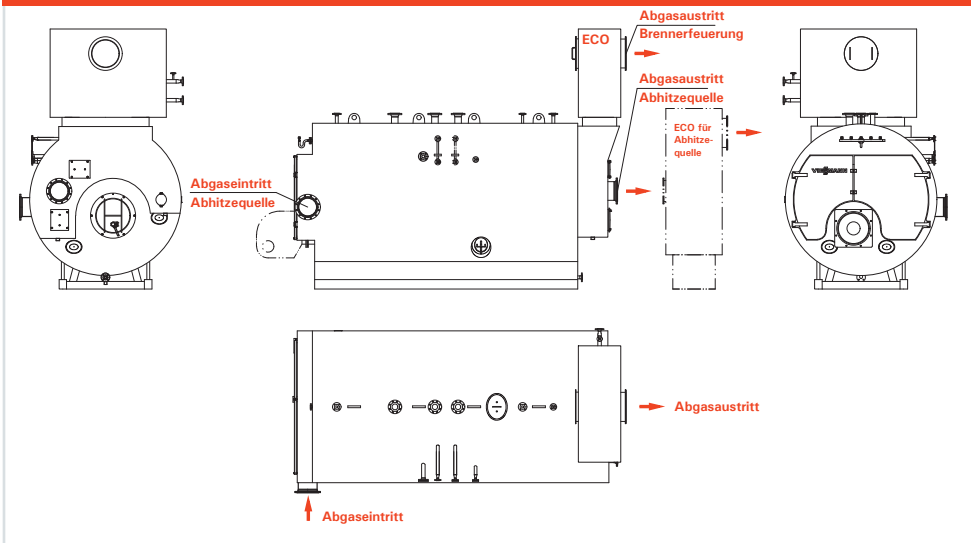


Abb. D.1.3.1-5 Abhitzekessel



Abhitzekessel für zwei Abgasquellen, 1-zülig

Bei kleineren Abgasvolumenströmen können zwei Abgasquellen an einen Abhitzekessel angeschlossen werden. Dadurch reduzieren sich Platzbedarf und technischer Aufwand bei der Ausrüstung. Die Abgasführungen bleiben jedoch komplett getrennt, um gegenseitige Beeinflussung auszuschließen.



## Produktprogramm

Abhängig vom Brennstoff gelten normative Regeln für die Auswahl von Dampfkesseln.

Grundsätzlich können flüssige und gasförmige Brennstoffe, aber auch heiße Abgase/Ablüfte in unseren Dampferzeugerkesseln zur Erzeugung von Sattedampf genutzt werden.

Es kommen folgende Brennstoffe beziehungsweise Wärmequellen zum Einsatz:

- Erdgas
- Biogas
- Heizöl Extraleicht
- Schweröl
- Masut
- Bioöl
- Tierfett
- Holzbrennstoffe (Biomasse)
- Heiße Abgase zum  
Beispiel aus Blockheizkraftwerken

**D.2.1 Dampfkessel**

Anmerkung:

Auf Rückfrage sind höhere Betriebsüberdrücke als 25 bar möglich.

Die angegebenen Grenzdampfleistungen gelten für den Betrieb mit Erdgas-Feuerungen in Abhängigkeit des zulässigen Betriebsüberdruckes. Bei HEL (Öl)-Feuerungen kommt es

im Leistungsbereich oberhalb von 16.000 kg/h wegen normativer Vorgaben zu Einschränkungen.

(DIN EN 12953-3 Ziffer 5.4 – Bild 5.4.1

Begrenzung der Feuerungswärmeleistung auf 14 MW<sub>therm.</sub> / siehe Abb. D.2-1).

Abb. D.2.1-1 Vitomax 200-HS, Typ M237 / M73A und M75A (Gas- und Ölfeuerung)

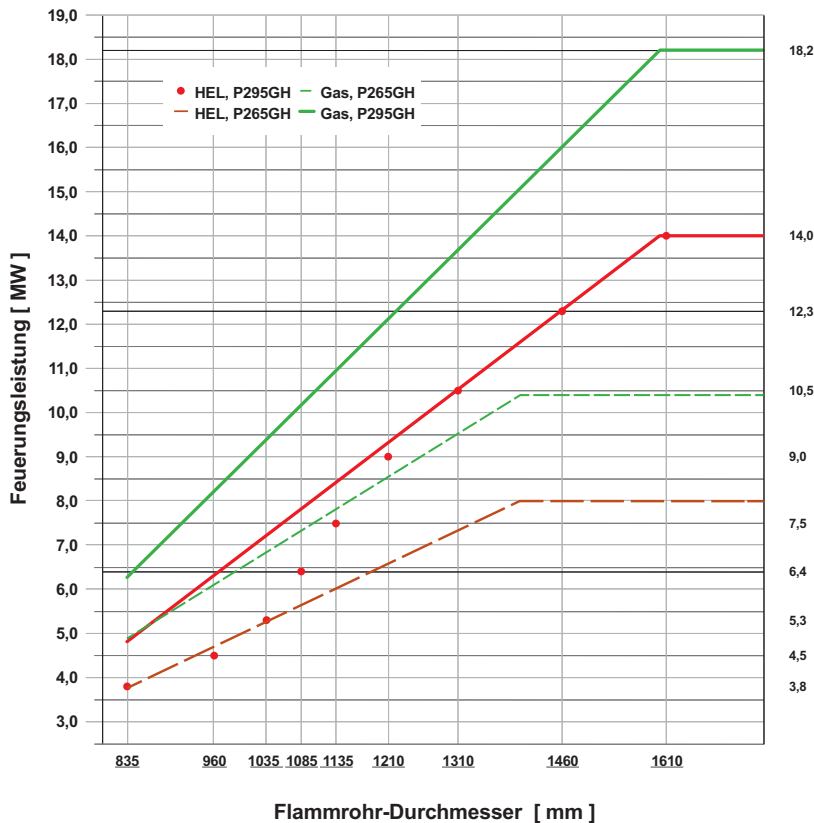
**Vitomax 200 HS - M75**

**Max. Feuerungsleistung nach DIN EN 12953-3**

Kesselgröße	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	
Dampfleistung*	5,0	6,0	7,0	8,5	10,0	12,0	14,0	17,0	21,0	26,0	t/h
Flammrohr-Durchmesser (Glattrohr innen bzw. mittlerer bei Wellrohr).	835	960	1035	1085	1135	1210	1310	1460	1610	1610	mm

Brennstoff, Flammrohrwerkstoff	max. Feuerungsleistung nach DIN EN 12953-3										
HEL, P265GH	3,76	4,70	5,26	5,64	6,01	6,58	7,33	8,00	8,00	8,00	MW
Gas, P265GH	4,89	6,11	6,84	7,33	7,82	8,55	9,52	10,40	10,40	10,40	MW
<b>HEL, P295GH</b>	<b>4,82</b>	<b>6,32</b>	<b>7,22</b>	<b>7,82</b>	<b>8,42</b>	<b>9,32</b>	<b>10,52</b>	<b>12,32</b>	<b>14,00</b>	<b>14,00</b>	<b>MW</b>
Gas, P295GH	6,27	8,22	9,39	10,17	10,95	12,12	13,68	16,02	18,20	18,20	MW

Flammrohr-Temperaturüberwachung erforderlich nach Verbändevereinbarung Dampfkessel 2003/1:  
1. Flammrohrdurchmesser > 1400 mm, 2. Feuerungswärmeleistung HEL: > 12 MW, Gas: > 15,6 MW



\* Bei der hier angegebenen Dampfleistung handelt es sich um Orientierungswerte. Die tatsächliche Dampfleistung ist abhängig vom Kesseldruck, dem Brennstoff sowie den Emissionsvorgaben.

### D.2.2 Flammrohr-Temperatur-Überwachung (FTÜ)

Für ausgewählte Feuerungswärmeleistungen ( $\dot{Q}_F$ ) und bei entsprechend konstruktiv ausgeführtem Flammrohrdurchmesser ( $d_f$ ) werden in Abhängigkeit nationaler Vorschriften entsprechende FTÜ-Systeme gemäß Anlage (siehe Tabellenwerte) erforderlich:

Abb. D.2.2-1 Flammrohrdurchmesser in Abhängigkeit der Feuerungsleistung (Zusatzmaßnahmen)

Brennstoff Parameter	Heizöl-HEL	Gas
$\dot{Q}_F$ (MW) $d_f$ (mm)	$\leq 12$ $> 1400$	$\leq 15,6$ $> 1400$
$\dot{Q}_F$ (MW) $d_f$ (mm)	$> 12$ $> 1400$	$> 15,6$ $> 1400$
$\dot{Q}_F$ (MW) $d_f$ (mm)	$> 12$ $< 1400$	$> 15,6$ $< 1400$

(Quelle: DIN EN 12953-3)

Zusätzlich zur DIN EN 12953-3 werden mit der Verbändevereinbarung Maßnahmen wie folgt angegeben (Stand 11/2004) und wären bei der Auswahl und Dimensionierung entsprechend zu beachten.

#### Hinweis

Bei Einsatz des Werkstoffes P355GH, nur zulässig für Wellflamrohr, ist grundsätzlich ein Temperaturmesssystem zu installieren. Auch für Feuerungswärmeleistung ( $\dot{Q}_F$ ) und Flammrohrdurchmesser ( $d_f$ ) von:  
 $d_f > 1400$  mm  
 $\dot{Q}_F > 12$  MW (Öl) und  
 $\dot{Q}_F > 15,6$  MW (Gas)

Abb. D.2.2-2 Flammrohr-Temperatur-Überwachung

Kriterium	Maßnahmen
Flammrohrdurchmesser $\leq 1400$ mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grenzwärmebelastung entsprechend EN 12953 bis zu einer Flammrohrbelastung von 12 MW bei Ölfuerung beziehungsweise 15,6 MW bei Gasfuerung – gültig für den Flammrohrwerkstoff P295GH.</li> <li>■ Max. Flammrohrbelastung von 8,0 MW bei Ölfuerung beziehungsweise 10,4 MW bei Gasfuerung – gültig für den Flammrohrwerkstoff P265GH.</li> <li>■ Max. Flammrohrwanddicke von 20 mm darf bei öl- und gasbefeuerten Dampfkesseln nicht überschritten werden.</li> <li>■ Eine Wanddicke von 22 mm ist möglich, wenn eine Kessel- und Speisewasserüberwachung gemäß der DDA-Information über Aufstellung und Betrieb von Landdampfkesselanlagen erfolgt, oder ein Temperaturmesssystem installiert wird.</li> </ul>
Flammrohrdurchmesser $> 1400$ mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Flammrohrwand-Temperaturüberwachung mit 6 Messstellen, Anordnung am Durchmesser in einem Winkel von 120 °C am Umfang versetzt angeordnet.</li> <li>■ 1. Reihe in einem Abstand von 0,8 <math>d_p</math>,</li> <li>■ 2. Reihe in einem Abstand von 600 mm nach der 1. Reihe,</li> <li>■ Grenzwert- und Antivalenzüberwachung, Temperaturbegrenzer und innere feuerseitige Prüfung des Flammrohres im Abstand von 18 Monaten, beginnend 6 Jahre nach Inbetriebnahme.</li> </ul>
Feuerungswärmeleistung $> 12$ MW (Öl) $> 15,6$ MW (Gas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Flammrohrwand-Temperaturüberwachung mit 6 Messstellen, Anordnung am Durchmesser in einem Winkel von 120 °C am Umfang versetzt angeordnet.</li> <li>■ 1. Reihe in einem Abstand von 0,8 <math>d_p</math>,</li> <li>■ 2. Reihe in einem Abstand von 600 mm nach der 1. Reihe,</li> <li>■ Grenzwert- und Antivalenzüberwachung, Temperaturbegrenzer und innere feuerseitige Prüfung des Flammrohres im Abstand von 18 Monaten, beginnend 6 Jahre nach Inbetriebnahme.</li> </ul>

Zusätzlich ist ein Satz normalisierter Warmzugproben bei 300 °C durchzuführen, wobei die geforderten Festigkeitskennwerte einzuhalten sind und Bruchdehnung nicht kleiner sein darf als der entsprechende Wert bei Raumtemperatur.

Zusätzlich zu den Festlegungen in der Verbändevereinbarung 2000/1 ist für die innere Prüfung der Feuerseite des Flammrohres eine Prüffrist von 18 Monaten vorzusehen.

**Abb. D.2.2-3 Flammrohr-Leistungen**

Vorschrift	TRD mit Verbändevereinbarung 94/1	DIN EN 12953 oder TRD mit Verbändevereinbarung 2003/1
<b>max. Feuerungsleistung</b>		
Ölfeuerung	10,5 MW	14,0 MW
Gasfeuerung	13,65 MW	18,2 MW
<b>Werkstoff</b>	H11	P265GH (max. 8 MW Öl-, max. 10,4 MW Gasfeuerung)
	17 Mn <sub>4</sub>	P295GH
<b>max. Nenn-Wanddicke</b>	20 mm	22 mm

**D.2.3 Economiser (ECO)-Betrieb**

Üblicherweise kommen für den ECO-Betrieb zwei Varianten als sogenannte integrierte ECO zum Einsatz, in Abhängigkeit vorhandener Betriebsparameter (Sattdampftemperatur = f (Betriebsdampfdruck)).

Mit Speisewassereintrittstemperaturen in den ECO von 102 °C und Betriebsdampfdrücken bis 12 bar<sup>a)</sup> wird unterschieden zwischen:

- Typ 100 – für Abgastemperaturen nach ECO von 180 °C und
- Typ 200 – für Abgastemperaturen nach ECO von 130 °C.

Auslegungs- und Berechnungsdatenblätter (siehe Planungsanleitung des jeweiligen Kessels) für die Dampfkessel Vitomax 200-HS mit integriertem ECO-Typ 100/200.

Unter Beachtung kundenseitig weiterer geforderter Abgasparameter, wie:

- Taupunkttemperaturgebung für den Kaltstart,
- Rauchgasbypassbetrieb,
- Brennwertnutzung bei gezielter und geregelter „Rauchgaskondensation“

stehen zusätzliche ECO-Konstruktion im Verbund mit dem jeweiligen Dampferzeuger, als „aufgesetzter Economiser“ und/oder als „hinten angestellter Economiser“, bei separat bedarfsgerechter konstruktiver Auslegung und Berechnung, zur Verfügung.

**Begründung**

A:

Sofern Heizöl-EL beziehungsweise Erdgas-E als Hauptbrennstoff verwendet werden und zum Beispiel Heizöl-S als Notbrennstoff vorgesehen ist, wird die Heizfläche des ECO für den Hauptbrennstoff ausgelegt. Damit die Rippenrohre des ECO bei der Verbrennung von Heizöl-S nicht unzulässig verschmutzen und somit unwirksam werden beziehungsweise die durch Schwefel belasteten Rauchgase kondensieren und den ECO zerstören, wird hier über den Bypass die ECO-Heizfläche „umfahren“.

Auf Hersteller spezifische ECO-Konstruktionen (Lieferanten variabel) kann hier zusätzlich Bezug genommen werden.

Entstehende apparativ bedingte ‚Mehrkosten‘ werden mit der erreichten Wärmerückgewinnung (integrierter ECO) aus dem Abgas und der damit verbundenen Brennstoffeinsparung von durchschnittlich 4 bis 7% in weniger als 0,5 Jahre, mit Annahme einer jährlichen Anlagenbetriebszeit von zirka 6000 Stunden, amortisiert (siehe Beispiel-Überschlagrechnung unter D 3.2.2).

Eine Abgastemperaturabsenkung über den ECO von zirka 100 K lässt eine Kesselwirkungsgraderhöhung von zirka 5% erwarten.

B:

wenn vorhandenen Abgassysteme Mindesttemperaturen erfordern.

<sup>a)</sup> Für Betriebsdampfdrücke > 12 bar bis ≤ 25 bar stellt sich mit der Druckerhöhung folgerichtig eine Erhöhung der Sattdampftemperatur (Sattdampftemperatur = f (Betriebsüberdruck); siehe Tb. 2/2.1 Kap. G2) und damit thermodynamisch eine analoge Erhöhung der zu erwartenden Abgastemperatur ein.



### D.2.3.1 Ecowärmeleistung

Mit einer thermodynamischen Bilanzbetrachtung über den Abgaswärmeübertrager (ECO) lassen sich grundsätzlich die erforderlich werdende Gesamt-ECO-Wärmeleistung in (kW) überschlägig ermitteln, respektive ableiten aus:

$$\dot{Q}_{ECO} = \frac{q_{ABG/Kessel} - q_{ABG/ECO}}{100} \times \dot{B}_B \times \dot{H}_i$$

$$q_{ABG/Kessel} = (T_{ABG/Kessel} - T_{Luft}) \times \frac{A}{21 - O_2} + B \quad [ \% ]$$

$$q_{ABG/ECO} = (T_{ABG/ECO} - T_{Luft}) \times \frac{A}{21 - O_2} + B \quad [ \% ]$$

$$T_{ABG/Kessel} = \text{Abgasaustrittstemperatur / Kessel} \triangleq \text{Abgaseintrittstemperatur ECO} \quad [ ^\circ\text{C} ]$$

$$T_{ABG/ECO} = \text{Abgasaustrittstemperatur / ECO} \quad [ ^\circ\text{C} ]$$

$$T_{Luft} = \text{Verbrennungslufttemperatur} \quad [ ^\circ\text{C} ]$$

$$O_2 = \text{gemessener } O_2\text{-Wert im trockenem Abgas}^1 \quad [ \text{Vol.}\% ]$$

<sup>1</sup> bei vorhandener  $O_2$ -Regelung mit 3% Restsauerstoff

$\dot{B}_B$  = zu erwartende überschlägige Brennstoffmenge [ $\text{m}^3/\text{h}$  oder  $\text{kg}/\text{h}$ ]

$$\dot{B}_B = \frac{\dot{m}_{FD} \times (h''_{FD} - h'_{SPW})}{H_i \times \eta_{K(m)}} \times 100 \%$$

$\dot{B}_B$  = überschlägige Brennstoffmenge in  $\text{kg}/\text{h}$  und/oder  $\text{Nm}^3/\text{h}$

$\dot{m}_{FD}$  = Frischdampfmenge je DE in  $\text{kg}/\text{h}$

$h''_{FD}$  = Dampfenthalpie - Frischdampf in  $\text{kWh}/\text{kg}$  ( $\text{kJ}/\text{kg}$ )

$h'_{SPW}$  = Speiswasserenthalpie in  $\text{kWh}/\text{kg}$  ( $\text{kJ}/\text{kg}$ )

$H_i$  = unterer Heizwert in  $\text{kWh}(\text{kJ})/\text{kg}$ , und/oder  $\text{kWh}(\text{kJ})/\text{Nm}^3$

$\eta_{K(m)}$  = mittlerer thermischer Kesselwirkungsgrad in % als Erwartungswert rund 93,5% (angenommener Wahlwertebereich:  $\geq 92,5\%$  bis  $\leq 93,5\%$ ) – und/oder aus Datenblatt als Funktion der Kessellast und ECO-Variante

#### Hinweis

Die Bilanz müsste die Speiswassermenge berücksichtigen, da diese aufgrund der Abschläm- und Absalzverluste über der Dampfmenge liegt. Da in der Auslegung diesbezüglich keine verlässlichen Werte vorliegen, ist es üblich, den Dampfmassenstrom = Speiswassermassenstrom zu setzen.

Abb. D.2.3-3 Eco mit seitlichem Abgang



Abb. D.2.3.1-1 A und B – Siegertsche Faktoren = f (Brennstoff); (Konstanten)

Brennstoff Faktoren	Konstanten: Leichtöl	Konstanten: Schweröl	Konstanten: Erdgas	Konstanten: Stadtgas
A	0,67	0,69	0,66	0,63
B	0,007	0,007	0,009	0,011

Abb. D.2.3.1-2 H<sub>i</sub> – unterer Heizwert in kWh/kg, (kJ/kg) und / oder kWh/Nm<sup>3</sup> (kJ/Nm<sup>3</sup>)

Brennstoff	Heizöl (EL)	Schweröl (S)	Erdgas (E)	Erdgas (LL)
kWh/kg	11,9	11,3	--	--
kJ/kg	42.700	40.700	--	--
kWh/Nm <sup>3</sup>	--	--	10,35	8,83
kJ/Nm <sup>3</sup>	--	--	36.000	31.800

**Anmerkung zur überschlägigen**

**Ermittlung von Q̇<sub>ECO</sub>**

Mit Bezug auf die Datenblätter Vitomax 200-HS – hier die technischen Angaben für die Ermittlung des Abgasmassenstroms mittels der Dampfleistung – lassen sich für die ECO-Typen 100/200 die jeweiligen ECO-Gesamtwärmeleistungen, bei erhöhtem „Genauigkeitsgrad“ ermitteln aus:

$$\dot{Q}_{ECO} = (h_{ABG/Kessel} - h_{ABG/ECO}) \times \dot{m}_{FD} \times R / \rho_{ABG} \quad \text{in kW}$$

mit: h<sub>ABG/Kessel</sub> - Enthalpie Rauchgas Austritt Kessel kWh/Nm<sup>3</sup>

ermittelt allgemein aus  $h_{ABG} = \frac{T_{ABG} - 8}{2500} \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3}$

und h<sub>ABG/ECO</sub> - Enthalpie Rauchgas Austritt ECO kWh/Nm<sup>3</sup>

sowie ρ<sub>ABG</sub> - mittlere Rauchgasdichte mit der Annahme ρ<sub>ABG</sub> = 1,345 kg/Nm<sup>3</sup>

und R - dimensionsloser Faktor, ermittelt aus den oben genannten Datenblättern in Abhängigkeit von Betriebsdruck und ECO-Typ.

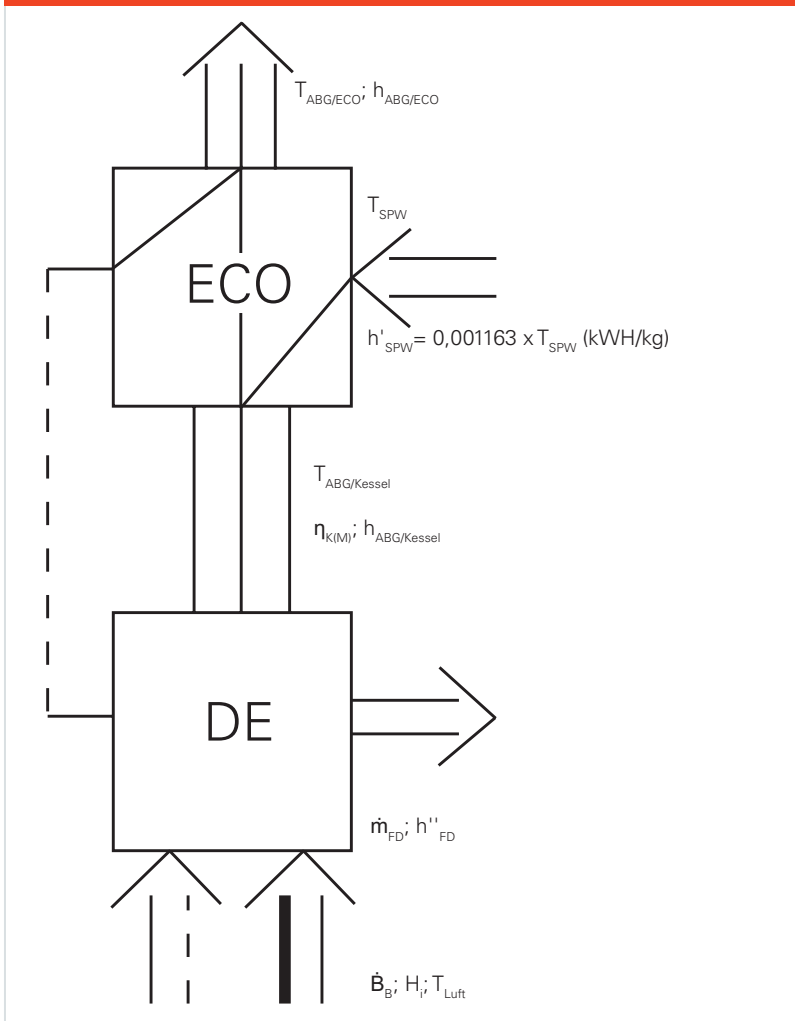
Abb. D.2.3-4 Eco oben aufgesetzt



<sup>a)</sup> Dampfenenthalpie Frischdampf in kWh/kg ermittelt [Tb. 2/2.1] = f (vorhandenen Dampfparameter – Druck/Temperatur) für überhitzten Dampf und h\*<sub>FD</sub> – für Sattdampf.

## D.2 Produktprogramm

Abb. D.2.3.1-5 Bilanzbetrachtung Dampferzeuger



- $\dot{m}_{FD}$  = Frischdampfmenge je Dampferzeuger (kg/h)
- $h_{FD}$  = Dampfenthalpie – Frischdampf (Sattdampf ( $h''_{FD}$ ) und/oder ( $h_{FD}$ ) überhitzt), ermittelt aus (Tb.2/2.1) = f (vorhandener Dampfdruck und Frischdampf­temperatur)
- $T_{spw}$  = Speisewassertemperatur (°C) (Entgasungstemperatur als Funktion des Entgaserdruckes aus (Tb. 2)
- $h'_{spw}$  = Speisewasserenthalpie in (kWh/kg) Tab. 2, Kap. G2

### D.2.3.2 Amortisation Economiser ( $A_{ECO}$ )

Mit den unter D.2.3.1 ermittelten Werten ergäbe sich eine Amortisationszeit aus der Beziehung:

$$A_{ECO} = \frac{K_{ECO} \times H_i}{\dot{Q}_{ECO} \times k_B \times b}$$

mit den zusätzlich erforderlich werdenden und beizustellenden Berechnungsgrößen wie:

$K_{ECO}$  – zu erwartende ECO-Kosten in (€) via eines spezifisch zu erstellenden Angebotes

#### Hinweis

Als „grober“ Kostenüberschlag könnte vorerst nachfolgende Kostenfunktion<sup>a)</sup> hilfreich sein:

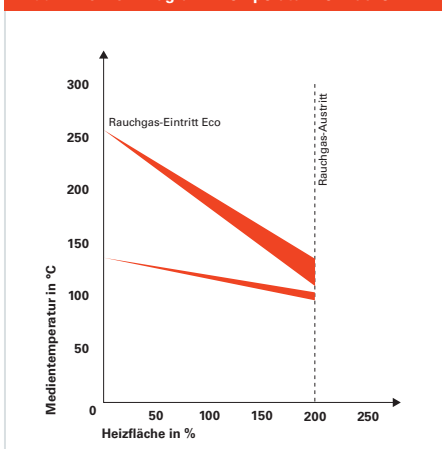
$$K_{ECO} = 11.500 + 23,94 \times \dot{Q}_{ECO} \text{ in (€)}$$

$k_B$  – aktuell spezifischer Brennstoffpreis in (€/kg und/oder in €/Nm<sup>3</sup>)<sup>a)</sup>

$b$  – jährliche Erwartungsstunden<sup>b)</sup> (Volllaststunden) bei der die Anlage in Betrieb ist, um den jährlichen Gesamtdampfbedarf decken zu können.

Bilanzbetrachtung Dampferzeuger (DE) mit ECO (vereinfacht)

Abb. D.2.3.1-6 Diagramm Temperatur-Heizflächen



<sup>a)</sup> Die Kostenfunktion wurde in Anlehnung entsprechender Angebotszuarbeiten (Stand 2005/2006, Fa. Rosink) erarbeitet.

<sup>b)</sup> Erforderliche Zuarbeit durch den Kunden.

Beispiel Überschlagsrechnung:  
Mit einer sich ergebenden  
Gesamt-ECO-Wärmeleistung von

$\dot{Q}_{\text{eco}} = 365 \text{ kW}$  einem energetischen Wärmepreis für Erdgas (H) von  $0,04 \text{ €/kWh}$ ,  
jedoch mit Bezug auf den spezifischen Verbrauch:

$$k_g = 0,04 \text{ €/kWh} \times H_i = 0,04 \text{ €/kWh} \times 10,35 \text{ kWh/Nm}^3$$

$$k_g = 0,414 \text{ €/Nm}^3$$

einem ECO-Erwartungspreis von:

$$K_{\text{ECO}} = 11500 + 23,94 \times 365 \text{ kW} = 20238,10 \text{ €}$$

und den jährlich angenommenen Volllaststunden

$b = 6000 \text{ h/a}$  ergäbe sich eine Amortisationszeit von:

$$A_{\text{ECO}} = \frac{20.238,10 \times 10,35}{365 \times 0,414 \times 6000} = 0,231 \text{ Jahre}$$

### Hinweis

Die Ermittlung von  $\dot{Q}_{\text{eco}}$  wurde unter Zugrundelegung sich ergebender Werte und Berechnungsgrößen mit dem entsprechend unter D.2.3.1 vorliegenden Formelwerk ermittelt:

Brennstoff		= Erdgas-E
Dampfdruck		= 12 bar
Speisewassertemperatur $T_{\text{spw}}$		= 102 °C
Abgastemperatur ohne ECO $T_{\text{ABG/Kessel}}$		= 252 °C
O <sub>2</sub> -Gehalt im Abgas		= 3 %
Siegersche Faktoren	A	= 0,66
	B	= 0,009
unterer Heizwert $H_i$		= 10,35 kWh/Nm <sup>3</sup>
Sattdampfenthalpie $h''_{\text{FD}}$		= 0,7737 kWh/kg
Speisewasserenthalpie $h'_{\text{spw}}$		= 0,119 kWh/kg
Dampfmenge in $\dot{m}_{\text{FD}}$		= 12000 kg/h
Kessellast		= 100%
ECO-Typ		= 200
Abgastemperatur mit ECO $T_{\text{ABG/ECO}}$		= 132 °C
Lufttemperatur $T_{\text{Luft}}$		= 20 °C
Kesselwirkungsgrad (lt. Datenblatt) $\eta_{\text{K(m)}}$		= 94,75%

### Hinweis

Siehe im Internet unter  
aktuelle Gas-Ölpreise:  
[www.heizoelboerse.de](http://www.heizoelboerse.de)  
[www.verivox.de](http://www.verivox.de);  
[www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)

### D.2.3.3 Brennwertnutzung

Brennwertnutzung (auch Brennwerttechnik genannt) ist mit derzeitigem Erkenntnisstand auch für die Wärmerückgewinnung an Hochdruck-Dampferzeugern gegeben.

Mehraufwendungen werden auch hier bei vertretbaren Amortisationszeiten kompensiert (siehe Überschlag-Beispielrechnung). Wesentliche Voraussetzung hierfür sind jedoch möglichst kontinuierlich verfügbare Wärmesenken bei entsprechendem Temperaturniveau unterhalb des Wassertaupunktes im Abgas, je in Abhängigkeit des eingesetzten Brennstoffes (siehe Abb. D.2.3.3-1).

Die Verbesserung des Wirkungsgrads der Dampferzeugeranlage bedeutet, einen Beitrag zur Umweltentlastung leisten zu können. Bei gleichbleibender Leistungsabgabe der Dampferzeugeranlage sinkt die CO<sub>2</sub>-Emission um zirka 9% bei Erdgasbetrieb (siehe Abb. D.2.3.3-2)

Mit den höheren Werten für H<sub>s</sub> und der höheren Wasserdampftaupunkttemperatur bietet der Einsatz von Brennwerttechnik und Erdgasbetrieb die besseren Voraussetzungen als HEL.

Der chemischen Reaktion des Verbrennungsvorganges (Oxydation) von Methan folgend



entstehen im Abgas Wasserdampfkondensatmengen von theoretisch maximal 1,5 kg/Nm<sup>3</sup> Brennstoff, bei Erdgasverbrennung und pH-Werten zwischen 3,5 bis 5,2 (leicht sauer) sind möglich.

Diese sind vor Ableitung auf pH-Werte zwischen 6,5 bis 9 entsprechend zu neutralisieren, zum Beispiel über Filter mit Dolomitfüllung und/oder über Dosiereinrichtung mittels Natronlauge (siehe Planungsanleitung „Richtwerte Wasserbeschaffenheit für Dampfkesselanlagen“ [Anhang 2 Kapitel G1]).

Abb. D.2.3.3-1 Heiz- und Brennwerte von Erdgas und HEL-Heizöl

Brennstoff	untere Heizwert (H <sub>i</sub> )	obere Heizwert (H <sub>s</sub> )	Verhältniss (%) H <sub>s</sub> /H <sub>i</sub> x 100	Wasserdampftaupunkt im Abgas (°C)
Erdgas-E	10,35 kWh/Nm <sup>3</sup>	11,46 kWh/Nm <sup>3</sup>	110,72	58
Erdgas-LL	8,83 kWh/Nm <sup>3</sup>	9,78 kWh/Nm <sup>3</sup>	110,75	58
Heizöl-EL	11,9 kWh/kg	12,7 kWh/kg	106,72	47

Der Wirkungsgrad der Dampferzeugeranlage ( $\eta_{\text{K(IM)}}$ ) erhöht sich nochmals und kann Werte  $\geq 100\%$  erreichen, im Bezug auf den unteren Heizwert (H<sub>i</sub>).

Die Erhöhung des Wirkungsgrads der Dampferzeugeranlage ( $\eta^*$ ) hängt im Wesentlichen von dem Grad der mittels Brennwerttechnik „ausgekoppelten“ zusätzlichen „Nutzwärme“ (Q<sub>AWT</sub>) ab und ermittelt sich aus:

$$\eta^* = \eta_{\text{K(IM)}} \times \left( 1 + \frac{\dot{Q}_{\text{AWT}}}{\dot{m}_{\text{FD}}(h''_{\text{FD}} - h'_{\text{spw}})} \right) \quad [ \% ]$$

mit den Berechnungsgrößen, wie unter D.2.3.1 und D.2.3.3 benannt.

#### Hinweis

Kondensatanfall aus der HEL-Verbrennung ist wegen des Schwefelanteils im Brennstoff (zirka 0,2% Schwefelanteil) recht sauer (pH-Werte zwischen 1,8 bis 3,7) und aggressiv. Zusätzlich sind Neutralisationseinrichtungen entsprechend mit Aktivkohlefilter auszurüsten. Theoretisch könnten Kondensatmengen maximal bis zu 1,035 kg/kg Brennstoff anfallen (siehe Abb. D.2.3.3-2).



Konstruktiv wäre der bereits erwähnte „hinten angestellte ECO“ als nachgeschalteter Wärmeüberträger zum bereits vorgehaltenen integrierten ECO ausführbar. Eine Ausführung des „hinten angestellten ECO“ einschließlich der nachgeschalteten Abgasanlage und Entwässerungsleitungen sind hier aus korrosionsbeständigem Edelstahl zu fertigen.

Als eine kontinuierlich verfügbare Wärmesenke ist verfahrenstechnisch, neben gegebenenfalls einer kundenseitigen Verfügbarkeit, wie zum Beispiel über:

- Niedertemperaturheizsysteme;
- Gebrauchswarmwasserbereitung;
- Prozesswärme im Niedertemperaturbereich, technologisch erforderlich werdende Vorwärmestufen etc.,

eine regelungstechnisch gleitend organisierte Vorwärmung des Kesselzusatzspeisewassers (Weichwasser, vor Eintritt in die Speisewasser-Entgasungsanlage) denkbar.

Eine Schaltungsvariante, Dampferzeuger mit integriertem ECO und nachgeschaltetem Abgaswärmeüberträger für Brennwertnutzung wurde im Verfahrensfliessschema (siehe Anlage A1) informativ, unter Zugrundlegung der Abb. D.2.3.3-3, ausgewiesen.

mit der Berechnung:

$q_{\text{kon}}$  Wärmegewinn in % aus Brennwertnutzung ermittelt aus:

$$q_{\text{kon}} = \frac{(H_s - H_i) \alpha}{H_i} \times 100$$

$\alpha$  = Kondensationsfaktor zwischen 0,7 bis 1,0 je nach Kühlmedientemperatur

Die Gesamt-AWT-Wärmeleistung in (kW) und die auch hier zu erwartende Amortisation (A) ermitteln sich ansatzhalber, wie unter D.2.3.1 und D.2.3.2 für den ECO ausgewiesen, analog.

$$\dot{Q}_{\text{AWT}} = \frac{[(q_{\text{ABG/ECO}} - q_{\text{ABG/AWT}}) + q_{\text{kon}}]}{100} \times \dot{B}_s \times H_i \quad \text{und} \quad A = \frac{K_{\text{AWT}} \times H_i}{\dot{Q}_{\text{AWT}} \times K_b \times b} \quad [\text{a}]$$

sowie aus der Wärmebilanz um den Abgaswärmeüberträger (AWT) die für die Kondensation des Wasserdampfes im Abgas erforderlich werdende Zusatzspeisewassermenge:

$$\dot{m}_{\text{zu/spw}} = \frac{\dot{Q}_{\text{AWT}}}{h'_{\text{zu/spw/A}} - h'_{\text{zu/spw/E}}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

mit erforderlich werdende Zusatzspeisewasser-Eintrittstemperaturen „deutlich“ unterhalb der Wasserdampftaupunktes liegend (siehe Abb. D.2.3.3-3).

Abb. D.2.3.3-2 Theoretische Kondensatmengen und CO<sub>2</sub>-Erzeugung bei vollständiger Verbrennung

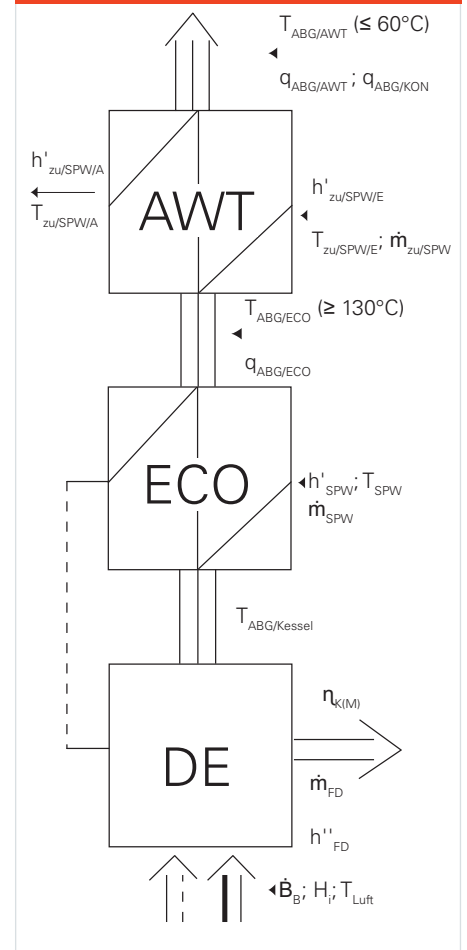
Brennstoff	max. theoretische Kondensatmenge <sup>1,2</sup>	max. CO <sub>2</sub> -Emission (kg/kWh) bezogen auf	
		(H <sub>i</sub> )	(H <sub>s</sub> )
Erdgas-E	1,63 kg/Nm <sup>3</sup>	0,2	0,182
Erdgas-LL	1,53 kg/Nm <sup>3</sup>	0,2	0,182
Heizöl-HEL	1,035 kg/kg	0,312	0,298

<sup>1</sup> bezogen auf Brennstoffmenge

<sup>2</sup> zutreffendes kommunales Regelwerk wäre bei Einleitung in das örtliche Abwassernetz zu beachten. (In Deutschland zum Beispiel Arbeitsblatt ATV-DWK-A251)

Bilanzbetrachtung Dampferzeuger (DE) mit ECO und AWT (vereinfacht)

Abb. D.2.3.3-3 Bilanzbetrachtung Dampferzeuger



## D.2 Produktprogramm

### Abgaswärmetauscher (AWT)

dem ECO als 2. Stufe der Wärmerückgewinnung mittels Brennwerttechnik nachgeschaltet, und den Parametern von Zusatzspeisewasser Ein- und Austritt:

$h'_{Zu/spw/E}$  = Zusatzspeisewasser-Enthalpie (Eintritt) in (kWh/kg)

$h'_{Zu/spw/A}$  = Zusatzspeisewasser-Enthalpie (Austritt) in (kWh/kg)

$T_{Zu/spw/E}$  = Zusatzspeisewassertemperatur (Eintritt) in (°C)

$T_{Zu/spw/A}$  = Zusatzspeisewassertemperatur (Austritt) in (°C) sowie

$\dot{m}_{Zu/spw}$  = der Zusatzspeisewassermenge in (kg/h).

Beispiel als Überschlagsrechnung:

Mit den Annahmen und Werten der Überschlagsrechnung

zum Abschnitt D.2.3.2 ergeben sich mit den ergänzenden Annahmen für:

- Abgastemperatur nach Abgaswärmeüberträger =  $T_{Abg/AWT}$  = 60 °C
- Zusatzspeisewasser-Eintrittstemperatur =  $T_{Zu/Spw/E}$  = 10 °C
- Zusatzspeisewasser-Austrittstemperatur<sup>a)</sup> =  $T_{Zu/Spw/A}$  = 50 °C
- Erwartungspreis für den Abgaswärmeüberträger ≈ 105.000 €<sup>b)</sup>.
- bei einer ermittelten Gesamt-AWT-Wärmeleistung =  $\dot{Q}_{AWT}$  1.019 kW

eine Amortisationserwartungszeit von:

$$A_{AWT} = \frac{k_{AWT} \times H_i}{\dot{Q}_{AWT} \times K_b \times b} \quad A_{AWT} = \frac{105.000 \times 10,35}{1.019 \times 0,414 \times 6.000} \approx 0,429 \text{ Jahre}$$

bei einer Wirkungsgradsteigerung auf:

$$\eta^* = \eta_{k(iM)} \left( 1 + \frac{\dot{Q}_{AWT}}{\dot{m}_B (h'_{FD} - h'_{spw})} \right) = 94,75 \times \left( 1 + \frac{1019}{12000 \times (0,7737 - 0,119)} \right) \approx 107\%$$

und der erforderlich werdenden Zusatzspeisewassermenge durch den AWT von:

$$\dot{m}_{Zu/spw} = \frac{\dot{Q}_{AWT}}{h'_{Zu/spw/A} - h'_{Zu/spw/E}} = \frac{1019}{(0,0584 - 0,0118)} = 21867 \text{ kg/h}$$

### Anmerkung

Mit Bezug auf die im Rechenbeispiel gewählte Frischdampfmenge ergäbe sich kundenseitig eine zusätzliche Nutzung von der aus dem Rauchgas mittels Brennwerttechnik „ausgekoppelter“ Wärme von:

$$\dot{Q}_{Nutz/zusätzlich} \approx (21,867 - 12000) \text{ kg/h} \times (0,0584 - 0,0118) \text{ kWh/kg} \approx 460 \text{ kW.}$$

Bei Nichtverfügbarkeit einer entsprechend zusätzlichen „Wärmesenke“ bleibt  $\dot{Q}_{Nutz/zusätzlich}$  ungenutzt und die Wirkungsgradsteigerung geht entsprechend zurück auf den Wert von:

$$\eta^* = 94,75 \left( 1 + \frac{(1.019 - 460)}{12.000 (0,7737 - 0,119)} \right) \approx 101,5\%$$

bei entsprechend steigender Amortisation auf:

$$A = \frac{85.000 \times 10,35}{559 \times 0,414 \times 6.000} \approx 0,633 \text{ Jahre}$$

<sup>a)</sup> Die Speisewasser-Austrittstemperatur aus dem AWT sollte stets „deutlich“ unterhalb von  $T_{Abg/AWT}$  gewählt werden.

<sup>b)</sup> ausgewählter Angebotspreis

**D.2.3.4 Überhitzer (ÜH)-Betrieb**

Auf der Grundlage kundenseitig geforderter Anwendungen werden entsprechend konstruktiv und regelungstechnisch gestaltete Dampfüberhitzer zum Einsatz gebracht.

Dampfüberhitzungstemperaturen von 50 K über der jeweiligen Sattdampf temperatur sind gegeben bei unregelter ÜH-Fahrweise, 100%iger Kessellast.

Bei der kundenseitigen Auswahl sicherzustellender Überhitzungstemperaturen ( $\Delta t_{ÜH}$ ) sind die ggf. zu erwartenden Temperaturverluste (Wärmeverluste) zwischen Aufstellungsort Dampferzeuger und dem Verbraucher zu berücksichtigen (siehe Abschnitt D.8.3.4).

Ein Rückgang der Überhitzertemperaturen auf Werte < 50 K wären zusätzlich in Abhängigkeit von der Kessellast zu berücksichtigen.

Abb. D.2.3.4-1 Kessellast

Kessellast (%)	35	50	75	100
$\Delta T_{ÜH}$ (K)	25	35	44	50

Richtwerte bezogen auf Dampfmenge bei Sattdampfdruck 12 bar und Speisewassertemperatur= 102 °C.

Mit Forderung auf eine Überhitzung von 50 K bereits in einem der angegebenen Lastfälle < 100% wird herstellerseitig eine entsprechend geregelte ÜH-Fahrweise sichergestellt.

Eine Regelung erfolgt hier „baugruppenintern“ über das gleitend geregelte Zumischen von „kälterem“ Sattdampf als Funktion sich einstellender Überhitzungstemperaturen nach dem Mischpunkt.

**Anmerkung**

Alternativ besteht die Möglichkeit eines Einspritzkühlers oder eines Oberflächenkühlers nach den Überhitzer zu installieren beziehungsweise einer rauchgasseitigen Regelung, um die Überhitzungstemperatur zu regeln.

Spezifische Forderungen hinsichtlich Sicherheit gegen Drucküberschreitung sowie erforderlich werdender Druck- und Temperaturmesstechnik auf das zutreffende Regelwerk (TRD 401) Bezug genommen.

Kundenspezifische Überhitzungstemperaturen > 50 K wären jedoch bei individuell konstruktiver Gestaltung in Abstimmung mit dem Hersteller gegeben (siehe Beispielauslegung).

**Beispiel – Überschlagsrechnung**

geregelten Überhitzer im Mischbetrieb mit Sattdampf:  
 (Vitomax 200-HS; Sattdampfmenge = 10 t/h, Sattdampf temperatur = 195 °C, Druck = 13 bar, Sollwerttemperatur für Überhitzung = 220 °C bei zirka 20% Kessellast)

Kessellast (%)	20 <sup>a)</sup>	40	60	80	100
$\Delta T_{ÜH}$ (K) unregelt	20	42	59	72	82
$\Delta T_{ÜH}$ (K) geregelt <sup>b)</sup>	20	25	25	25	25

Abb. D.2.3.4-2 Mischventil

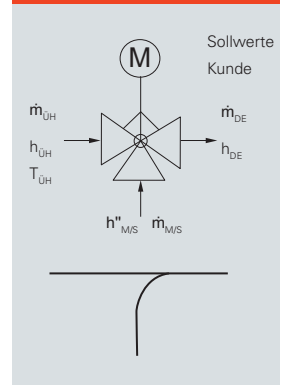


Abb. D.2.3.4-3 Dampfüberhitzer



<sup>a) b)</sup> Die angegebene Kessellast mit 20% stellt im Berechnungsbeispiel einen „Sonderfall“ dar. Überlicherweise wird hier herstellerseitig eine untere Kessellast von 35% fixiert.

### Prinzip der Sattdampfbeimischung

erforderlicher Sattdampfmischmenge (in  $\dot{m}_{M/S}$ )  
aus:

$$\dot{m}_{M/S} = \frac{\dot{m}_{DE} \times (h_{ÜH} - h_{DE})}{(h_{ÜH} + h''_{M/S})} \quad (\text{kg/h})$$

und den Berechnungsgrößen:

- $\dot{m}_{DE}$  gewählte Dampfmenge  
(kg/h) Kundenseite
- $\dot{m}_{M/S}$  erforderliche Sattdampfmischmenge  
(kg/h)
- $h_{DE}$  Dampfenthalpie (Tb. 2) (kJ/kg) als  
Funktion der Kundensollwerte  
(Druck, Temperatur)
- $h_{ÜH}$  Dampfenthalpie (Tb. 2) (kJ/kg) als  
Funktion der notwendig werdenden  
Überhitzungstemperatur  $T_{ÜH}$  zwecks  
Sicherstellung der kundenseitigen  
Sollwerttemperatur
- $h''_{M/S}$  Enthalpie der Dampfmischmenge  
(Tb. 2) (kJ/kg) als Funktion gewählter  
Sattdampfparameter

mit den Ansätzen aus:

Mengenbilanz ->  $\dot{m}_{DE} = \dot{m}_{ÜH} + \dot{m}_{M/S} \quad (\text{kg/h})$

Wärmebilanz ->

$$\dot{m}_{DE} \times h_{DE} = \dot{m}_{ÜH} \times h_{ÜH} + \dot{m}_{M/S} \cdot h''_{M/S} \quad (\text{kJ/h})$$

Immer wieder taucht die Überlegung auf,  
einen Kessel mit höherem Druck zu wählen  
und anschließend durch Druckreduktion eine  
Temperaturüberhöhung zu realisieren.  
Dieser Ansatz wird in der Abb. D.2.3.4-4  
dargestellt.

Hierbei handelt es sich jedoch um einen rein  
theoretischen Ansatz.

In der Praxis wird die Enthalpie der Über-  
hitzung durch den Anteil Nassdampf aufge-  
braucht, sodass tatsächlich keine nennenswer-  
te Überhitzungstemperatur realisiert wird.

Abb. D.2.3.4-4 1. und 2. Wahl im Mollier-h, s-Diagramm für Wasserdampf (theoretische Betrachtung)

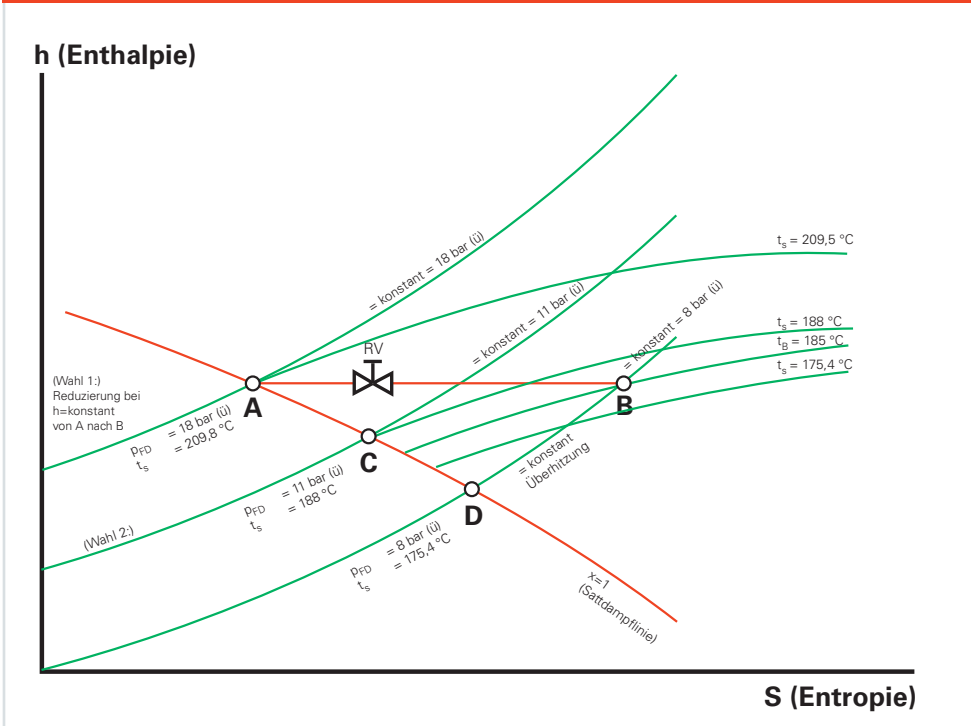


Abb. D.2.3.4-5 Dampfkessel mit Überhitzer





Abb. D.2.3.5-1 Heizschlange



### D.2.3.5 Druckhaltung/Warmhaltung – Dampferzeuger

Die prinzipiellen Möglichkeiten wurden in (C 1.3.1 und in der Anlage A2) mit 2 Varianten (VA und VB) dargelegt und erläutert.

Neben den dargestellten Varianten:

**(VB)** Druckhaltung mittels der Feuerungsanlage und

ist hier die Variante

**(VA)** Druckhaltung über eine zusätzliche Heizfläche (Heizschlange), installiert im Wasserraum des Dampferzeugers, die in der Praxis häufigste Anwendung.

Darüber hinaus ist es die energetisch sparsamste Methode.

#### Hinweis

Die Rohrheizfläche ( $H_{fR}$ ) ist konstruktiv, als integrierter „Einsteck-Wärmeüberträger“ (gegebenenfalls ausgeführt als U-Rohrbündel) in den Wasserraum des Dampferzeugers vorzuhalten (siehe Abb. D.2.3.5-2).

Vorteil dieser Variante ist bei Mehrkesselbetrieb die gleichmäßige Wärmeverteilung innerhalb des Kessels. Eine Temperaturschichtung und somit Wärmespannung wird vermieden.

Nachfolgend werden Hinweise und Richtwerte für die näherungsweise Auslegung der erforderlich werdenden Rohr-Heizfläche ( $H_{fR}$ ) gegeben:

Aus der Beziehung (Berechnung des Wärmedurchganges respektive Wärmestrom durch eine Rohrwand)

$$H_{fR} \approx \frac{\frac{\eta_{wST}}{100} \times \dot{m}_{FD} \times (h''_{FD} - h'_{spw})}{k_{f(m)} \times \Delta T_m} \quad \text{in m}^2$$

ermittelt sich, mit den Berechnungsgrößen für:

$\eta_{wST}$  Abstrahlverlust des Dampferzeugers in %

$\dot{m}_{FD}$  Frischdampfmenge in kg/h

$h''_{FD}$  Enthalpie Sattdampf = f ( $p_g$ ) aus (Tb. 2) in kWh/kg

$h'_{spw}$  Enthalpie Speisewasser = f (Speisewassertemperatur) in kWh/kg aus (Anhang Tabelle 2)

$k_{f(m)}$  mittlerer Wärmedurchgangskoeffizienten bei freier Konvektion gemäß (Anhang L8) zwischen kondensierendem Dampf -> Stahl -> Wasser in (kWh/hKm<sup>2</sup>) und Angaben zwischen 0,291 bis 1,163 kWh/hKm<sup>2</sup>

$\Delta T_m$  mittlere Temperaturdifferenz in (K) zwischen der Siedetemperatur des Kesselwassers als Funktion des Betriebsdruckes ( $p_g$ ) und der gewählten „Abkühlung“ des Kesselinhaltswassers wegen Abstrahlverlust mit:

$$\Delta T_{max} = \text{der maximal zulässigen „Abkühlung“}$$

und

$$\Delta T_{min} = \text{der minimal zulässigen „Abkühlung“}$$

und

dem hier nur zulässigen Quotienten

$$\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}} \leq 2$$

die erforderlich werdende Rohrheizfläche mit

$$\Delta T_m = (\Delta T_{max} + \Delta T_{min}) / 2 \quad \text{in (K)}.$$

Berechnungsbeispiel für die Ermittlung der Rohrheizfläche –  $Hf_R$ :

Mit den Annahmen für:

- $\dot{m}_{FD}$  = 12000 kg/h
- $p_B$  = 13 bar
- $\eta_{v/ST}$  = 0,35 %
- $h''_{FD}$  = 0,7744 kWh/kg
- $h'_{spw}$  = 0,121 kWh/kg
- $k_{(m)}$   $\approx$  0,727 kWh/km<sup>2</sup>
- $\Delta T_{max}$  = 20 K
- $\Delta T_{min}$  = 10 K
- $\Delta T_m$  = (20+10)/2 = 15K,

(gewählte Speisewassertemperatur  $T_{spw} \approx 104$  °C)

wäre eine Rohrheizfläche von zirka

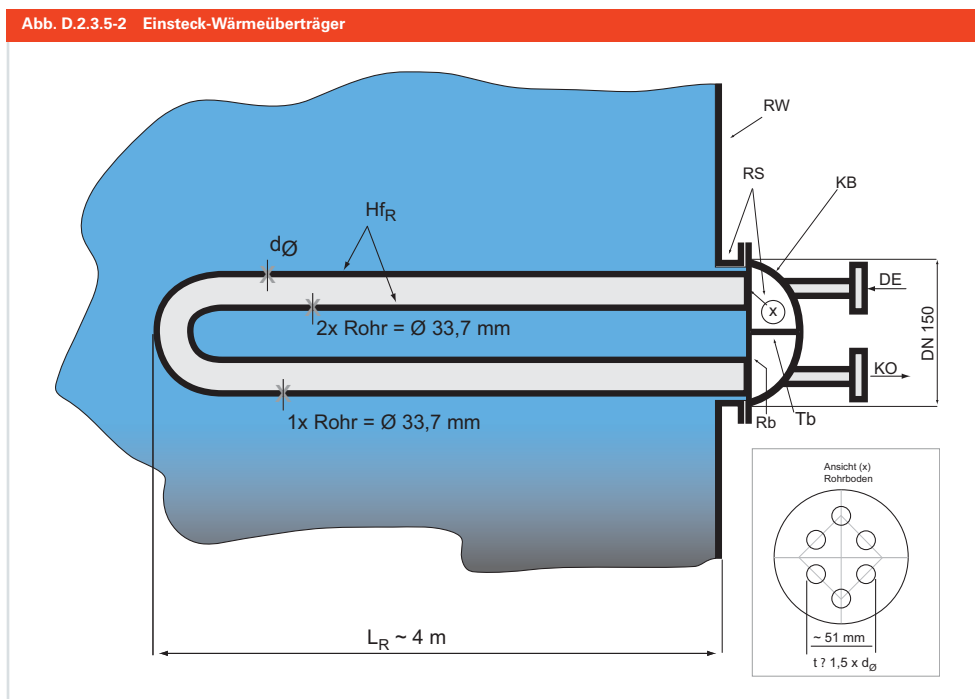
$$Hf_R \approx \frac{\eta_{v/ST}}{100} \times \dot{m}_{FD} \times (h''_{FD} - h'_{spw}) \approx \frac{0,35}{100} \times 12.000 \times (0,7744 - 0,121) = 2,5 \text{ m}^2$$

$$Hf_R \approx \frac{0,35}{k_{(m)} \times \Delta T_m} \times \dot{m}_{FD} \times (h''_{FD} - h'_{spw}) \approx \frac{0,35}{0,727 \times 15} \times 12.000 \times (0,7744 - 0,121) = 2,5 \text{ m}^2$$

erforderlich.

Somit ergibt sich eine erforderliche Gesamtrohrzahl  $n$ , und gewähltem Rohrdurchmesser 33,7 x 2,6 mm:

$$n = \frac{Hf_R}{d_\phi \times \pi \times L_R} = \frac{2,5 \text{ m}^2}{0,0337 \times \pi \times 4 \text{ m}} = 5,9 \text{ gewählt: 6 Stück}$$



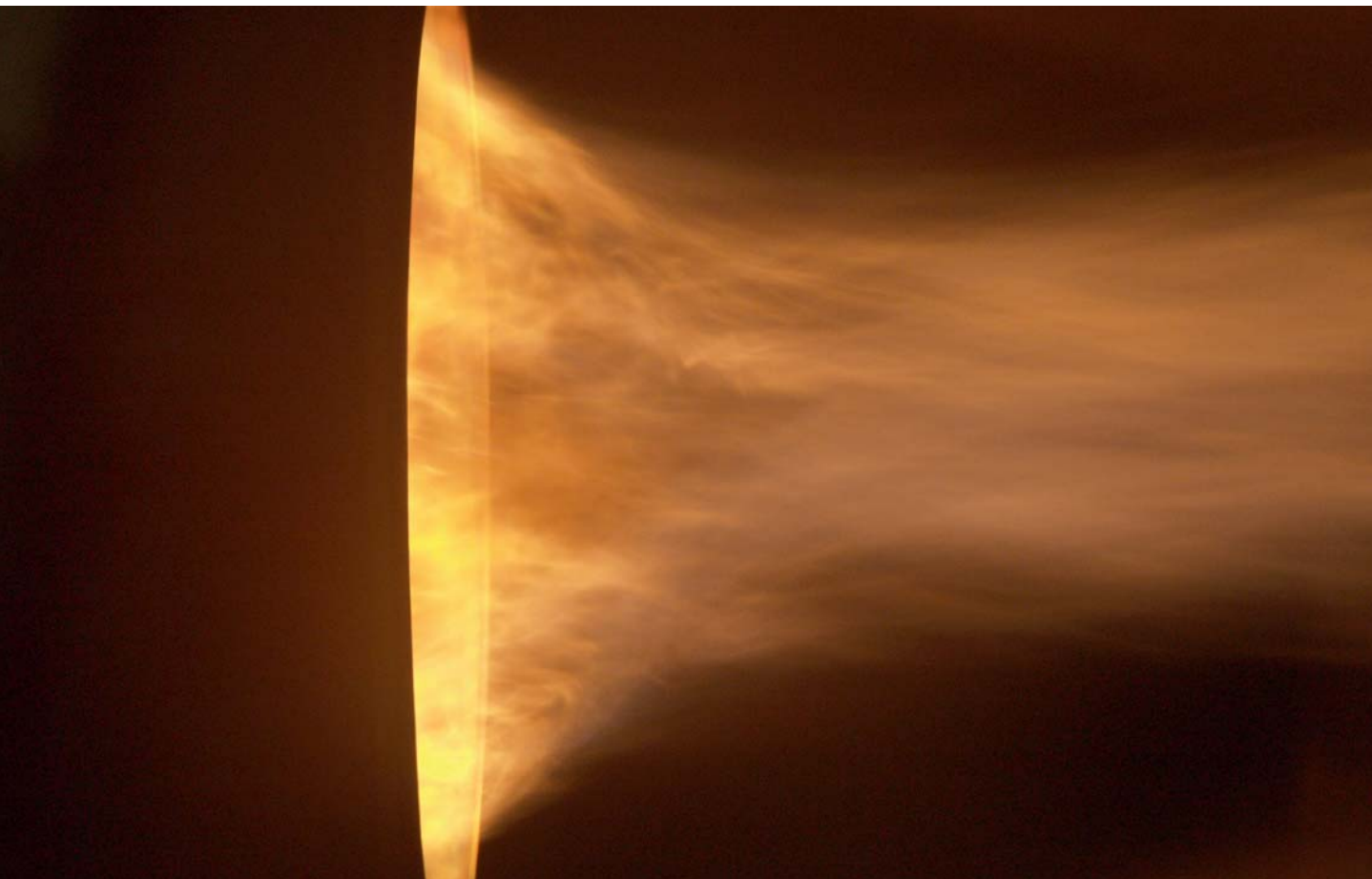


Bild: Weishaupt

## Feuerungsanlagen

Sofern vom Kunden keine Fabrikatsvorgabe erfolgt, wird die technisch und wirtschaftlich optimale Auswahl der Brenner getroffen.

Bei der Auslegung der Brenner sind die Brennstoffarten und die Gesamtfeuerungsleistung unter Berücksichtigung der landesspezifischen Zulassungsbedingungen, in DE (1./4. BImSchV; TA-Luft und/oder 13. BImSchV) zu beachten.

Eine Auswahl möglicher Anlagentypen kann zum Beispiel aus den externen „Brennerproduktlinien“ der Firma Dreizler, Elco, Saacke und Weishaupt entnommen werden.

Regelungsseitig wird bevorzugt empfohlen:

- Brennstoff-Gas modulierend
- Brennstoff-Heizöl  
2-stufig bis zirka 2,3 t/h-Dampferzeugerleistung  
und  
modulierend >  
2,3 t/h-Dampferzeugerleistung

**D.3.1 Drehzahlregelung –  
Verbrennungsluftgebläse**

- Abhängig von den jährlichen Betriebsstunden und der dazugehörigen Last
- gegebenenfalls mit Empfehlung für elektrische Anschlussleistungen  $\geq 8$  kW-Motorleistung und einer zu erwartenden jährlichen Lastfahrweise im Mittel um 50 %.

Überschlagsrechnung zur Drehzahlregelung:  
Bei Einsatz einer Drehzahlregelung für einen Brennergebläsemotor werden bei durchschnittlicher Kesselauslastung zirka 40% der Stromkosten gespart.

**Zusätzlicher Vorteil:**

Minderung des Schalldruckpegels, da das Brennergebläse nicht kontinuierlich 100% leisten muss.

**Auslegungsfall:**

Motorleistung des Gebläses (N) :	30 kW
Einsparung 40% :	12 kW
Jahresbetriebsstunden ( $B_{Std}$ ) :	6.000 h/a
Jahreseinsparung :	72.000 kWh
Stromkosten ( $K_{Strom}$ ) :	0,08 €/kWh

Jahreseinsparung [ $K_{DZ}$ ] aus:

$$K_{DZ} = B_{Std} \times K_{Strom} \times N$$

$K_{DZ} = 6.000 \text{ h/a} \times 0,08 \text{ €/kWh} \times 12 \text{ kW}$   
somit ergibt sich eine Jahreseinsparung  $K_{DZ}$  von 5.760 €/a

Die Investitionskosten für eine Drehzahlregelung betragen ~ 3.500 € und damit ergäbe sich eine Amortisationszeit ( $A_{DZ}$ ) = 3500 € / 5760 €/a = 0,61 Jahre.

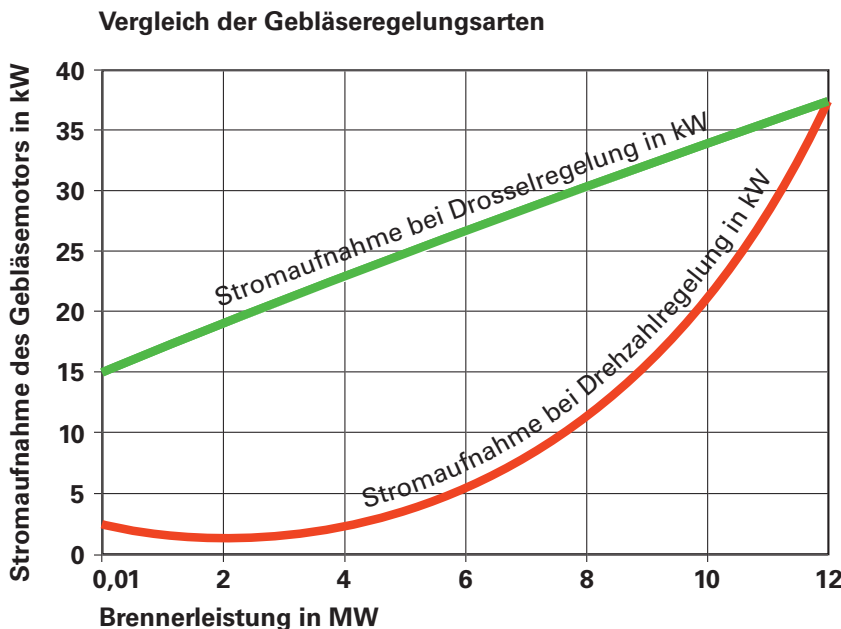
**Hinweis**

Mit dem Kennlinienverhalten des Gebläses als Funktion der elektrischen Leistung aus:

$$N_2 = N_1 \cdot (n_2/n_1)^3$$

in (kW) sinkt die elektrische Leistungsaufnahme des Motors auf zirka  $1/8$  bei Rücknahme der Drehzahl um die Hälfte (von  $n_1 = 100\%$  Last auf  $n_2 = \text{Halblast}$  von 50%) .  
Amortisation = f (vom realen Verlauf der Anlagenbelastung und den örtlichen Kosten für Elektroenergie).

Abb. D.3.1-1 Vergleich der Gebläseregelungsarten



## D.3 Feuerungsanlagen

### Hinweis

Mit der O<sub>2</sub>-Regelung für Werte ≤ 3% - O<sub>2</sub> minimiert sich, stöchiometrisch bedingt, die Luftüberschusszahl (λ). Der Anlagenwirkungsgrad verbessert sich um Werte bis zu 1%.

### D.3.2 O<sub>2</sub>-Regelung

- im stöchiometrischen Verbund zwischen Brennstoff- und Verbrennungsluftmenge,
- gegebenenfalls mit Empfehlung für Feuerungswärmeleistungen > 10 MW, zwecks optimaler Sicherstellung und Einhaltung normativ geforderter NO<sub>x</sub>-Emissionen im Abgas.
- Eine nochmalige Anlagenwirkungsgradverbesserung auf Werte bis zu 1,3% wäre mit einer kombinierten Regelung mittels Aufschaltung des CO-Gehaltes auf die O<sub>2</sub>-Regelung, das heißt O<sub>2</sub>-Regelung = f (CO-Gehalt im Abgas), jedoch nur für den Gasbetrieb<sup>a)</sup>, gegeben.

### Überschlagsrechnung zur O<sub>2</sub>-/CO-Regelung:

Die Reduzierung des O<sub>2</sub>-Wertes einer Gasfeuerung von 3,5% auf 1,0% bringt bei einer Abgastemperatur von zirka 240 °C eine Wirkungsgradverbesserung von zirka 1,25%.

Dies entspricht einer Brennstoffeinsparung (in HEL):

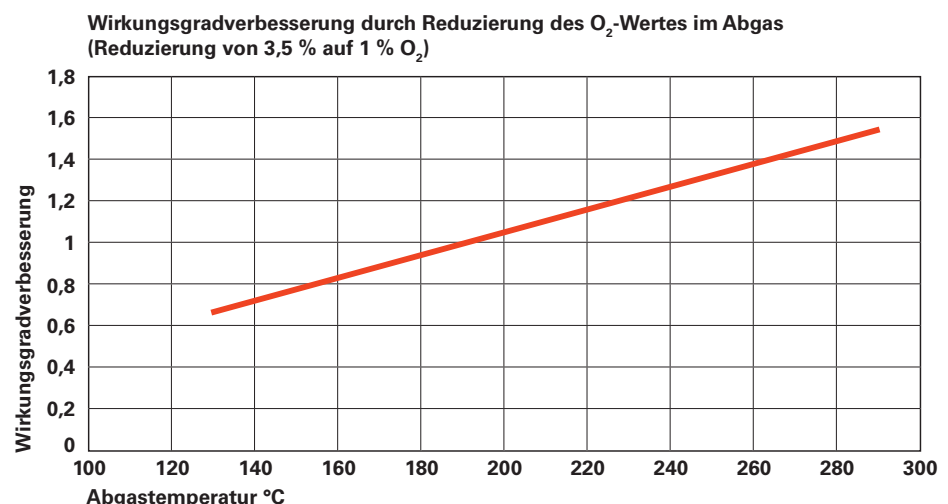
- bei 10 t/h, 75% Last und 6000 h/Jahr von 39.500 l/Jahr HEL und
- bei 15 t/h, 75% Last und 6000 h/Jahr von 59.200 l/Jahr HEL

### Hinweis

Bei einer Abgastemperatur von 150 °C beträgt die Wirkungsgradverbesserung noch ~ 0,8%.

<sup>a)</sup> Mit steigendem CO-Gehalt kann der O<sub>2</sub>-Gehalt (Luftüberschuss) bis auf ein stöchiometrisches Minimum (Grenzwert) zurückgenommen werden. Eine weitere Zurücknahme bedeutet jedoch einen ‚sprunghaften‘ steilen Anstieg des CO-Gehaltes, speziell für den HEL-Betrieb. Mit dem Gasbetrieb ist die ‚Sprunghaftigkeit‘ nicht so ausgeprägt und von daher technisch besser beherrschbar.

Abb. D.3.2-1 Vergleich der Gebläseregelungsarten





### D.3.3 Brennstoffmenge/Brennstoffbedarf

#### D.3.3.1 Brennstoffbedarf ( $\dot{B}_B$ ) – siehe D.2.1 (Gesamtwärmeleistung)

Aus der angegebenen Bilanzgleichung ermittelt sich der Bedarf aus:

$$\dot{B}_B = \frac{\dot{m}_{FD} (h''_{FD} - h'_{spw}) \times 100}{H_i \times \eta_{K(M)}} \quad (\text{kg/h})$$

Der hier gewählte mittlere Wirkungsgrad  $\eta_{K(M)}$  ist den Datenblättern der Dampferzeuger, lastbezogen und der Wahl mit und/oder ohne ECO-Betrieb, zu entnehmen.

Mit Ermittlung von  $\dot{B}_B$  wäre somit weiter ermittelbar:

- die Feuerungswärmeleistung (Brennerleistung)  
 $\dot{Q}_F = \dot{B}_B \times H_i$  (kW) und
  - die Dampferzeugernennleistung  
 $\dot{Q}_{DE} = \dot{Q}_F \times \eta_{K(M)}$  in kW
- und/oder
- $\dot{Q}_{DE} = \dot{Q}_F \times \eta_{K(\text{gemäß DE-Datenblätter})}$  in kW

Sofern ein Brennerprotokoll vorliegt, kann der Wirkungsgrad des Kessels wie folgt ermittelt werden:

$$\eta_k = 100\% - 2\% * - \left( \frac{A}{21 - O_{2tr}} + B \right) \times (\vartheta_A - \vartheta_L)$$

- \* 2% Anlageverlust angenommen
- A, B Siegertsche Faktoren  
siehe Abb. D.2.3.1-1
- $O_{2tr}$  gemessener  $O_2$ -Gehalt im Abgas trocken
- $\vartheta_A$  Abgastemperatur
- $\vartheta_L$  Lufttemperatur

#### D.3.3.2 Brennstoff-Jahresbedarf ( $\dot{B}_{B(a)}$ )

Ermittelt als Richtwert aus (L5) über:

$$\dot{B}_{B(a)} = \frac{b \times \dot{Q}_F \times \eta_K \times 100}{H_i \cdot \eta_{ges}} = \frac{b \times \dot{Q}_F \times \eta_K \times 100}{H_i \times \eta_K \times \eta_B \times \eta_V}$$

$$\dot{B}_{B(a)} = \frac{b \times \dot{Q}_F \times 100}{H_i \times \eta_B \times \eta_V} \quad \text{kg/a und/oder Nm}^3/\text{a}$$

mit:

- $\dot{Q}_F$  Feuerungswärmeleistung (kW)
- $H_i$  untere Heizwert in (kWh/kg) und/oder (kWh/Nm<sup>3</sup>)
- b jährliche Erwartungs-Vollkoststunden
- $\eta_{ges}$  Anlagengesamtwirkungsgrad (%)
- $\eta_K$  Normnutzungsgrad des Kessels gemäß DE-Datenblätter (%)
- $\eta_B$  Bereitschaftswirkungsgrad (%), verursacht bei Stillstand des Dampferzeugers durch Abstrahlung und Auskühlung mit Annahme einer 0,3 bis 0,4-%igen Abstrahlung je nach Wärmedämmung und Kessellast = 98 %.
- $\eta_V$  Verteilungswirkungsgrad (%) je nach Wärmedämmung der Anlage und Verlegung mit Annahme zwischen 90 bis 98%.

## D.3 Feuerungsanlagen

### D.3.3.3 Verbrennungsrechnung – vereinfacht

Ermittelt als praktikable Werte aus (L<sub>4</sub>/L<sub>5</sub>) für Gas und Heizöl als Brennstoff. Für den Bedarf einer „exakten“ Ermittlung wird ebenfalls auf die Literatur verwiesen.

Eine „exakte“ Ermittlung erfolgt hier auf der Grundlage gegebener Brennstoff-Analysenwerte.

Abb. D.3.3.3-1 Verbrennungsluft- beziehungsweise Rauchgasvolumen

Brennstoff	L <sub>min</sub> in:		V <sub>A min</sub> in:	
	Nm <sup>3</sup> kg	bzw. Nm <sup>3</sup>	Nm <sup>3</sup> kg	bzw. Nm <sup>3</sup>
<b>Erdgas - E =</b>	$\frac{0,260 \cdot H_i}{1000}$	- 0,25	$\frac{0,272 \cdot H_i}{1000}$	+ 0,25
<b>Erdgas LL =</b>	$\frac{0,209 \cdot H_i}{1000}$		$\frac{0,173 \cdot H_i}{1000}$	+ 1,0
<b>Heizöl - HEL(S) =</b>	$\frac{0,203 \cdot H_i}{1000}$	+ 2,0	$\frac{0,265 \cdot H_i}{1000}$	

mit den Berechnungsgrößen:

$L_{min}$  - theoretische Luftmenge ( $\lambda=1$ );

$V_{A,min}$  - theoretische Rauchgasmenge (Abgasvolumenstrom) ( $\lambda=1$ );

$H_i$  - der untere Heizwert des Brennstoffes für Heizöle in (kJ/kg) und/oder für Gase in (kJ/Nm<sup>3</sup>)

Mit einem möglichst „kleinen“ anzustrebenden Luftüberschuss ( $\lambda$ ) für die Verbrennung im Allgemeinen zwischen:

$\lambda \sim 1,1$  bis  $1,3$  bei Gasfeuerungen und  
 $\lambda \sim 1,2$  bis  $1,5$  bei Ölfeuerungen

ergeben sich der spezifische Luftbedarf (L) und die zu erwartende spezifische Rauchgasmenge (V<sub>A</sub>) aus:

$L = \lambda \times L_{min}$   
 in Nm<sup>3</sup>/kg beziehungsweise Nm<sup>3</sup>/ Nm<sup>3</sup>  
 sowie  
 $V_A = V_{A,min} + (\lambda - 1) \times L_{min}$   
 in Nm<sup>3</sup>/kg beziehungsweise Nm<sup>3</sup>/ Nm<sup>3</sup>

#### Hinweis

Umrechnung der ermittelten Luft- und/ oder Rauchgasmenge von (Nm<sup>3</sup>/h in m<sup>3</sup>/h) mittels:

$$\text{Nm}^3/\text{h} \times (1 + 0,00367 \times T) = \text{m}^3/\text{h}$$

(T= vorhandene Medientemperatur in [°C] sowie bei Vernachlässigung der Betriebsdrücke).

### D.3.4 Verbrennungsluft, Zulufführungen

Mit Bezug auf die Ausführungen unter Abschnitt C.4.1 (Verbrennungsluft) kann die für die Verbrennung notwendige Verbrennungsluft (Ermittlung siehe unter D.3.3.3) direkt aus dem Aufstellungsraum der Dampferzeugeranlage und/oder über separate Zulufführungen aus dem „Freien“ (außer Haus) entnommen werden. Es ist darauf zu achten, dass im Kesselaufstellraum ein Druck von +/- 0 mbar herrscht.

#### Möglichkeit A

Bei der Entnahme aus dem Aufstellungsraum sind planungsseitig entsprechende „freie“ Zulufteinrichtungen vorzuhalten. Bei der bauseitigen Gestaltung der „freien“ Zulufteinrichtungen sind zu beachten:

- Zuluftöffnung in Außenwand unmittelbar hinter Dampferzeuger (praxisüblich);
- Unterkante-Zuluftöffnung zirka 300 bis 500 mm über Oberkante Fußboden;
- Öffnungsseitenverhältnis max. 1:2;
- freie Zuluftöffnung (näherungsweise)  
 $A_{Zuluft} \sim 150 \text{ cm}^2 + (\dot{Q}_F - 50) \times 2$  in [cm<sup>2</sup>]  
 mit  $\dot{Q}_F$  = Feuerungsleistung in [kW]  
 (FeuVA -Brandenburg – Stand `97)
- Für Leistungen oberhalb 20 MW gilt folgende Empfehlung:  
 Feuerungsleistungen > 20MW:  
 $A_{Zuluft} \sim 150 \text{ cm}^2 + (\dot{Q}_F - 50) \times 1,8$  in [cm<sup>2</sup>]
- Bei Erfordernis einer freien Abluftöffnung werden praxisüblich 60% des „freien“ Zuluftquerschnittes gewählt.

### Hinweise

Erforderliche Abstimmung mit der zuständigen Behörde (ZÜS, Gewerbeaufsicht, LaGetSi und/ oder Baubehörde)

- maximaler Unterdruck im Aufstellungsraum der Dampferzeugeranlage 0,5 mbar = 50 Pa (TRD 403);
- Sicherstellung der „Frostfreiheit“ im Aufstellungsraum mittels Vorhaltung von Raumlufttemperaturen  $\geq 5\text{ °C}$  bis  $\leq 30\text{ °C}$ ;
- Für Luft-Erwartungstemperaturen  $< 5\text{ °C}$  ist eine entsprechende Luftvorwärmung, zum Beispiel mittels Installation von Spiralrippenrohr-Heizregistern in und/ oder vor der „freien“ Zuluftöffnung, mit Frostschutzsicherung für die Heizregister, auszuführen. Eine separate Raumheizung, zum Beispiel mittels Installation von Wandluftheizgeräten, wäre nur bei längeren planmäßigen Betriebsunterbrechungen der Dampferzeugeranlage in den Wintermonaten empfehlenswert.
- Die Feuerungsanlagen werden üblicherweise für den „Normalluftzustand“  
Luftdichte –  $1,2\text{ kg/Nm}^3$   
Lufttemperatur –  $20\text{ °C}$   
Aufstellhöhe über NN –  $0\text{ m}$   
und einem  
O<sub>2</sub>-Gehalt im Abgas –  $3\%$   
ausgelegt.
- Raumlufttemperaturen  $\geq 0\text{ °C}$  bis  $\leq 5\text{ °C}$  sowie  $\geq 30\text{ °C}$  bis  $\leq 40\text{ °C}$  bedeuten jeweils einen Rückgang beziehungsweise eine Zunahme des Luftvolumenstromes. Die sich hier einstellenden „Schwankungen“ des O<sub>2</sub>-Gehalts im Abgas können technisch unkompliziert, mittels Vorhaltung einer O<sub>2</sub>-Regelung, ausgeglichen werden.

## D.3 Feuerungsanlagen

Abb. D.3.4-1 Luftberechnung

Höhe (m) über NN	Druck (mbar)	Dichte <sub>Luft</sub> (kg/m <sup>3</sup> ) bei:		
		10 °C	20 °C	30 °C
0	1013	1,247	1,205	1,165
250	983	1,210	1,169	1,130
500	955	1,176	1,136	1,098
1000	899	1,107	1,069	1,034
1500	846	1,042	1,006	0,973

Ein Zusammenhang (bei der Bestellung beachten) sich verändernder Luftvolumina bei konstantem Luftmassenstrom in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Aufstellhöhe, ist aus der Abb. D.3.4-1 ersichtlich.

$$\dot{V}_{\text{Luft}} = \dot{m}_{\text{Luft}} / \rho_{\text{Luft/Dichte}}$$

### Möglichkeit B

Bei der Entnahme aus dem „Freien“ (außer Haus) sind „druckfeste“ Zuluftkanäle zum Brenner erforderlich. „Frostsicherheit“ für den Aufstellraum, Lufttemperaturen für die Verbrennungsluft und Anlagenaufstellhöhen sind, wie unter A beschrieben, zu beachten.

Bei der bauseitigen Gestaltung der Zuluftkanäle sind zusätzlich zu beachten:

- Sicherstellung von Luftdichtheit und Druckfestigkeit gemäß der zu erwartenden Druckausbildung in Abhängigkeit sich einstellender Kanal-Druckverluste und zu überwindender Gegendrücke;
- erforderliche Ermittlung der Druckverluste im Zuluftkanal unter Beachtung möglicher Einbauten, wie Ansaugschalldämpfer, Heizregister, Umlenkungen, Gewebekompensatoren etc. (siehe Ermittlung gegebenenfalls unter Kapitel D 9);
- erforderliche Ermittlung der zu erwartenden Gegendrücke (rauchgasseitiger Widerstand) für:
  - Kessel mit und/oder ohne ECO (siehe Datenblatt Vitomax 200-HS);
  - Abgasleitungen unter Beachtung gegebener Einbauten, wie Kompensatoren, Klappen, Umlenkungen und Abgaschalldämpfer (Ermittlung unter Kapitel D 9);

- Einbau von Leitblechen in Kanal-Umlenkungen (hier speziell für 90°-Umlenkungen) zwecks Sicherstellung einer möglichst gleichmäßigten laminaren Luftströmung;
- Wenn bauseits möglich, sollten nach einer 90°-Umlenkung (speziell unmittelbar vor dem Brenneranschluss) eine gerade Auslaufstrecke von zirka (2 bis 3 x dgl) eingehalten werden.

Mit dgl – dem gleichwertigen Durchmesser ermittelt aus:

$$d_{\text{gl}} = \frac{4 \times \text{Kanalquerschnitt}}{\text{Kanalumfang}} = \frac{4 \times a \times b}{2 \times (a + b)}$$

mit „a“ und „b“, die lichten Kanalseitenlängen

- Wahl von Blechwanddicken, die einen statisch stabilen Betrieb gewähren, praxisüblich werden hier Blechwanddicken zwischen 3,0 bis 5,0 mm gewählt. Bei einer „dünnwandigen“ Wahl ( $\geq 1,5$  bis  $\leq 2,5$ ) wären zusätzlich Bandagen aus L-Profilstahl auszuführen. Ein rechnerischer statischer Nachweis auf Verformung (Beulung) wird jedoch empfohlen;
- Für die Dimensionierung erforderlich werdender Strömungsquerschnitte werden für die Richtströmungsgeschwindigkeit Werte zwischen 10 bis 15 m/s empfohlen, wobei die „kleineren“ Werte hier vor Lufteintritt-Brenner gesehen werden.

### D.3.5 Schallemissionen von Monoblock-/Duoblockbrennern

Unter Berücksichtigung der unter Kapitel E 1.4 beschriebenen Schallemission sind bereits in der Planungsphase „frühzeitige“ gegebenenfalls notwendig werdende Schallschutzmaßnahmen zu betrachten.

Mit Wahl eines der Brennertypen (siehe Kapitel C.4) können in 1. Näherung folgende Werte angenommen werden.

- Schalldruckpegel in dB(A) (gemessen 1 m vor Brenner) je nach Typ Mono- und/oder Duoblock-Brenner in Abhängigkeit von der Feuerungs- und Gebläseleistung;
  - Werte zwischen 82 dB(A) bis 115 dB(A);
- Bereits für Motor-Gebläseleistungen  $\geq 8$  kWel kann laut Herstellerangabe mit Schalldruckpegeln  $\geq 100$  dB(A) gerechnet werden.

Für Erwartungswerte oberhalb 85 bis 88 dB(A) sind, laut der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) in Verbindung mit den Richtlinien der VDI 2058, folgende Lärminderungsmaßnahmen mittels Schalldämmung (Kapselung) in Kombination mit Schalldämpfung (Absorption) entsprechend vorzusehen.

#### a) für Monoblock-Brenner

Einsatz von fahrbaren Schalldämmhauben (Kapselung und Absorption) mit einer Lärminderung, je nach Einsatz des Schall-Absorptionsmaterials, zwischen 15 – 20 dB(A) und

#### b) für Duoblock-Brenner

Kapselung des vom Brenner „extern“ angeordneten Verbrennungsluftgebläses (gegebenenfalls Anordnung des Gebläses „reitend“ auf den Kesselscheitel und/oder Aufstellung in separaten Räumen (zum Beispiel im Keller) unterhalb des Kessels). Hierdurch sind vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich der Schalldämmung, der Aufstellung sowie der Wahl des Schall-Absorptionsmaterials gegeben. Je nach Ausführung lassen sich Emmisionsminderungen um 20 – 25 dB(A) erreichen.

Durch den Einsatz von sogenannten Low-NOx Brennern kann es unter Umständen erforderlich sein, auch den Brenner schallgedämmt auszuführen.

#### Hinweis

Monoblock-Brenner mit einer fahrbaren Schalldämmhaube benötigen für die Demontage der Schalldämmhaube einen entsprechenden Freiraum vor der Brenneranlage.

Zusätzlich zu den unter a) und b) beschriebenen Lärminderungsmöglichkeiten wäre planungsseitig der „Schallaustrag“ (Luftschall) „ins Freie“ über den Abgasweg der Anlage (Flammrohr-Rauchrohre, Abgasleitung und Schornsteinanlage) zu berücksichtigen.

Je nach konstruktiver Gestaltung des Abgasweges, zum Beispiel 2-Zug- und/oder 3-Zug-Kessel mit/ohne Eco, Ausführung und Anzahl der Abgas-Umlenkungen, kann eine Dämmung des Schalls, gegenüber dem Schalleintrag aus der Feuerungsanlage, an der Schornsteinmündung von zirka 5 bis 10 dB(A) angenommen werden.

Sofern eine grosere Dämpfung erforderlich ist, sind auf der Grundlage der zulässigen Grenzwerte (behördliche Fixierung der Grenzwerte gemas BImSchG, TA Luft und Einholung eines schalltechnischen Gutachtens) weitere schalldämmende Maßnahmen, wie z.B. der Einbau von Abgasschalldämpfern, selbst zu planen.

#### Empfehlung

Dimensionierung des Schalldämpfers (bei späterer Montage in die Abgasleitung) auf der Grundlage ausgeführter Schall-Emissionsmessungen nach Anlageninbetriebnahme. Konstruktiv wäre die spätere Nachrüstbarkeit, mittels Vorhaltung entsprechender Passstücke, zu berücksichtigen.

#### Hinweis

Brennstoffleitungen  
siehe: D.8.5.6

#### Hinweis

Zusätzlich zu den Brennern kann es erforderlich sein, die Gasdruckregler (Strömungsgeräusche) sowie die Pumpen ebenfalls gegen Schall zu dämmen.



### D.3.6 Ermittlung des Bedarfs an Holzbrennstoff (Biomasse)

Anhand des Heizwerts und der geforderten Nennleistung kann der Bedarf an Holzbrennstoff (Biomasse) ermittelt werden. Ein wesentlicher Faktor stellt dabei der Wassergehalt des Holzbrennstoffs sowie die Rauchgastemperatur dar.

$$B = \frac{Q}{H_u \times \eta}$$

B Brennstoffbedarf [kg/h]  
 Q Nennwärmeleistung [kW]  
 H<sub>u</sub> Heizwert [kWh/kg]  
 η Wirkungsgrad

#### Heizwert feuchter Brennstoffe

$$H_u(W) = H_{u, \text{atro}} (1-W) - \Delta h_v W$$

$$H_u(u) = \frac{H_{u, \text{atro}} - \Delta h_v u}{1+u}$$

H<sub>u,atro</sub> Heizwert, wasserfrei, in MJ/kg TS  
 W Wassergehalt in kg/kg  
 Δh<sub>v</sub> Verdampfungsenthalpie von Wasser  
 = 2,442 MJ/kg bei 25 ° C (Standardtemperatur für thermochemische Messungen)

Für typisches Holz gilt bei 25 °C

$$H_u(u) = \frac{18,3 - 2,442u}{1+u} \text{ [MJ/kg]}$$

Anstelle von MJ/kg wird auch mit kWh/kg gerechnet (1 kWh = 3,6 MJ)

Beispiel:

Wassergehalt W = 30 %, Holzfeuchtigkeit u =  
 W/(1-W) = 0,15/(1-0,15) = 0,428 = 42,8 %<sub>atro</sub>

$$H_u = \frac{18,3 - 2,442 \cdot 0,428}{1 + 0,428} = 12,1 \text{ MJ/kg} = 3,4 \text{ kWh/kg}$$

Der Heizwert H<sub>u,atro</sub> von absolut trockenem Holz beträgt im Mittel 18,1 MJ/kg (5,0 kWh/kg) für Laubhölzer und 19,0 MJ/kg (5,3 kWh/kg) für Nadelhölzer. Für Berechnungen mit typischem Holz (CH<sub>1,44</sub>O<sub>0,66</sub>) beträgt 18,3 MJ/kg (5,1 kWh/kg) [77]. Die Heizwerte von Halmgutbrennstoffen sind teilweise gefügig niedriger, typischerweise um 17 MJ/kg (4,7 kWh/kg) für Gras, 17,5 MJ/kg (4,9 kWh/kg) für Stroh und rund 18 MJ/kg (5,0 kWh/kg) für Chinaschilf (*Miscanthus giganteus*).

Abb. D.3.6-1 Heizwert holzartiger Biomasse in Abhängigkeit des Wassergehaltes

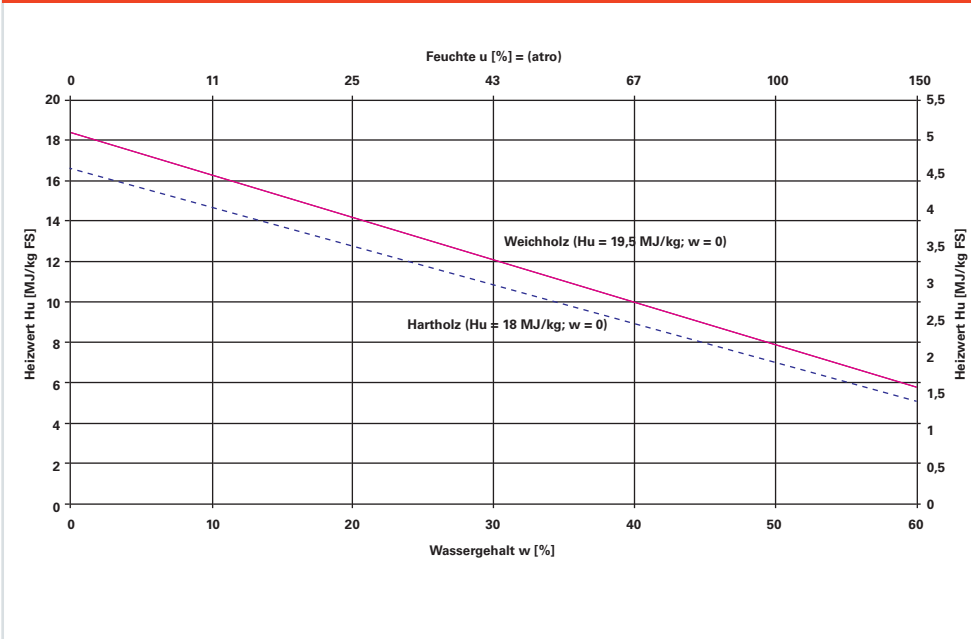
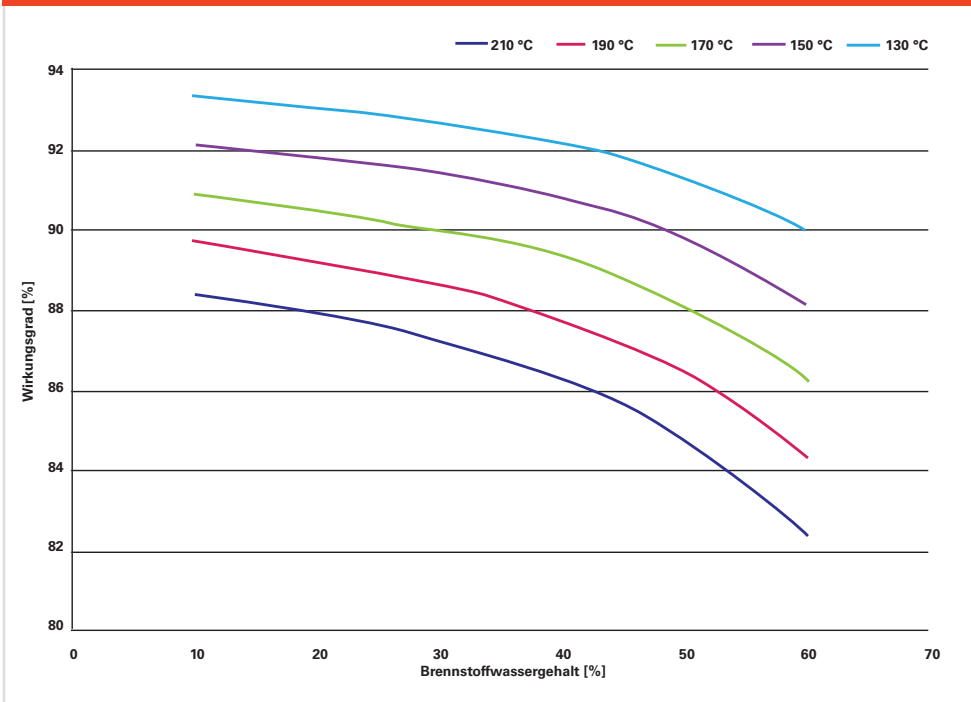


Abb. D.3.6-2 Wirkungsgrad in Abhängigkeit vom Brennstoffwassergehalt und Rauchgastemperatur bzw. Lastzustand





## Wasseraufbereitung

Unter Berücksichtigung der gegebenen Hinweise und Ausführungen unter Kapitel C.4 hier mit Fokus auf die Einhaltung entsprechender Speise- und Kesselwasserqualitäten gemäß Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit (Kap. G1, A3) beziehungsweise DIN EN 12953-10 Tabellen 5.1/5.2 (siehe auch Kap. C.5), werden durch Viessmann entsprechende Aufbereitungsanlagen bereitgestellt beziehungsweise angeboten.

Eine Zuordnung der einzelnen Komponenten zur erforderlich werdenden Dampfleistung wurde entsprechend der Reihung, wie unter Kapitel D.4.3.1 aufgezeigt, herangezogen. Bei Viessmann liegen Standard-Auswahlreihen mit Bezug auf eine Dampferzeugungsleistung bis 14 t/h vor.

Dies gilt auch für abweichende Angaben von den unter Kapitel D.4.1 und 4.2 fixierten Richtwerten für die jeweiligen Auslegungen. Liegen Erzeugerleistungen zwischen zwei in der Auswahlreihe festgelegten Komponenten-größen, ist grundsätzlich die nächst größere Komponente zu wählen.

Bei Anlagenkonzepten mit größeren Erzeugerleistungen (Dampferzeugerleistungen  $\leq 75$  t/h wären entsprechend formulierte Anfragen an: [dampf@viessmann.com](mailto:dampf@viessmann.com) zu richten<sup>a)</sup>.

<sup>a)</sup> Für Anlagenkonzepte mit Erzeugerleistungen  $> 14$  t/h können in 1. Näherung die hier geometrisch zu erwartenden Abmessungen aus dem Datenblatt CWA zusätzlich entnommen werden.

## D.4.1 Vollentgasungsanlage

### D.4.1.1 Funktionsbeschreibung, Richtwerte, Annahmen für die Auslegungen

Die Vollentgasungsanlage setzt sich aus den Baugruppen Entgaser und Speiswasserbehälter zusammen. Zur Vermeidung von Korrosion ist der Entgaser vollständig aus Edelstahl hergestellt. Der Entgaser wird in Form eines Domes direkt auf dem Speiswasserbehälter montiert.

Die Speiswasser-Vollentgasungsanlage dient der Entfernung von im Speiswasser gelösten Gasen bis zu einem Restsauerstoff von  $\leq 0,02$  mg/l und stellt den für den sicheren Betrieb der Kesselanlage notwendigen Wasservorrat bereit. Sie arbeitet mit einem geringen Überdruck von zirka 0,1 bis 0,3 bar.

Das zurückgeführte Kondensat sowie das chemisch aufbereitete Zusatzwasser werden im Entgaser über sogenannte Tassen fein verteilt und über die Verrieselung mit dem entgegenströmenden Heizdampf zusammengeführt. Der Heizdampf erwärmt das Kondensat-Zusatzwassergemisch bis auf Siedetemperatur. Die freiwerdenden Gase werden über das am höchsten Punkt des Entgasers angebrachte Brüdenventil an die Atmosphäre abgeleitet.

Im Speiswasserbehälter wird über eine fest eingebaute Heizlanze das Speiswasser ständig im Heizdampf versorgt und damit auf Betriebstemperatur gehalten.

Die Anlage ist für einen zulässigen Betriebsüberdruck von 0,5 bar ausgelegt. Ein Sicherheitsventil schützt den Behälter vor zu hohem Druck. Vor Unterdruck schützt ein Vakuumbrecher.

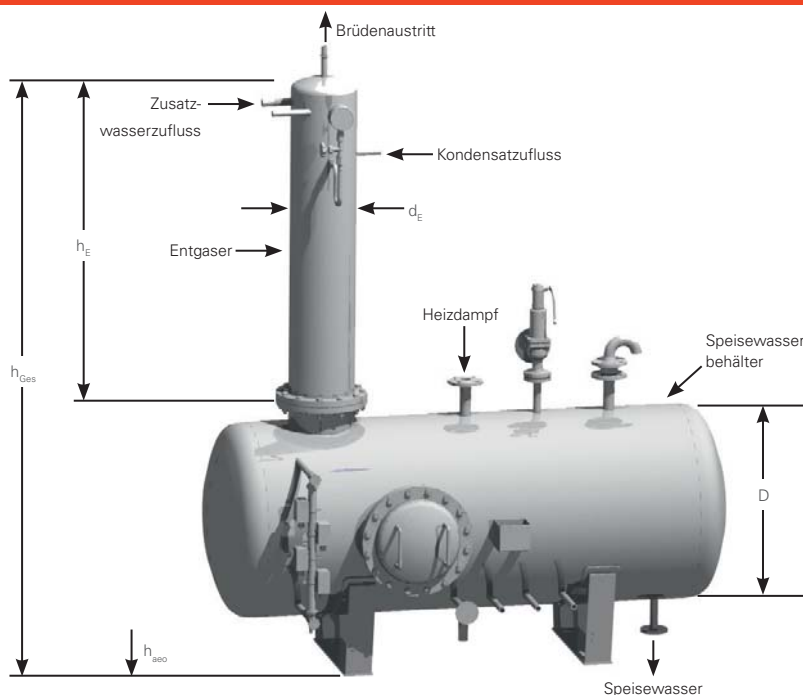
#### Voraussetzung für einen zufriedenstellenden Betrieb:

- Einhaltung einer konstanten Temperatur im Speiswasserbehälter
- kontinuierlicher Zufluss
- Gewährleistung eines ungehinderten Abzugs des Brüdens
- Einhaltung des Füllstandes im Behälter
- Isolierung des Behälters
- Sicherstellung einer geodätischen Zulaufhöhe ( $H_{geo}$ ) bis Eintritt Saugstutzen Kessel-Speiswasserpumpe(n) je nach Pumpenauslegung (NPSH-Wert) in der Regel zwischen 2,5 bis 4,0 m.

#### Hinweis

Die Wahl einer zu geringen Zulaufhöhe kann zu Dampfbildung in der Pumpe führen, mit der Folge einer „plötzlichen“ Dampfkondensation und einer damit verbundenen Kavitation für die Laufschaufeln der ersten Stufe im Einlaufbereich (siehe auch Pumpenauslegung unter Kapitel D.6).

Abb. D.4.1.1-1 Vollentgasungsanlage



Quelle: Powerline

### D.4.1.2 Vollentgasungsanlage

#### Richtwerte

- Speisewassermindestverweilzeit (T) im Speisewasserbehälter  $\geq 0,5$  h bis  $\leq 1,0$  h
- 80-%iges Behältervolumen als maximaler Füllstand
- Behältervolumen ( $V_{spw}$ ) im ( $m^3$ ) näherungsweise aus:

$$V_{spw} \sim \frac{\dot{m}_{FD/ges} \times (1+A) \times T}{0,8} \quad [m^3]$$

$\dot{m}_{FD/ges}$  Frischdampfmenge – gesamt (t/h)

A Dampferzeuger Absalzrate (%)

$\sim \geq 2$  bis  $\leq 5\%$  respektive  
 $\geq 0,02$  bis  $\leq 0,05$  [-]

- Orientierungswerte für Entgaserdimensionierung
 

Kondensatmenge	> 50 bis 100%
Kondensattemperatur	$\geq 70$ °C
Zusatzwassermengen	0 bis $\leq 50\%$
Zusatzwassertemperatur	10 °C
Speisewassertemperatur (Austritt Entgaser)	102 °C
Temperaturdifferenz über Entgaser (Aufwärmung)	$\sim 62$ K

### D.4.2 Teilentgasungsanlage

#### D.4.2.1 Funktionsbeschreibung Richtwerte, Annahmen für die Auslegungen

Die Teilentgasungsanlage dient zur Entfernung der im Speisewasser gelösten Gase bis zu einem Restgehalt von 1 mg/l und stellt den für den sicheren Betrieb der Kesselanlage notwendigen Wasservorrat bereit.

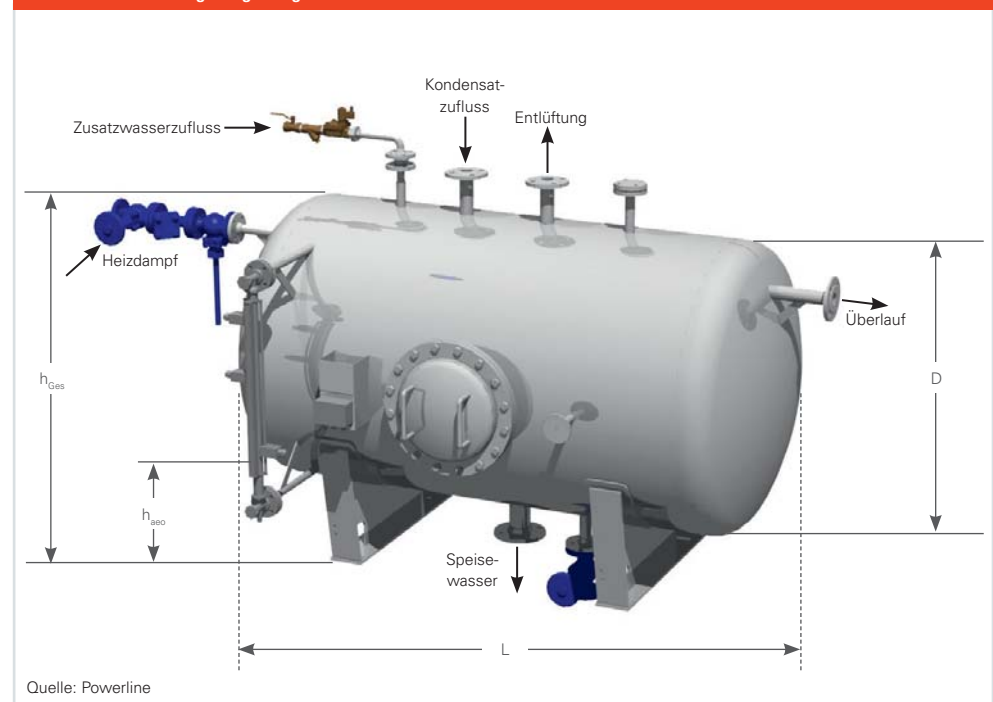
Die Entgasung findet unter Atmosphärendruck über eine Entlüftung auf dem Speisewasserbehälter statt. Der Behälter ist mit Einbauten zur Verteilung und Verrieselung des zugeführten Kondensates und Zusatzwassers ausgerüstet.

Über die im unteren Bereich des Behälters eingebaute Heizlanze wird das Speisewasser ständig mit Heizdampf versorgt und damit auf Betriebstemperatur von zirka 95 °C gehalten.

Voraussetzung für einen zufriedenstellenden Betrieb:

- Einhaltung einer konstanten Temperatur im Speisewasserbehälter
- Gewährleistung eines ungehinderten Abzugs des Wrasens
- Einhaltung des Füllstandes im Behälter
- Isolierung des Behälters

Abb. D.4.1.2-1 Teilentgasungsanlage



#### Hinweis

Die Wahl einer zu geringen Zulaufhöhe kann zu Dampfbildung in der Pumpe führen, mit Folge einer ‚plötzlichen‘ Dampfkondensation und einer damit verbundenen Kavitation für die Laufschaufeln der ersten Stufe im Einlaufbereich (siehe auch Pumpenauslegung unter Kapitel D.6).



#### D.4.2.2 Teilentgasungsanlage

##### Richtwerte

Für niedrige Frischwasserbedarfe oder kleine Dampfmengen können bei Viessmann Teilentgasungsanlagen bezogen werden. Sollten auf Kundenwunsch Teilentgasungsanlagen mit größeren Leistungen gefordert werden, ist mit einem erhöhtem Chemikalienbedarf zur Restsauerstoffbindung zu rechnen.

Dabei wäre folgendes zu beachten:

Der Restsauerstoffgehalt des Speisewassers aus einer Teilentgasungsanlage beträgt, wie einleitend angegeben: 1,00 mg/l Speisewasser.

Gefordert werden für Dampferzeugeranlagen mit einem zulässigen Betriebsüberdruck > 1 bar jedoch 0,02 mg/l Speisewasser.

Dieser geforderte Restsauerstoffgehalt kann nur mit einer deutlich höheren kontinuierlichen Chemikaliendosierung als bei einer Vollentgasung erreicht werden. Das hat in Abhängigkeit von den Betriebsstunden hohe Betriebskosten zur Folge und führt zur unerwünschten Aufsalzung des Kesselwassers (siehe Beispielrechnung).

Erforderlich werdende Behältergrößen wären, in Analogie zu den Behältergrößen für die Vollentgasungsanlage, entsprechend zu wählen.

##### Beispielkostenrechnung:

Einsatz von Sauerstoffbindemittel in Teilentgasungsanlagen

In der nachfolgenden Beispielrechnung sollen die Chemikalienverbräuche einer Teilentgasungsanlage und einer Vollentgasungsanlage gegenübergestellt werden:

Grundlagen:

- Der Verbrauch an Sauerstoffbindemitteln beträgt 50 mg/mg O<sub>2</sub>.
- Der Preis pro kg Bindemittel wurde mit 6,50 € angesetzt.

Kesselanlage mit folgenden technischen Daten:

Kesselleistung-Dampfmenge ( $\dot{m}_{FD}$ ):	3000 kg/h
Kondensatrückfluss:	50%
Speisewassertemperatur:	95 °C bei Einsatz einer Teilentgasung
Sauerstoffgehalt:	1 mg/l bei 95 °C
Speisewassertemperatur:	104 °C bei Einsatz einer Vollentgasung
Sauerstoffgehalt:	0,02 mg/l bei 102 °C
Verbrauch an Bindemittel:	50 mg/mg O <sub>2</sub>
Vollast-Betriebsstunden /Jahr (b):	6000 h/a

##### Beispiel Teilentgasung

$$3000 \text{ kg/h} \times 1 \text{ mg/l} \times 50 \text{ mg/mg O}_2 \times 50 \% / 100 \times 6000 \text{ h/a} \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \\ (\text{Bindemittel}) = 450 \text{ kg/a} \times 6,50 \text{ €/kg} = 2.925,- \text{ €/a}$$

##### Beispiel Vollentgasung

$$3000 \text{ kg/h} \times 0,04 \text{ mg/l} \times 50 \text{ mg/mg O}_2 \times 50 \% / 100 \times 6000 \text{ h/a} \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \\ (\text{Bindemittel}) = 18 \text{ kg/a} \times 6,50 \text{ €/kg} = 117,- \text{ €/a}$$

Bei Einsatz einer Vollentgasung werden in diesem Beispiel 2808,- €/a an Chemikalienkosten eingespart.

Mit einem zu erwartenden Mehrkostenanteil von zirka 4200,- € bei Einsatz einer Vollentgasung ergibt sich eine Amortisationszeit (A) von  $A = 4200,- \text{ €} / 2808,- \text{ €} \sim 1,5$  Jahren.

## D.4 Wasseraufbereitung

Weitere Kostenersparnisse mit den Annahmen:

- Erhöhung der Absalzrate ( $\Delta A$ ) um zirka 2% wegen zusätzlicher Aufsalzung des Kesselwassers;
- Jahresabsalzwasserreduzierung ( $\dot{m}_{\text{red}}$ ) bei Einsatz einer Vollentgasungsanlage:
- $\dot{m}_{\text{red}} = \Delta A \times \dot{m}_{\text{FD}} \times b = 0,02 \times 3000 \times 6000 = 360 \times 10^3 \text{ kg/a} = 360 \text{ t/a}$
- Kostenersparnis ( $\Delta K_{\text{(red)}}$ ) durch  $\dot{m}_{\text{red}}$  und den hier angenommenen Kosten für das zusätzliche Speisewasser von zirka 3,50 €/t:  $\Delta K_{\text{(red)}} = 360 \text{ t/a} \times 3,50 \text{ €/t} = 1260,- \text{ €/a}$
- und somit weitere Reduzierung der Amortisation ( $A_{\text{mo}}$ ) auf:

$$A_{\text{mo(re)red}} = K_{\text{vgA}} / (\Delta_{\text{VT}} + \Delta K_{\text{(red)}}) \\ = 4200/2808 + 1260 = 1,03 \text{ Jahre}$$

mit

$K_{\text{vgA}}$  Mehrkosten Vollentgasungsanlage  
 $\Delta_{\text{VT}}$  Differenz der Kosten für Chemikalien bei Einsatz einer Vollentgasung

### D.4.3 Chemische Wasseraufbereitungsanlage (CWA-Enthärtungsanlagen)

#### D.4.3.1 Funktionsbeschreibung Richtwerte, Annahmen für die Auslegung

##### Funktionsbeschreibung

Im Wasser sind die Erdalkalien Kalzium und Magnesium in Ionenform gelöst. Diese Elemente werden in der Wasserchemie als Härtebildner bezeichnet. Im Kesselbetrieb unter Wärmeeinwirkung würden diese Verbindungen als „Kesselstein“ ausfallen und sich auf den Heizflächen als fester Belag ablagern. Dieser Belag behindert den Wärmeübergang von der Feuerungs- zur Wasserseite.

Anfänglich würde das zu höheren Abgastemperaturen und damit zu einer Wirkungsgradverschlechterung führen. Bei weiterem Anwachsen der Kesselsteindicke können wegen mangelnder Kühlung die Heizflächen zerstört werden.

Aus diesem Grunde fordern die Wassernormen ein härtefreies Speisewasser.

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

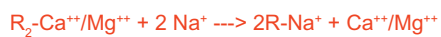


Zur Enthärtung werden Anlagen mit Ionenaustauscherharzen eingesetzt. Ionenaustauscher sind kugelförmige Kunstharze mit angelagerten aktiven Gruppen. Ionenaustauscher für die Enthärtung haben als aktive Gruppe Natriumionen angelagert.

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, das heißt alle Natriumionen sind durch Calcium- und Magnesiumionen ausgetauscht, wird mit einer Natriumchloridlösung (Tablettensalz zur Regeneration von Ionenaustauschern) 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 unbegrenzt wiederholen.

**Beladung:****Regeneration:****Richtwerte**

- Anforderungen an das Rohwasser:
  - frei von mechanischen Verunreinigungen;
  - frei von Eisen- und Manganbestandteilen, bei Trinkwasserqualität
- maximale Gesamthärte im Rohwasser 30° dH
- maximale Rohwassertemperatur 35 °C
- minimale Laufzeit einer Anlage (Filter) zwischen 2 Regeneration 7–8 h
- direkte Leitfähigkeit im Kesselwasser  $\leq 6000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- Resthärte im aufbereiteten Rohwasser  $\leq 0,056^\circ \text{dH}$  respektive  $\leq 0,01 \text{ mmol/l}$
- grundsätzlicher Einsatz von sogenannten Doppelpendelanlagen (2 Filteranlagen) bei entsprechender Baugrößenstufung (siehe Kapitel D.4.3.1).

Abb. D.4.3.1-1 Baugröße und Parameter der CWA

Parameter	Einheit	Kennzahl							
Baugröße (BG)		60	120	200	320	400	500	600	800
Nennkapazität	m <sup>3</sup> x °dH	60	120	200	320	400	500	600	800
Leistung (N <sub>L</sub> ) Filter-Durchflussleistung	m <sup>3</sup> /h	1,0	1,5	2,0	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0
Ionenaustauscherfüllung	l	15	30	50	80	100	125	150	200
Salzverbrauch je Regeneration	kg	3	6	10	16	20	25	30	40
Volumen Solebehälter	l	100	100	200	300	300	300	300	520

### CWA-Enthärtungsanlagen – Auslegung:

Nachfolgend werden vorerst 8 Anlagentypen mit den dargestellten technischen Parametern angeboten und näherungsweise für Dampf-Erzeugerleistung, in Abhängigkeit vom Anteil Rücklaufkondensat und der Gesamthärte des zum Einsatz kommenden Rohwassers, bis 14000 kg/h einsetzbar/ausgelegt (siehe Abb. D.4.3.1-1).

Bei Anlagenkonzepten mit Dampferzeugerleistungen > 14 t/h bis ≤ 75 t/h sind chemische Wasseraufbereitungsanlagen individuell auszulegen. Dies gilt grundsätzlich auch für abweichende Angaben von den unter D 4.3.1 fixierten Richtwerten. Anfragen hierzu senden Sie bitte an [vitomax-anfragen@viessmann.com](mailto:vitomax-anfragen@viessmann.com).

Hieraus ergibt sich die Forderung nach dem zulässigen maximalen Zusatzwasserbedarf

$$\dot{V}_{zu/spw (max.)} = BG / °dH \times T_z [m^3/h]$$

#### Hinweis

Für Anlagenkonzepte mit Erzeugerleistungen > 14000 kg/h können in 1. Näherung die hier geometrisch zu erwartenden Abmessungen aus dem Datenblatt CWA entnommen werden. Die tabellarisch angegebene Nennkapazität darf nicht überschritten werden.

#### 1. Beispielrechnung

Baugröße (BG) = 800  
 Wasserhärte = 17° dH  
 Filterlaufzeit  $T_z$  = 7 h  
 zwischen 2 Regenerationen

$$\dot{V}_{zu/spw (max.)} = BG / °dH \times T_z [m^3/h]$$

$$= 800 / 17°dH \times 7h$$

daraus ergibt sich der maximal zulässige Zusatzspeisewasserbedarf von  $\dot{V}_{zu/spw (max.)} = 6,72 m^3/h$ .

#### Interpretation zur 1. Beispielberechnung:

1. Näherung:

- für Dampferzeugerleistungen ( $\dot{m}_{FD}$ ) > 6,72 t/h wäre ein entsprechend kundenseitiger Kondensatrücklauf ( $\dot{m}_{KON}$ ) erforderlich:  $\dot{m}_{KON} \approx \dot{m}_{FD} - \dot{V}_{zu/spw} \rho_m$  (t/h)  
Annahme:  
mittlere Wasserdichte:  $\rho_m \approx 1 t/m^3$
- für Dampferzeugerleistungen ( $\dot{m}_{FD}$ ) ≤ 6,72 t/h und gegebenen Kondensatrücklauf erhöht sich sukzessiv die Filterlaufzeit, wobei die anlagenbezogene Filter-Durchflussleistung um Werte ≤ 10 bis 20%, zwecks Sicherstellung der angegebenen Nennkapazität, hierbei nicht unterschritten werden sollten.

## 2. Beispielrechnung

Ermittlung der Baugröße (BG): aus der Beziehung

$$BG = \frac{1}{\varrho_m} \left( \dot{m}_{FD} \left[ 1 + \frac{A}{100} \right] - \dot{m}_{KON} \right) \times T_z \times \text{dH} \quad [-]$$

ermittelte dimensionslose Wert (BG) muss immer unter der tabellarisch angegebenen Anlagenbaugröße liegen.

So ergäbe sich zum Beispiel mit:

Dampferzeugergesamtleistung	$\dot{m}_{FD}$	= 8 t/h
kundenseitiger Kondensatrücklauf	$\dot{m}_{KON}$	= 2,8 t/h ~ 35% Kondensatanteil
Absalzrate	A	= 5 %
und der Rohwasserhärte		= 17° dH

die erforderliche Baugruppengröße

$$BG \geq \frac{1}{1} \left( 8 \left[ 1 + \frac{5}{100} \right] - 2,8 \right) \times 7 \times 17 = 666,4$$

gewählt BG = 800, mit der, aus dem 1. Berechnungsbeispiel nicht zu überschreitenden, maximal zulässigen Zusatzspeisewassermenge  $\dot{V}_{zu/spw(Zul.)} < \dot{V}_{zu/spw(max.)}$  von

$$\dot{V}_{zu/spw(Zul.)} \leq \dot{V}_{zu/spw(max.)} \cong \frac{1}{1} \left( 8 \left[ 1 + \frac{5}{100} \right] - 2,8 \right) = 5,6 \text{ m}^3/\text{h} < 6,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Anmerkung**

zur Anlagenauslegung für Dampferzeugerleistungen > 10 t/h

mit den Annahmen:

Rohwasserhärte = 17° dH

Kondensatanteil = 50%

Filterlaufzeit  $T_z = 7$  h

maximale Durchflussgeschwindigkeit durch die Filteranlage  $\approx 38$  m/h

Anlagenaufbau ähnlich Anlage [A1]

mit je einem Filter-Erwartungsdurchmesser

( $D_F$ ) bei:

$$D_F = 0,18 \times \sqrt{\dot{N}_L} \text{ [m]}$$

und  $\dot{N}_L$  der maximalen

Filter-Durchflussleistung [m<sup>3</sup>/h]



### D.4.4 Funktionsbeschreibung Umkehr-Osmoseanlage (UO)

#### D.4.4.1 Richtwerte, Annahmen für die Auslegung

Mittels Osmoseanlage (in der Praxis als Umkehrosmoseanlage benannt) wird das erforderlich werdende Zusatzspeisewasser weitestgehend entsalzt. Die Osmoseanlage arbeitet, wie unter Kapitel C.4.2 ausgeführt, rein physikalisch, wobei 70 bis 98% des eingesetzten Wassers als entsalztes beziehungsweise teilentsalztes Wasser gewonnen wird. Das Wasser, in dem die Salzkonzentration verringert werden soll, wird mittels Druck durch eine halbdurchlässige (semipermeable) Membran filtriert, welche die im Wasser gelösten Salze (Ionen) hält. Die Membranen in sogenannten Modulen haben so kleine Poren, dass die kleineren Wassermoleküle hindurchgehen, jedoch die größeren Kationen, Anionen und große organische Moleküle zurückgehalten werden. Module aus Polyamid können mit Wasser im pH-Bereich von 4 bis 11 und solche aus Celluloseacetol im pH-Bereich 4 bis 7 beaufschlagt werden. Für beide Materialien besteht eine Temperaturgrenze von zirka 30 °C (ideal jedoch 15 bis 20 °C).

Der Druck auf der Rohwasserseite muss höher sein als der osmotische Druck des Rohwassers; dieser ist abhängig vom Salzgehalt des Rohwassers. Die im Rohwasser gelösten Salze (Ionen) werden auf der Rohwasserseite (Konzentrat) zurückgehalten, das entsalzte Wasser (Permeat) auf der Permeatseite dem Permeat-tank zugeführt. Auf diese Weise werden aus einem m<sup>3</sup> Rohwasser 0,75 bis 0,9 m<sup>3</sup> Permeat gewonnen. Dieser Prozess entfernt, je nach Anlagenausführung bis zu 99% der Salze aus dem Ausgangswasser (Rohwasser).

Um die Umkehrosmoseanlage nicht zu verblocken, ist eine Enthärtungsanlage vorgeschaltet. Bei Anlagen < 3 bis 5 m<sup>3</sup>/h wird zur Verhinderung der Verblockung ein Antiscalant in das Rohwasser dosiert, der dann entstehende „Schlupf“ an Härte im Permeat von zirka 1 bis 3% der Ausgangshärte, wird dann durch einen nachgeschalteten „Polisher Enthärter“ entfernt. Dieser nachgeschaltete Polisher Enthärter ist lediglich für das entsalzte Wasser und die geringe Resthärte von zirka 0,3 bis 0,5° dH auszulegen.

Osmoseanlagen haben in der Praxis ihren „Platz“ gefunden, sind äußerst raumsparend, einfach in der Wartung und sehr gut für den durchgehenden Betrieb geeignet. Regenerierchemikalien werden nicht benötigt. Modulstandzeiten von bis zu fünf Jahren werden gegenwärtig erwartet.

Bei Einsatz einer Osmoseanlage ist eine nachgeschaltete thermische Vollentgasungsanlage zwingend, um einer CO<sub>2</sub>-Flächenkorrosion entgegenzuwirken. Neben dem Salzgehalt hat die Karbonathärte (auch Alkalität, m-Wert, oder K<sub>S4,3</sub>-Wert genannt) einen erheblichen Einfluss auf die notwendige Absalzung. Grund hierfür ist die sich, je nach Karbonathärte, Betriebsdruck des Kessels und vorhandene Kondensatrückführung, bildende Alkalität des Kesselwassers (Sodaspaltung), die bei Überschreiten des Grenzwertes (p-Wert oder K<sub>S8,2</sub>-Wert > 8 bei > 20 bar, bis 12 bei < 20 bar) sehr schnell zu erhöhten Absalzzraten führt. Bei Karbonathärtewerten > 5° dH, Betriebsdruck > 5 bar und Kondensatraten von < 20% sind Absalzzraten von 10% und mehr schon erreicht, und der Einsatz einer Osmose gerechtfertigt.

Eine U/O-Anlage empfiehlt sich bei:

- Salzgehalten von >800 bis 1000 µS/cm
- Bei Karbonathärten > 5° dH, und keiner beziehungsweise geringer Kondensatrückführung von < 10 bis 20%
- ohne beziehungsweise geringe Kondensatrückführung
- Bei Kesselbetriebsdrücken > 5 bar sobald obige Bedingungen zutreffen
- Immer da wo früher Entcarbonisierungen eingesetzt wurden

Durch Einsatz einer U/O-Anlage reduziert sich die Absalzzrate auf < 1%.

Osmoseanlage – Richtwerte:

- kontinuierlicher Betrieb;
- Rohwasser bei Trinkwasserqualität;
- Rohwassertemperatur ≤ 30 °C;
- zu empfehlender Einsatz für erforderlich werdende Absalzzraten (A) ≥ 8 bis 10% mit Bezug auf die Frischdampfmenge ( $\dot{m}_{FD}$ )

Die Absalzrate ( $A_i$ ) kann näherungsweise bestimmt werden mit:

- a) dem  $K_{\text{S8,2}}$  (p-Wert als freie Alkalität) – mmol/l und/oder
- b) der Leitfähigkeit –  $\mu\text{S/cm}$  und/oder
- c) der Kieselsäure – mg/l aus

$$A_i = \left( 1 - \frac{\dot{m}_{\text{Kon}}}{\dot{m}_{\text{FD}}} \right) \times \frac{R}{K - R} \times 100 \text{ [\%]} \text{ mit}$$

$$\frac{\dot{m}_{\text{Kon}}}{\dot{m}_{\text{FD}}} \text{ [dem Kondensatanteil]}$$

$\dot{m}_{\text{Kon}}$  = Massenstrom Kondensat

$\dot{m}_{\text{FD}}$  = Massenstrom Frischdampf

R - vorhandenen Werten von a), b), c) im Rohwasser gemäß Rohwasseranalyse  
 K - den Grenzwerten von a), b), c) im Kesselwasser gemäß Planungsanleitung „Richtwerte Wasserbeschaffenheit für Dampfkessel“.

**Hinweis**

Die sich ergebene maximale Absalzrate  $A_i$  ist für den Betrieb entsprechend einzustellen.

Berechnungsbeispiel 1			
salzhaltige Fahrweise, Kondensatanteil 50%			
	<b>pH 8,2 <math>\triangleq</math> <math>K_{\text{S8,2}}</math> mmol/l freie Alkalität, p-Wert</b>	<b>Leitfähigkeit [<math>\mu\text{S/cm}</math>] bei 25°C</b>	<b>SiO<sub>2</sub>-Kieselsäure [mg/l]</b>
<b>(R) Zusatzwasser Annahme:</b>	1 [> 0,1 bis $\leq$ 1 gemäß (L2)]	800	13
<b>(K) Grenzwerte Kesselwasser (gemäß DIN EN 12953-10)</b>	12	6000	150
<b>erforderliche Absalzrate <math>A_i</math> (%)</b>	$A_i = (1 - 0,5) \times \frac{R_{\text{al(b c)}}}{K_{\text{al(b c)}} - R_{\text{al(b c)}}} \times 100$		
<b><math>A_i</math> [%]</b>	$A_{\text{a)}} = 4,54$	$A_{\text{b)}} = 7,9$	$A_{\text{c)}} = 4,74$

=> einzustellende Absalzrate wäre:  $A_{\text{b)}} = 7,9 \text{ \%} > A_{\text{a)}} \text{ und } A_{\text{c)}}$

## D.4 Wasseraufbereitung

### Hinweis

Mit Abnahme des Kondensatanteils erhöht sich die Absalzrate. Damit steigt die Wirtschaftlichkeit einer Osmoseanlage.

### Berechnungsbeispiel 2

Amortisationberechnung Mehrkosten Osmoseanlage im Vergleich zur Pendel-Enthärtungsanlage

- Absalzzraten erforderlich  $\approx 8\%$  (ohne Osmose)
- Absalzzraten  $\approx 1\%$  (mit Osmose)
- Kondensatanteil  $\approx 50\%$
- Nenndampfmenge ( $\dot{m}_{FD}$ )  $\approx 12000$  kg/h
- Nenndampfdruck  $p_g$   $\approx 12$  bar
- Vollast-Betriebsstunden/Jahr (b) = 6000 h
- Gesamthärte-Rohwasser = 17° dH
- Karbonathärte-Rohwasser = 6,8° dH
- erforderliche Mehrkosten ( $\Delta k$ )  $\approx 16.280$  €

bei Einsatz einer Osmoseanlage alternativ zum Einsatz einer Pendel-Enthärtungsanlage; ermittelt auf der Grundlage entsprechender Angebote (Stand 12/2007).

Bei Einsatz einer Osmoseanlage ergibt sich eine Jahresabsalzwasserreduzierung  $\dot{m}_{Red}$  von:

$$\dot{m}_{Red} = \frac{\Delta A}{100} \times \dot{m}_{FD} \times b \times 10^{-3} \frac{t}{kg} = \frac{(8 - 1)}{100} \times 12000 \times 6000 \times 10^{-3} \frac{t}{kg} = 5.040 \text{ t/a}$$

mit einer Kostenannahme für das zusätzliche Speisewasser von zirka 3,50 €/t ermittelt sich ein jährliches Kostenersparnis  $\Delta k_{(red)} = 5040 \text{ t/a} \times 3,50 \text{ €/t}$  von 17.640,- €/a und somit eine zu erwartende Amortisationszeit  $A_{mo} = \Delta k / \Delta k_{(red)} = 16.280,- \text{ €} / 17.640,- \text{ €}$  von 0,92 Jahren.

**D.4.5 Wasseranalytik, allgemeine Erläuterungen**

Das Wasser-Dampfsystem unterliegt Qualitätsanforderungen hinsichtlich seiner zulässigen Inhaltsstoffe. Abhängig von der Druckstufe des erzeugten Dampfes sind Grenzwerte einzuhalten, die in der Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit (5811 454) dargestellt sind.

Um diese Richtwerte einhalten zu können, muss das Speisewasser aufbereitet werden. Die dazu eingesetzten Verfahrenstechniken bestehen in der Regel aus der Kombination von chemischer und thermischer Wasseraufbereitung.

In einer Enthärtungsanlage werden die im Rohwasser enthaltenen Härtebildner gebunden und ausgetragen (Kapitel C.5.1 chemische Wasseraufbereitung).

Darüber hinaus sind im Wasser Gase gelöst, die bei Erwärmung des Wassers im Dampferzeuger ausgetrieben werden und sowohl im Dampferzeuger als auch im nachfolgenden Dampfsystem unweigerlich Korrosion verursachen würden.

Aus diesem Grund wird das Zusatzwasser aus der Enthärtungsanlage gemeinsam mit dem aus der Abnehmeranlage zurückgeführten Kon-

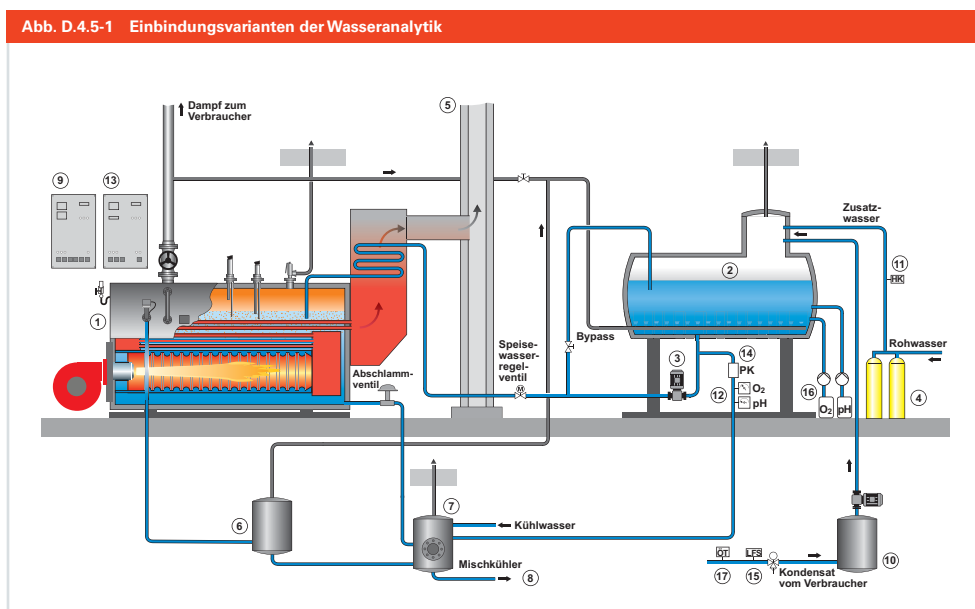
densat in einer Entgasungsanlage thermisch aufbereitet, also entgast (Kapitel C.5.3 – thermische Wasseraufbereitung).

Um sicher zu gehen, dass der geforderte Restsauerstoffanteil im Speisewasser (maximal 0,02 mg/l) eingehalten wird, werden zusätzlich Chemikalien zur Restsauerstoffbindung zudosiert. Ausschließlich Chemikalien zur Bindung der gesamten Sauerstoffmenge zu verwenden, ist in den meisten Fällen unwirtschaftlich (siehe hierzu unter Kapitel D.4.5.2).

Bei den oben geschilderten Verfahren handelt es sich um bewährte Anlagentechnik. Allerdings kann es bei der Überwachung und Bedienung dieser Technik immer wieder zu Fehlern kommen. Aus diesem Grunde entwickelte Viessmann ein Konzept der Analysetechnik, um die potenziellen Schadensfälle aus Sicht der Wasserchemie weitmöglich einzudämmen. Darüber hinaus ermöglicht diese Wasseranalytik eine wirtschaftlichere Fahrweise von Dampfanlagen.

Je nach Anforderung der Anlage, mit und/oder ohne BosB-Betrieb, kann die Analysetechnik erweitert beziehungsweise reduziert werden und findet bei Bedarf auf einem separaten Analysenaufnahmegestell Platz.

Nachfolgendes Bild veranschaulicht die möglichen Einbindungsvarianten:



1. Dampferzeuger mit Feuerungsanlage
2. Thermische Wasseraufbereitung
3. Kesselspeisepumpe
4. Enthärtungsanlage
5. Schornstein
6. Absalzentspanner
7. Mischkühler
8. Abkühlbehälter beziehungsweise Kanalisation
9. Schaltschrank Kesselanlage
10. Kondensatbehälter
11. Härtekontrolle
12. O<sub>2</sub>- und pH-Messung
13. übergeordneter Schaltschrank mit SPS zur Datenweiterleitung
14. Probennahmekühler für Analysetechnik
15. Leitfähigkeitsmessung
16. Dosierung von Korrekturchemikalien
17. Öltrübungsmessung

### **Härtekontrolle (HK) für Weich- und Kondensatwasser**

Der Einbau erfolgt nach der Enthärtungsanlage beziehungsweise, sofern erforderlich, zusätzlich in der Kondensatleitung (siehe unter Kapitel D.5.3). Die Härtekontrolle überwacht kontinuierlich und ohne Verbrauch von Chemikalien und Wasser das Weichwasser auf Resthärte.

Bei einem Härteeinbruch wird über eine optische Anzeige „Hartwasser“ gemeldet sowie über einen potenzialfreien Kontakt, aufgeschaltet auf die SPS, ein Signal zur optischen beziehungsweise akustischen Weiterschaltung und/oder Abschaltung der CWA gegeben.

### **Funktionsweise**

Der in die Weichwasserleitung eingebaute Differenzdruckgeber erzeugt bei Durchfluss einen geringen Differenzdruck. Dadurch wird ein Teilstrom über den im Bypass eingebauten Härtesensor geleitet und in den Hauptstrom zurückgeführt. Bei Härteeinbruch wird der Sensor beladen. Dabei schrumpft das im Härtesensor befindliche Spezialharz. Über eine Gebereinheit mit Reed-Kontakt wird die optische Anzeige „Hartwasser“ aktiviert.

Der potenzialfreie Kontakt wird zur Bestätigung eines optischen Alarmsignals und/oder zur Abschaltung der Doppelpendelenthärtungsanlage genutzt.

### **O<sub>2</sub>-Messung**

Die kontinuierliche Messung der Konzentration von gelöstem Sauerstoff spielt bei der Überwachung von Speisewasser eine bedeutende Rolle:

- Sauerstoff darf nur in geringen Konzentrationen (< 0,02 mg/l) vorhanden sein. Ansonsten besteht die Gefahr von Sauerstoffkorrosion.
- Aus diesem Grund ist der Kesselanlage wasserseitig eine thermische sowie chemische Wasseraufbereitung vorgeschaltet. Dieser Vorgang ist bei Betrieb kontinuierlich aufrechtzuerhalten.
- Diskontinuierliche Labormessungen zur Sauerstoffbestimmung beinhalten ein Fehlerrisiko durch mögliche unsachgemäße Probenahme.
- Kontinuierliche Messungen stellen zu jedem Zeitpunkt die Echtwerte dar und lassen sich über den Speicher der SPS jederzeit auslesen.
- Sofern eine TWA für eine Mehrkesselanlage existiert, kann optional die Brüdenmenge in Abhängigkeit der tatsächlichen Speisewassermenge dem Bedarf angepasst werden. Hierdurch ist eine deutliche Energieeinsparung zu erzielen (Kapitel D.7.3).

### **Funktionsweise**

Nach dem Probenahmekühler wird ein Sensor, bestehend aus einer Kathode (Gold) und einer Anode (Silber), einem Elektrolyten und einer Membrane, installiert. Die Diffusion des Sauerstoffs durch die Membrane wird durch den Partialdruck erzwungen. An die beiden Elektroden wird eine Polarisationsspannung angelegt. In einem bestimmten Bereich ist dann der messbare Strom von der Konzentration des eingedrungenen Sauerstoffs abhängig.

### **pH-Messung (pH)**

Der pH-Messwert ist ein Maß für den sauren beziehungsweise basischen Charakter des Speisewassers. Über ihn lässt sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt bestimmen. Das heißt, je niedriger der pH-Wert desto höher der CO<sub>2</sub>-Gehalt. Der pH-Wert sollte sich zwischen 9 bis 10 einpendeln, aber auf jeden Fall > 9 betragen, um Korrosion zu vermeiden. Er sollte aber auch nicht größer als 10 werden, um die Bildung von Natronlauge zu unterbinden.

### **Hintergrund**

Die im Wasser gebundenen Erdalkalien wie Calcium und Magnesium werden in der chemischen Wasseraufbereitung (CWA) über Ionenaustauscher gegen aktive Gruppen von Natriumionen ausgetauscht, um Kesselsteinbildung zu vermeiden. Dabei entsteht Natriumhydrogencarbonat. Durch Aufkochen unter Druck spaltet es sich zu Natriumcarbonat (Soda) und CO<sub>2</sub>. Durch noch höheren Druck bildet sich Na-OH (Natronlauge) und CO<sub>2</sub> – die sogenannte Sodaspaltung. Da CO<sub>2</sub> in Verbindung mit Feuchtigkeit genau so wie O<sub>2</sub> korrosiv wirkt, gilt es, dessen Bildung ebenfalls zu unterbinden.

### **Funktionsweise**

Bei der pH-Messung wird eine Potentialdifferenz (Spannung in mV) gemessen. Diese besteht aus einer Referenzspannung an einer Bezugselektrode, bei der das Messgut in direktem Kontakt mit einem Elektrolyten steht und an der Messelektrode, bei der sich zwischen Messgut und Elektrolyt eine ionenselektive Membrane (für H<sup>+</sup>-Ionen) befindet. Um gute Messergebnisse zu erzielen, muss eine gute elektrische Verbindung zwischen Messgut und Referenzelektrolyt bestehen. Aus diesem Grund wird ein Flüssiggelelektrolyt verwendet, wobei immer ein kleiner Teil des Elektrolyten ins Messgut fließt.

### **Leitfähigkeitsmessung (LFM)**

Die Leitfähigkeitsmessung erfolgt im Kondensatbehälter, vorteilhafterweise jedoch in der Kondensatzuführungsleitung. Mit ihrer Hilfe wird ein Fremdeinbruch im Kondensat festgestellt.



Sollte dies der Fall sein, wird über ein nachgeschaltetes 3-Wege-Ventil das überwachte Kondensat abgeführt, sodass das Wasser im Speisewasserbehälter nicht kontaminiert wird. Bei Gefahr von Öleinbrüchen wird die Leitfähigkeitsmessung um eine entsprechende Warneinrichtung erweitert (siehe Öltrübungsmessung).

#### Funktionsweise

Gemessen wird die Leitfähigkeit des Kondensates, um ionische Verunreinigungen festzustellen. Dies erfolgt über zwei Elektroden, die über einen Messumformer eine konstante Spannung angelegt bekommen. Ändert sich die Spannung über eine zulässigen Wert im Elektrolyten (Kondensat), liegt eine Verunreinigung vor.

#### Öltrübungsmessung

Typische Kondensatverunreinigungen sind außer den oben genannten Härte-, Salz-, Laugeneinbrüchen die Einbrüche von Ölen und Fetten. Sollte Gefahr auf Öleinbruch bestehen, ist es erforderlich, das Kondensat diesbezüglich zu überwachen.

In diesem Fall wird im Angebot die Analysetechnik um den Baustein der Öleinbruchüberwachung mit Auswertetechnik und Ableitung des zu verwerfenden Kondensates erweitert.

#### Funktionsweise

Die Öl- und Trübungsmeldung erfolgt optisch. Das im Durchfluss zu überwachende Kondensat wird mittels Lichtquelle durchstrahlt. Gegenüberliegend ist eine Empfangseinheit installiert. Sofern das Kondensat nicht verunreinigt ist, wird das Lichtsignal ungehindert empfangen.

Bei Öl-, Molke- oder sonstiger Trübungsmeldung wird der Lichtstrahl abgelenkt. Die Ablenkung sorgt dafür, dass eine Störmeldung erfolgt und das Kondensat verworfen wird. Die Ausschleusung erfolgt über ein Dreizeige-Umschaltventil. Das kontaminierte Kondensat darf nicht in das Abwassernetz geführt werden. Die Ableitung erfolgt über sogenannte „Entölersysteme“.

Beispiel: einzuhaltender Grenzwert

für Öle/Fette  $\leq 3 \text{ mg/l}$

- bei Werten  $> 3 \text{ mg/l}$   
-> Voralarm mit Quittierung
- bei Werten  $\geq 5 \text{ mg/l}$  -  
> Feuerung ‚Aus‘ mit Verriegelung

#### Anlagen-Steuerung

Alle Messwerte werden auf eine Speicher-Programmierbare Steuerung aufgeschaltet, dort ausgewertet und auf einem Grafikdisplay angezeigt. Überschreitungen der parametrisierten Grenzwerte werden im Störmeldespeicher der Steuerung registriert.

Sowohl Messwerte als auch Stör- und Betriebsmeldungen können über die integrierte Profibuschnittstelle an übergeordnete Leitsysteme übertragen werden.

Durch die Regelung der Chemikalien-Dosierpumpen auf der Grundlage der gemessenen Wasserqualität kann auf eine Überschussdosierung generell verzichtet werden.

Optional kann auf der Basis der Restsauerstoffmessung der Brüendampfstrom und damit die Entgaserleistung entsprechend der tatsächlich benötigten Speisewassermenge geregelt werden. Das hat eine erhebliche Brennstoffeinsparung zur Folge.

#### Analysenschrank

Zur regelmäßigen Durchführung der Analysen von Zusatz-, Speise- und Kesselwasser bietet Viessmann einen Analysenschrank mit allen erforderlichen Geräten und Chemikalien an. Damit können folgende Analysen durchgeführt werden:

- Rest- und Gesamthärte
- $K_{\text{SB},2}$  und  $K_{\text{S4},3}$  (p- und m-Wert)
- Natriumsulfidgehalt (Restsauerstoffbindemittel)
- Phosphatgehalt (Resthärtebindung und Alkalisierung)

#### Dosiereinrichtungen für Korrekturchemikalien

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

In den meisten Fällen werden zwei unterschiedliche Dosierchemikalien jeweils für die Resthärteausfällung mit Alkalisierung des Speisewassers und zum anderen für die Restsauerstoffbindung eingesetzt. Aus diesem Grund sollten immer zwei Dosiereinrichtungen zum Einsatz kommen.

Viessmann bietet Chemikalien für die Sauerstoff- und Resthärtebindung und zur Anhebung der Alkalität im Kesselwasser an. Diese Chemikalien sind für die Erstausrüstung vorgesehen und können jeweils in einem 25-kg-Kanister angeboten werden.



## Kondensatwirtschaft

In nachfolgendem Kapitel wird auf die unter C.6 vorgestellten Kondensatsysteme näher eingegangen.

Es erfolgt eine Betrachtung eines offenen gegenüber eines geschlossenen Kondensatsystems mit einer beispielhaften Auslegung, um Ihnen anhand eines anschaulichen Beispiels deutlich zu machen, ab wann es sich lohnt, geschlossene Kondensatsysteme einzusetzen.

### D.5.1 Funktionsbeschreibung „offene“ Kondensatsysteme

Für abweichende Rück-Fördermengen ( $>14 \text{ m}^3/\text{h}$ ) und/oder vorliegender „geschlossener“ Systeme (siehe unter D.5.2) wären gegebenenfalls entsprechend formulierte Anfragen an: dampf@viessmann.com zu richten.

#### D.5.1.1 Richtwerte, Annahmen für die Auslegung

Die Kondensatstation dient der Kondensatsammlung und Rückförderung der von den Dampfverbrauchern abgegebenen Kondensate zum Speisewasserbehälter der thermischen Entgasungsanlage.

Der Kondensatbehälter ist über eine „freie“ Entlüftungsleitung mit der Atmosphäre verbunden. Eine Ableitung von den Verbrauchern erfolgt von daher ohne Gegendruck.

Die Kondensatpumpen (in der Regel 2 x 100% Pumpen) fördern in Abhängigkeit vom Behälterfüllstand das anfallende Kondensat zurück zum Entgaser der thermischen Aufbereitungsanlage.

Die Behälter sind ausgerüstet mit den erforderlichen Anschlussstutzen für:

- Kondensatzulauf
- Kondensatzulauf (Reserve)
- Kondensataustritt, als saugzeitiger Kondensatpumpenanschluss
- Entlüftung, Wrasenabzug
- Überlauf
- Entleerung
- Besichtigungsöffnung (Hand- und/oder Mannloch je nach Behältergröße) und
- Füllstandanzeige/-regelung

Behälter und Pumpen sind auf einem gemeinsamen Grundrahmen aus Profilstahl installiert und benötigen für die Aufstellung keine gesonderten Fundamente. Der bauseitige Aufstellungsboden muss lediglich eben und tragfähig sein.

Zwecks Vermeidung unnötiger Energieverluste, durch Nachdampf aus der Kondensatrücklaufmenge, sollten ‚offene‘ Kondensatsysteme vorteilhafterweise nur bei Kondensaterwartungstemperaturen unterhalb  $100 \text{ °C}$  zum Einsatz kommen.

Andernfalls wäre das unter D.5.2 beschriebene System von Vorteil.

#### Richtwerte

- Kondensaterwartungstemperaturen  $\leq 95 \text{ °C}$
- Behälternutzinhalt  $V_n^{\text{al}} \approx 0,8 (\dot{m}_{\text{KON}}/2 \text{ bis } \dot{m}_{\text{KON}}/3) [\text{m}^3]$

mit:

$\dot{m}_{\text{KON}}$  - die maximal mögliche Kondensatanfallmenge in (t/h)

Kondensatpumpen-Förderleistung ( $\dot{V}_{\text{KON}}$ ) mit Einspeisung in den Entgaser der Speisewasserentgasungsanlage in ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

#### Annahme

Stetige Einspeisung in den Entgaser vorausgesetzt. Von daher wird:

$$\dot{V}_{\text{KON}} = \frac{\dot{m}_{\text{KON}}}{\rho_{\text{KON}}} \times f \text{ in } [\text{m}^3/\text{h}]$$

mit Kondensatdichte  $\rho_{\text{KON}}$  in Abhängigkeit von der Kondensattemperatur gebracht (siehe Anhang Tab. 2.2)

Mit dem Zuschlagsfaktor  $f$  soll eine zulässige Erhöhung der Förderleistung, je nach Entgaserauslegung (Grädigkeit über dem Entgaser), Berücksichtigung finden.

Werte zwischen  $f \approx (1,1 \text{ bis } 1,5)$  wären hier praxisüblich denkbar.

- Kondensatpumpen-Förderhöhe ( $H_{\text{KON}}$ ) mit Einspeisung in den Entgaser der Speisewasserentgasungsanlage in (mWS und/ oder bar) aus den Summenanteilen von

$$H_{\text{KON}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 - h_5 \text{ [mWS/bar]}$$

mit den Anteilen ( $h_i$ ) für:

$h_1$  - Entgaserüberdruck als Gegendruck

$h_2$  - geometrischer Höhenunterschied zwischen Aufstellort Kondensatgefäß und Einspeisungsstelle am Entgaser

$h_3$  - der Rohrreibungsverluste

$h_4$  - der Einzelwiderstände durch Rohrleitungseinbauten (Formstücke, Armaturen und so weiter)

$h_5$  - Druckgewinn durch Überdruck im Kondensatsammelgefäß (jedoch nur zutreffend für „geschlossene“ Systeme)

#### Hinweis

Für System-Konzepte  $> 14 \text{ m}^3/\text{h}$  bis  $\leq 75 \text{ m}^3/\text{h}$  können in 1. Näherung die hier geometrisch zu erwartenden Abmessungen aus den Viessmann-Datenblättern entnommen werden.

Abweichend zu den Behältertypen gemäß der Viessmann-Typen wurden hier Ausführungen als zylindrischer Behälter mit Klöpperboden gewählt.

<sup>a)</sup> Annahme einer stetigen Rückförderung des Kondensates vom Verbraucher. Bei einer zu erwartenden unstetigen Rückförderung (wie sie leider noch am häufigsten in der Praxis vorkommt) sollte der vorzuhaltende Nutzinhalt zwischen  $V_n \approx 0,8 (\dot{m}_{\text{KON}} \text{ bis } \dot{m}_{\text{KON}}/2)$  ermittelt werden. Eine kundenseitige exakte Aussage zum Verbrauchverhalten ist zwingend erforderlich.

## D.5 Kondensatwirtschaft

### Hinweis

Im Abschnitt D.8 wird auf eine mögliche Ermittlung von  $h_3$  und  $h_4$  näher eingegangen.

Mit den Annahmen für:

$$h_1 \approx 0,5 \text{ bar}$$

$$h_2 \approx 4 \text{ mWS} \triangleq 0,4 \text{ bar}$$

$$h_3 + h_4 \approx 0,15 \times (h_1 + h_2) \approx 0,135 \text{ bar}$$

$$h_5 = 0$$

ergäbe sich hinreichend genau eine erforderliche Förderhöhe  $H_{\text{KON}} = 15,35 \text{ mWS} \approx 1,5 \text{ bar}$

### D.5.2 Funktionsbeschreibung

#### „geschlossene“ Kondensatsysteme

„Geschlossene“ Kondensatsysteme sind im verfahrenstechnischen Aufbau umfangreicher als „offene“ Systeme. Die hier geschlossenen Systembehälter nehmen sogenannte Hochdruckkondensate bei Temperaturen oberhalb 100 °C und gegebenenfalls unterschiedlichster Druckstufen auf.

Der Kondensatbehälter ist ein Druckbehälter nach DGRL.

Die wesentlichen Vorteile geschlossener Kondensatsysteme:

- kein Eintrag von Luftsauerstoff in die Anlage,
- Dampfdruckpolster im Behälter kann gleichzeitig zur Förderung benutzt werden, die Saugleistung der Förderpumpe wird geringer, mögliche Kavitationserscheinungen in der Pumpe können wegen der Druckauflastung minimiert werden,
- geringere Wärme- und Wasserverluste (Dampf-Wrasenwegfall),
- Minimierung des energetischen Anlagen-Eigenbedarfes durch Nutzung des ND-Dampfes aus der Kondensatentspannung

Abb. D.5.1.1-1 TWA - offenes System



Abb. D.5.1.1-2 Hochdruck - Kondensatsammelbehälter





Die Behälter sind ausgerüstet mit den erforderlichen Anschlussstutzen wie unter D.5.1 ausgewiesen, jedoch ohne Wrasenabzug und Überlauf, dafür aber zusätzlich mit:

- Sicherheitsventil;
- Thermische Entlüftung;
- Austritt ND-Dampf bei bevorzugter Einleitung in den Entgaser und/oder Speisewasserbehälter
- Dampfanschluss für Druckstabilisierung im Behälter

Die Kondensatstation dient, wie unter D.5.1 beschrieben, ebenfalls der Sammlung und Rückförderung der von den Dampferverbrauchern abgegebenen Kondensate zum Dampferzeuger.

Entsprechende Kondensatpumpen, 2 x 100% Pumpen, fördern, in Abhängigkeit vom Behälterfüllstand, das anfallende Kondensat zurück zum Entgaser der thermischen Aufbereitungsanlage.

Behälter und Pumpen sind auch hier auf einen gemeinsamen Grundrahmen aus Profilstahl installiert und benötigen für die Aufstellung, bei entsprechend vorhandener Tragfähigkeit des Aufstellbodens, keine gesonderten Fundamente.

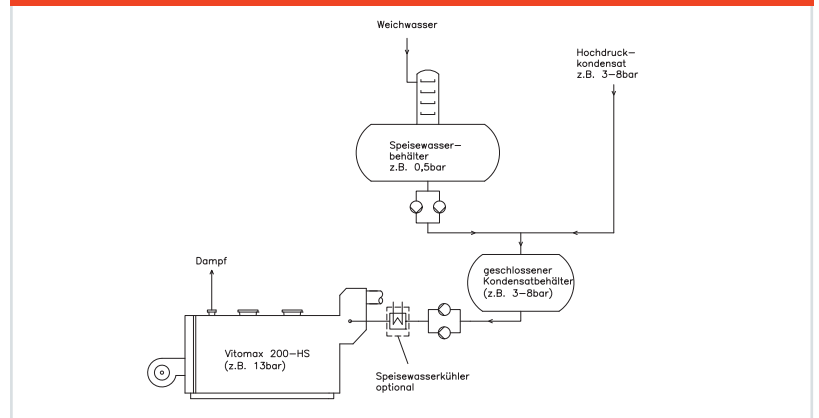
### D.5.2.1 Richtwerte, Annahmen für die Auslegung

siehe unter „offene“ Systeme D.5.1 mit den zusätzlichen Hinweisen wie:

- Kondensaterwartungstemperaturen  $\geq 100\text{ °C}$ ;
- Druckgewinn durch Überdruck im Sammelgefäß  $h_5 \approx 0,2\text{ bar}$ ;
- Einsatz von Förderpumpen mit „niedrigen“ NPSH-Werten (zum Beispiel Seitenkanalpumpen)
- In der Praxis wird das Hochdruck-Kondensat mit dem Zusatzspeisewasser in einem Zwischenbehälter gemischt und dann über Hochdruckpumpen dem Dampferzeuger zugeführt. Siehe auch Schemen unter Anhang 1

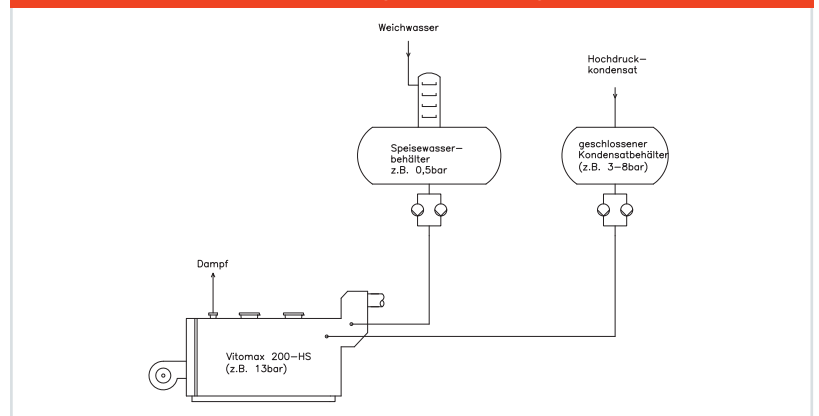
Fehlmengen, als Zusatzspeisewassermenge  $\dot{m}_{spw} = \dot{m}_{FD} - \dot{m}_{KONV}$  sind über die thermische Wasseraufbereitungsanlage dem Kondensatsammelbehälter entsprechend zuzuführen.

Abb. D.5.2.1-1 Hochdruckkondensateinbindung bei geringem Frischwasserbedarf



optionaler Speisewasserkühler um die „Grädigkeit“ des Economisers nicht zu zerstören.

Abb. D.5.2.1-2 Hochdruckkondensateinbindung bei ähnlichen Mengen





## D.5 Kondensatwirtschaft

Abb. D.5.2.1-3 Gegenüberstellung offenes/geschlossenes Kondensatsystem

Kondensatsystem		offenes	geschlossenes
Kondensatüberdruck	bar	0	3 bis 8
Kondensattemperatur	°C	95	133 bis 158
Entspannungsdampf <sup>a)</sup>	%	6,5 bis 11,0	0
Wärmeverlust <sup>b)</sup>	kWh/t	49 bis 83	0
Wasserverlust	kg/t	65 bis 110	0

### Rechenbeispiel

Amortisation bei Einsatz eines „geschlossenen“ Kondensatsystems:

Ausgangsdaten:

Frischdampfmenge	$\dot{m}_{FD}$	= 12000 kg/h	
Frischdampfdruck	$p_B$	= 13 bar	
Kondensatrückspeisung	$\dot{m}_{KON}$	= 6000 kg/h	bei
Kondensatdruck	$p_{KON}$	= 5 bar	und
Kondensattemperatur	$T_{KON}$	= 158 °C	
Roh-Weichwassertemperatur	$T_{RW}$	= 15 °C	
Spezifische Wärme/Wasser	$c_p$	= 0,001163 kWh/KgK	
Speisewassertemperatur	$T_{spw}$	= 104 °C Entgasung	
Roh-Weichwasserkosten	$k_{RW}$	≈ 3,5 €/t	
Erdgas (E)-Kosten	$k_E$	≈ 0,414 €/Nm <sup>3</sup>	
Untere Heizwert Erdgas (E)	$H_i$	≈ 10,35 kWh/Nm <sup>3</sup>	
Volllast-Betriebsstunden	$b$	= 6000 h/a	

### Hinweis

Gegendrucke bis 5,0 bar sind in der Praxis durchaus denkbar und können die Anlagen-effizienz erheblich steigern. So zum Beispiel könnten die nachfolgend ausgewiesenen Wärme- und Wasserverluste entsprechend in einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (WKB) zum Ansatz gebracht werden (siehe Abb. 5.2.1-2).

Eine Einspeisung dieser Hochdruck-Kondensate erfolgt sinnvollerweise in einen Verteiler, angeordnet von der Kesselspeisung, gemäß Schema Anlage [A1], unter Beachtung einer erforderlich werdenden Speisepumpen-Förderhöhe und Speisepumpen-Fördermenge, dem Regelwerk (TRD 401, Ziffer 3) folgend, mit:

Förderhöhe-Pumpe  $\approx 1,1 \times p_B$  (bar) respektive,  
Fördermenge-Pumpe  $\approx 1,25 \times \dot{m}_{FD}$  (t/h) mit

$p_B$  - dem Betriebsdruck der/des  
Dampferzeugers und  
 $\dot{m}_{FD}$  der Frischdampfmenge der/des  
Dampferzeugers

Mit einem zu erwartenden zirka 2-fachen Kosten-Mehraufwand gegenüber einer gewählten „offenen“ Anlage kann jedoch, bei Nutzung angegebener „Sparpotentiale“, mit Amortisationszeiten zwischen 0,5 bis 2 Jahre, je nach jährlicher Volllast-Betriebsstunden, gerechnet werden (siehe Rechenbeispiel).

a) siehe Abb. D.5.2.1-3

b) Mit Bezug auf Dampfenenthalpie  
0,75 kWh/kg bei atmosphärischer  
Umgebung

Einsparpotentiale (E) gegenüber dem „offenen“ System:

$E_1$  – Einsparung Roh-Weichwasser ( $\Delta k_{RW(E1)}$ ) wegen Wegfall der Nachverdampfung bei Entspannung des Kondensates von  $p_{KON} = 5$  bar auf atmosphärischen Umgebungsdruck

$p_{ath} = 0$  bar<sup>al</sup> aus:

$$\Delta k_{RW(E1)} = (11 \text{ kg Dampf} / 100 \text{ kg Kondensat}) \times \dot{m}_{KON} \times b \times k_{RW} \text{ (€/a)}$$

$$\Delta k_{RW(E1)} = 0,11 \times 6000 \times 6000 \times 3,5 \times 10^{-3} \text{ t/kg}$$

$$\Delta k_{RW(E1)} = 13.860,- \text{ €/a}$$

$E_2$  – Einsparung Brennstoff ( $\Delta k_{B(E2)}$ ) wegen Wegfall der zusätzlichen Aufheizung der Roh-Weichwasser-Mehrmenge ( $\dot{m}_{RW}$ ) aus  $E_1$  mit:

$$\dot{m}_{RW} = (11 \text{ kg Dampf} / 100 \text{ kg Kondensat}) \times \dot{m}_{KON}$$

$$\dot{m}_{RW} = 0,11 \times 6000$$

$$\dot{m}_{RW} = 660 \text{ kg/h}$$

und einem Wirkungsgrad  $\eta_k$  für den Dampferzeuger von  $\approx 89\%$ <sup>b)</sup> ergeben sich Einsparungen von:

$$\Delta k_{B(E2)} = \frac{\dot{m}_{RW} \times c_p \times (T_{spw} - T_{RW})}{H_i \times \eta_k} \times b \times k_E = \frac{660 \times 0,001163 \times (104 - 15)}{10,35 \times 89/100} \times 6000 \times 0,414 = 18.422,- \text{ €/a}$$

$E_3$  – Einsparung Brennstoff ( $\Delta k_{B(E3)}$ ) wegen bereits erhöhter Speisewassereintrittstemperatur in den Dampferzeuger durch Zumischen des Zusatzspeisewassers ( $t_{spw} = 104$  °C) in den „geschlossenen“ Kondensatbehälter und ( $t_{KON} = 158$  °C) mit einer sich einstellenden Speisewassermischtemperatur ( $t_{spw/M}$ ) im Kondensatbehälter von:

$$T_{spw/M} = \frac{T_{KON} \times \dot{m}_{KON} + T_{spw} \times \dot{m}_{spw}}{\dot{m}_{KON} + \dot{m}_{spw}} \text{ (in °C)} \quad \text{mit der Annahme } \dot{m}_{spw} = \dot{m}_{FD} - \dot{m}_{KON} \text{ [kg/h]}$$

Hinweis: Absalzrate (A) = „null“ gesetzt!

Daraus ergibt sich die Mischtemperatur zu

$$T_{spw/M} = \frac{T_{KON} \times \dot{m}_{KON} + T_{spw} \times \dot{m}_{spw}}{\dot{m}_{KON} + \dot{m}_{spw}} = \frac{158 \times 6000 + 104 \times 6000}{6000 + 6000} = 131 \text{ °C}$$

und damit:

$$\Delta k_{B(E3)} = \frac{(\dot{m}_{spw} + \dot{m}_{KON}) \times c_p \times (T_{spw/M} - T_{spw})}{H_i \times \eta_k} \times b \times k_E$$

$$\Delta k_{B(E3)} = \frac{(6000 + 6000) \times 0,001163 \times (131 - 104)}{10,35 \times 89/100} \times 6000 \times 0,414 = 101.612,- \text{ €/a}$$

Nach Berücksichtigung aller vorgenannten Werte ergibt sich eine jährlichen Kostenersparnis

$$E = \Delta k_{RW(E1)} + \Delta k_{B(E2)} + \Delta k_{B(E3)} = 13.860,- + 18.422,- + 101.612,- = \mathbf{133.894,- \text{ €}}$$

Unter Zugrundelegung der Kosten für ein geschlossenes Kondensatsystem von derzeit  $\approx 80.000,-$  bis  $110.000,-$  €<sup>c)</sup> und der jährlichen Kostenersparnis von  $\approx 130.000,-$  € ergibt sich eine Amortisationszeit  $A \approx 0,62$  bis  $0,84$  Jahren.

<sup>a)</sup> siehe [Tb. 8]

<sup>b)</sup> aus Datenblatt Vitomax 200-HS ohne ECO-Betrieb

<sup>c)</sup> Wesentlicher Mehrkostenanteil gegenüber „offenen“ Systemen (Schätzkosten) für:

- HD-Kondensatbehälter
- HD-Kondensatpumpen
- erhöhter regelungstechnischer Aufwand
- erhöhter Aufwand für Rohrleitungen und Armaturen etwa 80.000,- bis 110.000,- €

## D.5 Kondensatwirtschaft

### Hinweis

Wesentlicher Mehrkostenanteil gegenüber „offenen“-System (Schätzkosten) für:

- HD-Kondensatbehälter
- HD-Kondensatpumpen
- erhöhter regelungstechnischer Aufwand
- erhöhter Aufwand für Rohrleitungen und Armaturen

zirka  
80.000 bis 100.000 €

Abb. D.5.3-1 Schema „offenes“ / „geschlossenes“ System

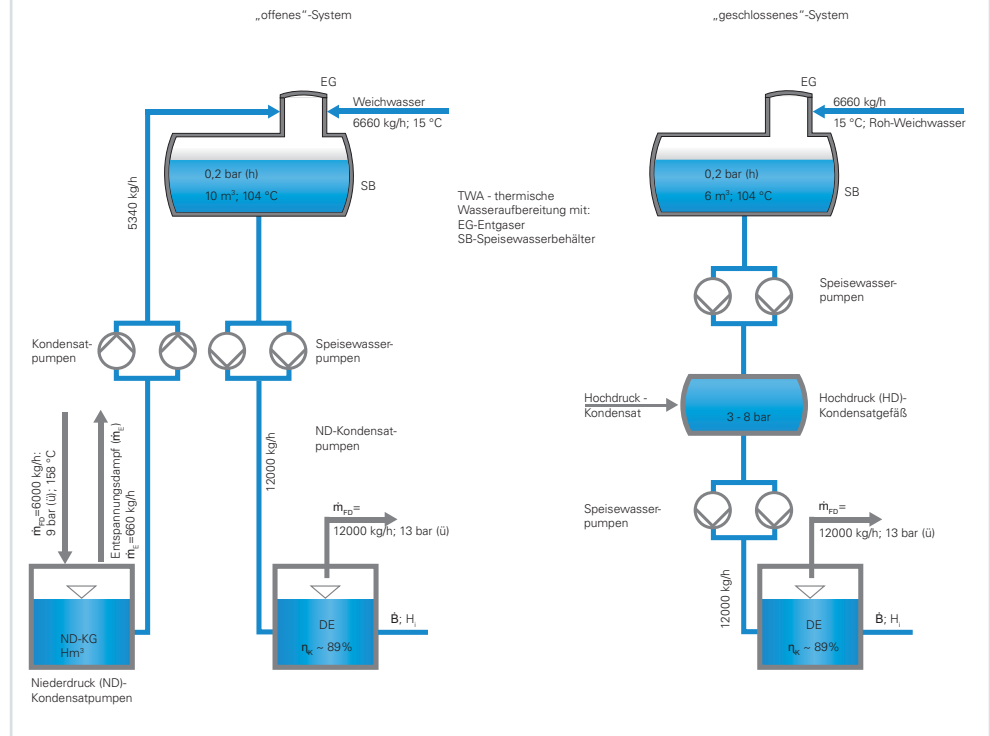


Abb. D.5.3-2 Thermische Vollentgasungsanlage





## Pumpen

Auslegung der Speisewasserpumpen unter Berücksichtigung der im Kapitel C.7 dargestellten Regelungsvarianten.

Zum einen gilt es die Vorgaben der Regelwerke zu berücksichtigen, zum anderen müssen die spezifischen Gegebenheiten der konkreten Anlage berücksichtigt werden. Aus diesem Grunde sind verschiedene Varianten vorgestellt.



### D.6.1 Speisepumpen – Kriterien für Auslegung und Betrieb

Die Aufgabe(n) der Speisepumpe(n) (auch Kesselspeisewasserpumpe(n) benannt) besteht darin, dem (den) Dampferzeuger(n) die der abgegebenen Dampfmenge entsprechende Speisewassermenge zuzuführen. Üblicherweise kommen hierfür im Wesentlichen Kreiselpumpen, unter Beachtung und Einhaltung der Pumpen spezifischen NPSH-Werte<sup>a)</sup> zum Einsatz, siehe nachfolgendes Diagramm (Abb. D.6.1-1).

#### NPSH bei Normluftdruck

Bei einem Normluftdruck von 1013 mbar kann die Bestimmung der erforderlichen Zulaufhöhe oder maximalen möglichen Saughöhe mit nebenstehendem Diagramm bestimmt werden.

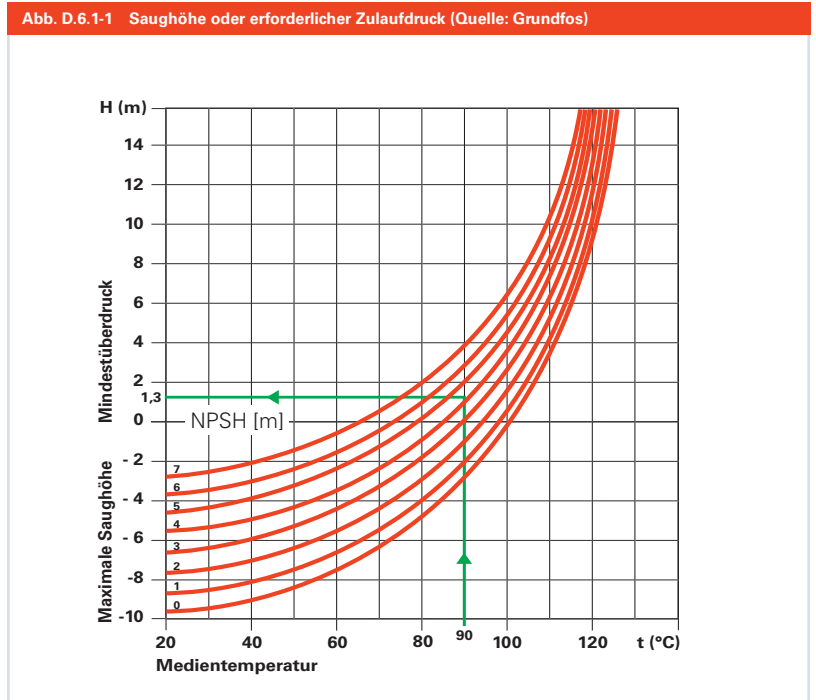
#### Beispiel

NPSH-Pumpe = 4,0 mWS  
 (als Vorgabe des Herstellers) bei  
 Medientemperatur = 90 °C

Am Saugstutzen der Pumpe muss ein Mindestzulaufdruck von 1,3 mWS vorhanden sein. Dabei ist ein Sicherheitszuschlag von 0,5 mWS bereits enthalten.

Mit dem angegebenen Sicherheitszuschlag von 0,5 mWS sollen im Wesentlichen die sich einstellenden Druckverluste in der Pumpensaugleitung kompensiert werden.

Hierbei ist davon auszugehen, dass die Saugleitung möglich „kurz“, das heißt ≤ 10 m bei „moderaten“ Strömungsgeschwindigkeiten ≤ 0,5 m/s in der Saugleitung, ausgeführt wird. In Sonderfällen müssten für die Saugleitung eine exakte Ermittlung sich einstellender Druckverluste, siehe unter D.8.3.3, ausgeführt werden.



#### Hinweis

Eine Ermittlung des erforderlich werdenden Mindestzulaufdruckes ( $p_{MIN}$ ) mit Bezug auf den Saugstutzen der Pumpe und Normluftdruck ließe sich ebenfalls näherungsweise ermitteln aus:

$$p_{MIN} = p_{D/E} + \frac{(NPSH_{Pumpe} + 0,5) \times \rho_{spw}}{104} \text{ [bar]}$$

mit den Werten für:

- $p_{D/E}$  Dampfdruck im Speisewasserspeicher in (bar)
- $NPSH_{Pumpe}$  NPSH-Wert bei 20 °C Medientemperatur (laut Pumpenlieferant) in (mWS)
- $\rho_{spw}$  Dichte Speisewasser bei Betriebstemperatur gemäß (siehe Anhang Tb. 2.2) in (kg/m<sup>3</sup>)

Als orientierende Richtwerte gibt (siehe Literaturverweis L2) an:

**Abb. D.6.1-2 Tabelle**

<b>Speisewassertemperatur [°C]:</b>	90	100	110
<b>erforderliche Zulaufhöhe [mWS]:</b>	2	4	6

a) Net Positive Suction Head (siehe Diagramm) – Saughöhe und/oder Zulaufdruck, in Abhängigkeit von der Medientemperatur.

## D.6 Pumpen

### Hinweis

Der NPSH<sub>Vorh</sub>-Wert ist die vorhandene Druckdifferenz zwischen dem Gesamtdruck in der Mitte des Pumpeneinlaufstutzens und dem Verdampfungsdruck  $p_D$  (auch Sättigungsdruck genannt), gemessen als Druckhöhendifferenz in m. Er ist gewissermaßen ein Maß für die Verdampfungsgefahr an dieser Stelle und wird nur durch die Daten der Anlage und der Förderflüssigkeit bestimmt.

Nach DIN EN 12953-6 Ziffer 5.5 gilt, dass ausreichend Speisewasser bei max. Betriebsdruck (Absicherungsdruck) zur Verfügung gestellt werden muss. Entsprechend der TRD 401, Ziff.3 gilt das sowohl als auch (entweder/oder) nachfolgende Kriterien erfüllt werden müssen. (In nachfolgendem Rechenbeispiel wurden beide Kriterien herangezogen.)

Förderhöhe-Speisepumpe  $\approx 1,1 \times p_B^a$  [bar]

- Mit dem gewählten Zuschlag von 10% auf die Förderhöhe kann in ausreichender Näherung die sich einstellenden Druckverluste für verbindende Rohrleitungen, Rohrleistungseinbauten und gegebenenfalls Economiser, zusätzlich kompensiert und von daher praxisüblich vernachlässigt werden.

Hierfür wären jedoch „durchgängige“ Strömungsgeschwindigkeiten in den verbindenden Rohrleitungen und Einbauten von  $\leq 2,5$  m/s Voraussetzung.

In Sonderfällen muss für die Druckleitung eine exakte Ermittlung der sich einstellenden Druckverluste ausgeführt und zusätzlich zu der erforderlichen Förderhöhe beaufschlagt werden, siehe auch unter D.8.3.

Fördermenge-Pumpe  $\approx 1,25 \times \dot{m}_{FD}$  in t/h

- Mit dem gewählten Zuschlag von 25% auf die Fördermenge werden die wasserseitigen Verluste (Abschlamm- und Absalzverluste bei  $A \leq 5\%$ ) kompensiert. Bei zu erwartenden Verlusten von  $A > 5\%$ , mit Bezug auf die Dampferzeugerleistung, wäre ein Mehrbetrag, Zuschlag =  $25\% + \Delta A\%$ , entsprechend zu beaufschlagen.

Mit Ermittlung der Pumpen-Förderhöhe und -Fördermenge ermittelt sich die erforderlich werdende Pumpen- und/oder die zugehörige Pumpenmotorleistung (N) aus:

$$N_k \approx \frac{1,25 \times \dot{m}_{FD} \times 1,1 \times p_B}{0,36 \times 10^5 \times \eta_p} \text{ [kW]}$$

der Pumpenkupplungsleistung ( $N_k$ ) sowie einem praxisüblichen Leistungszuschlag, als Leistungsausgleich, für etwaige Schwankungen des Pumpenbetriebspunktes, die unter Umständen einen vergrößerten Leistungsbedarf ( $N_k$ ) der Pumpe bewirken können und mit Zuschlag ( $Z_{EL}$ ) gemäß (L7) laut nachfolgender Abb. D.6.1-2.

Abb. D.6.1-2 Leistungsbedarf und Zuschlag

$N_k$ (kW)	bis 7,5	7,5 bis 40	ab 40
$Z_{EL}$ (%)	20	15	10

die Pumpenmotorleistung aus:

$$N \approx N_k \times \left( 1 + \frac{Z_{EL}}{100} \right) \text{ [kW}_{el}]$$

Hinweis zur Ermittlung von ( $N_k$ ):  
Allgemein gilt für die Ermittlung die Berechnungsgleichung:

$$N_k = \frac{\rho \times g \times H \times \dot{V}}{\eta_p} \text{ [W]}$$

mit

- $\rho$  - Dichte Fördermedium in kg/m<sup>3</sup>,
- $g$  - Erdbeschleunigung in m/s<sup>2</sup>,
- $H$  - Pumpenförderhöhe in mWS,
- $\dot{V}$  - Pumpenfördermenge in m<sup>3</sup>/s und
- $\eta_p$  - Pumpenwirkungsgrad von  $> 0$  bis  $< 1$

Unter Berücksichtigung der Umrechnungsfaktoren von Watt in kW, mWS in bar und m<sup>3</sup>/h in m<sup>3</sup>/s beziehungsweise kg/h in kg/s aus der Beziehung

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_{FD}}{\rho}$$

ermittelt sich der erforderlich werdende „dimensionslose“ Faktor im Nenner der Berechnungsgleichung zu  $0,36 \times 10^5$ .

Im weiteren Verlauf der Ableitungen dividieren sich die Erdbeschleunigung und die Dichte heraus, sodass sich mit den bereits beschriebenen Zuschlagsfaktoren zur erforderlichen Fördermenge (mit 1,25) und Förderhöhe (mit 1,1) die Berechnungsgleichung für die Ermittlung der Pumpenkupplungsgleichung ( $N_k$ ), wie angegeben, ergibt.

<sup>a)</sup> zulässiger Betriebsdruck-Dampferzeuger  $\hat{=}$  Absicherungsdruck  $\hat{=}$  Abblasedruck Sicherheitsventil.

**Beispiel Pumpenauswahl**

- Frischdampfmenge -  $\dot{m}_{FD} = 12000 \text{ kg/h}$ ;
- zulässiger Betriebsdruck-Dampferzeuger -  $p_{zul} = 16 \text{ bar}$  (Abblasdruck Sicherheitsventil),
- Betriebstemperatur im Speiswasserbehälter -  $T_{B/E} = 105 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- Dampfdruck im Speiswasserbehälter -  $p_{D/E} = f(T_{B/E} \text{ aus Anhang Tb. 2}) = 0,21 \text{ bar}$
- Dichte Speiswasser -  $\rho_{SPW} = f(T_{B/E} \text{ aus Anhang Tb. 2.2}) = 954,5 \text{ kg/m}^3$

- Auslegungsfall 100%

erforderliche Volumenstrompumpe ( $\dot{V}_p$ ) mit Bezug auf Betriebstemperatur

$$\dot{V}_p = \frac{1,25 \times \dot{m}_{FD}}{\rho_{SPW}} = \frac{1,25 \times 12000}{954,5} = 15,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

- erforderliche Förderhöhe (Förderdruck  $p_D$ ) =  $1,1 \times 16 = 17,6 \text{ bar}$
- erforderliche Pumpen-, beziehungsweise Antriebsleistung (N) bei einem angenommenen mittleren Pumpenwirkungsgrad (Vorgabe Pumpenhersteller) von  $\eta_p \approx 75\%$  wird

$$N_K = \frac{1,25 \times 12000 \times 1,1 \times 16}{0,36 \times 10^9 \times 0,75} = 9,77 \text{ kW}$$

und mit  $Z_{EL} \sim 15\%$

$$N = 9,77 \times \left(1 + \frac{15}{100}\right) \geq 11,24 \text{ kW}$$

- mit einer geforderten Sicherstellung von NPSH-Werten für die Pumpe in Bereichen zwischen  $NPSH_{PUMPE} \geq 0$  bis  $\leq 7 \text{ mWS}$  ergäbe sich für den jeweiligen Grenzbereich ein erforderlicher Mindestzulaufdruck ( $P_{MIN}$ ) zwischen

$$p_{MIN(NPSH=0)} = 0,21 + \frac{0,5 \times 954,5}{10^4} \approx 0,258 \text{ bar}$$

beziehungsweise für

$$p_{MIN(NPSH=7)} = 0,21 + \frac{(7 + 0,5) \times 954,5}{10^4} \approx 0,926 \text{ bar}$$

mit einer hieraus generierbaren geodätischen Zulaufhöhe ( $H_{geo}$ ) von:

$$H_{geo(NPSH=0)} \sim (p_{MIN(NPSH=0)} - p_{D/E}) \times 10,2 \frac{\text{mWS}}{\text{bar}}$$

$$H_{geo(NPSH=0)} \sim (0,258 - 0,21) \times 10,2 \approx 0,49 \text{ mWS}$$

$$H_{geo(NPSH=7)} \sim (0,926 - 0,21) \times 10,2 \approx 7,30 \text{ mWS}$$

**Hinweise**

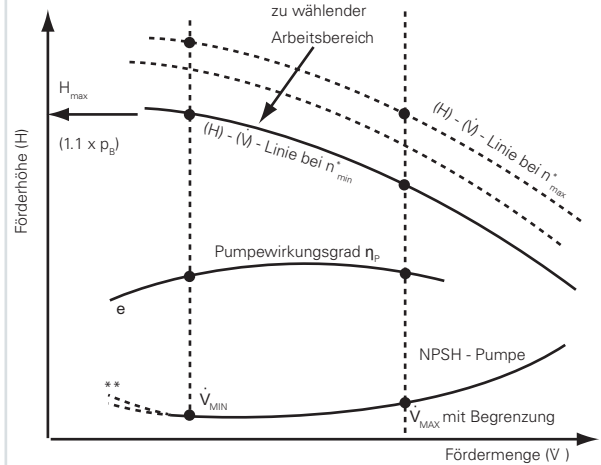
**1. Hinweis**

- Mit hier praxisüblichen Zulaufhöhen zwischen 2,0 bis 4,0 mWS wären grundsätzlich nur Pumpen bei NPSH-Pumpe  $\leq 4,0 \text{ mWS}$  empfehlenswert.
- Bei der Pumpenauswahl wäre für den erforderlich werdenden Einsatzbereich (zwischen minimaler und maximaler Pumpenfördermenge) grundsätzlich auf einen zugehörigen „flachen“ Kennlinienverlauf des NPSH-Wertes, in Abhängigkeit von der Pumpenfördermenge (siehe Abb. D6.1-3), zu achten.

**2. Hinweis**

- Die Pumpenwirkungsgrade sollten im Bereich des Kennlinienverlaufes „niedriger“ NPSH-Werte möglichst ihre Optimalwerte erreichen. Eine elektrische Begrenzung über den Pumpenmotor, für größere Förderleistungen als zulässig, wäre hier zusätzlich empfehlenswert.

**Abb. D.6.1-3 Pumpen-Kennlinienverlauf (Prinzipdarstellung)**



\*Annahme:  
 Pumpendrehzahlregelung zwischen  $n_{MAX}^* / n_{MIN}^*$  mit Begrenzung  $\frac{1,25 \times \dot{m}_{FD}}{\rho}$

\*\*Ist in der Praxis schwer messbar, aber der NPSH bleibt nicht konstant min!

### **Regelbetrieb Technische Randbedingung für den praktischen Betrieb, Kennlinienverhalten, Lastfälle et cetera.**

Ergänzend zu den Darlegungen unter C.7.1 sollen nachfolgend für den „Praktiker“ weitere Details auf Hinweis und empfohlener Ausführung gegeben werden.

Hierfür wurden nachfolgend zusammenfassend die gängigsten Varianten für den Betrieb als Einkesselanlage aufgeführt, mit Vorzug, je nach Regelbereich

- des Dampferzeugers (Lastgang)
- der Feuerungsanlage (Brenner) und
- der Pumpe (Kennlinienverhalten, Pumpenmindestmenge) für die Varianten 2, 3 und 4

#### **1. Diskontinuierliche Niveauregelung für Kesselanlagen ohne ECO bis maximal 3 t/h Kesseldampfleistung**

Kann bei Dampferzeugern ohne Economiser bis 3 t/h als einfachste Lösung angesehen werden. Bei Dampfleistungen größer 3 t/h oder bei Einsatz eines Economisers ist diese Variante nicht zu empfehlen.

##### **Begründung**

Bei regelungsbedingtem Ausschalten der Kesselspeisewasserpumpe (Pumpe aus bei Wasserbedarf Kessel kleiner Pumpenförderstrom, minimale Brennerlast kleiner der minimalen Pumpendurchströmung) würde der Economiser wasserseitig nicht durchströmt werden.

Folge: keine Wirkungsgradsteigerung durch ECO und/oder Überhitzung.

##### **Regelfunktion**

Der Wasserstand wird zwischen zwei fest einstellbaren Schaltpunkten „Pumpe aus“ und „Pumpe ein“ gesteuert. Das Signal der Niveauelektrode wirkt entsprechend auf die Pumpe. Darüber hinaus kann es zu Dampfschlägen im Economiser kommen.

#### **2. Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasser-Regelventil für Dampferzeuger mit/ohne Economiser in allen Größenbereichen**

Kann bei Dampferzeugern mit oder ohne Economiser als einfache Lösung angesehen werden. Hierbei wird in Abhängigkeit des Kesselfüllstandes das Speisewasserregelventil geregelt. Bei Unterschreitung eines durch den

Pumpenhersteller vorgegebenen Mindestvolumenstromes wird die Speisewasserpumpe abgeschaltet.

Diese Variante ist nicht zu empfehlen, wenn die Feuerungsleistung kleiner der Mindestmenge Speisewasser geregelt werden kann und ein Economiser eingesetzt wird.

In diesem Fall würde ebenfalls der Economiser wasserseitig nicht durchströmt werden.

##### **Regelfunktion**

Ziel der Regelung ist es, das Niveau im Kessel auf einem festgelegten Sollwert konstant zu halten. Der Istwert wird kontinuierlich über eine Niveausonde erfasst und in einem Regler mit dem Sollwert verglichen. Bei Lastschwankungen wird durch Öffnen beziehungsweise Schließen des Speisewasserregelventils auf das gewünschte Sollniveau geregelt.

Bei Erreichen der Mindest-Pumpenförderstromes wird die Pumpe abgestellt und das Speisewasserregelventil geschlossen. (Signal über Endlagenschalter im Speisewasserregelventil und/oder Lastgang der Pumpe mit Minimal/Maximal-Begrenzung).

Diese Variante ist dann nicht zu empfehlen, wenn der Regelbereich des Brenners größer ist als der Regelbereich der Speisewasserpumpe.

#### **3. Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasser-Regelventil/Bypass-Ventil für Dampferzeuger mit Economiser in allen Größenbereichen**

Hierbei wird in Abhängigkeit des Kesselfüllstandes das Speisewasserregelventil geregelt. Bei Unterschreitung des Mindestvolumenstromes zum Kessel öffnet das Bypassventil modulierend durch Druckanstieg und lässt die erforderliche Mindestmenge zwecks Pumpenschutz in den Speisewasserbehälter zurückströmen.

##### **Regelfunktion**

Ziel der Regelung ist es, das Niveau im Kessel auf einem festgelegten Sollwert konstant zu halten. Der Istwert wird kontinuierlich über eine Niveausonde erfasst und in einem Regler mit dem Sollwert verglichen. Bei Niveauänderung wird durch Öffnen beziehungsweise Schließen des Speisewasserregelventils auf das gewünschte Sollniveau geregelt. Über eine drosselbare Mindestmengenleitung

wird eine Teilmenge zum Speisewasserbehälter zurückgefördert. Dieses Ventil kann mit Drosselkegel beziehungsweise als Regelventil ausgeführt werden.

Diese sogenannte Bypass-Leitung dient zum Schutz der Pumpe gegen Unterschreitung einer vorgeschriebenen Mindestfördermenge. Hierdurch wird gewährleistet, dass der Economiser durchströmt wird wenn der Regelbereich Brenner > Regelbereich Pumpe ist.

#### **Achtung!**

Die hier dargestellte Variante ist eine Möglichkeit der Regelung. Favorisiert wird jedoch die unter Punkt 4 dargestellte Version mit Speisewasserregelventil mit Freilauf. Bypassventile sind hydraulisch auf den jeweiligen Anwendungsfall auszulegen.

#### **4. Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasserregelventil mit Freilauf für Dampferzeuger mit Economiser in allen Größenbereichen**

Kann bei Dampferzeugern mit oder ohne Economisern als Vorzugsvariante angesehen werden. Hierbei wird in Abhängigkeit des Kesselfüllstandes das Speisewasserregelventil mit Freilauf geregelt. Bei Unterschreitung des Mindestvolumenstromes öffnet das Freilaufventil und lässt die erforderliche Mindestmenge zwecks Pumpenschutz in den Speisewasserbehälter zurückströmen. Ein zusätzliches Drosselventil in der Bypassleitung ist nicht erforderlich.

#### **Regelfunktion**

Das Speisewasserregelventil regelt kontinuierlich die Speisewassermenge in Abhängigkeit des Füllstandes. Sobald der Hauptförderstrom eine bestimmte Speisewasser-Fördermenge (zum Beispiel 30%) unterschreitet, öffnet modulierend der Freilauf-Anschluss (Bypass) so weit, dass stets die erforderliche Pumpenmindestmenge (zum Beispiel 30%) abgeführt werden kann.

#### **5. Kontinuierliche Niveauregelung mittels Drehzahlregelung der Pumpe für Dampferzeuger mit/ohne Economiser in allen Größenbereichen**

Frequenzgeregelter Kesselspeisewasserpumpen können bei Dampferzeugern mit oder ohne Economiser eingesetzt werden.

Zur Ansteuerung ist eine SPS-Steuerung Grundvoraussetzung. Über die Drehzahl des Pumpenmotors wird der Volumenstrom angepasst. So lässt sich bis zu einer Kleinlast, die dem für die Pumpe notwendigen Mindestvolumenstrom entspricht, die Speisewassermenge geregelt drosseln.

Der Mindestvolumenstrom ist eine von der Pumpenbauart abhängige Größe.

#### **Regelfunktion**

Ziel der Regelung ist es, das Niveau im Kessel auf einem festgelegten Sollwert konstant zu halten. Der Istwert wird kontinuierlich über eine Niveausonde (4-20mA-Signal zum Beispiel NRGT 26-1 Gestra) erfasst und in einem Regler mit dem Sollwert verglichen.

Bei Niveauänderung wird zur Erreichung des Sollniveaus die Förderleistung der Pumpe durch stufenlose Drehzahlverstellung (hier durch aufgesetzten Frequenzumrichter, FU) dem veränderten Bedarf angepasst.

Die Drehzahlreduzierung wird durch 2 Parameter begrenzt:

1. dem Volumenstrom
2. dem erforderlichen Druck

Der Gegendruck der Anlage (Anlagenkennlinie) muss überbrückt werden. Aus diesem Grunde ist der mögliche Drehzahlbereich der Pumpe nur begrenzt nutzbar.

Durch diese bedarfsabhängige Drehzahloptimierung kann elektrische Energie eingespart werden. Zusätzlich werden Regelarmaturen vor dem Kessel eingespart.

#### **6. Kontinuierliche Niveauregelung mittels Drehzahlregelung der Pumpe und Bypass für Dampferzeuger mit/ohne Economiser in allen Größenbereichen**

Es gelten die unter Punkt 5 beschriebenen Festlegungen.

Darüber hinaus kann es projektbezogen notwendig sein, eine Bypassleitung als Überströmleitung einzusetzen.

Dies ist dann der Fall, wenn anlagenbedingt der Regelbereich der Pumpe soweit eingedrosselt werden muss, dass die Kleinlast des Brenners kleiner der Kleinlast der Pumpe ist.

#### **Hinweis**

Ein Einsatz einer FU-Pumpe ist dann nicht empfehlenswert, wenn der Regelbereich des Brenners > der der Pumpe ist beziehungsweise der Regelbereich der Pumpe < 1:4 beträgt.

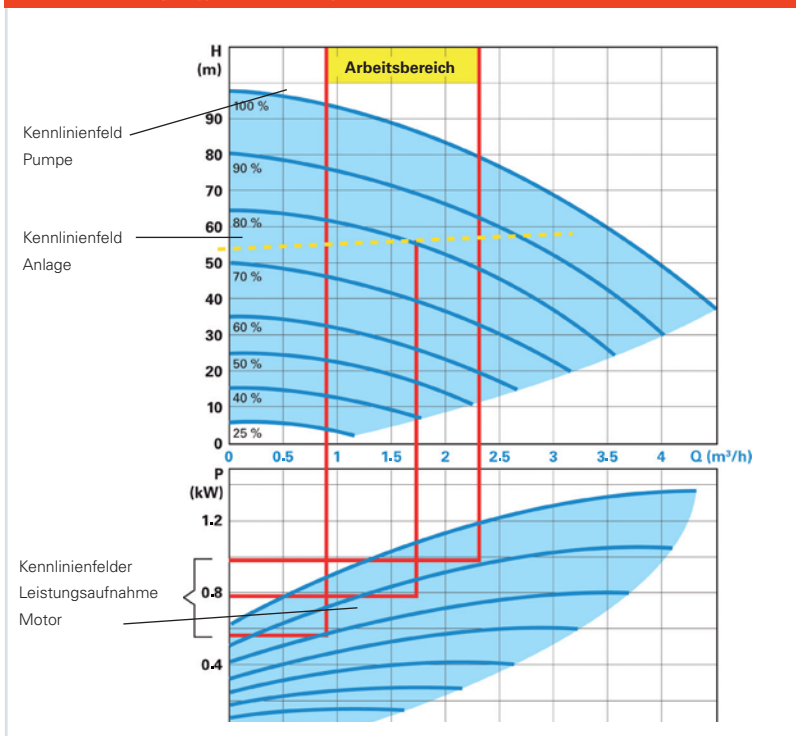
#### **Hinweis**

Unter Berücksichtigung der Pumpenkennlinie und der Lastabnahme kann nicht immer auf einen Bypass verzichtet werden. Als Richtwert für den Mindestvolumenstrom der Pumpe kann von  $\frac{1}{3}$  des Nennvolumenstromes ausgegangen werden. Ein Bypass bedeutet jedoch immer Energieverlust. Je nach Lastprofil (wie lange fährt die Pumpe im Bypassbetrieb) ist eine Drehzahlregelung sinnvoll!



## D.6 Pumpen

Abb. D.6.1-4 Pumpentyp Grundfos (Beispiel 1)



Ob und inwieweit sich eine FU-geregelte Pumpe rentiert, wird in der Abb. D.6.1-4 dargestellt.

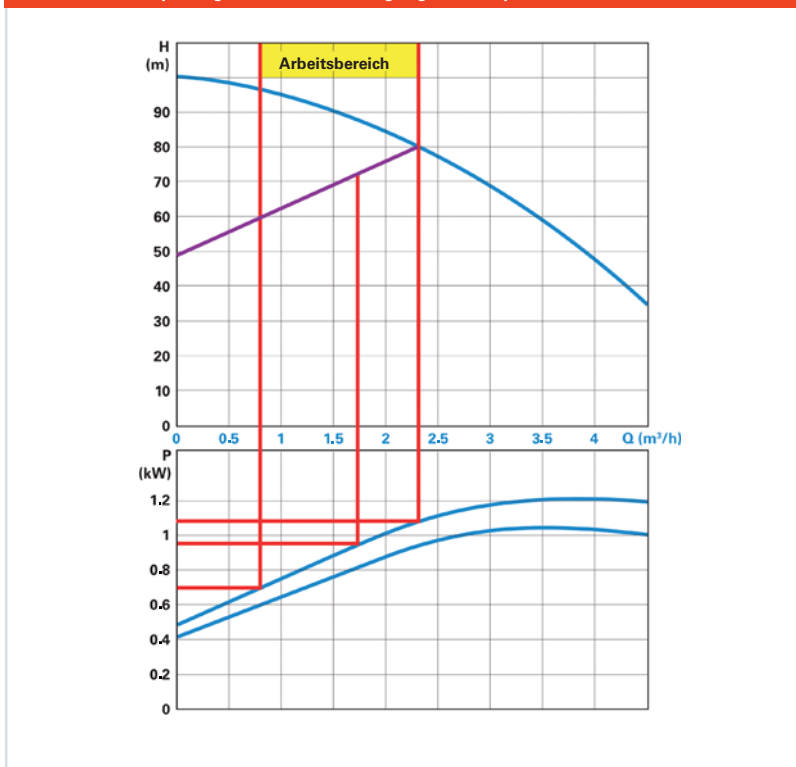
### Pumpendaten:

Nenndrehzahl:	360-2789 U/min,
Nennförderstrom:	3 m³/h,
mindest Förderstrom:	0,9 m³/h,
Nennförderhöhe:	66,6 m,
maximale Förderhöhe:	97 m,

### Annahme:

Kesselleistung:	2,3 t/h,
zulässiger Betriebsüberdruck:	6 bar,
Ø Arbeitsüberdruck:	4,5 bar,
elektrische Motorleistung im Arbeitsbereich:	0,5 bis 0,95 kW

Abb. D.6.1-5 Pumpendiagramm einer nicht FU-geregelten Pumpe



Nebenstehend (Abb. D.6.1-5) das Pumpendiagramm einer nicht FU-geregelten Pumpe.

Die konventionelle Pumpe hat bei dieser Belastung eine Stromaufnahme von 1,14 kW. Unter der Annahme, dass der Kessel insgesamt 8000 h/Jahr gefahren wird und die Hälfte der Zeit mit 70% Last sind folgende Stromeinsparungen möglich:

- Strombedarf 100% Last (mit FU): 0,95 kW
- Eigenstrombedarf FU: 0,05 kW (zirka 5%)
- Strombedarf konventionell bei 100%: 1,14 kW
- Differenz über 4000 h: 560 kW
- Strombedarf 70% Last (mit FU): 0,78 kW
- Eigenstrombedarf FU: 0,02 kW (zirka 5%)
- Strombedarf konventionell bei 70%: 0,95 kW
- Differenz über 4000 h: 600 kW

Bei einem Strompreis von 0,06 €/kWh ergibt sich eine Einsparung von 70,- €/Jahr. Bei dieser Leistung sind die Investitionskosten der Variante 4 zu Variante 5 nahezu gleich.

Weitere Vorteile von FU geregelten Pumpen:

Längere Lebensdauer aufgrund geringerer Belastung.

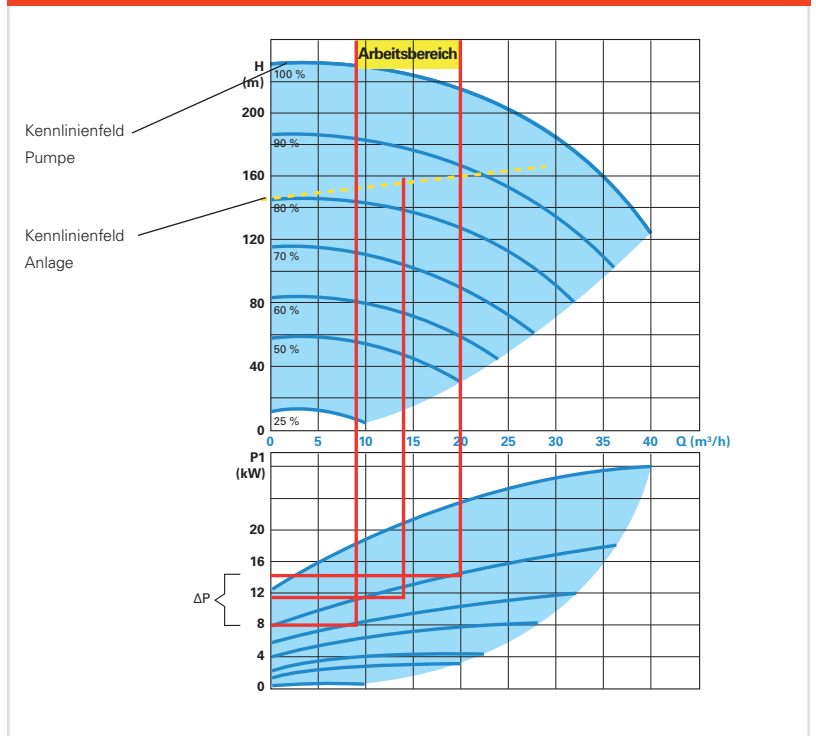
**Pumpendaten:**

Nennzahl: 2947 U/min,  
 Nennförderstrom: 30 m³/h,  
 mindest Förderstrom: 9 m³/h,  
 Nennförderhöhe: 180 m,  
 maximale Förderhöhe: 230 m

**Annahme:**

Kesselleistung: 20 t/h,  
 zulässiger Betriebsüberdruck: 16 bar,  
 Ø Arbeitsüberdruck: 13,5 bar,  
 Regelbereich: zwischen 7,5 und 14 kW elektrische Motorleistung

Abb. D.6.1-6 Pumpentyp Grundfos (Beispiel 2)

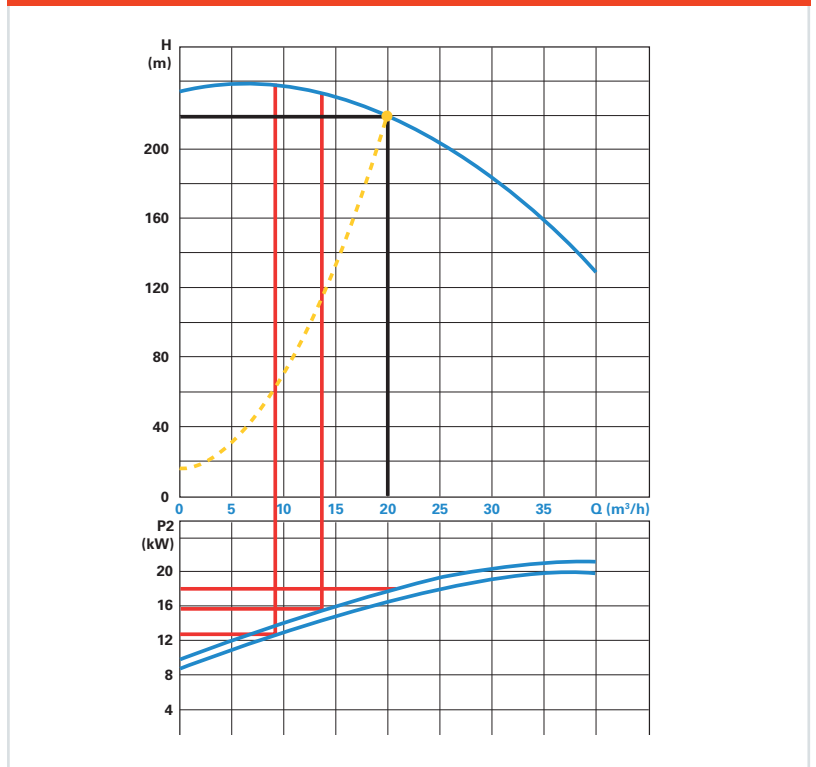


Nebenstehend (Abb. D.6.1-7) das Pumpendiagramm einer nicht FU-geregelten Pumpe.

Die konventionelle Pumpe hat bei dieser Belastung eine Stromaufnahme von 16,7 kW. Unter der Annahme, dass der Kessel insgesamt 8000 h/Jahr gefahren wird und zur Hälfte der Zeit mit 70% der Last sind folgende Stromersparungen möglich:

- Strombedarf 100% Last (mit FU): 14 kW
- Eigenstrombedarf FU: 0,7 kW (zirka 5%)
- Strombedarf konventionell bei 100%: 18 kW
- Differenz über 4000 h: 13.200 kW
- Strombedarf 70% Last (mit FU): 11,5 kW
- Eigenstrombedarf FU: 0,6 kW (zirka 5%)
- Strombedarf konventionell bei 70%: 16 kW
- Differenz über 4000 h: 15.600 kW

Abb. D.6.1-7 Pumpendiagramm einer nicht FU-geregelten Pumpe



Bei einem Strompreis von 0,06 €/kWh ergibt sich eine Einsparung von 1728 €/Jahr.

Die Mehrkosten der Investition gegenüber Variante 4 betragen zirka 3000 € bei einer Amortisationszeit von ≈ 1,74 Jahre.

## D.6 Pumpen

### Hinweis

Es ist zu beachten, dass Pumpen mit FU teilweise eine höhere Anschlussleistung haben beziehungsweise die Motorsprünge nicht so fein gestuft sind, wodurch sich die Einsparung relativiert.

Eine Stetigregelung mittels Frequenzumformer an der Pumpe ist dann zu empfehlen, wenn der Dampfbedarf oft oder stark schwankend ist und/oder über einen längeren Zeitraum nur ein Teilbedarf bis zu einem definierten Mindestvolumenstrom der Pumpe benötigt wird. Der Frequenzumformer passt die Drehzahl (und damit die Förderleistung) der Pumpe an den Dampfbedarf an.

Grundlegende Zusammenhänge:

Verhältnis Durchfluss zur Drehzahl

$$Q_2 = Q_1 \times \frac{n_2}{n_1}$$

Verhältnis Druck zur Drehzahl

$$H_2 = H_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

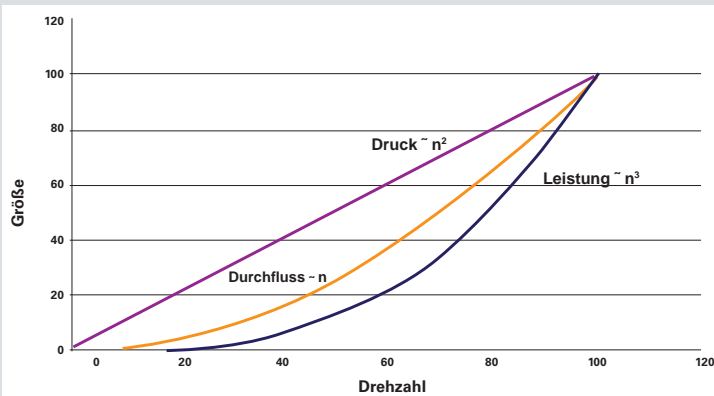
Verhältnis Motor-Leistung zur Drehzahl

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

Index 1 = bekannter Punkt

Index 2 = gesuchter, neuer Punkt bei neuer Drehzahl  $n_2$

Abb. D.6.1-3 Stetigregelung mittels Frequenzformer



Das heißt zum Beispiel, dass bei einer Änderung der Drehzahl  $n$  von 100% auf 50% (was auch einer Änderung des Volumenstromes  $V$  von 100% auf 50% entspricht) die Leistungsaufnahme  $P$  des Motors auf  $\frac{1}{8}$  sinkt. Dieser Wert ist deshalb theoretisch, weil der Frequenzumformer selbst auch ein Energieverbraucher ist. Annähernd kann der Bedarf des Frequenzumformers mit 5% der

Gesamtleistung angenommen werden. Die Amortisation ist abhängig vom realen Verlauf der Belastung der Anlage über einen bestimmten Zeitraum und den örtlichen Kosten der Elektroenergie.

Sollte sich die Belastung der Anlage jedoch nur selten beziehungsweise nur in einem kleinen Bereich ändern, kann unter dem Gesichtspunkt der Investitions- beziehungsweise der Stromkosten auch der Einsatz eines Stetigregelventils sinnvoll sein (siehe hierzu Variante 4). Das Stetigregelventil arbeitet als Drossel. Bei konstanter Drehzahl der Pumpe wird durch die Eindrosselung ein erhöhter Gegendruck erzeugt, sodass die Pumpe nur noch einen geringeren Volumenstrom fördern kann. Auch hier kommt es zur einer Senkung des Leistungsbedarfs des Pumpenmotors, jedoch in weit geringerem Maße.

Dieser Zusammenhang ist aus den Kennlinien Förderhöhe/Volumenstrom und Leistungsaufnahme/Volumenstrom jeder Pumpe ersichtlich. Die mögliche Einsparung ist unter anderem auch abhängig von der konstruktiven Ausführung der Pumpe.

Alternativ zu den beschriebenen Varianten 4, 5 und 6 eines „Bypassbetriebes“ soll der Betrieb mittels Einsatz von sogenannten Freilauf-Rückschlagventilen nicht unerwähnt bleiben.

Freilauf-Rückschlagventile sind Eigenmedium gesteuerte Sicherheitsventile, die Kreiselpumpen selbstständig vor Schäden, die beim Pumpenbetrieb im Schwachlastbetrieb durch Teilverdampfung mit einhergehender Kavitation entstehen können, schützen.

Sobald der Förderstrom der Pumpe einen zu definierenden „Mindestförderstrom“ unterschreitet, öffnet modulierend ein sogenannter Nebenauslass des Ventils und garantiert somit die für die Pumpe stets erforderliche Mindestmenge.

Das Freilauf-Rückschlagventil wird in die Speisewasserdruckleitung, möglichst direkt auf den Druckstutzen der zu schützenden Pumpe, installiert. Ein Abstand zwischen Pumpen-Druckstutzen und dem Ventil-Eintritt sollte, zwecks Vermeidung von Strömungspulsationen, nicht größer als 1,5 m gewählt werden.

Zur Schonung des Ventils kann (optional) bei längerer Mindestmengenabnahme zusätzlich ein sogenannter „Handanfahr-Nebenausritt“ geöffnet werden, der jedoch in der Praxis eher nicht als erforderlich (bei hydraulisch abgestimmter Auslegung im Verbund mit dem Lastverhalten der zum Einsatz kommenden Pumpe) gesehen wird.

Durchgangs-Nennweite und Nenndruck der Freilauf-Rückschlagventile sind zweckmäßigerweise nach dem Pumpendruckstutzen zu wählen und sind für Druckstufen zwischen PN10 bis PN40 handelsüblich verfügbar. Ventil-Haupt-Durchfluss- und Mindestmengen werden in Abhängigkeit von der Durchgangs-Nennweite angegeben (siehe Abb. D.6.1-9).

Ein Vorteil dieser Freilauf-Rückschlagventile ist in einem Ventilbetrieb ohne Hilfsenergie zu sehen, bei Gewährleistung eines „verschleißarmen“ Betriebes für den Nebenauslass bei einer erforderlichen Anlagenfahrweise stets größer als die „Nullfördermenge“ der gewählten Speisepumpe.

#### Anmerkungen zum Mehrkesselbetrieb

Für den Anlagenbetrieb mit mehreren Dampferzeugern ließen sich hydraulisch vielfältige Regelungsvarianten, mit Bezug auf den konkreten Betriebsfall, kombinieren.

So zum Beispiel:

- analog wie vor, jedoch Versorgung je Dampferzeuger mit einer separaten frequenzgeregelten Speisewasserpumpe mit Bezug auf die Varianten 5/6;
- drei Speisepumpen (davon 1 x Reservepumpe) für zwei Dampferzeuger mit fester Zuordnung Pumpe-Kessel mit je einem separaten Speisewasserregelventil als Abgang je Dampferzeuger und einem gemeinsamen Bypassbetrieb analog der Variante 3/4 vom Verteiler zurück zum Speisewasserbehälter. Diese Variante kann Kosteneinsparungen durch Wegfall von Pumpen mit sich bringen, verringert jedoch die Verfügbarkeit der Anlage.
- Doppelpumpenaggregate je Kessel, identisch wie Einkesselanlagen.

Abb. D.6.1-9 Ventil-Haupt-Durchfluss- und Mindestmengen

Durchgangs-Nennweite (mm)	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Haupt-Durchflussmenge <sup>a)</sup> (m <sup>3</sup> /h)	17	28	45	68	114	178	270	400	530
Mindestmenge <sup>b)</sup> -Standard (m <sup>3</sup> /h)	6	10	18	18	40	40	65	65	116
Freilauf-Nennweite <sup>b)</sup> (mm)	25	25	25	25	40	40	50	50	65

<sup>a)</sup> mit Bezug auf eine maximal zulässige Strömungsgeschwindigkeit in der Druckleitung können hier auch entsprechend veränderte Durchflussmengen zum Ansatz gebracht werden.

<sup>b)</sup> je nach Bedarf gemäß Pumpenwahl

**Hinweis auf:  
Datenblätter - Zubehör für  
Hochdruck-Dampferzeuger**

Viessmann hat für all seine Dampferzeuger die jeweils passende Speisewasserpumpe (Grundfos / KSB / Lowara / Speck / Wilo) mit oder ohne Drehzahlregelung im Programm.

Angebote erhalten Sie über:  
Dampf@viessmann.com

**D.6.2 Kondensatpumpen – Kriterien für  
Auslegung und Betrieb**

Hier werden auf die bereits gegebenen Ausführungen unter D.5.1 und D.5.2 („offene“ / „geschlossene“ Kondensatsystem-Richtwerte) verwiesen, jedoch mit zusätzlichem Hinweis auf Erfordernis einer gegebenenfalls gleitenden (modulierenden) Mengeneinspeisung in den Speisewasserbehälter und/oder in den Dampferzeuger direkt mittels geregelter Bypass-Betrieb über Motorregelventil (siehe Abb. D.6.2-1).

Kondensatpumpen mit  $\dot{m}_{\text{KON}} \geq 1,25 \dot{m}_{\text{FD}}$  einheitlich für das offene und geschlossene System

- $p_{\text{S,offen}} = 1,0 \text{ bar}_{\text{abs.}} < p_{\text{G/Spwbehälter}} \approx 1,5 \text{ bar}_{\text{abs.}}$
- $p_{\text{S,geschlossen}} = 3,0 \text{ bis } 6,0 \text{ bar}_{\text{abs.}}$   
<  $p_{\text{G/Dampferzeuger}} \approx 7,0 \text{ bis } 26,0 \text{ bar}_{\text{abs.}}$

Drehzahlgeregelte Pumpenantriebe wären in Analogie zu den Ausführungen unter D.6.1 Varianten 5/6 –, jedoch nur für das „geschlossene“ System, denkbar.

Auf Grund der zu erwartenden geringen Motorleistung von Kondensatpumpen für "offene" Systeme sind drehzahlgeregelte Pumpen nicht empfehlenswert.

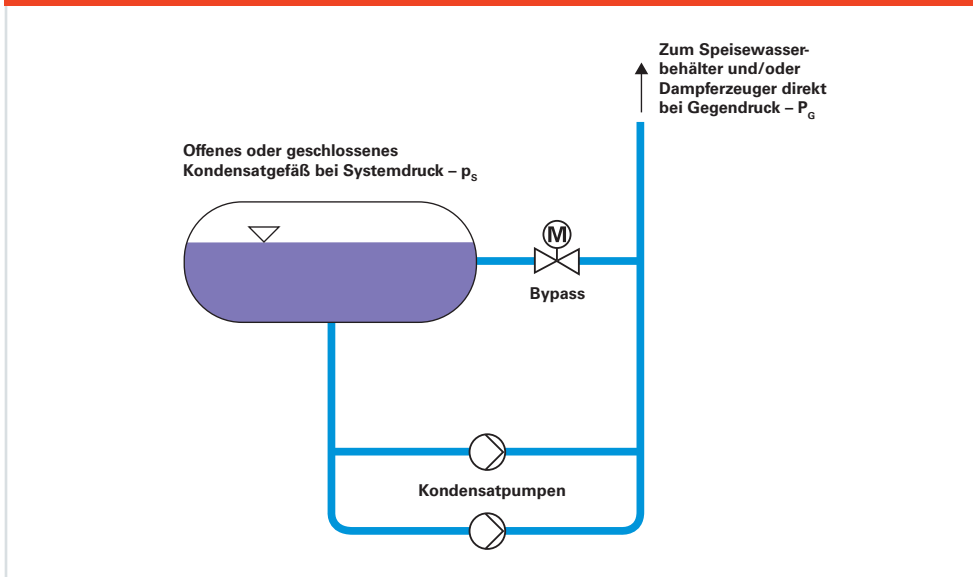
Beispielrechnung

$$N_k \approx \frac{1,25 \times \dot{m}_{\text{FD}} \times 1,1 \times p_B}{0,36 \times 10^5 \times \eta_p} \text{ [kW]}$$

$$N = \frac{1,25 \times 75000 \times 0,5}{0,36 \times 10^5 \times 0,75} \times \left( 1 + \frac{20}{100} \right) = 2,1 \text{ kW}$$



Abb. D.6.2-1 Bypass-Betrieb





### Auslegung der thermischen Apparate

Mit Bezug auf die bereits gegebenen Ausführungen unter

- C.5.4 Probenahmekühler,
- C.8.1 Mischkühler,
- C.8.2 Absalzentspanner,
- C.8.3 Brüdenkondensator und
- C.8.4 Speisewasserkühler

werden im Folgenden die einzelnen thermischen Apparate, hinsichtlich Funktion und ihrer „näherungsweise“ Dimensionierung erörtert.

Eine Anlagenzuordnung kann hier begrenzt aus Viessmann Standard-Komponenten mit Verweis auf die spezifischen Angaben für Dampferzeugerleistung  $> 14 \text{ t/h}$  bis  $\leq 75 \text{ t/h}$  (siehe Tabellen auf Abb. D.7.1.1-2, Abb. D.7.2.1-2, Abb. D.7.2.1-3, Abb. D.7.2.1-4) entnommen werden.

Bei Abweichungen von gewählten Richtwerten und Ausgangswerten sind Anfragen an: [dampf@viessmann.com](mailto:dampf@viessmann.com) zu richten.

**D.7.1 Mischkühler**

**D.7.1.1 Funktionsbeschreibung, Richtwerte, Annahmen für die Auslegung**

Der Mischkühler benötigt für die Aufstellung keine gesonderten Fundamente, der bauseitige Aufstellungsboden muss lediglich eben und tragfähig sein.

Der Behälter ist mit den erforderlichen Anschlussstutzen für:

- die Abschlämmung des Dampferzeugers,
- die Absalzung des Dampferzeugers,
- der thermostatisch geregelten Kühlwasser-Zuflussregelung,
- dem Mischwasser-Abwasseranschluss,
- der Entlüftung (Wrasenabzug);
- der Entleerung (Restentleerung) und
- der Berichtigungsöffnung ausgerüstet.

Der Mischkühler dient der Aufnahme aller in der Kesselanlage anfallenden druckbehafteten heißen Abwässer. Im Mischkühler werden die Wässer auf Atmosphärendruck entspannt.

Die Entlüftung des Mischkühlers erfolgt in die Atmosphäre. Durch Zuführung von Kühlwasser aus dem Rohwasser- beziehungsweise Weichwassernetz über eine fest eingebaute Lanze wird das entspannte Abwasser auf eine Ableittemperatur von 30 bis 35 °C abgekühlt. Dafür ist der Mischkühler mit einer elektrischen Kühlwasserregelung ausgerüstet. Je nach Härtegrad des Rohwassers wird ein Verschneiden des Rohwassers mit Weichwasser empfohlen, um die Härteausfällung im Mischkühler zu minimieren.



**Richtwerte**

Absalzzraten	$A = 5\%$
Massenstrom Absalzung	$\dot{m}_A = \dot{m}_{FD} \times A / 100 \text{ (kg/h)}$
Abschlämmeleistung	$a = 7,5 \text{ kg/s}$
Abschlämmezeit	$T_a = 4 \text{ s/8h}$
Massenstrom Abschlämmung	$\dot{m}_a = a \times T_a = 7,5 \text{ kg/s} \times 4 \text{ s/8h} = 3,75 \text{ kg/h}$
Kühlwassertemperatur	$T_{KW} = 15 \text{ °C}$
Abwassertemperatur	$T_{AW} = 30 \text{ °C}$
Massenstrom Abwasser	$\dot{m}_{AW} = \dot{m}_A + \dot{m}_a + \dot{m}_{KW} \text{ (kg/h)}$
Abschlämm-Kesselwassertemperatur	$T_a \text{ (°C)}, T_a \approx T_s \cdot f(p_B)$ mit $T_s$ der Satttdampf-temperatur als Funktion des Betriebsüberdruckes ( $p_B$ ) aus [Tb.2].
Abschlämm-Kesselwassertemperatur (Eintritt-Kühler)	$T_{a/K} \approx \dot{m}(p_{EK} = 0 \text{ bar}) \approx 100 \text{ °C}$
Absalz-Wassertemperatur	$T_A \text{ (°C)}$ ; $T_A = f(p_{ED})$ als Funktion des Entgaserdampfdruckes $p_{ED}$ aus [Anhang Tb.2].

Annahme:  $T_A = 105 \text{ °C}$  für einen  $p_{ED} \approx 0,21 \text{ bar}$

Die in den Mischkühler eintretende Abschlämmmenge ( $\dot{m}_{a/K}$ ) reduziert sich jedoch um die Abdampfmenge (Entspannungsdampfmenge  $\dot{m}_{a/DE}$ ):

$$\dot{m}_{a/K} = \dot{m}_a - \dot{m}_{a/DE}$$

und mit

$$\dot{m}_{a/DE} = \frac{r_{DE}}{100} \times \dot{m}_a$$

wird die eintretende Abschlämmmenge zu

$$\dot{m}_{a/K} = \dot{m}_a \times \left( 1 - \frac{r_{DE}}{100} \right)$$

mit  $r_{DE}$ , dem prozentualen Anteil der Nachverdampfung aus [Anhang Tb. 8] in Abhängigkeit der Druckdifferenz zwischen dem Betriebsüberdruck ( $p_B$ ) und dem atmosphärischen Entspannungsüberdruck ( $p_{EK} = 0$ ).

**Hinweis**

„Spontan“ fallen pro Schicht (8 h) einmal kurzzeitig (4 s) zirka  $7,5 \text{ kg/s} \times 4 \text{ s} = 30 \text{ kg}$  Abschlämmmenge an. Mit Annahme eines Betriebsüberdruckes von  $P_B = 13 \text{ bar}$  reduziert sich die Menge auf:

$$m_{a/K} = 30 \times \left( 1 - \frac{17}{100} \right) \approx 25 \text{ kg}$$

Die Kühlung dieser diskontinuierlich anfallenden Menge erfolgt über die stets ausreichend zu bemessende „kalte“ 30-gradige Wasservorlage ( $m_{WV}$ ) im Mischkühler, gemäß nachfolgender Übersichtsrechnung.

$$m_{WV} \geq \frac{m_{a/K} \times (T_{a/K} - T_{AW})}{(T_{AW} - T_{KW})} \geq \frac{25 \times (100 - 30)}{(30 - 15)} \geq 117 \text{ Liter}$$

## D.7 Thermische Apparate

### Fazit

Für die Ermittlung der stündlich notwendig werdenden Kühlwassermenge und der anfallenden gesamten Abwassermenge sind von daher nur die sich ergebenden Bilanzmengen aus dem kontinuierlichen Prozess zu ermitteln.

Hinsichtlich der Minimierung des Kühlwasserbedarfs und dem erforderlich werdendem Behältervolumen für die Sicherstellung einer ausreichenden Wasservorlage ist ein diskontinuierliches Abschlammen mit 2 x im 8-h-Betrieb mit 2 s-Abschlammzeit empfehlenswert.

Für erforderlich werdenden Durchgangsnennweiten (DN) für Entlüftung (Wrasenleitung, Abwasser, Kühlwasser) sind die Hinweise unter D.8.5 zu beachten.

### Richtwerte

- erforderliche Kühlwassermenge  $\dot{m}_{\text{KW}}$  (kg/h), als Bilanzgröße (Wärme- und Mengenbilanz) um den Mischkühler, bei Vernachlässigung der Entspannungsdampfmenge  $\dot{m}_{\text{a/DE}}$

$$\dot{m}_{\text{KW}} = \frac{\dot{m}_A \times (h'_A - h'_{\text{AW}}) + \dot{m}_a (h'_{\text{a/K}} - h'_{\text{AW}})}{(h'_{\text{AW}} - h'_{\text{KW}})}$$

und der allgemeinen Beziehung für die Ermittlung der Medienenthalpie für  $h_i = c_p \times t_i$  (mit  $c_p = \text{konstant}$  für Kessellauge und Kühlwasser) wird:

$$\dot{m}_{\text{KW}} = \frac{\dot{m}_A \times (T_A - T_{\text{AW}}) + \dot{m}_a (T_{\text{a/K}} - T_{\text{AW}})}{(T_{\text{AW}} - T_{\text{KW}})}$$

und den weiteren Eingangsdaten:

$$\dot{m}_{\text{KW}} = \frac{\dot{m}_{\text{FD}} \times 0,05 \times (105 - 30) + 3,75 \times (100 - 30)}{(30 - 15)} \quad [\text{kg}]$$

und die Gesamt-Abwassermenge  $\dot{m}_{\text{AW}}$  (kg/h) aus:

$$\dot{m}_{\text{AW}} = \dot{m}_A + \dot{m}_a + \dot{m}_{\text{KW}} = \dot{m}_{\text{FD}} \times 0,05 + 3,75 + \dot{m}_{\text{KW}}$$

### Beispiel Ermittlung Behältervolumina Mischkühler

Ermittlung Behälter-Volumina als orientierende Näherung, mit den Annahmen für:

- Frischdampfmenge  $\dot{m}_{\text{FD}} = 12.000 \text{ kg/h}$
- Frischdampfüberdruck  $p_B = 13 \text{ bar}$
- Sattdampftemperatur  $T_s = 195 \text{ °C}$

$$\dot{m}_{\text{KW}} = \frac{\dot{m}_A \times (T_A - T_{\text{AW}}) + \dot{m}_a \times (T_{\text{a/K}} - T_{\text{AW}})}{(T_{\text{AW}} - T_{\text{KW}})} \quad [\text{kg/h}]$$

$$\dot{m}_{\text{KW}} = \frac{12.000 \times 0,05 (105 - 30) + 3,75 \times (100 - 30)}{(30 - 15)} \quad [\text{kg/h}]$$

$\dot{m}_{\text{KW}} = 3.017,50 \text{ kg/h}$  und der Gesamtabwassermenge

$$\dot{m}_A = 3.017,50 + 12000 \times 0,05 + 3,75 \quad [\text{kg/h}]$$

$$\dot{m}_A = 3.621,25 \text{ kg/h}$$

abgeleitet aus Standardanlagen, gemäß nachfolgender tabellarischer Übersicht ergibt sich ein Behälter-Volumen von  $\approx 600$  Litern.

**Abb. D.7.1.1-2 Behälter-Volumina Standardanlagen**

Anlagen- typ	1	2	3	4	5	6
$\frac{\dot{m}_{FD}}{p_s}$ (t/h)	$\leq 4,0$	$> 4 - \leq 7,0$	$> 7 \text{ bis } \leq 14$	$> 14 \text{ bis } \leq 20$	$> 20 \text{ bis } \leq 40$	$> 40 \text{ bis } \leq 75$
<b>6,0</b>	125/ 400 x1450	125/ 400 x1450	125/ 400 x1450	125/ 400 x1450	325/ 600x1580	600/ 800x1690
<b>8,0</b>	325/ 600x1580	325/ 600x1580	325/ 600x1580	600/ 800x1690	1000/ 1000x1810	1500/ 1200x2100
<b>10,0</b>	325/ 600x1580	325/ 600x1580	325/ 600x1580	600/ 800x1690	1000/ 1000x1810	1500/ 1200x2100
<b>13,0</b>	600/ 800x1690	600/ 800x1690	600/ 800x1690	600/ 800x1690	2000/ 1500x2100	1500/ 1200x2100
<b>16,0</b>	600/ 800x1690	600/ 800x1690	600/ 800x1690	600/ 800x1690	2000/ 1500x2100	1500/ 1200x2100
<b>18,0</b>	600/ 800x1690	800/ 900x1750	800/ 900x1750	1000/ 1000x1810	2000/ 1500x2100	2000/ 1500x2100
<b>20,0</b>	600/ 800x1690	800/ 900x1750	800/ 900x1750	1000/ 1000x1810	2000/ 1500x2100	2000/ 1500x2100
<b>22,0</b>	1000/ 1000x1810	1000/ 1000x1810	1000/ 1000x1810	1400/ 1150x1870	2400/ 1500x2200	2600/ 1600x2100
<b>25,0</b>	1000/ 1000x1810	1000/ 1000x1810	1400/ 1400x1870	1400/ 1150x1870	2400/ 1500x2200	2600/ 1600x2100

■  $\dot{m}_{FD}$  - Frischdampfmenge  
 ■  $p_s$  - Frischdampfüberdruck  
 ■ Zahlenangabe, zum Beispiel xxx/yyy x zzz  
   xxx = Inhalt (Liter)  
   yyy = Behälterdurchmesser (mm)  
   zzz = Bauhöhe (mm)

### Hinweis

Für den Mehrkesselbetrieb wären die entsprechenden Auswahlen analog dem „Einkesselbetrieb“ jedoch bei paralleler Einleitung in den Mischkühler vorzusehen.

### D.7.1.2 Laugenkühler – Funktionsbeschreibung, Richtwerte, Annahmen für die Auslegung

Als Lauge wird hier die Absalzmenge bezeichnet.

Oder:

Lauge = Absalzmenge

#### Beispiel: Anlagentyp 3

Einspeisung von  $(n+1)$  – Dampferzeugern bei einer Gesamtmenge  $\leq 14$  t/h etc.;

Allgemein gilt:  $(n+1)$  stets  $\leq \dot{m}_{FD}$

- Für Anlagenkonzepte mit Erzeugerleistungen  $\dot{m}_{FD} > 20$  t/h wäre grundsätzlich über den Einsatz einer indirekten Laugenkühlung (zwecks Wärmerückgewinnung), vor Einleitung in den Mischkühler, „nachzudenken“. Voraussetzung wäre hierfür jedoch eine stimmig (kontinuierlich) zur Verfügung stehende Zusatzspeisewassermenge (Weichwassermenge) als sogenannte Wärmesenke. Der Kühlwasserbedarf (Kühlwasserkosten) könnte(n) minimiert werden.

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (WKB) sollte hier entsprechende Nachweise liefern.

### Bilanzansatz

die erforderliche Laugen-Kühlerleistung  $\dot{Q}_{LK}$  (siehe auch Abb D.7.1.1-3)

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{LK} &= \dot{m}_A \times c_p \times (T_{A/E} - T_{A/A}) \\ &= \dot{m}_{WW} \times c_p \times (T_{WW/A} - T_{WW/E}) \text{ in kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{LK} &= \dot{m}_{FD} \times 0,05 \times c_p \times (T_{A/E} - T_{A/A}) \\ &= 12000 \times 0,05 \times 0,001163 \times (105 - 30) \\ &= \dot{Q}_{LK} = 52,33 \text{ kW}\end{aligned}$$

und die Kühlwassereinsparung ( $\Delta \dot{m}_{KW}$ ) aus:

$$\begin{aligned}\Delta \dot{m}_{KW} &= \frac{\dot{m}_A \times (T_{A/E} - T_{A/A})}{(T_{AW} - T_{KW})} \\ &= \frac{12.000 \times 0,05 \times (105 - 30)}{(30 - 15)} = 3000 \text{ kg/h}\end{aligned}$$

sowie eine zu erwartende Amortisationszeit ( $A_{mo}$ ) von:

$$A_{mo} = \frac{\text{Kühlerkosten } (k_{LK})}{\text{Kühlwasserkosten } (\Delta k_{KW})} \text{ in Jahren}$$

mit:

- Kühlerkosten  $k_{LK} \approx 3500,-$  € (Plattenwärmeüberträger inklusive Rohrleitung und Armaturen)
- Kühlwasserkosten  $\Delta k_{KW} = 3,50$  €/t und  $3000$  kg/h  $\triangleq 3$  t ( $\Delta \dot{m}_{KW}$ ) sowie jährlichen Betriebsstunden  $b = 1760$  h (8 h/Tag  $\times$  220 Tage/Jahr)

$$A_{mo} = \frac{3.500,- \text{ €} \times a}{1760h \times 3t/h \times 3,50 \text{ €/t}}$$

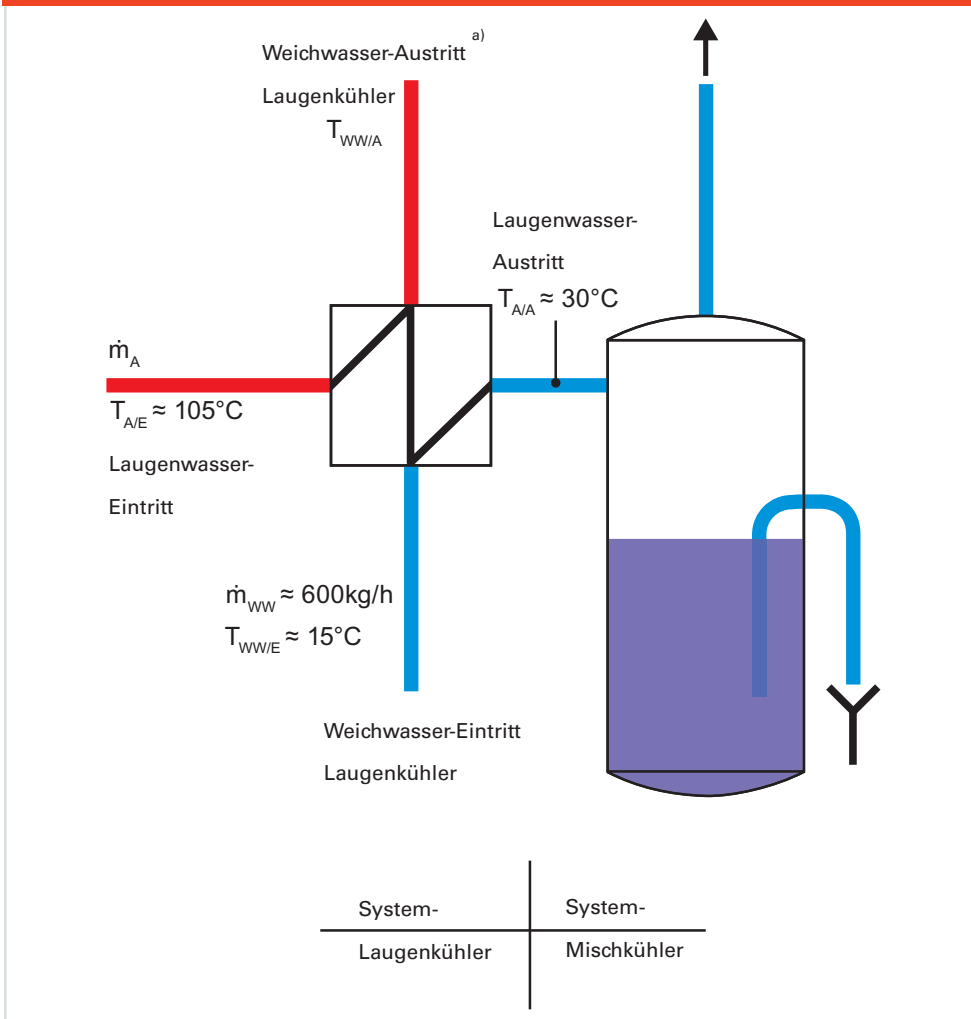
$$= 0,2 \text{ a} \triangleq 0,2 \text{ Jahre}$$

### Hinweis

Verfahrenstechnisch muss hier jedoch eine kontinuierliche Durchleitung von Weichwasser durch den Kühler und/oder eine kundenseitig „sonstig“ zur Verfügung stehende „Wärmesenke“ (zum Beispiel Gebrauchswarmwasser) gewährleistet sein.



Abb. D.7.1.1-3 Verfahrensskizze Laugenkühler

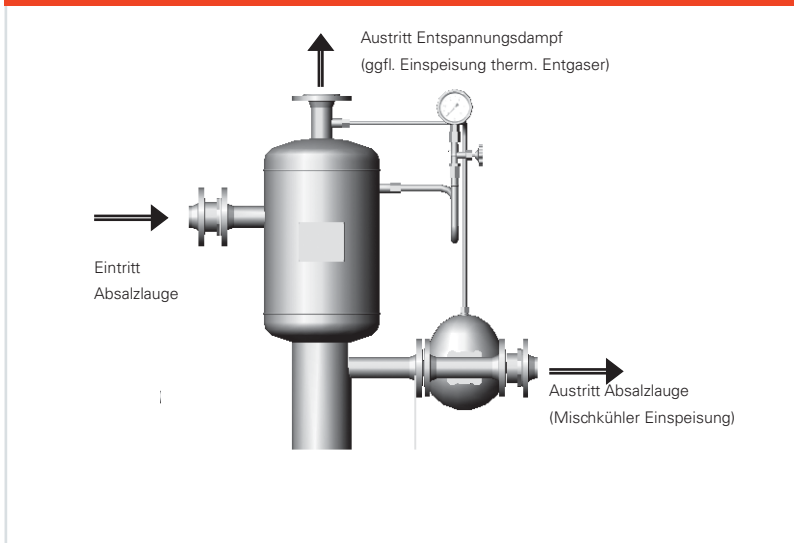


$c_p$  - spezifische Wärme für Lauge und Weichwasser  $\sim 0,001163\text{ kWh/kgK}$

<sup>a)</sup> Im konkreten Einsatzfall ist zusätzlich zu überprüfen ob eine Temperatur begrenzende Maßnahme (Temperaturregelung mit Begrenzung als Wächterfunktion) für das austretende Weichwasser aus dem Kühler erforderlich ist.

## D.7 Thermische Apparate

Abb. D.7.2.1-1 Absalzentspanner



### Hinweis

Die jeweils mit der Kesselabsalzung „ausgeschleuste“ Wärmemenge ( $\dot{Q}_{\text{Lauge}}$ ) wird über die Einleitung des Entspannungsdampfes in die thermische Speisewasserentgasungsanlage wieder zurückgewonnen. Mit Ansatz der Wärmebilanzen:

$$\dot{Q}_{\text{Lauge}} = \dot{Q}_{\text{Entspannungsdampf}}$$

## D.7.2 Absalzentspanner

### D.7.2.1 Funktionsbeschreibung, Richtwerte, Annahmen für die Auslegung

Der Absalzentspanner dient der Aufnahme der Kesselabsalzung und deren Entspannung auf ein Druckniveau von 0,5 bar. Der Entspannungsdampf wird in der Entgasungsanlage als Heizdampf genutzt. Die Restlauge wird dem Mischkühler zugeführt.

Der Entspanner benötigt für die Aufstellung keine gesonderten Fundamente. Der bauseitige Aufstellungsboden muss lediglich eben und tragfähig sein.

Der Entspanner (Behälter) ist ausgerüstet mit den erforderlichen Anschlussstutzen für:

- Absalzungs-Eintritt, vom Dampferzeuger kommend,
- Absalzungs-Austritt, zum Anschluss Mischkühler,
- Entspannungsdampf-Austritt, zum Anschluss der thermischen Entgasung,
- Anschluss für Sicherheitsventil (optional) nur bei Einspeisung des Entspannungsdampfes in nicht abgesicherte Systeme und der
- Entleerung (Restentleerung)

#### Absalzentspanner-Richtwerte:

- Absalzzraten  $A = 5\%$
- Absalzmenge  $\dot{m}_A = \dot{m}_{FD} \times A/100$  [kg/h]
- Absalz-Wassertemperatur  $T_A$  (°C) mit  $T_A = f(p_{E/D})$  als Funktion des Entspannungsdampfüberdruckes aus (Tb. 2), hier  $T_A = 105$  °C für  $p_{E/D} \approx 0,21$  bar;
- Entspannungsdampfmenge -  $\dot{m}_{D/E}$  [kg/h], als Bilanzgröße (Wärme- und Mengenbilanz) um den Laugenentspanner aus den: Enthalpiewerten (als Funktion Temperatur und Druck) gemäß (Tb. 2) für:  
 Absalzmenge-Eintritt  
 $h'_{A/E} = f(T_s - \text{Sattdampf Temperatur})$  [kWh/kg]  
 Absalzmenge-Austritt  
 $h'_{A/A} = f(p_{E/D})$   
 Enthalpie des Speisewassers  
 $h'_{\text{spw}}$  [kWh/kg]  
 Entspannungsdampf  
 $h''_{D/E} = f(p_{E/D})$  [kWh/kg]

A

$$\dot{m}_{DE} = \frac{\dot{m}_A \times (h'_{A/E} - h'_{A/A})}{(h''_{D/E} - h'_{A/A})} \quad (\text{kg/h})$$

<sup>a)</sup> = Eine überschlägige Ermittlung wäre hier auch aus dem beiliegendem Diagramm Tb.6 mit zirka 17,5% von  $\dot{m}_A$  gegeben.

beziehungsweise

B

$$\dot{m}_{DE} = \frac{\dot{m}_{FD} \times A/100 \times (h'_{A/E} - h'_{A/A})}{(h''_{D/E} - h'_{A/A})}$$

und die Laugenmenge  $\dot{m}_{LA}$  aus dem

Entspanner

$$\dot{m}_{LA} = \dot{m}_{FD} \times (A/100) - \dot{m}_{DE} \quad [\text{kg/h}]$$

#### Beispielrechnung

Frischdampfmenge	$\dot{m}_{FD} = 12000 \text{ kg/h}$
Frischdampfüberdruck	$p_B = 13 \text{ bar}$
Sattdampf­temperatur aus [Tb. 2]	$T_s = 195 \text{ °C}$
Entgaserdampf­überdruck als Entspannungs­dampf­druck	$p_{E/D} \approx 0,21 \text{ bar}$

Enthalpiewerte als  $f = p_B, p_{E/D}$  aus [Tb. 2]

$$h'_{A/E} = f(p_B) = 0,230 \text{ kWh/kg} \triangleq 830 \text{ kJ/kg}$$

$$h'_{A/A} = f(p_{E/D}) = 0,122 \text{ kWh/kg} \triangleq 439 \text{ kJ/kg}$$

$$h''_{D/E} = f(p_{E/D}) = 0,745 \text{ kWh/kg} \triangleq 2683 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_{DE} = \frac{\dot{m}_{FD} \times A/100 \times (h'_{A/E} - h'_{A/A})}{(h''_{D/E} - h'_{A/A})} = \frac{12000 \text{ kg/h} \times 5/100 \times (0,230 - 0,122) \text{ kWh/kg}}{(0,745 - 0,122) \text{ kWh/kg}} \approx 104 \text{ kg/h}$$

sowie

$$\dot{m}_{LA} = \dot{m}_{FD} \times A/100 - \dot{m}_{DE} = 12000 \text{ kg/h} \times 5/100 - 104 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_{LA} \approx 496 \text{ kg/h}$$

### Behälter-Volumina

- als orientierende Näherung (abgeleitet aus konventionellen Anlagen der Fa. Viessmann) gemäß tabellarischer Übersicht für Dampferzeugerleistungen
  - > 14 t/h bis ≤ 75 t/h.
  - Für die Leistungsbereiche ≤ 14 t/h wären eine analoge Auswahl aus den Viessmann-Datenblättern gegeben.

Abb. D.7.2.1-2  $\dot{m}_{FD}$  - Dampferzeugerleistung > 14.000 kg/h bis ≤ 20.000 kg/h

p <sub>B</sub> - Betriebs- dampfdruck	Lauge	Dampf	Anschlüsse		Abmessungen			
	A <sup>a)</sup> kg/h	$\dot{m}_{D/E}^{a)}$ kg/h	DN <sub>Lauge</sub> Eintritt/Austritt	DN <sub>Dampf</sub> Austritt	L x B mm	H mm	Ø D mm	Inhalt <sup>b)</sup> Liter
6,0	1000	116	20/25	65	950 x 750	1700	500	100
8,0	1000	135	20/25	65	1050 x 850	1800	600	320
10,0	1000	153	20/25	80	1050 x 850	1800	600	320
13,0	1000	173	20/25	80	1050 x 850	1800	600	320
16,0	1000	193	20/25	80	1050 x 850	2400	600	450
18,0	1000	204	20/25	80	1050 x 850	2400	600	450
20,0	1000	214	20/25	100	1050 x 850	2400	600	450
22,0	1000	223	20/25	100	1050 x 850	2400	600	450
25,0	1000	238	20/25	100	1050 x 850	2400	600	450

#### Hinweis

Für den Mehrkesselbetrieb wären die entsprechenden Auswahlen analog dem „Einkesselbetrieb“ jedoch bei paralleler Einleitung in den Entspanner, wie bereits zum Mischkühler-Einsatz ausgeführt, entsprechend vorzusehen.

Abb. D.7.2.1-3  $\dot{m}_{FD}$  - Dampferzeugerleistung > 20.000 kg/h bis ≤ 40.000 kg/h

p <sub>B</sub> - Betriebs- dampfdruck	Lauge	Dampf	Anschlüsse		Abmessungen			
	A <sup>b)</sup> kg/h	$\dot{m}_{D/E}^{b)}$ kg/h	DN <sub>Lauge</sub> Eintritt/Austritt	DN <sub>Dampf</sub> Austritt	L x B mm	H mm	Ø D mm	Inhalt <sup>b)</sup> Liter
6,0	2000	231	20/32	100	1050 x 850	2400	600	450
8,0	2000	270	20/32	100	1050 x 850	2400	600	450
10,0	2000	306	20/32	100	1050 x 850	2400	600	450
13,0	2000	347	20/32	100	1050 x 850	2400	600	450
16,0	2000	386	20/32	125	1250 x 900	2600	750	800
18,0	2000	408	20/32	125	1250 x 900	2600	750	800
20,0	2000	427	20/32	125	1250 x 900	2600	750	800
22,0	2000	446	20/32	125	1250 x 900	2600	750	800
25,0	2000	475	20/32	125	1250 x 900	2600	750	800

Abb. D.7.2.1-4  $\dot{m}_{FD}$  - Dampferzeugerleistung > 40.000 kg/h bis ≤ 75.000 kg/h

p <sub>B</sub> - Betriebs- dampfdruck	Lauge	Dampf	Anschlüsse		Abmessungen			
	A <sup>c)</sup> kg/h	$\dot{m}_{D/E}^{c)}$ kg/h	DN <sub>Lauge</sub> Eintritt/Austritt	DN <sub>Dampf</sub> Austritt	L x B mm	H mm	Ø D mm	Inhalt <sup>c)</sup> Liter
6,0	3750	433	32/50	125	1250 x 900	2600	750	800
8,0	3750	506	32/50	150	1250 x 900	2600	750	800
10,0	3750	572	32/50	150	1250 x 900	2600	750	800
13,0	3750	650	32/50	150	1250 x 900	2600	750	800
16,0	3750	723	32/50	150	1500 x 1250	2400	1000	1200
18,0	3750	766	32/50	200	1500 x 1250	2400	1000	1200
20,0	3750	801	32/50	200	1500 x 1250	2400	1000	1200
22,0	3750	837	32/50	200	1500 x 1250	2600	1000	1400
25,0	3750	891	32/50	200	1500 x 1250	2600	1000	1400

<sup>a)</sup> mit Bezug auf  $\dot{m}_{FD(max)}$  = 20000 kg/h

<sup>b)</sup> mit Bezug auf  $\dot{m}_{FD(max)}$  = 40000 kg/h

<sup>c)</sup> mit Bezug auf  $\dot{m}_{FD(max)}$  = 75000 kg/h

**D.7.3 Brüdenkondensator**

**D.7.3.1 Funktionsbeschreibung, Richtwerte, Annahmen für die Auslegung**

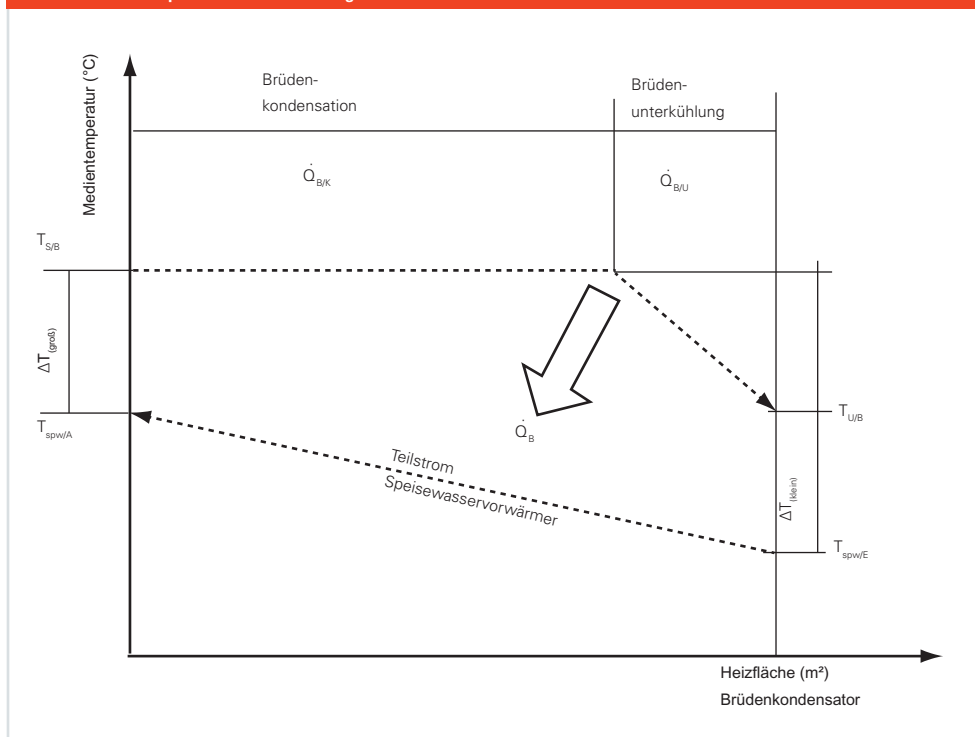
Mit Bezug auf die Ausführungen unter C.8.3 sollen im Nachfolgenden vertiefende Hinweise zur Funktion und Auslegung gegeben werden.

Durch Kondensation des Brüden dampfes, im Verbund mit einer folgenden weiteren Abkühlung des Brüden kondensates, kann so die „Brüden-Abwärme“ energetisch dem System wieder zugeführt werden. Als hierfür notwendig werdende Wärmesenke wäre ein Speisewasserteilstrom vor Einleitung in den Entgaser, bei entsprechend verfahrenstechnischer Schaltung (siehe Anlage A1), zu nutzen. Der energetische Zusammenhang wird im nachfolgenden Temperatur-Heizflächendiagramm (Abb. D 7.3.1-1) veranschaulicht.

Der Abtransport der ausgeschiedenen Gase ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) erfolgt über die außer Haus (über Dach) zu verlegende Entlüftungsleitung ins Freie. Die Kondensate hingegen werden verworfen. Bei Mehrkesselanlagen mit einer gemeinsamen thermischen Wasseraufbereitung (TWA) ist zur zusätzlichen Minimierung von Brüden dampfmengen an dieser Stelle der Einbau eines Motorregelventils, installiert in der Brüden dampfleitung vor Eintritt in den Kondensator, empfehlenswert.

Das Regelventil wäre entsprechend über die leittechnische Ausrüstung der Dampferzeugeranlage (hier SPS – die Speicherprogrammierbare-Steuerung), als Funktion von der Lastfahrweise<sup>a)</sup>, zu steuern (siehe Abb. D 7.3.1-2).

Abb. D.7.3.1-1 Temperatur-Heizflächen-Diagramm

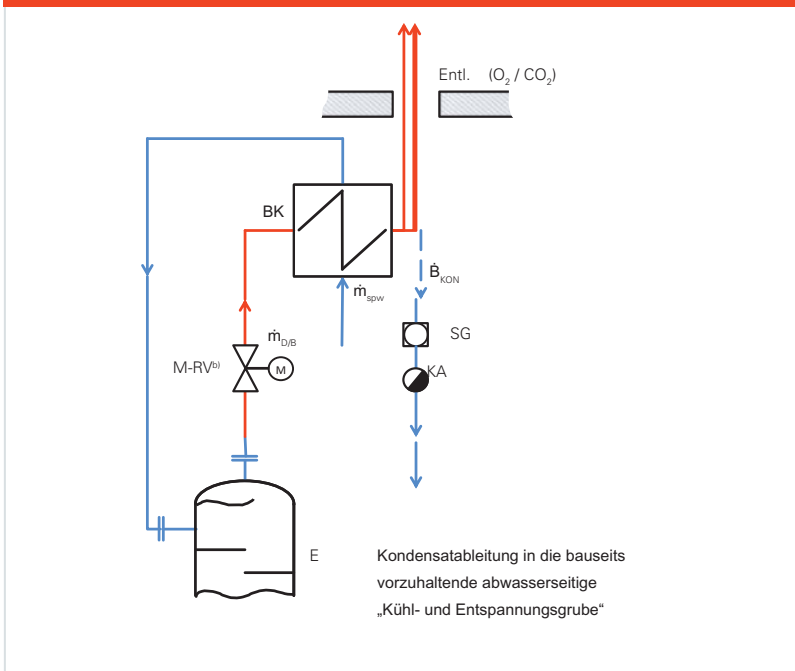


- $T_{S/B}$  Sattdampf-temperatur Brüden
- $T_{spw/E}$  Speisewassertemperatur-Eintritt
- $T_{spw/A}$  Speisewassertemperatur-Austritt
- $T_{U/B}$  Brüdenkondensattemperatur-Austritt

<sup>a)</sup> Zusätzlich zur Lastfahrweise wäre die kontinuierliche Aufschaltung von sich einstellenden  $O_2$ -Werten ( $O_2$ -Messung in der Speisewasserleitung) optimal (siehe auch unter Abschnitt D.4.5 Wasseranalytik).

## D.7 Thermische Apparate

Abb. D.73.1-2 Verfahrensskizze Fahrweise Brüdenkondensator



BK	Brüdenkondensator
M-RV	Motor-Regelventil
$\dot{m}_{D/B}$	Brüdenndampf
$\dot{m}_{spw}$	Speisewasser-Teilstrom
$\dot{B}_{KON}$	Brüdenkondensat
SG	Schauglas
KA	Kondensatableiter
Entl.	Entlüftung außer Haus (über Dach)
E	Entgaserdom

Weitere Richtwerte und Hinweise für die Auslegung:

- Brüdenndampfmenge  $\dot{m}_{D/B}$  ermittelt sich aus:

$$\dot{m}_{D/B} \approx f_{B/m} \times (\dot{m}_{KON} + \dot{m}_{Zu/spw})$$

$$= f_{B/m} (\dot{m}_{FD} \times [1 + A/100]) \quad [\text{kg/h}]$$

mit den Größen:

- $\dot{m}_{KON}$  Kondensatrückspeisung in den Entgaser;
- $\dot{m}_{Zu/spw}$  Zusatzspeisewassermenge als Eintrittsmenge in den Entgaser;
- $\dot{m}_{FD}$  Frischdampfmenge;
- A Absalzrate in (%);
- $f_{B/m}$  mittleren Faktor für die Ermittlung der Mindestbrüdenndampfmenge.

### Hinweis

In der Praxis wird hinreichend genau mit  $f_{B/m} = 0,005$  bis  $0,01$  [-] gerechnet, wobei „höhere“ Werte für „niedrige“ Kondensatrücklaufmengen (< 40 %) anzunehmen sind.

- Grädigkeiten des Kondensators (Wärmeüberträger) wären aus energetischer Sicht zu wählen:

$$\Delta T_{\text{klein}} = T_{n/B} - T_{spw/E} \approx 2 \text{ bis } 5 \text{ K}$$

$$\Delta T_{\text{groß}} = T_{s/B} - T_{spw/A} \approx \geq 20 \text{ K}$$

- Druckverluste (dampfseitig) – Kondensator  $\leq p_{B/E}$
- Druckverluste (wasserseitig) – Kondensator  $\leq 0,5 \text{ bar}$
- Wärmeleistung –  $\dot{Q}_B$  des Brüdenkondensators aus der Wärmebilanz um den Kondensator

$$\dot{Q}_B = \dot{Q}_{B/K} + \dot{Q}_{B/U} = \dot{m}_{spw} \times c_p \times (T_{spw/A} - T_{spw/E})$$

beziehungsweise

$$\dot{Q}_B = \dot{m}_{D/B} (r_B + c_p \times [T_{s/B} - T_{U/B}])$$

mit

- $c_p$  - spezifische Wärme für Kondensat- und Speisewasser  
~ 4,19 kJ/kg K und/  
oder 0,001163 kWh/kg K

- $r_B$  - Kondensationswärme – Brüdenndampf  
 $r_B = (h''_{D/B} - h'_{K/B})$  in Abhängigkeit vom Entgaserdruck ( $p_{B/E}$ ) aus [Tb. 2] und/oder ermittelt mit:  
 $h''_{D/B}$  - Enthalpie Brüdenndampf =  $f(p_{B/E})$   
und  
 $h'_{K/B}$  - Enthalpie Brüdenkondensat =  $f(p_{B/E})$

<sup>b1</sup> Über eine entsprechende Endlagenverriegelung muss eine 5 bis 10%-ige „Auf“-Stellung des M-RV leittechnisch sichergestellt sein.



**1. Beispielrechnung**

Ermittlung von  $\dot{Q}_B$  in (kW):

- Absalzrate  $A = 5\%$
- Frischdampfmenge  $\dot{m}_{FD} = 12.000 \text{ kg/h}$
- Faktor Brüdenmindestmenge  $\dot{m}_{B/M} \approx 0,0075$  (gewählt)  
 $\dot{m}_{D/B} = 0,0075 \times [12000 (1+5/100)] = 94,5 \text{ kg/h}$

- Entgaserüberdruck  $p_{B/E} = 0,21 \text{ bar}$
- $T_{S/B} = f(p_{B/E})$  aus (Tb. 2) =  $105 \text{ }^\circ\text{C}$
- $r_B = f(p_{B/E})$  aus (Tb. 2) =  $0,623 \text{ kWh/kg}$
- $c_p = 0,001163 \text{ kWh/kgK}$
- Speisewassertemperatur –  $T_{spw/E} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
- Grädigkeit –  $\Delta T_{\text{klein}} = 3 \text{ K}$  (gewählt)  
 $(T_{U/B} = 15 + 3 = 18 \text{ }^\circ\text{C})$

$$\dot{Q}_B = 94,5 [0,623 + 0,001163 (105 - 18)] = 68,44 \text{ kW}$$

**2. Beispielrechnung**

Ermittlung erforderlicher Speisewasser-Teilstrom

$\dot{m}_{spw}$  in (kg/h)

- Grädigkeit -  $\Delta T_{\text{groß}} = 20 \text{ K}$  (gewählt)
- $T_{spw/A} = 105 - 20 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\dot{m}_{spw} = \frac{68,44 \text{ kW} \times \text{kg} \times \text{K}}{0,001163 \text{ kWh} \times (85 - 15) \text{ K}} = 840,68 \text{ kg/h}$$

**3. Beispielrechnung**

Einsparpotential – Amortisation

- Brennstoff – Erdgas (E) mit  $H_i = 10,35 \text{ kWh/Nm}^3$
- mittlerer – Kesselwirkungsgrad  $\eta_{K(M)} \approx 94,75 \%$   
 (lt. Datenblatt und ECO-Betrieb)
- Brennstoffmischpreis  $k_{BP} = 0,414 \text{ €/Nm}^3$
- jährliche Volllaststunden  $b = 6000 \text{ h}$  (Annahme)

$$KB = \frac{\dot{Q}_B \times k_B \times b}{H_i \times \eta_{K(M)}} = \frac{68,44 \text{ kW} \times 0,414 \text{ €} \times 6000 \text{ h}}{10,35 \text{ kWh} \times 94,75/100} \frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} =$$

jährliche Kosteneinsparung  $K_B = 17.335 \text{ €/a}$

Mit einem Mehrkostenaufwand ( $K_{Kon}$ ), als Schätzwert<sup>a)</sup>, für Kondensator inklusive Rohrleitungen, Armaturen und Brüdenmengenregelung in Höhe von 11.500,- € kann mit einer Amortisation ( $A_K$ ) bereits nach  $A_K = K_{Kon} / K_B = 11.500,- \text{ €/a} / 17.335,- \text{ €/a} = 0,66$  Jahren gerechnet werden.

<sup>a)</sup> Erforderliche Präzisierung via Einholung spezifischer Angebote

### D.7.4 Speisewasserkühler

#### D.7.4.1 Funktionsbeschreibung, Richtwerte, Annahmen für Auslegung

Mit dem Speisewasserkühler kann das in den Economiser (ECO) eintretende Speisewasser auf Speisewassertemperaturen ( $T_{spw/K-A}$ ) unterhalb der Entgaser-Sättigungstemperatur ( $T_{s/E}$ ) gekühlt werden.

Die Speisewasser-Austrittstemperatur aus dem Speisewasserkühler wäre jedoch, unter Beachtung einer zulässigen weiteren Abkühlung der aus dem ECO austretenden Rauchgase nahe der Abgas-Taupunkttemperatur, entsprechend zu wählen (siehe Abb.D.2.3.3-1).

Im Nachfolgenden wird auf die ECO-Typen 100/200, unter Beachtung thermodynamischer Angaben, gemäß Datenblätter Vitomax200-HS, Bezug genommen.

Als Speisewasserkühler werden gelötete Plattenwärmeüberträger aus Edelstahl empfohlen. Die verfahrenstechnische Einbindung (Schaltung) in das Gesamtanlagenkonzept ist aus dem beiliegenden Verfahrensschema (siehe Anlage A1) ersichtlich.

Ermittlung von  $T_{spw/K-A}$  und der damit erhöhten ECO-„Mehrwärmeleistung“  $\dot{Q}_{ECO}$  als Wärmerückgewinn:

Annahme:

Die Speisewasseraustrittstemperatur/

$A - T_{spw/A-ECO}$  bleibt für den jeweils betrachteten Lastfall erhalten (siehe Temperatur-Heizflächen-diagramm, Abb. D.7.4.1-2).

Mit Bezug auf die Anmerkungen zur Ermittlung der ECO-Wärmeleistung  $\dot{Q}_{ECO}$  (siehe unter D.2.3.1) ermittelt sich analog die „Mehrwärmeleistung“  $\Delta\dot{Q}_{ECO}$ , durch Absenkung der Speisewassereintrittstemperatur in den ECO, aus der Bilanzgleichung:

**Bilanzgleichung**

Mit den Annahmen und Werten für:

Frischdampfmenge	$\dot{m}_{FD} = 12000 \text{ kg/h}$
Betriebsdruck	$p_B = 12 \text{ bar}$
Faktor $R_{ECO} = f_{(PB)}$ für	$R_{ECO/200} = 1,044;$ $R_{ECO/100} = 1,067$
Speiswassereintrittstemperatur in den ECO (als Standard-Auslegungstemperatur)	$T_{spw/ECO\text{-Standard}} = 102 \text{ }^\circ\text{C}$
Rauchgasdichte	$\rho_{ABG} = 1,345 \text{ kg/Nm}^3$
spezifische Wärme-Speisewasser	$c_p = 0,001163 \text{ kWh/kgK}$
Absalzrate	$A = 5 \text{ } \%$
Abgas-Austrittstemperatur für (als Auslegungstemperatur = $f_{(PB)}$ und 100% Kessellast)	$T_{ABG/ECO\text{-}200} \approx 132 \text{ }^\circ\text{C};$ $T_{ABG/ECO\text{-}100} \approx 177 \text{ }^\circ\text{C}$
der zulässigen Abgastemperaturreduzierung bei HEL-Betrieb	$T_{ABG/ECO\text{-reduziert}} = 125 \text{ }^\circ\text{C}$
bei Erdgas (E)-Betrieb	$T_{ABG/ECO\text{-reduziert}} = 115 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta \dot{Q}_{ECO} = \frac{(T_{ABG/ECO\text{-Standard}} - T_{ABG/ECO\text{-reduziert}}) - 8}{2500} \times \frac{\dot{m}_{FD} \times R}{\rho_{ABG}}$$

$$\Delta \dot{Q}_{ECO} = \dot{m}_{FD} \times \frac{(1 + A)}{100} \times c_p \times (T_{spw/ECO\text{-Standard}} - T_{spw/A-K}) \quad [\text{kW}]$$

- und mit:  $\Delta T_{ABG} = T_{ABG/ECO\text{-Standard}} - T_{ABG/ECO\text{-reduziert}} \text{ [}^\circ\text{C]}$ ,
- sowie:  $\dot{m}_{spw} = \dot{m}_{FD} \times (1 + A/100) \text{ [kg/h]}$

■ und der Gleichung zur abgesenkten Speiswassertemperatur:

$$T_{spw/A-K} = T_{spw/ECO\text{-Standard}} - \frac{(T_{ABG/ECO\text{-Standard}} - T_{ABG/ECO\text{-reduziert}}) - 8}{2500} \times \frac{R_{ECO}}{\rho_{ABG}} \times \frac{\dot{m}_{FD}}{\dot{m}_{spw}}$$

$$\Delta \dot{Q}_{ECO} = \frac{\Delta T_{ABG} - 8}{2500} \times \frac{\dot{m}_{FD} \times R}{\rho_{ABG}} = \dot{m}_{spw} \times c_p \times (T_{spw/ECO\text{-Standard}} - T_{spw/A-K}) \quad [\text{kW}]$$

ermitteln sich hieraus die nachfolgend tabellarisch als Wertetabelle zusammengefassten Ergebnisse (siehe Abb. D.74.1-1).

## D.7 Thermische Apparate

Abb. D.7.4.1-1 Wertetabelle

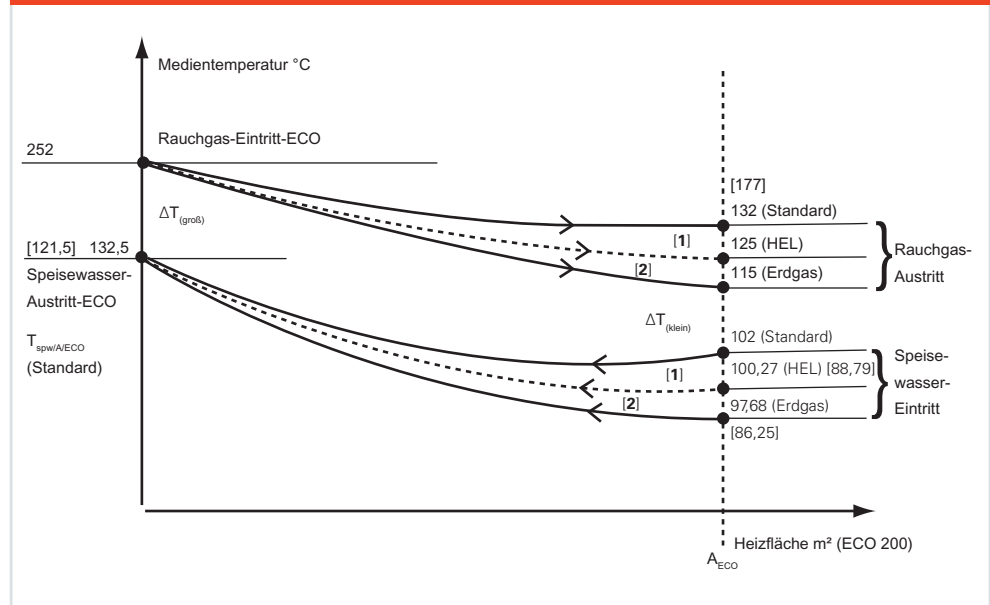
Wertetabelle:	Typ ECO-200			Typ ECO-100		
$T_{ABG/ECO-Standard}$ (°C)	132	132	132	177	177	177
$T_{ABG/ECO-reduziert}$ (°C)	HEL	Erdgas (E)		HEL	Erdgas (E)	
	125	115	100	125	115	100
$T_{spw/ECO}$ (Auslegung-ECO) (°C)	102	102	102	102	102	102
zulässige $T_{spw/A-K}$ (°C)	100,22	97,68	93,87	88,79	86,25	82,44
Grädigkeit <sup>a)</sup> ( $T_{ABG/ECO-reduziert} - T_{spw/A-K}$ ) (K)	24,78	17,32	6,131 <sup>a)</sup>	36,21	28,75	17,56
$\Delta\dot{Q}_{ECO}$ (kW)	26,08	63,30	119,14	193,57	230,79	286,63
$T_{spw/A-ECO}$ (bei Standardauslegung) (°C)	132,2	132,5	132,5	121,5	121,5	121,5

Im nachfolgenden Temperatur-Heizflächendiagramm werden die Ergebnisse der Wertetabelle exemplarisch für den ECO-200 dargestellt:

### Hinweis

Die Zahlen in der [ ], gelten zusätzlich für den Eco 100.

Abb. D.7.4.1-2 Temperatur-Heizflächen-Diagramm



- $\Delta T_{(gro\beta)}$  Temperaturdifferenz zwischen Rauchgasein- und Wasseraustritt
- $\Delta T_{(klein)}$  Temperaturdifferenz zwischen Rauchgasaus- und Wassereintritt
- 1)  $\Delta\dot{Q}_{ECO}$  HEL-Betrieb
- 2)  $\Delta\dot{Q}_{ECO}$  Erdgas (E)-Betrieb

a) Die Grädigkeiten sollten Werte  $\leq 10$  K (hinsichtlich einer optimalen ECO-Heizflächenauslegung) nicht unterschreiten.

1. Beispielrechnung

Kostensparnis – Einsparpotential ( $k_b$ ):

Mit den Werten und Größen für:

Kosten Erdgas (E)<sup>a)</sup>  $k_b(E) \approx 0,414 \text{ €/Nm}^3$

Kosten Heizöl (HEL)<sup>a)</sup>  $k_b(HEL) \approx 0,65 \text{ €/kg}$

jährliche Volllaststunden  $b \approx 6000 \text{ h/Jahr}$ ;

ergeben sich aus:

$$K_b = \frac{\Delta \dot{Q}_{ECO} \times k_b \times b}{H_i \times \eta_{K(M)}}$$

die jährlich zu erwartenden Mindest-Einsparungen für den HEL-Betrieb:

$$K_{b(EL)} = \frac{26,08 \times 0,65 \times 6000}{11,9 \times 0,9475} \approx 9.021 \text{ €/a}$$

und für den Erdgas-Betrieb:

$$K_{b(E)} = \frac{63,30 \times 0,414 \times 6000}{10,35 \times 0,9475} \approx 16.034 \text{ €/a}$$

**Auslegung Speisewasserkühler**

Aus den Bilanzgleichungen ermittelt sich die erforderliche Kühlleistung –  $\dot{Q}_{spw/K}$  in (kW) und die sich einstellende Zusatzspeisewasser-Austrittstemperatur/Kühler –  $T_{zu/spw/A-K}$  aus:

$$\dot{Q}_{spw/K} = \dot{m}_{zu/spw} \times c_p \times (T_{zu/spw/A-K} - T_{zu/spw/E-K}) =$$

$$\dot{m}_{spw} \times c_p \times (T_{s/E} - T_{spw/A-K}) \text{ in [kW]}$$

mit

$$\dot{m}_{spw} = \dot{m}_{FD} \times \frac{(1 + A)}{100} \text{ in kg/h}$$

und

$$\dot{m}_{zu/spw} = \dot{m}_{FD} \times \frac{(1 + A)}{100} - \dot{m}_{KON} \text{ in kg/h}$$

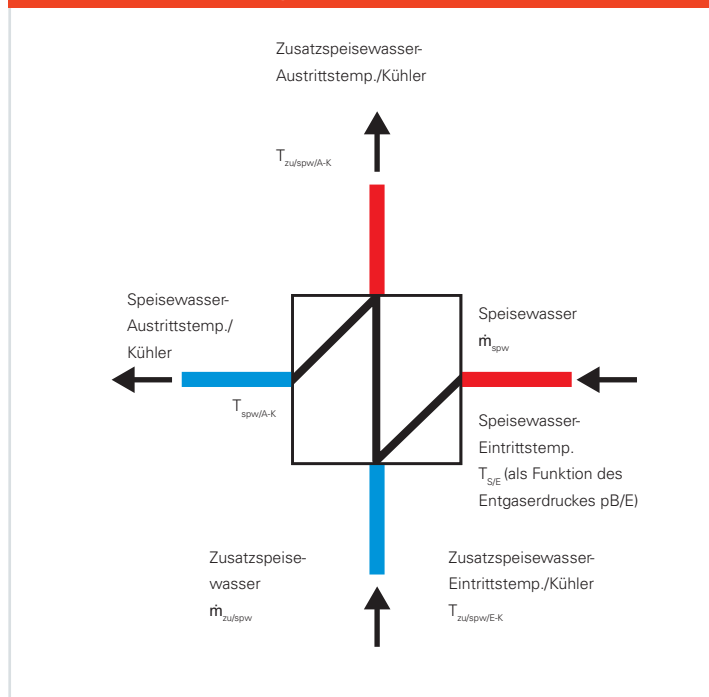
die erforderliche Kühlerleistung in [kW] aus:

$$\dot{Q}_{spw/K} = \dot{m}_{FD} \times (1 + A/100) \times c_p \times (T_{s/E} - T_{spw/A-K}) \text{ in [kW]}$$

und die zu erwartende Zusatzspeisewasser-Austrittstemperatur/Kühler aus:

$$T_{zu/spw/A-K} = \frac{\dot{Q}_{spw/K}}{[\dot{m}_{FD} \times (1 + A/100) - \dot{m}_{KON}] \times c_p} + T_{zu/spw/E-K}$$

Abb. D.74.1-3 Verfahrensskizze Speisewasserkühler



a) Hier sind jeweils die aktuellen Preise (zum Beispiel [www.heizolboerse.de](http://www.heizolboerse.de); [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)) zu ermitteln.

### 1. Rechenbeispiel

Mit den Ergebnissen der Wertetabelle und den zusätzlichen Annahmen für:

$$T_{s/E} = f(p_{B/E} = 0,2 \text{ bar}) = 105 \text{ °C}$$

$$\text{Kondensatmenge} - \dot{m}_{\text{KON}} \approx 0,5 \times \dot{m}_{\text{FD}} = 6000 \text{ kg/h}$$

Zusatzspeisewasser-

$$\text{Eintrittstemperatur/Kühler} - T_{\text{zu/spw/E-K}} = 15 \text{ °C}$$

werden die erforderlichen Kühlerleistungen zu

HEL-Betrieb:

$$\dot{Q}_{\text{spw/K}} = 12000 \times (1 + 5/100) \times 0,001163 \times (105 - 100,22) = 70,04 \text{ kW}$$

Erdgas-Betrieb:

$$\dot{Q}_{\text{spw/K}} = 12000 \times (1 + 5/100) \times 0,001163 \times (105 - 97,68) = 108,51 \text{ kW}$$

und die jeweils zu erwartende Zusatzspeisewasser-Austrittstemperaturen/Kühler zu:

für HEL-Betrieb:

$$T_{\text{zu/spw/A-K}} = \frac{70,04}{[(12000 \times (1 + 5/100) - 6000)] \times 0,001163} + 15 = 24,10 \text{ °C}$$

für Erdgas (E)-Betrieb:

$$T_{\text{zu/spw/A-K}} = \frac{108,51}{(12000 \times [1 + 5/100] - 6000) \times 0,001163} + 15 = 29,13 \text{ °C}$$

### Amortisationszeiten

Die zum Ansatz zu bringenden Gesamt-Erwartungskosten ( $K_{\text{ges}}$ ) für den Speisewasserkühler einschließlich Rohrleitungen und Armaturen, zuzüglich der Erwartungskosten für eine notwendig werdende ECO-Heizflächen-Vergrößerung, in Abhängigkeit der jeweils ermittelten ECO-„Mehroleistung“ -  $\Delta \dot{Q}_{\text{ECO}}$ , wären grundsätzlich, via eines spezifischen Herstellerangebotes, zu erstellen.

Als „grober“ Kostenüberschlag könnte vorerst die bereits zitierte Kostenfunktion-ECO mit  $\Delta K_{\text{ECO}}^{\text{al}} \approx 11500 + 23,94 \times \Delta \dot{Q}_{\text{ECO}}$  (€) und für den Speisewasserkühler mit:

$$K_{\text{Kühler}} \approx 1758 + 2,86 \times \dot{Q}_{\text{spw/K}} \text{ (€)} \text{ (Wertebereich } \dot{Q}_{\text{spw/K}} \geq 50 \text{ bis } \leq 900 \text{ kW)} \text{ hilfreich sein.}$$

### 2. Rechenbeispiel

$$K_{\text{ges}} = \Delta K_{\text{ECO}} + K_{\text{Kühler}} \text{ (€)} \\ = 23,94 \times \Delta \dot{Q}_{\text{ECO}} + 2,86 \times \dot{Q}_{\text{spw/K}} + 13258 \text{ €}$$

und:

$$A = K_{\text{ges}} / K_{\text{B}} \text{ [a]}$$

für HEL-Betrieb:

$$K_{\text{ges}} = 23,94 \times 26,08 + 2,86 \times 70,04 + 13258 \approx 14083,- \text{ €}$$

$$A = 14083/9021 \approx 1,56 \text{ Jahre}$$

für Erdgas (E)-Betrieb:

$$K_{\text{ges}} = 23,94 \times 63,30 + 2,86 \times 108,51 + 13258 \approx 15084,- \text{ €}$$

$$A = 15084/16034 \approx 0,94 \text{ Jahre}$$

### Hinweis

zu a)

Der getroffene Ansatz auf Kostenerhöhung entfällt bei herstellereitiger Sicherstellung einer erhöhten mittleren logarithmischen Temperaturdifferenz

$$\Delta T_{\text{m}} = (\Delta T_{\text{gr}} - \Delta T_{\text{kl}}) / (\ln \Delta T_{\text{gr}} / \Delta T_{\text{kl}}) \text{ in [K]}$$

über die jedoch dann gleichbleibende ECO-Heizfläche.

Die Speisewassertemperaturen für Ein- und Austritt/ECO würden sich entsprechend dem Erfordernis, gegenüber den Angaben in der Wertetabelle, verändern müssen.

Die Speisewassereintrittstemperaturen in den ECO sollten hierbei Werte von 85 °C möglichst nicht unterschreiten. Die Speisewasseraustrittstemperatur würde sich der veränderten Wahl folgend ebenfalls nach „unten“ korrigieren.

Eine exakte Ermittlung kann jedoch letztlich nur im Verbund mit der jeweiligen thermodynamischen ECO-Auslegung respektive ECO-Konstruktion auf Anfrage unter: dampf@viessmann.com erfolgen.



### Fazit - Empfehlungen

- Der effektivste Einsatz eines Speisewasserkühlers ist mit gewähltem ECO-Typ 200 und Erdgas (E)-Betrieb gegeben.
- Das verfügbare „Nutzungspotential“ ist bei gewähltem ECO-Typ 100 sehr viel größer als beim Typ 200 und beinhaltet von daher, bevorzugt auch für den HEL-Betrieb, erhebliche Reserven.
- Die thermodynamischen bilanzierten Speisewasser-Austrittstemperaturen-Kühler im Bereich zwischen 83 bis 89 °C bei ECO 100 beziehungsweise 94 bis 100 °C bei ECO 200 (siehe Wertetabelle Abb. D.7.4.1-1) sollten, hinsichtlich gesicherter Vermeidung von Taupunktunterschreitung bei HEL-Betrieb, um zirka 10 K höher gewählt werden. Die „Standard“-Speisewasser-Austrittstemperatur aus dem ECO-Typ 100 würde sich der Anhebung folgend entsprechend erhöhen.
- Anlagenkonzepte sollten auf einen maximierten Wärmerückgewinn, zum Beispiel mit ECO-Typen 200/100, aus dem Rauchgas ermöglichen.

Von daher sollte der zusätzliche Einsatz von Speisewasserkühlern bei vertretbarem Aufwand und Amortisationszeiten  $\leq 1,0$  Jahre, nur als eine zusätzliche Optimierungsvariante gesehen werden.

Im Einsatzfall ist zu überprüfen, ob eine Temperatur begrenzende Maßnahme (Temperaturregelung mit Begrenzung als Wächterfunktion) für das austretende Weichwasser aus dem Kühler erforderlich ist.

## D.7 Thermische Apparate

Abb. D.75.1-1 Arbeitsplatz zur Auswertung der Wasserproben von Speise- und Kesselwasser



### D.75 Probenahmekühler

#### D.75.1 Hinweise auf Montage und Probenahme

Dem Regelwerk entsprechend folgend (TRD 611 Ziff. 5 beziehungsweise EN 12953 Teil 10) ist eine laufende Überwachung des Speise- und Kesselwassers erforderlich.

Die hier beschriebenen Probenahmen werden diskontinuierlich entnommen und einer entsprechenden Laborprüfung (vor Ort im Kesselaufstellungsraum und/oder extern, der Dampferzeugeranlage zugeordneten „Betriebslabore“) zugeführt. Vor Entnahme ist jedoch eine entsprechende Abkühlung der Probe auf Werte von  $\leq 30$  °C erforderlich.

Der Viessmann Probenahmekühler kann bei entsprechend ausgeführter Schaltkombination sowohl zur Kühlung von Kesselwasser als auch zur Kühlung Speisewasser zur Anwendung kommen. Das erforderlich werdende Kühlwasser ist dem betrieblichen Trinkwassernetz, entsprechend den Regeln der Technik folgend, zu entnehmen (siehe Einbauvorschlag Montageanleitung).

### Legende

- WK Kesselwasser  
(gegebenenfalls Entnahme Ausblaseleitung – Reflexionswasserstand Dampferzeuger)
- Wspw Speisewasser (Entnahme Speisewasserbehälter und/oder Speisewasserleitung)
- WTW Trinkwasser (Kühlwasser) – Netz, kundenseitig (R 1/8 bis R 1/2" = PN6)
- WAW Wasserablauf, kundenseitig (R 3/4 bis R 1") Einleitung Grundleitungssystem

- 1 Probenahmekühler mit  
1.1 Ablauftrichter  
1.2 Temperaturanzeige (planungsseitig, bauseits als Empfehlung)
- 2 Absperrkugelhahn
- 3 Rückschlagventil
- 4 Absperrkugelhahn (mit Entleerungsanschluss)

Die Ergebnisse der ermittelten Analysenwerte sind im Kesselbuch zu dokumentieren. Eine Überwachung erfolgt diskontinuierlich im Rhythmus von mindestens 1x pro 8 h Betriebszeit.

Für einen Anlagenbetrieb nach TRD 604 Blatt 1 (Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung -BosB-, hier speziell für den 72-BosB) wird jedoch eine kontinuierliche Überwachung (siehe unter D.4.5 - Wasseranalytik) empfohlen.

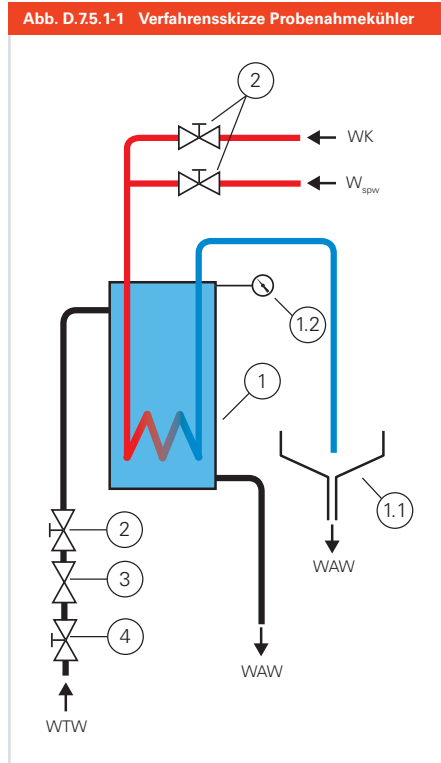
Der Einbau des Kühlers sollte möglichst nahe an der Probenentnahmestelle erfolgen.

Als Entnahmegefäße eignen sich: Erlenmeyerkolben (zum Beispiel bei sofortiger Laboruntersuchung) und/oder Glasflaschen mit Glasstopfen bei je zirka 1 Liter Inhalt.

### Zu dokumentierende Analysenwerte:

- pH-Wert
- Resthärte
- p-Wert (zur Feststellung der freien Alkalität)
- m-Wert (zur Feststellung der gesamten Alkalität)
- Phosphat und
- Sulfit

Anforderungen an das Kessel- beziehungsweise Kesselspeisewasser: siehe Anhang A.3.





### Rohrleitungsanlage

Im Rahmen des Handbuches sollen für ausgewählte Hauptrohrleitungen (siehe Abschnitt C.9) Hinweise für die Planung gegeben werden.

Die Planung erfordert eine enge Zusammenarbeit mit dem ausführenden Rohrleitungsunternehmen, der zuständigen Überwachungs- und genehmigenden Behörde (ZÜS) im Verbund mit dem späteren Betreiber.

Eine Reihe von gegebenen Hinweisen und Berechnungen können auch sinngemäß auf nicht erwähnte Rohrleitungen, für das Fördern von flüssigen und gasförmigen Durchflussstoffen, übertragen werden. Die hier betrachtete Rohrleitungsanlage ist begrenzt auf den Aufstellungsraum des Dampferzeugers bis 1 m umlaufend außerhalb des Aufstellungsraumes.

#### Hinweis

Nationale Vorschriften sowie einschlägige Normen müssen berücksichtigt werden.

## D.8.1 Rohrleitungsanlagen

### D.8.1.1 Nennweiten – DN

Die Nennweite (Kurzzeichen: DN) ist eine Kenngröße, die bei Rohrleitungssystemen als kennzeichnendes Merkmal zueinander passender Teile benutzt wird.

Die Nennweiten gemäß folgender Tabelle haben keine Einheit und dürfen nicht als Maßeintragung benutzt werden, da diese nur teilweise dem Innendurchmesser der Rohrleitungsteile entsprechen.

Da die Außendurchmesser im Allgemeinen mit Rücksicht auf die Herstellung festliegen, können die lichten Durchmesser je nach den zur Ausführung gelangenden Wanddicken Unterschiede gegenüber den Kenngrößen der Nennweiten aufweisen.

Auszug Nennweiten (DN) Stufungen von Rohrleitungen, in Anlehnung DIN EN 1092-1

#### Hinweis

Maße und Gewichte von nahtlosen und geschweißten Stahlrohren sind in der DIN EN 10220 für die Rohrreihen 1 bis 3 festgelegt. Grundsätzlich werden die Rohrabbmessungen der Rohrreihe 1 empfohlen. Für die Rohrreihe 1 gibt es alles zum Bau einer Rohrleitung nötige Zubehör (Formstücke, Flansche usw.). Für die Rohrreihe 2 gibt es nicht alle genormten Zubehöerteile, und für die Rohrreihe 3 gibt es kaum noch genormtes Zubehör.

Abb. D.8.1.1-1 Auszug Nennweiten (DN)

DN 10 (17,2)	DN 40 (48,3)	DN 125 (139,7)	DN 350 (355,6)	DN 700 (711)	DN 1400 (1420)
DN 15 (21,3)	DN 50 (60,3)	DN 150 (168,3)	DN 400 (406,4)	DN 800 (813)	DN 1600 (1620)
DN 20 (26,9)	DN 65 (76,1)	DN 200 (219,1)	DN 450 (457)	DN 900 (914)	DN 1800 (1820)
DN 25 (33,7)	DN 80 (88,9)	DN 250 (273)	DN 500 (508)	DN 1000 (1016)	DN 2000 (2020)
DN 32 (42,4)	DN 100 (114,3)	DN 300 (323,9)	DN 600 (610)	DN 1200 (1220)	---

Anmerkung: Werte in Klammern Anschlussdurchmesser-Außenrohr (mm)

## D.8 Rohrleitungsanlage

### D.8.1.2 Druckstufen – PN

Der Nenndruck von Rohrleitungen und -teilen (Rohre, Flansche, Formstücke, Armaturen etc.) ist das Kennzeichen für eine Druckstufe, in der Teile gleichartiger Ausführung und gleicher Anschlussmaße zusammengefasst sind. Die Druckstufen sind nach Normzahlen gestuft und in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

Auszug Druckstufungen (PN) von Rohrleitungen, in Anlehnung DIN EN 1092-1

**Abb. D.8.1.2-1 Auszug Nennweiten (DN)**

PN 2,5	PN 25	PN 160
PN 6	PN 40	PN 250
PN 10	PN 63	PN 320
PN 16	PN 100	PN 400

Der Nenndruck (PN) = dem maximal zulässigen Überdruck (in bar) bei der Bezugstemperatur  $T = 20\text{ °C}$ .

### Hinweise

Der gewählte Nenndruck muss der DIN EN 1092-1 folgend stets die Bedingung  $PN \geq P_D \times (R_{P0.2(20^\circ\text{C})} / R_{P0.2(T_{\text{Betr.}})})$  mit  $P_D$  dem Auslegungsdruck (Berechnungsüberdruck = abgesicherter Betriebsdruck) des Bauteils (Rohre, Flansche etc.) in [bar] und  $R^{a)P0.2}$  der Mindestdehngrenze bei Raumtemperaturen ( $R_{P0.2(20^\circ)}$ ) und bei Berechnungstemperatur respektive Betriebstemperatur ( $R_{P0.2(T_{\text{Betr.}})}$ ) erfüllen.

Der bei der Betriebstemperatur ( $T_{\text{Betr.}}$ ) errechnete maximale zulässige Druck ( $p_D$ ) darf einen der PN-Stufe zugeordneten maximal zulässigen Druck nicht überschreiten.

Für Berechnungs- respektive Betriebstemperaturen ( $T_{\text{Betr.}}$ ) von  $-10\text{ °C}$  bis  $120\text{ °C}$  kann für Eisenwerkstoffe die genannte Bedingung näherungsweise mit  $PN \approx P_D$  gewählt werden.

<sup>a)</sup> Mindestdehngrenzen können den Standards DIN EN 10216-2/10217-2 für Rohre und DIN EN 1092-1 zusätzlich für Gussstücke, Schmiedestücke und für warmgewalzte Erzeugnisse entnommen werden.



**D.8.1.3 Prüfüberdruck (Pp) mit Verweis auf Druckgeräterichtlinie**

Die Rohrleitungen, Armaturen und Baugruppen (im Nachfolgenden als Druckgeräte benannt) müssen den Prüfdrücken gemäß „Druckgeräterichtlinie“-Richtlinie 97/23/EG entsprechen. Sind die Prüfdrücke nach Druckgeräterichtlinie höher als die für die Armaturen zulässigen Prüfdrücke, sind Armaturen in der nächsthöheren Nenndruckstufe (siehe unter D.8.1.2) zu wählen. Druckgeräte müssen einer Schlussprüfung unterzogen werden. Die Abnahme der Druckgeräte muss dabei einer „Druckfestigkeitsprüfung“ in Form eines hydrostatischen Druckversuches mit einem Mindestprüfdruck von  $P_p \approx 1,43 \times P_D$  unterzogen werden.

**Hinweise**

Ist der hydrostatische Druckversuch nachteilig oder nicht durchführbar, so sind alternative zerstörungsfreie Prüfungen in Abstimmung mit dem Kunden und der örtlich zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS), in Abhängigkeit sich ergebener Kategorien I, II und III, abzustimmen.

Eine Zuordnung der Rohrleitungssysteme zu den einzelnen Kategorien erfolgt in Abhängigkeit des Produktes aus (PD x DN) gemäß den Diagrammen 6 und 7 (Anhang II) der Druckgeräterichtlinie, wobei Erdgas E der Fluid-Gruppe 1 und die verbleibenden Medien der Fluid-Gruppe 2 zuzuordnen wären.

Die römischen Ziffern der Kategorien entsprechen den für die Rohrleitungen entsprechend zu wählenden Modulkategorien, wie:

- Kategorie I Modul A
- Kategorie II Module A1, D1 und/oder E1
- Kategorie III Module B1+D, B1+F, B+E, B+C1 und/oder H

Die Wahl und Zuordnung von Modulen ist in Abstimmung zwischen dem Errichter der Anlage, dem Kunden und der benannten Stelle (ZÜS) zu führen. Ausgenommen sind Rohrleitungen (Druckgeräte), die unterhalb der Kategorie I einzustufen sind. Diese Druckgeräte müssen lediglich hinsichtlich Auslegung und Fertigung, den Stand „Guter Ingenieurpraxis“ erfüllen.

**Festlegungen über:**

Prüfpflichten, wiederkehrende Prüfungen zur Rohrleitungsanlage sind im Verbund mit der Anlagengesamtabnahme, auf der Grundlage der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), zwischen dem Errichter der Rohrleitungsanlage, dem Kunden und der benannten Stelle (ZÜS) entsprechend zu treffen.

Die Beschaffenheit der Rohrleitungsanlage und die Dokumentation der Anlage sind so zu gestalten, dass die maximalen Fristen (5 Jahre) ‚problemlos‘ eingehalten werden können.

**Abb. D.8.1.1-1 Modulkategorien**

<b>Module A,A1</b>	interne Fertigungskontrolle für A ergänzt durch Überwachung der benannten Stelle (ZÜS) für A1
<b>Modul B</b>	EG-Baumusterprüfung durch benannte Stelle (ZÜS), mit Prüfung der Qualifikation des Füge- und ZfP-Personals
<b>Modul B1</b>	ähnlich Modul B jedoch ohne Prüfung eines Baumusters
<b>Modul C1</b>	Konformität mit der Bauart; die benannte Stelle (ZÜS) überwacht stichprobenweise die Herstellung und Prüfung beim Hersteller
<b>Modul F</b>	EG-Einzelprüfung durch benannte Stelle (ZÜS) als Grundlage für die Ausstellung der Konformität
<b>Module D,E,H</b>	Neben den klassischen Produktprüfungen zur Bewertung der Konformität, zusätzliches Einführen von QS-Systemen und deren Begutachtung durch benannte Stelle (ZÜS)

### D.8.1.4 Betriebstemperaturen (Td) und Betriebsdrücke (PD)

Medienbezogen sind für den Komplex der „warmgehenden“ Rohrleitungen real zu erwarten beziehungsweise zu wählen:

Abb. D.8.1.4-1 Betriebstemperaturen der Rohrleitungen

PN <sup>6</sup>	PD (bar)	Dampf <sup>1</sup> (°C)	Lauge <sup>2</sup> Abschlamm (°C)	Lauge <sup>3</sup> Abschlamm (°C)	Brüden- dampf <sup>4</sup> (°C)	Kondensat <sup>5</sup> (geschl.) (°C)	Kondensat (offen) (°C)	Speise- wasser (°C)
16	0,5	111	111	110	110	111	95	110
16	1,0	120	120					
16	2,0	134	134					
16	3,0	148	148					
16	4,0	152	152					
16	5,0	159	159					
16	6,0	165	165					
16	8,0	175	175					
16	10,0	184	184					
25	13,0	195	195					
25	16,0	204	204					
25	18,0	210	210					
40	20,0	215	215					
40	22,0	220	220					
40	25,0	226	226					

#### Legende

- 1 erforderlicher Zuschlag ( $\Delta T_{\text{Ü}}$ ) bei Überhitzung mit  $\Delta t_{\text{Ü}} \approx 50 \text{ K}$  (als Standard)
- 2 Temperaturen vor Entspannung
- 3 Temperaturen nach Entspannung auf  $p_{\text{D}} \sim 0,5 \text{ bar}$
- 4 Entspannt gegen atmosphärischen Druck
- 5 Annahme  $p_{\text{D,max}} \sim 5,0 \text{ bar}$
- 6 Nenndruckstufen in Anlehnung der zum Einsatz kommenden Dampferzeuger in erster Näherung. Eine Kontrolle gemäß D.8.1.2 wird jedoch zusätzlich empfohlen.

### D.8.1.5 Kennzeichnung von Rohrleitungen

Die Kennzeichnung der Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff (Fluid) erfolgt nach DIN 2403. Eingeschlossen sind Rohre und ihre Verbindungen, Armaturen und Formstücke einschließlich der Wärmedämmung. Die Fluide werden nach ihren allgemeinen Eigenschaften in 10 Gruppen eingeteilt, deren Farbe (nach RAL-Farbtonregister) gemäß nachfolgender Tabelle festgelegt sind. Zur besonderen Kennzeichnung der Brennbarkeit werden die Schilderspitzen der Gruppen 4 und 8 in roter Farbe (RAL 3000) ausgeführt.

### D.8.1.6 Fließbilder, grafische Symbole für den Rohrleitungs- und Apparatebau und Kennzeichnungssystem

Das Fließbild (Anlagenschema, Fließschema, Wärmeschaltplan, Rohrleitungsplan etc.) soll eine mit Hilfe von Bild- und Schriftzeichen vereinfachte zeichnerische Darstellung über den Aufbau und Funktion der Anlage wiedergeben. Es dient zur Verständigung der an der Anlage Beteiligten, wie zum Beispiel Kunde, Hersteller, Behörde, ZÜS etc.

Aufbau und Darstellung ist ‚freizügig‘ dem Verwendungszweck (Dampferzeugungsanlage) anzupassen. Grundlage hierfür bilden entsprechende grafische Symbole und Bildzeichen nach DIN 2481, 2429, 19227 und DIN 28004 (siehe auch Ausführung und Darstellung unter [A1]). Die mit dem Fließbild ausgewiesenen Komponenten (Dampferzeuger mit Nebenanlagen, Rohrleitungen mit An- und Einbauten einschließlich ausgewiesener MSR-Komponenten) sollten zusätzlich durchgängig ein einheitliches Kennzeichnungssystem erhalten.

Ein einheitliches Kennzeichnungssystem ermöglicht den vorgenannten Beteiligten jedes Einzelteil der Dampferzeugungsanlage einheitlich und eindeutig anzusprechen.

Abb. D.8.1.5-1 Kennzeichnung von Rohrleitungen

Fluid	Gruppe	Farbname	RAL-Farbregister
Wasser	1	grün	RAL 6018
Wasserdampf	2	rot	RAL 3000
Luft	3	grau	RAL 7001
brennbare Gase	4	gelb oder gelb mit Zusatzfarbe rot	RAL 1021 RAL 3000
nichtbrennbare Gase	5	gelb mit Zusatzfarbe schwarz oder schwarz	RAL 1021 RAL 9005
Säuren	6	orange	RAL 2003
Laugen	7	violett	RAL 4001
brennbare Flüssigkeiten	8	braun oder braun mit Zusatzfarbe rot	RAL 8001 RAL 3000
nichtbrennbare Flüssigkeiten	9	braun mit Zusatzfarbe schwarz oder schwarz	RAL 8001 RAL 9005
Sauerstoff	0	blau	RAL 5015

### Hinweis

Ermittlung und Zuordnung von Kategorien in Abhängigkeit von dem zum Einsatz kommenden Fluiden (Gruppe 1 und/oder Gruppe 2) siehe nachfolgende Diagramme, entnommen der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG.

### D.8.2 Spezifikationen – Werkstoffe, Schweißarbeiten

Im Rahmen des Handbuches sollen für ausgewählte Hauptrohrleitungen (siehe unter Abschnitt C.9) Hinweise für die planungsseitige Bearbeitung gegeben werden.

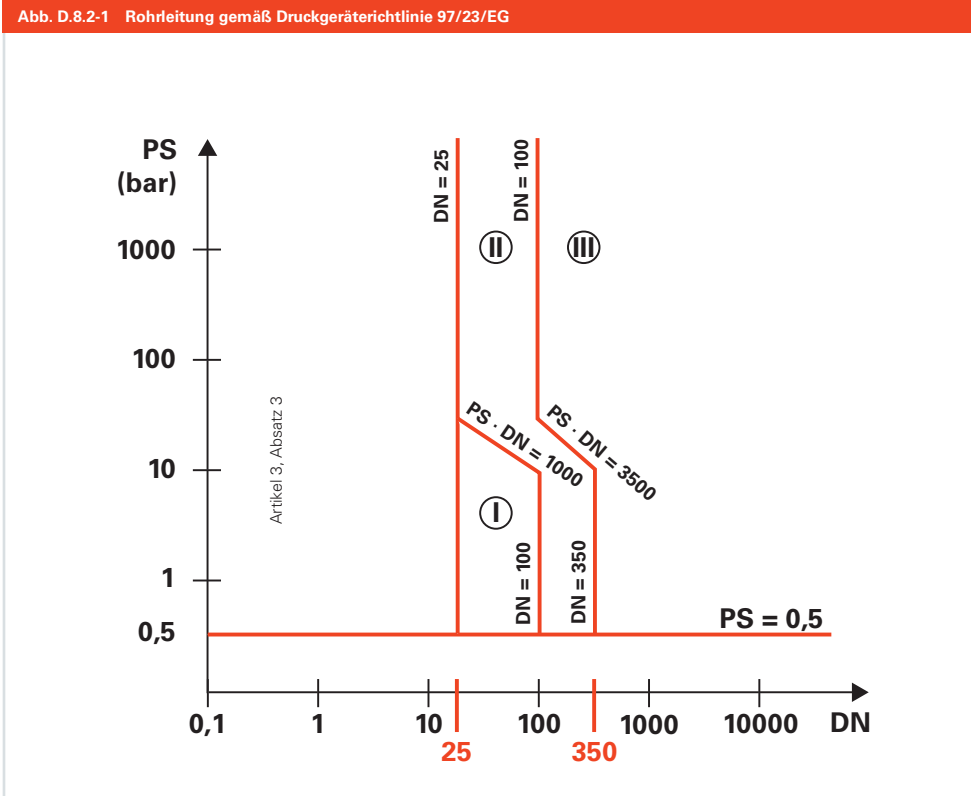
Grundsätzlich wären hier die Regelwerke TRD 100 – Werkstoffe, AD 2000 – Merkblätter (W4 – Rohre aus unlegierten und legierten Stählen, W9 - Schrauben und Muttern aus ferritischen Stählen, W9 – Flansche aus Stahl) sowie Werkstoff – DIN EN 13480 und TRD 201 – Schweißen von Bauteilen aus Stahl zu beachten.

Der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG folgend ist projektseitig ein entsprechender Nachweis auf Bestätigung der zum Einsatz kommenden Werkstoffe zu führen.

Für drucktragende Teile der Kategorie I (siehe unter Abschnitt D 8.1.3) wird die Beistellung eines Werkzeugnisses gemäß DIN EN 10204 Typ 2.2 (Bestätigung der Bescheinigung durch den Hersteller) und für drucktragende Teile der Kategorien II und III ein Abnahmeprüfzeugnis in Abhängigkeit der gewählten und/oder geforderten spezifischen Produktprüfung gemäß Typ 3.1 und/oder Typ 3.2 erforderlich.

Zuordnung für Medien der Fluid-Gruppe 1  
(Erdgas – E)

Abb. D.8.2-1 Rohrleitung gemäß Druckgeräterichtlinie 97/23/EG

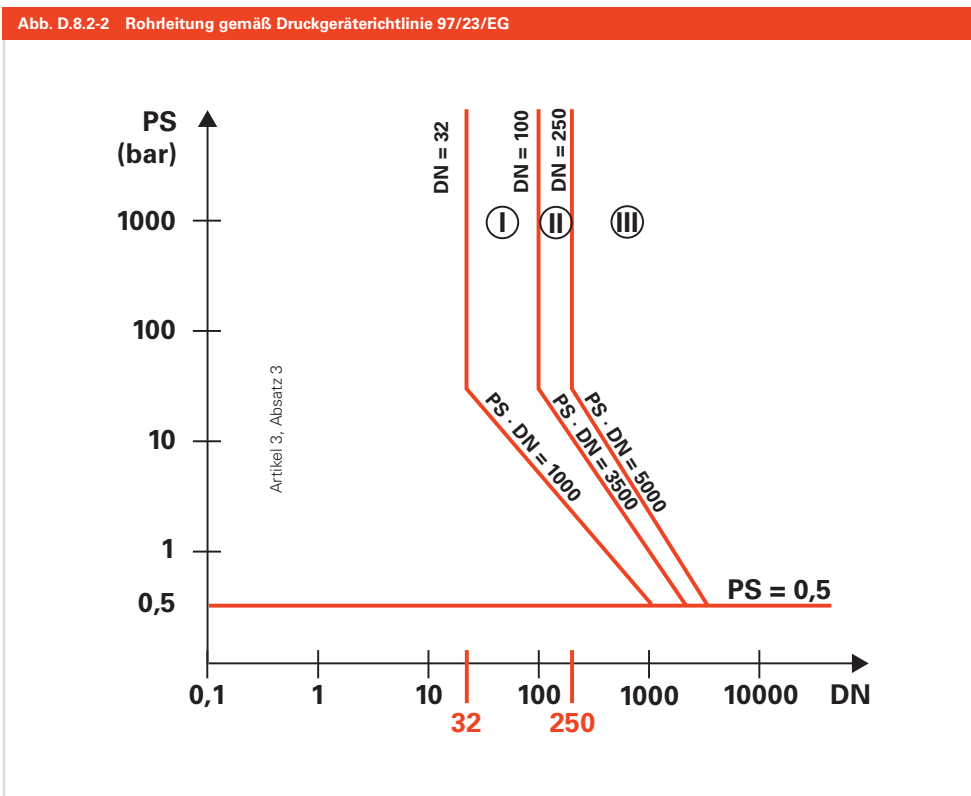


Rohrleitungen gemäß Artikel 3  
Nummer 1.3 Buchstabe a) erster  
Gedankenstrich

...\*Als Ausnahme hiervon sind  
Rohrleitungen, die für instabile Gase  
bestimmt sind und nach Diagramm 6  
unter die Kategorie I und II fallen, in  
die Kategorie III einzustufen.\*...

Zuordnung für Medien der Fluid-Gruppe 2  
(Dampf, Kondensat, Wasser, Heizöl etc.)

Abb. D.8.2-2 Rohrleitung gemäß Druckgeräterichtlinie 97/23/EG



Rohrleitungen gemäß Artikel 3  
Nummer 1.3 Buchstabe a) zweiter  
Gedankenstrich

...\*Als Ausnahme hiervon sind Rohr-  
leitungen, die Fluide mit Temperat-  
uren von mehr als 350 °C enthalten  
und nach Diagramm 7 unter die  
Kategorie II fallen, in die Kategorie III  
einzustufen.\*...

## D.8 Rohrleitungsanlage

Mit Bezug auf die eingangs erwähnten Normungen werden für den Einsatz empfohlen:

### D.8.2.1 Werkstoffe für die unter Abschnitt D.8.5 ausgewiesenen Rohrleitungssysteme

Abb. D.8.2.1-1 Rohre

Ferritische Stähle:			
Werkstoff	Werkstoff-Nr.	Temperatur (°C)	Normungen
P235TR1 P235TR2	1.0255 <sup>1</sup>	≤ 50	DIN-EN 10216-1 DIN-EN 10217-1
P265TR2 P265TR1	1.0259 <sup>1</sup>	≤ 50	beziehungsweise DIN-EN 10224
P235GH	1.0345 <sup>4</sup>	≤ 450	DIN-EN 10217-2 <sup>3,7</sup> DIN-EN 10216-2
P265GH	1.0425 <sup>5</sup>	≤ 450	DIN-EN 10217-2 <sup>3,7</sup> DIN-EN 10216-2
16Mo3	1.5415	≤ 500	DIN-EN 10217-2 <sup>3,7</sup> DIN-EN 10216-2
13CrMo4/5	1.7335	≤ 500	DIN-EN 10217-2 <sup>3,7</sup> DIN-EN 10216-2
10CrMo9/10	1.7380	≤ 500	DIN-EN 10217-2 <sup>3,7</sup> DIN-EN 10216-2
14MoV6/3	1.7715	≤ 550	DIN-EN 10217-2 <sup>3,7</sup> DIN-EN 10216-2
X10CrMoVNb9/1	1.4903	≤ 600	DIN-EN 10217-2 <sup>3,7</sup> DIN-EN 10216-2
Austenitische Stähle <sup>6</sup> :			
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571 <sup>2</sup>	≤ 550	DIN-EN 10217-7 DIN-EN 10216-5
X6CrNiTi18-10	1.4541 <sup>2</sup>	≤ 550	DIN-EN 10217-7 DIN-EN 10216-5

#### Hinweise

##### 1. Hinweis

Bei Einsatz von geschweißten Rohren nach DIN EN 10217 wird für die Festigkeitsberechnung ein zu berücksichtigender Schweißfaktor von 0,85 empfohlen.

##### 2. Hinweis

Für die Erstellung von Abnahmeprüfzeugnissen wären projektseitig, wie bereits einleitend erwähnt (DIN EN 10204), spezifisch zusätzlich zu beachten:

- für ferritische Stähle: AD 2000 Merkblatt – W4 und TRD 102 sowie
- für austenitische Stähle: AD 2000 Merkblatt – W2 und TRD 102

#### Anmerkungen

- 1 Rohre für Druckbeanspruchungen (nahtlos und/oder geschweißt) beziehungsweise Rohre und Fittings aus Stahl für den bevorzugten Einsatz des unter Abschnitt D.8.5.4-C) beschriebenen Leitungssystems (Trinkwassersystem) und feuerverzinkt
- 2 Edelstahlrohr (alte Bezeichnung „V4-A“) für den bevorzugten Einsatz des unter Abschnitt D.8.5.4-E) beschriebenen Leitungssystems (Weichwasserleitungssystem), nahtlos und/oder geschweißt
- 3 Für Abgassysteme, hier mit bevorzugtem Einsatz, gemäß der DIN EN 10217-2 (als geschweißte Stahlrohre)
- 4 Bevorzugter Einsatz auch für die Heizöl (HEL)-Systeme (alte Bezeichnung „St 37“)
- 5 Bevorzugter Einsatz auch für die Erdgas (E)-Systeme (alte Bezeichnung „St 35.0“)
- 6 Austenitische Rohre wären nach DIN EN 10216-5 (nahtlose Rohre) und/oder nach DIN-EN 10217-7 (geschweißte Rohre) einzusetzen
- 7 Für die „heißgehenden“ Leitungssysteme (> 100 °C) sollten bevorzugt nahtlose Stahlrohre nach DIN EN 10216-2 gewählt werden.



### D.8.2.2 Werkstoffe für Bleche

Nur soweit wie gegebenenfalls erforderlich für ferritische Werkstoffe nach DIN EN 10028-2, wie zum Beispiel:

Abb. D.8.2.2-1 Werkstoffe

Werkstoff	Werkstoff-Nr.	Temperatur (°C)
S235JR	1.0037	≤ 100
S235JRG2	1.0038	≤ 300
P235GH	1.0345	≤ 400
P265GH	1.0425	≤ 450
16Mo3	1.5415	≤ 500
13CrMo4/5	1.7335	≤ 530

Mit Abnahmeprüfzeugnis gemäß DIN EN 10204 und AD 2000 Merkblatt W1 sowie TRD 101 mit Hinweis auf gegebenenfalls erforderlich werdende austenitische Werkstoffe nach DIN EN 10028-7, wie zum Beispiel: bei Erfordernis für Brennwertechniken und Abnahmeprüfzeugnis gemäß DIN EN 10204 und AD 2000 Merkblatt W2 sowie TRD 101.

Abb. D.8.2.2-2 Werkstoffe

Werkstoff	Temperatur (°C)	Temperatur (°C)
X6CrNiMoTi 17-12-2	1.4571	≤ 550
X6CrNiTi18-10	1.4541	≤ 550

### D.8.2.3 Werkstoffe für Flansche

Mit Bezug und projektseitiger Beachtung der DIN EN 1092-1 – Flansche und ihre Verbindungen (Stahlflansche) sowie DIN EN 10222-2 – Schmiedestücke aus Stahl und DIN EN 10025 – technische Lieferbedingungen, werden empfohlen:

Abb. D.8.2.3-1 Werkstoffe

Temperaturbereich (°C)	PN16	PN25 bis PN40	≥ PN63
≤ 120	S235JRG2 (1.0038) P250GH (1.0460)	S235JRG2 (1.0038) P250GH (1.0460)	P250GH (1.0460) 16Mo3 (1.5415)
> 120 bis ≤ 400	P250GH (1.0460)	P250GH (1.0460)	P250GH (1.0460) 16Mo3 (1.5415)
> 400 bis ≤ 500		16Mo3 (1.5415) 13CrMo4-5 (1.7335)	16Mo3 (1.5415) 13CrMo4-5 (1.7335) 10CrMo9-10 (1.7380)
> 500 bis ≤ 550			10CrMo9-10 (1.7380)

#### Hinweise

- Abnahmeprüfzeugnisse gemäß DIN EN 10204, spezifisch zusätzlich mit Verweis auf AD 2000 Merkblatt W9 und TRD 100;
- Standardmäßig sollten die Flanschtypen 11 (Vorschweißflansche) und die Typen 05 (Blindflansche) gewählt werden;
- Dem Standard folgend wird eine Ausführung der Dichtleisten Form B2 für Dampf- und Heißwasserleitungen sowie die Form B1 für Kaltwasserleitung (≤ 50 °C) empfohlen;
- Anschweißenden der Vorschweißflansche sind mit dem anschließenden Rohrlitungsdurchmessern, unter Beachtung eines zulässigen Kantenversatzes (± 8% bis ± 10% der zu verbindenden Wanddicken (T) gemäß DIN EN 10216-2/10217-2, jedoch ≤ 2 mm als Empfehlung), in Übereinstimmung zu bringen (siehe Abb. D.8.2.3-2 und Abb. D.8.2.3-3).

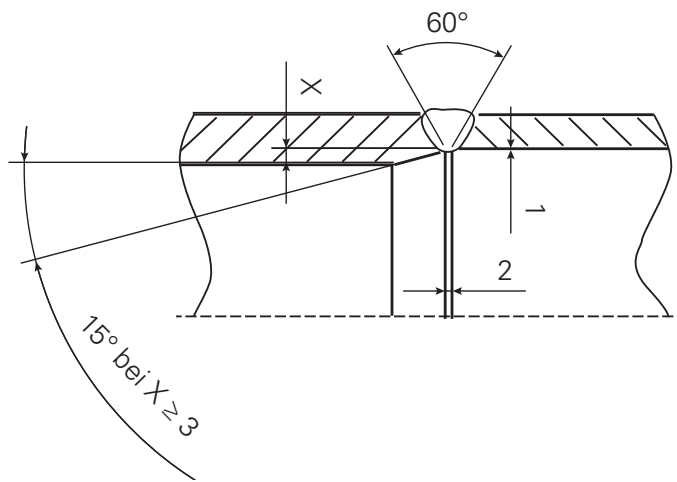
Die DIN EN ISO 5817 – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten- ist hier zusätzlich zu beachten!

#### Anmerkung

Je unter Beachtung eines zulässigen Betriebsdruckes wegen „Abfall“ der temperaturabhängigen Materialstreckgrenze.

## D.8 Rohrleitungsanlage

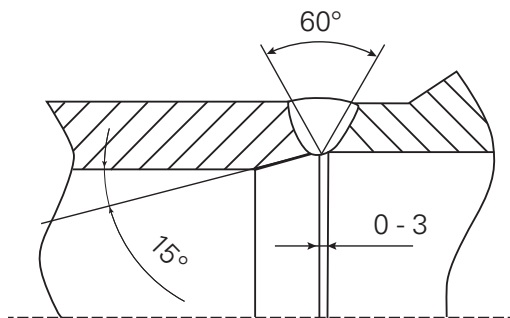
Abb. D.8.2.3-2 Rohr/Rohr Verbindung



### Legende

- $D_i$  Rohr – respektive Flansch-Innen-  
durchmesser
- $DN_R$  Durchgangsnennweite (Außendurch-  
messer) Rohr
- $s'_R/s_R$  Wanddicke Rohr
- $s_{RF}$  Wanddicke Flansch
- $\Delta_x$  Kantenversatz (max.  $\leq 2$  mm)
- $S_{sp}$  Schweißspalt
- $\alpha$   $15^\circ$  Anpassung an  $D_i$  bei  $\Delta_x > 2$  mm

Abb. D.8.2.3-3 Rohr/Flansch Verbindung



### D.8.2.4 Schrauben und Muttern

Mit Bezug und projektseitiger Beachtung der DIN EN 20898 – unlegierte Verbindungselemente sowie der DIN EN 10268 – legierte Verbindungselemente und der DIN EN 1515 – Auswahl von Schrauben und Muttern – werden empfohlen:

Abb. D.8.2.4-1 Schrauben und Muttern

Temperaturbereich (°C)	Komponenten	PN16	PN25 bis PN40	≥ PN63 bis ≤ 100
≤ 100	Schraube	5,6	–	–
	Mutter	5		
> 100 bis ≤ 300	Schraube	5,6	5,6	25CrMo4 (1.7218)
	Mutter	5	5	C35E (1.1181)
> 300 bis ≤ 350	Schraube	--	25CrMo4 (1.7218)	25CrMo4 (1.7218)
	Mutter		C35E (1.1181)	C35E (1.1181)
> 350 bis ≤ 400	Schraube	--	25CrMo4 (1.7218)	21CrMoV5-7 (1.7709)
	Mutter		C35E (1.1181)	25CrMo4 (1.7218)
> 400 bis ≤ 450	Schraube	--	21CrMoV5-7 (1.7709)	21CrMoV5-7 (1.7709)
	Mutter		25CrMo4 (1.7218)	25CrMo4 (1.7218)
> 450 bis ≤ 540	Schraube	--	21CrMoV5-7 (1.7709)	21CrMoV5-7 (1.7709)
	Mutter		21CrMoV5-7 (1.7709)	21CrMoV5-7 (1.7709)
Austenite ≤ 400	Schraube <sup>a)</sup>	A4-70 (A4-50)	A4-70 (A4-50)	–
	Mutter <sup>a)</sup>	A4-70 (A4-50)	A4-70 (A4-50)	

#### Hinweise

- Abnahmeprüfzeugnisse gemäß DIN EN 10204 Typ 2.2 für Verbindungselemente gemäß DIN EN 20898 (Schrauben 5.6/Muttern 5), spezifisch zusätzlich mit Verweis auf AD 2000 Merkblatt W7 und TRD 106, mit Empfehlung auf
  - Typ 3.1 – für Muttern gemäß DIN EN 10269 und
  - Typ 3.2 – für Schrauben gemäß DIN EN 10269;
- Für Temperaturbereiche > 300 °C wird der ausschließliche Einsatz von Schrauben mit Dehnschaft gemäß DIN 2510 empfohlen.

<sup>a)</sup> Anmerkung:  
A4-70 bis M20 und > M20 (A4-50)

### Hinweis

Dichtungswerkstoffe müssen frei von „Asbeststoffen“ sein!

### D.8.2.5 Werkstoffe für Dichtungen

Mit Bezug und projektseitiger Beachtung der DIN EN 1514 – Flansche und ihre Verbindungen – Maße, Art und Werkstoffe, werden gemäß DIN EN 28091, empfohlen:

- Temperaturbereich  $> 100\text{ °C}$  bis  $\leq 200\text{ °C}$   
Flachdichtungen aus faserhaltigen Werkstoffen und/oder aus Grafit mit Edelstahlfolieneinlage;
- Temperaturbereich  $> 200\text{ °C}$   
Flachdichtungen aus Grafit mit Edelstahlfolieneinlage und/oder Kammerprofilichtungen mit Grafitauflage und Zentrierung;

### D.8.2.6 Werkstoffe für Armaturengehänge

Mit Bezug und projektseitiger Beachtung der DIN EN 1503 und DIN EN 12516 – Armaturen Werkstoffe für Gehäuse – spezifisch zusätzlich mit Verweis auf TRD 110 Ziff. 2 und 3, werden empfohlen:

- wie unter D.8.3.2 ausgeführt, jedoch mit den zusätzlichen Ergänzungen für ferritische und austenitische Gussstücke wie:

Abb. D.8.2.6-1 Werkstoffe

Werkstoff	Werkstoff-Nr.	Temperaturbereich (°C)	Nenndruckbereich (PN) <sup>a)</sup>
Sphäroguss	0.7043	$\leq 350$	16 bis $\leq 40$
ferritisches Gussstück:			
GP 240 GH	1.0619	$> 350$ bis $\leq 400$	16 bis $> 63$
G20Mo5	1.5419	$> 400$ bis $\leq 490$	16 bis $> 63$
G17CrMo5-5	1.7357	$> 490$ bis $\leq 570$	16 bis $> 63$
austenitisches Gussstück:			
GX5CrNiTi19-10	1.4308	$> 570$ bis $\leq 600$	16 bis $> 63$
GX5CrNiMo19-11-2	1.4408	$> 570$ bis $\leq 600$	16 bis $> 63$

### Anmerkungen

- Der Einsatz von Grauguss-Armaturengehäuse mit Werkstoff-Nr. 0.6025 wird grundsätzlich nicht empfohlen;
- Für die Armaturenspindel wird ausschließlich der Einsatz von korrosionsbeständigen Werkstoffen empfohlen;
- Der Einsatz von Sphäroguss-Armaturengehäuse mit Werkstoff-Nr. 07043 gemäß TRD 108 nur bis Durchgangsnennweiten  $\leq 150$  (DN 175);
- Abnahmeprüfzeugnisse gemäß DIN EN 10204, spezifisch zusätzlich mit Verweis auf TRD 110 Ziff. 6 für:
  - Armaturengruppe 1 (DN x Betriebsüberdruck in bar  $\geq 20000$ ) mit Prüfzeugnis Typ 3.2
  - Armaturengruppe 2 (DN x Betriebsüberdruck in bar  $< 20000$ ) mit Prüfzeugnis Typ 3.1

a) Nenndruck (PN)-Wahl in Abhängigkeit eines nur zulässigen Betriebsdruckes wegen „Abfall“ der temperaturabhängigen Material-Streckgrenze

### D.8.2.7 Schweißen, Schweißnähte etc.

Die erforderlich werdende Schweißtechnik ist grundsätzlich von zugelassenen und geprüften Schweißfachkräften (Schweißern) auszuführen. Die Schweißer müssen Schweißzeugnisse über die Prüfungen nach DIN EN 287-1 vorlegen.

Für Schweißarbeiten sind die AD 2000 HPO und TRD 201-Zulassungen sowie der große Eignungsnachweis nach DIN 18800 und Verfahrensprüfungen nach und DIN EN ISO 15614 erforderlich.

Schweißfugenformen (Schweißnahtvorbereitungen) sind gemäß DIN EN ISO 9692 auszuführen mit Beachtung der in (Anlage [A7]) ausgewiesenen:

- Schweißverfahren;
- Schweißzusatzwerkstoffe und
- Schweiß-Schutzgase;

Durch das ausführende Schweißfachunternehmen sollten baubegleitend vorliegen respektive beigestellt werden:

- Schweißerliste und gültiges Schweißerprüfzeugnis;
- gültige Verfahrensprüfung (AD2000 HP2/1; DIN EN ISO 15614)
- Schweißanweisung (WPS).

Zerstörungsfreie Schweißnahtprüfungen sind auf der Grundlage und unter Beachtung der AD 2000 Merkblätter sowie der TRD 201 für Rund-, Kehl- und Stütznähte, anhand der vorgeannten Schweißpläne, mit der kundenseitigen QS-Stelle abzustimmen.

Für Durchstrahlungsprüfungen und Ultraschallprüfung muss nach DIN EN 473 zertifiziertes Personal beigestellt werden.

#### Hinweis

In Abhängigkeit vom Werkstoff und der Nahtform können Prüfumfänge zwischen 10%, 25% und 100% erforderlich werden, mit Empfehlung (wenn nicht verändert festgelegt) für drucktragende Rohrleitungsbau- teile der Kategorie II und III gemäß Druckgeräterichtlinie bei mindestens 25% und für austenitische Werkstoffe 100%.

### D.8.3 Berechnungen und Auslegungen von Rohrleitungen

Im Nachfolgenden werden Anregungen über notwendig werdende Berechnungen gegeben. Auf detaillierte physikalische Abhandlungen wurde jedoch verzichtet.

Im Einzelfall sind, unter zu Hilfenahme spezieller Rechenprogramme, nochmals durch den Ausführenden (planungsseitig), exakte Berechnungen auszuführen.

Bei Auslegung und Dimensionierung sind als Grundlage die Standard- und Regelwerke:

- die AD 2000-Merkblätter (mit Fokus auf W4-Rohre; W7-Schrauben, Muttern und W9-Flansche sowie HP100R-Rohrleitungen und HP512R-Prüfungen von Rohrleitungen)
- die TRD (mit Fokus auf die TRDs für Werkstoffe, Herstellung, Berechnung und Prüfung)
- sowie die DINEN 13480, Teil 1 bis Teil 7 (mit Fokus auf Teil 2-Werkstoffe; Teil 3-Konstruktion und Berechnung; Teil 4-Fertigung und Verlegung und Teil 5-Prüfung) planungsseitig zu beachten.

#### D.8.3.1 Berechnung des Rohrlinnendurchmessers

Für die Berechnung legt man für den „ersten“ Rechenansatz eine praxisübliche und durch Erfahrung wirtschaftlich ermittelte Strömungsgeschwindigkeit zugrunde und rechnet den entstehenden Druck- und/oder auch den entstehenden Temperaturverlust nach. Die Verluste müssen sich dabei in zulässigen Grenzen halten (Vorgabe durch den Betreiber respektive Kunden der Anlage).

Als Richtwerte für die zu wählende Strömungsgeschwindigkeiten werden die nachfolgend tabellarisch ausgewiesenen Werte empfohlen.



Abb. D.8.3.1-1 Richtwerte Strömungsgeschwindigkeiten (w):

Art der Leitung	Druckbereich P (bar)*	Durchflussgeschwindigkeit w (m/s)
Dampfleitungen:		
Nassdampf	≤ 10	10 - 20
Sattdampf	≤ 1	10 - 15
	> 1 bis ≤ 5	15 - 25
	> 5 bis ≤ 10	25 - 35
	> 10 bis ≤ 40	35 - 40
	> 40 bis ≤ 100	40 bis ≤ 60
überhitzter Dampf: wie unter Sattdampf, jedoch mit Wahl der jeweils ‚höheren‘ Geschwindigkeit		
Sicherheitsventil-Ausblaseleitungen und Anfahleitungen (auch Entlüftungsleitung Mischkühler) <sup>a)</sup>	gegen atmosphärischen Druck	≤ 70
Brüden- und Abdampfleitungen, Entspannungsdampf in Kondensatleitungen (offenes System)	gegen atmosphärischen Druck	10 - 25
Ferndampfleitungen	< 40	≤ 20
Wasserleitungen:		
Kondensatleitungen	Saugleitung	≥ 0,5 bis ≤ 1
	Druckleitung	≥ 1 bis ≤ 3
Speisewasserleitungen	Saugleitung	≥ 0,5 bis ≤ 1
	Druckleitung	≥ 2 bis ≤ 3,5
Kessellauge- und Abschlammlleitung (ohne Entspannungsdampf)		≥ 1 bis ≤ 2
Kessellauge- und Abschlammlleitung (mit Entspannungsdampf)	≤ 1	10 - 15
	> 1 bis ≤ 5	15 - 20
Trink- und Brauchwasserleitungen		≥ 1 bis ≤ 2
Kühlwasser	Saugleitung	≥ 0,5 bis ≤ 1,5
	Druckleitung	≥ 1,0 bis ≤ 3,5
Sonstige Leitungen und Kanäle:		
Druckluftleitungen		≥ 10 bis ≤ 20
Erdgasleitungen	bis ≤ 0,05	≥ 3 bis ≤ 8
	> 0,05 bis ≤ 1	≥ 5 bis ≤ 10
	> 1 bis ≤ 6	> 10 bis ≤ 25
Heizölleitungen	Saugleitung	≥ 0,2 bis ≤ 1
	Druckleitung	≥ 0,5 bis ≤ 1,5
Verbrennungsluftkanäle	Saugleitung	≥ 8 bis ≤ 20
	Druckleitung	≥ 15 bis ≤ 30
Abgaskanäle	bis Anschluss Kamin	≥ 8 bis ≤ 15

### Anmerkung

Mit Bezug auf die im Aufstellungsraum der Dampferzeugeranlage zu erwartenden nur „kurzen“ Leitungslängen könnten hier Strömungsgeschwindigkeiten, nahe der angegebenen Obergrenzen, gewählt werden.

<sup>a)</sup> Für die Entlüftungsleitung des Mischkühlers können, wegen der nur kurzzeitigen Belastung aus der Kesselabschlammung, Strömungsgeschwindigkeiten gemäß Angabe gewählt werden.

\* Bei den in diesem Buch erwähnten Drücken handelt es sich ausschließlich um Überdrücke, außer es ist explizit darauf hingewiesen.

## D.8 Rohrleitungsanlage

### D.8.3.2 Durchfluss in Rohrleitungen, Berechnung des Rohrinne-durchmessers

Im Folgenden werden Berechnungsgleichungen zur Ermittlung von Volumenstrom, Massenstrom, Durchflussgeschwindigkeit und Rohrinne-durchmesser zusammengestellt.

Aus der allgemeinen Berechnungsgleichung für den Volumenstrom  $\dot{V} = w \times A$ , mit  $A$  – dem Durchflussquerschnitt in (m<sup>2</sup>) ermitteln sich wie folgt:

Volumenstrom

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{d_i^2 \times \pi}{4} \times w \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Massenstrom

$$\dot{m} = \frac{d_i^2 \times \pi}{4} \times \rho \times w = \rho \times \dot{V} \quad [\text{kg}/\text{s}]$$

Durchflussgeschwindigkeit

$$w = \frac{4\dot{V}}{d_i^2 \times \pi} = \frac{4\dot{m}}{d_i^2 \times \pi \times \rho} \quad [\text{m}/\text{s}]$$

Rohrinne-durchmesser

$$d_i = 2 \times \sqrt{\frac{\dot{V}}{\pi \times w}} = 2 \times \sqrt{\frac{\dot{m}}{\pi \times \rho \times w}} \quad [\text{m}]$$

mit den Berechnungsgrößen für:

- $w$  Durchflussgeschwindigkeit (siehe Richtwerte aus Tabelle unter D.8.3.1, Abb. D.8.3.1-1)
- $\rho$  Dichte-Medium in (kg/m<sup>3</sup>) ( $\rho = 1/v$ )
- $v$  spez. Volumen-Medium in [m<sup>3</sup>/kg] = mit  $\rho=1/v$

### Hinweise zu 1

Berechnung auf den Betriebszustand erfolgte in Anlehnung an die Berechnungsgleichung für die Umrechnung eines Luft- oder Gasstromes vom Normzustand auf den Betriebszustand mit:

$$\dot{V} (\text{m}^3) = \dot{V}_{0(\text{Nm}^3)} \times \frac{1,013}{1,013 + p} \times \frac{273 + T}{273} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

und/oder die Dichte direkt mit:

$$\rho (\text{kg}/\text{m}^3) = \rho_{0(\text{kg}/\text{Nm}^3)} \times \frac{273 \times (1,013 + p)}{273 + T} \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$$

jedoch je bei Vernachlässigung der „Betriebrücke“ ( $p$  in bar)

#### Hinweis

$\rho$ ,  $v$  (siehe unter [Tb. 2]) für Dampf und Wasser und den Stoffwerten für Luft, Rauchgas, Erdgas, Heizöl gemäß Übersicht (näherungsweise) Abb. D.8.3.2-1.

Abb. D.8.3.2-1 Übersicht Dichte (kg/m<sup>3</sup>) unterschiedlicher Medien

Medium	$\rho$ [T = (15°C) 20°C]	$\rho$ [T = 50°C]	$\rho$ [T = 100°C]	$\rho$ [T = 0°C (Normzustand)]
Luft <sup>1</sup>	1,207	1,095	0,948	1,293
Rauchgas <sup>1</sup>	1,251	1,135	0,983	1,34
Erdgas <sup>1</sup>	(E) 0,732	--	--	0,784
	(LL) 0,774			0,829
Heizöl <sup>1</sup>	(EL) (840)	815	--	--
	(S) (960)	940	910	--

**Rechenbeispiel 1 – Dampfleitung**

- Sattdampf-Frischdampfmenge  
 $\dot{m}_{FD} = 12000 \text{ kg/h}$
- Sattdampf-Frischdampfdruck  
 $p_B = 13 \text{ bar}$
- spezifisches Dampfvolumen (aus [Tb. 2])  
 $v''_B = 0,1414 \text{ m}^3/\text{kg}$
- gewählte Strömungsgeschwindigkeit aus Abb. D.8.3.1-1  
 $w \approx 35 \text{ m/s}$

erforderlicher Rohrrinnendurchmesser:

$$d_i = 2 \times \sqrt{\frac{\dot{V}}{\pi \times w}}$$

$$= 2 \times \sqrt{\frac{12000 \text{ kg/h} \cdot 0,1414 \text{ m}^3/\text{kg}}{\pi \times 35 \text{ m/s}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}} = 0,1309 \text{ m}$$

- gewählt: DN 125 gemäß DINEN 10216-2
- bei Normalwanddicke  $s = 4,0 \text{ mm}$
- Außendurchmesser  $d_a = 139,7 \text{ mm}$
- Innendurchmesser  $d_i = 131,7 \text{ mm}$

$$w_{\text{vorh}} = \frac{4 \times 12000 \text{ kg/h} \times 0,1414 \text{ m}^3/\text{kg} \times 1 \text{ h}}{(0,1317 \text{ m})^2 \times \pi \times 3600 \text{ s}} \text{ [m/s]}$$

damit ergibt sich eine maximale Strömungsgeschwindigkeit ( $w_{\text{vorh}}$ ) von  $34,62 \text{ m/s} < w_{\text{gewählt}}$ .

**Rechenbeispiel 2 – Erdgasleitung**

Sattdampfparameter, wie im 1. Berechnungsbeispiel und zusätzlich:

- Sattdampf-Enthalpie (aus [Tb. 2])  $= 0,7744 \text{ kWh/kg}$
- Speisewasser-Enthalpie (aus [Tb. 2])  
(Annahme Speisewassertemperaturen  $T_{\text{spw}} \approx 104 \text{ }^\circ\text{C}$ )  $= 0,1213 \text{ kWh/kg}$
- Wirkungsgrad-Dampferzeuger  $\eta_{\text{K(M)}}$   
mit ECO-Typ 200 (aus Datenblatt Vitomax 200-HS)  $\approx 94,6 \%$
- untere Heizwert  $H_i$ -Erdgas  $= 10,35 \text{ kWh/Nm}^3$

- Brennstoffbedarf  $\dot{B}_B$  (siehe unter D.4.3.1) aus:

$$\dot{B}_B \approx \frac{12000 \text{ kg/h} \times (0,7744 \text{ kWh/kg} - 0,1213 \text{ kWh/kg}) \times 100}{10,35 \text{ kWh/Nm}^3 \cdot 94,6 \%} \approx 800,44 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

- Erdgasfließdruck (Annahme)  $\approx 4,0 \text{ bar}$
- Umrechnung Brennstoffbedarf ( $\dot{B}_B$ ) in Betriebszustand ( $\dot{B}_B^*$ ) mit Bezug auf  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  Umgebungstemperatur

$$\dot{B}_B^* \approx 800,44 \times \frac{1,013}{1,013 + 4,0} \times \frac{273 + 20}{273} \approx 173,59 \text{ m}^3/\text{h}$$

- gewählte Strömungsgeschwindigkeit aus Abb. D.8.3.1-1  $\approx 17 \text{ m/s}$
- erforderlicher Rohrrinnendurchmesser:

$$d_i = 2 \times \sqrt{\frac{173,59 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \times 3600 \text{ s/h} \times 17 \text{ m/s}}} = 0,0601 \text{ m}$$

- gewählt DN 65 gemäß DINEN 10216-2

- bei Normalwanddicke  $s = 2,9 \text{ mm}$
- Außendurchmesser  $d_a = 76,1 \text{ mm}$
- Innendurchmesser  $d_i = 70,3 \text{ mm}$

$$w_{\text{vorh}} = \frac{4 \times 173,59 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \times 0,0703^2 \text{ m}^2 \times 3600 \text{ s/h}} = 12,43 \text{ m/s}$$

damit vorhandene Strömungsgeschwindigkeit  $w_{\text{vorh}} < w_{\text{gewählt}}$ .

### D.8.3.3 Druckverluste

Der Druckverlust in einer Rohrleitung ergibt sich aus der Summe der Einzelverluste aller Rohrleitungsbestandteile, wie Rohre, Formstücke, Armaturen, Querschnittveränderungen und sonstigen Einbauten. Bei gasförmigen Medien wäre zusätzlich die Volumenänderung des strömenden Mediums durch Expansion zu berücksichtigen. Für die nachfolgenden ausgewiesenen Ermittlungen wird dieser Parameter, wegen seines geringfügigen Einflusses auf das Ergebnis, vernachlässigt. Von daher werden hier die Berechnungen der Druckverluste für Flüssigkeiten und Gase gleichgesetzt.

Hat eine Rohrleitung verschiedene Durchmesser (Querschnittsänderungen) wären entsprechend abschnittsweise die zugehörigen Druckverluste zu ermitteln.

Nach [L8] und [L9] ermitteln sich die zu erwartenden „Gesamtdruckverluste“  $\Delta p_{\text{ges}}$  aus:

$$\Delta p_{\text{ges}} = \frac{\rho}{2} \times w^2 \left( \lambda_R \frac{L}{d_i} + \sum \zeta_E \right) \times \frac{1}{10^5} \text{ [bar]}$$

mit den einzelnen Berechnungsgrößen für:

$\sum \zeta_E$  - Summe aller Einzelwiderstände<sup>a)</sup> dimensionslos (siehe unter (Tb. 4)) und/oder [L5/L9]

L - Rohrleitungslänge in [m]

$d_i$  - Rohrinne Durchmesser in [m]

$\rho$  = 1/v (Dichte Medium siehe unter D.8.3.2) in [kg/m<sup>3</sup>]

w - gewählte und/oder vorhandene Strömungsgeschwindigkeit [ $w_{\text{vorh}}$ ] (siehe unter D.8.3.1 und/oder D.8.3.2) in (m/s)

$\lambda_R$  - Widerstandsbeiwert (Reibungsbeiwert) der Rohrleitung, dimensionslos ermittelt in Abhängigkeit vorhandener Strömungsformen (laminar und/oder turbulent). Die Strömungsform orientiert sich an der dimensionslosen Kenngröße ( $R_e$ ) der sogenannten Reynold'schen Zahl ermittelt aus:

$$R_e = \frac{w \times d_i(d_g)}{v} = \frac{\rho \times w \times d_i}{\eta} \text{ [-]}$$

und

v - der kinematischen Viskosität (Zähigkeit) des Mediums in [m<sup>2</sup>/s] und/oder

$\eta$  - der dynamischen Viskosität (Zähigkeit) aus

$$\eta = v \times \rho \text{ in } \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}} = \text{Pa} \times \text{s} = \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \right]$$

(siehe nachfolgende tabellarische Übersicht einiger ausgewählter Medien)

sowie

$d_i$  - dem Rohrinne Durchmesser in [m] und/oder

dgl - dem gleichwertigen Durchmesser bei eckigem Querschnitt in [m] (siehe Ausführungen unter D. 3.4-B)

und damit der Widerstandsbeiwert -  $\lambda_R$  aus den Berechnungsgleichungen für

Laminare Strömung

$$R_e \leq 2300$$

$$\lambda_R^{b)} = 64 / R_e \text{ [-]}$$

Turbulente Strömung – Annahme „Glattes Rohr“ für Bereiche  $R_e \leq 105$ ;

$$\lambda_R^{b)} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{R_e}} \text{ [-]}$$

Turbulente Strömung – Annahme „Glattes Rohr“ für Bereiche  $R_e \geq 105$  bis  $\leq 108$ ;

$$\lambda_R^{b)} = 0,0032 + \frac{0,221}{R_e^{0,237}} \text{ [-]}$$

und

für das „vollkommen raues Rohr“:

$$\lambda_R^{c)} = \frac{1}{(2 \lg x \frac{k_R}{d_i} - 1,14)^2} \text{ [-]}$$

<sup>a)</sup> Spezifische Angaben durch den jeweiligen Armaturenhersteller wären hier ggf. zusätzlich zu beachten

<sup>b)</sup>  $\lambda_R$  - hängt nur von der Kennzahl  $R_e$  ab

<sup>c)</sup>  $\lambda_R$  - hängt nur von der relativen Rauigkeit -  $k_R/d_i$  ab

Mit hier anzunehmenden Wandrauigkeiten ( $k_R$ )  
gemäß Tabelle:

Abb. D.8.3.3-1 Wandrauigkeiten								
Werkstoff- zustand	Stahlrohre (neu)	Stahlrohre (angerostet)	Gusseisen- rohre (neu)	Gusseisenrohre (angerost.)	Beton (glatt)	Beton (roh)	Blechkanäle (gefalzt)	PVC-/PE- Rohre
$k_R$ (mm)	0,04 - 0,1	0,4 - 0,6	0,5 - 1,0	1,0 - 1,5	0,3 - 0,8	1,0 - 3,0	0,15	0,007

siehe auch Angaben unter  
Kap.G [Tb. 3]

### Hinweise

1. Aus beiliegendem Diagramm Kap.G [Tb.3.1]  
lassen sich Werte für  $\lambda_R$  in Abhängigkeit von  
der Kennzahl  $Re$  und dem Quotienten  $di/k_R$   
zuverlässig ermitteln;

2. Für Überschlagsrechnungen kann als Schätz-  
wert  $\lambda_R \approx 0,02$  bis  $0,04$  hinreichend genau  
gewählt werden.

Ebenso hinreichend genau könnten für  
die Ermittlung von Druckverlusten in der ge-  
raden Rohrleitung für die Medien Dampf und  
Wasser die beiliegenden Diagramme unter  
[Tb. 4; 4.1] zusätzlich hilfreich sein.

<sup>d</sup> Im Diagramm unter Kap. G; Tb.4.0  
wurden  $\lambda_R$ -Werte von  $0,0206$  (nach  
Eberle) zum Ansatz gebracht und  
beinhalten von daher gegenüber  
den aufgezeigten Berechnungen  
entsprechende Reserven.

## D.8 Rohrleitungsanlage

Übersichten kinematische Viskosität ( $\nu$ ) ausgewählter Medien [L9] [L11]

Abb. D.8.3.3-2 Sattedampf

$t_s$ (°C)	100	120	150	180	200	230	250	280	300
$\nu$ (m <sup>2</sup> /s) · 10 <sup>-6</sup>	20,013	11,463	5,469	2,929	2,033	1,241	0,913	0,6	0,461

Anmerkung für Überhitzer Dampf siehe Grafik nach Timroth; hinreichend genau können auch hier die Werte für Sattedampf gewählt werden.

Abb. D.8.3.3-3 Überhitzer Dampf – Grafik nach Timroth

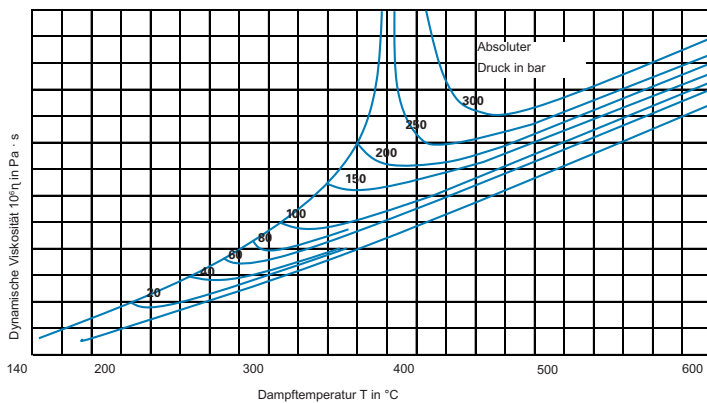


Abb. D.8.3.3-4 Heizöl – Luft – Wasser – Abgas

T (°C)	20	50	100	
Öl	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-6</sup>	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-6</sup>	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-6</sup>	
Heizöl (S)	1520	300	30	
Heizöl (EL)	5,0	2,6	/	
<b>Luft<sup>a)</sup></b>				
bei 1,013 bar absolut	15,11	17,94	23,06	
bei 5 bar absolut	3,105	3,657	4,712	
Wasser	1,004	0,553	0,295	
<b>Abgas<sup>b)</sup></b>				
T <sub>ABG</sub> (°C)	100	200	300	400
$\nu$ (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-6</sup>	20	32	46	59

Beispielrechnung 1 - Druckverlust-Dampfleitung ( $\Delta p_R$ )

Werte entsprechend D.8.3.2 (zu 1).  
Berechnungsbeispiel) sowie zusätzlich

■ Dampfdichte

$$\rho'' = \frac{1}{\nu''} = \frac{1 \text{ kg}}{0,1414 \text{ m}^3} = 7,072 \text{ kg/m}^3$$

Rohrinnendurchmesser  $d_i = 0,1317 \text{ m}$

vorhandene Strömungsgeschwindigkeit  
 $w_{\text{vorh.}} = 34,62 \text{ m/s}$

Leitungslänge (Annahme)  $L = 20 \text{ m}$

Sattedampftemperatur ( $T_s$  aus Tb. 2)  $\approx 195 \text{ °C}$

Viskosität bei  
 $T_s$  (approximiert)  $\approx 2,257 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Reynoldssche Zahl  $R_e$

$$R_e = \frac{34,62 \text{ m/s} \times 0,1317 \text{ m}}{2,257 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 2,02 \times 10^6 > 10^5 \text{ [-]}$$

Widerstandsbeiwert für das „glatte Rohr“

$$\lambda_R = 0,0032 + \frac{0,221}{(2,02 \cdot 10^6)^{0,237}}$$

$$= 0,0032 + \frac{0,221}{31,215} = 0,0103 \text{ [-]}$$

daraus ergibt sich

$$\Delta p_R = \frac{7,072 \text{ kg/m}^3}{2} \times (34,62 \text{ m/s})^2 \times \left(0,0103 \times \frac{20 \text{ m}}{0,1317 \text{ m}}\right) \times \frac{1}{10^5}$$

$$= 0,0663 \text{ bar beziehungsweise } 0,003315 \text{ bar/m}$$

Praxisüblich und akzeptabel können Druckverluste von  $\Delta p_R \approx 0,003 \text{ bar/m}$  Rohrleitung angesetzt werden.

<sup>a)</sup> näherungsweise auch für Erdgas

<sup>b)</sup> (Quelle Weishaupt) bei Verbrennung von Heizöl und einem Luftüberschuss ( $\lambda_L$ ) zwischen 1,1 bis 1,2



**Bsp 2 - Druckverlust-Speisewasserausleitung ( $\Delta p_{R/S}$ )**

Speisewasserausleitung:

Speisewassermenge  $m_{spw} = 12000 \text{ kg/h}$ Speisewassertemperatur  $T_{spw} = 104 \text{ °C}$ Speisewasserdichte (gemäß [Tb. 2])  
 $\rho_{spw} = 955 \text{ kg/m}^3$ Durchflussgeschwindigkeit gewählt (siehe  
Richtwerte aus Tabelle unter D.8.3.1)

$$w = 1,0 \text{ m/s}$$

Leitungslänge (Annahme)  $L = 1 \text{ m}$ 

Rohrinnendurchmesser erforderlich

$$d_{\text{erf}} = 2 \times \sqrt{\frac{12000 \text{ kg/h} \times s \times h}{\pi \times 955 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 3600 \text{ s}}} = 0,0668 \text{ m}$$

gewählt: DN 65 gemäß DIN-EN 10216-2

bei Normalwanddicke  $s = 2,9 \text{ mm}$ Außendurchmesser  $d_a = 76,1 \text{ mm}$ Innendurchmesser  $d_i = 70,3 \text{ mm}$ damit ergibt sich eine vorhandene  
Strömungsgeschwindigkeit von

$$w_{\text{vorh}} = \frac{4 \times 12000 \text{ kg/h} \times h}{0,0703^2 \text{ m}^2 \times 3,14 \times 955 \text{ kg/m}^3 \times 3600 \text{ s}} = 0,89 \text{ m/s}$$

Viskosität bei  $T_{spw} \approx 0,295 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 

Reynoldssche Zahl

$$R_e = \frac{0,89 \text{ m/s} \times 0,0703 \text{ m}}{0,295 \text{ m}^2/\text{s} \times 10^{-6}} = 2,21 \times 10^5 > 10^5 \text{ [-]}$$

Widerstandsbeiwert für das „glatte Rohr“

$$\lambda_R = 0,0032 + \frac{0,221}{(2,12 \times 10^5)^{0,237}}$$

$$= 0,0032 + \frac{0,221}{18,29} = 0,0153 \text{ [-]}$$

$$\Delta p_{R/S} = \frac{922}{2} \times 0,89^2 \times \left( 0,0153 \times \frac{1}{0,0703} \right) \times \frac{1}{10^5}$$

$$= 0,000823 \text{ bar/m}$$

sowie

$$\Delta p_{R/S} = \frac{0,000823 \text{ bar} \times \text{mmWS}}{9,81 \times 10^{-5} \text{ bar} \times \text{m}} = 8,39 \text{ mmWS/m}$$

**Forts. - Druckverlust-Speisewasserausleitung ( $\Delta p_{R/S}$ )**Praxisüblich und akzeptabel könnten Druckverluste  
von  $\Delta p_{R/S} \approx 10$  bis 20 mmWS pro Meter Rohrleitung  
empfohlen werden.

Mit den weiteren Annahmen für:

Saugleitungslänge – gesamt  $L_{\text{ges}} = 5 \text{ m}$ 

Einzelwiderstand-Filter (1 Stück) (sauber)

$$\zeta_F \approx 3,0$$

Einzelwiderstand-Armaturen (2 Stück)

$$\zeta_A \approx 2 \times 3,7 = 7,4$$

Einzelwiderstand-90°-Bogen (3 Stück)

$$\zeta_B \approx 3 \times 0,2 = 0,6$$

Summe Einzelwiderstände:

$$\Sigma \zeta_E = 3,0 + 7,4 + 0,6 = 11$$

Gesamtdruckverlust Saugleitung

 $\Delta p_{\text{ges/s}} =$ 

$$0,000823 \text{ bar/m} \times 5 \text{ m} + 11 \times \frac{955 \text{ kg/m}^3}{2} \times (0,89 \text{ m/s})^2 \times \frac{1}{10^5}$$

$$= 0,004115 + 0,0416 = 0,04572 \text{ bar}$$

sowie

$$\Delta p_{\text{ges/s}} = \frac{0,04572 \text{ bar} \times \text{mmWS}}{9,81 \times 10^{-5} \text{ bar}} = 466 \text{ mmWS}$$

**Hinweis**Mit Blick auf die  
Ausführungen unter  
Abschnitt D.6.1 wird eine  
Dimensionierung der  
Saugleitung für Werte  
 $\Delta p_{\text{ges/s}} \leq 500 \text{ mmWS}$   
empfohlen.

### D.8.3.4 Wärme- und Temperaturverluste

Wärmeverluste können durch Ableitung, Konvektion und Abstrahlung entstehen. Häufig treten zwei oder alle drei Arten als Wärmeübergang gemeinsam auf.

Wärmeleitung, Wärmekonvektion und -strahlung sind verschiedene Vorgänge und unterliegen verschiedenen physikalischen Gesetzgebungen auf die im Folgenden nicht näher eingegangen werden soll.

Der Wärmeschutz hat die Aufgabe diese Verluste möglichst, bei wirtschaftlichem Aufwand, zu verringern. Mit Bezug und Beachtung nachfolgend ausgewiesener Standards und Richtlinien wären hier Verluste von  $\leq 100 \text{ W/m}^2$  Oberfläche und Einhaltung mittlerer Wärmeleit-zahlen (siehe Abb. D.8.3.4-1) sicherzustellen.

In den beiliegenden Tabellen (siehe Anlage [A2]) wurden Anhaltswerte für wirtschaftliche Wärmedämmungen von Rohrleitungen und von Berührungsschutzdämmungen hinreichend genau zum Ansatz gebracht. Sofern verfahrenstechnische Belange es erfordern, sind die Dämmdicken unabhängig von wirtschaftlichen Grundsätzen rechnerisch zu ermitteln.

#### Hinweise zu

- A) Berührungsschutzisolierung  
Berührungsschutz wird empfohlen, wo bei normaler Arbeitstemperatur die Oberflächentemperatur von Objekten  $> 60 \text{ }^\circ\text{C}$  „zeitweilig“ auftreten kann, zum Beispiel Ausblaseleitungen und die Objekte partiell zur Begehung bestimmter Flächen (Bühnen, Laufstege et cetera) zugänglich sind. In Einzelfällen kann anstelle der Wärmeisolierung eine Lochblechummantelung (ohne Dämmstoff) vorgesehen werden, zum Beispiel Entwässerungen, Entlüftungen oder als großflächiger Berührungsschutz an Dampferzeugerbauteilen et cetera in Bereichen der Zugänglichkeit.
- B) Kälteisolierung beziehungsweise Isolierung zur Verhütung von Tauwasserbildung  
Eine Auslegung der Isolierung erfolgt hier nach den Kriterien zur Vermeidung der Tauwasserbildung an „kaltgehenden“ Rohrleitungssystemen (zum Beispiel Roh- und Weichwasserleitungen). Die spezifischen Umgebungsbedingungen wären hier anlagenbezogen entsprechend zu beachten. Anhaltswerte können aus nachfolgender Tabelle hierfür hinreichend genau gemäß Anlage [L10] zum Ansatz gebracht werden: siehe Abb. D.8.3.4-3.
- C) Feuchtigkeitsschutz  
Die Isoliermaterialien sind durch geeignete Maßnahmen gegen Feuchtigkeit, zum Beispiel Eindringen von Regenwasser, zu schützen. Die Isoliermaterialien sind absolut trocken zu lagern und zu verlegen. Eine Wiederverwendung „feucht“ gewordener Dämmstoffe wird nicht empfohlen. Für Leitungssystem im Freien, zum Beispiel Fernleitungsversorgungssysteme, wird ein zusätzliches Installieren von geeigneten Überwachungssystemen empfohlen.

Abb. D.8.3.4-1 Wärmeleit-zahlen

Mitteltemperatur in $^\circ\text{C}$	50	100	150	200	250	350
Wärmeleit-zahl (W/mK) für: Mineralfaserschalen	0,04	0,045	0,055	0,065	0,075	0,09
Wärmeleit-zahl (W/mK) für: Mineralfasermatten	0,035	0,039	0,046	0,055	0,066	0,081

Bei „normaler“ Luftbewegung (Windgeschwindigkeiten  $< 5 \text{ m/s}$ ) wird die Einhaltung einer Oberflächentemperatur an der Außenfläche des Blechmantels, nicht größer als 20 K über der Umgebungstemperatur, empfohlen.

Als wesentlichste Grundlagen wären zu beachten:

- DIN 4102-T1 – (Baustoffklasse A1);
- DIN 4140 – Dämmarbeiten an betriebs- und haustechnischen Anlagen, Ausführung von Wärme- und Kälteisolierungen;
- Technische Datenblätter der Arbeitsgemeinschaft Industriebau e. V. (AGI-Arbeitsblätter);
- VDI-Richtlinie 2055 – Wärme- und Kälteschutz für betriebs- und haustechnische Anlagen;
- EnEV – Energieeinsparverordnung (Mindestanforderungen gemäß §12)

D) Wärmeverlust- und Temperaturabfall in „heißgehenden“ Rohrleitungen  
 Mit Bezug auf die Ausführungen unter [L5] und [L10] lassen sich die sich einstellenden Verlustgrößen vereinfacht wie folgt ermitteln:

**Wärmeverlust**

$$\dot{Q}_{VR} = \frac{\pi \times (T_M - T_U) \times L_R}{\frac{1}{2 \lambda} \ln \frac{D_a}{D_i} + \frac{1}{\alpha_a \times D_a}} \quad [W]$$

Mit den Berechnungsgrößen für:

- Medientemperatur -  $T_M$  [°C]
- Umgebungstemperatur -  $T_U$  [°C]
- Wärmeleitzahl-Dämmmaterial -  $\lambda$  [W/mK] (mit Bezug auf  $T_M$ )
- Außen-/Innendurchmesser der Isolierung  $D_o/D_i$  in [m]
- Wärmeübergangskoeffizient an der Isolieroberfläche -  $\alpha_a$  in [W/m²K] mit Anhaltswerten für -  $\alpha_a$ :

**Abb. D.8.3.4-2 Wärmedurchgangskoeffizient**

senkrechte Rohrleitungen im Gebäude	$\alpha_a \approx 5,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
waagerechte Rohrleitungen im Gebäude bei $D_a \leq 1000 \text{ mm}$	$\alpha_a \approx 3,5 \text{ bis } 5,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Rohrleitungen im Freien bis $D_a \leq 700 \text{ mm}$	$\alpha_a \approx 20 \text{ bis } 40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Temperaturabfall ( $\Delta T_M$ )  
 allgemein gilt mit Bezug auf das strömende Medium (in  $\dot{m}_M$ ):

$$\dot{Q}_{VR} = \dot{m}_M \times c_{pM} \times \Delta T_M \quad (W)$$

beziehungsweise

$$\Delta T_M = \dot{Q}_{VR} / (\dot{m}_M \times c_{pM})$$

Mit den Berechnungsgrößen für:

- Wärmeverlust  $\dot{Q}_{VR}$  – in [W und/oder W/m]
- Massenstrom Medium –  $\dot{m}_M$  in [kg/s]
- spezifische Wärmekapazität –  $c_{pM}$  des strömenden Mediums bei konstantem Druck in [Ws/kg K] mit:  
 $c_{pWasser} \approx 4200 \text{ Ws/kgK}$  und  
 $c_{pDampf}$  - [Tb. 2] Diagramm für Satttdampf und [Tb. 2.3] Diagramm für überhitzten Dampf

**Berechnungsbeispiel**

Mit den Daten gemäß 1. Berechnungsbeispiel – Dampfleitung, wie unter D.8.3.2:

- Dampfmenge  $\dot{m}_M = 12000 \text{ kg/h} \approx 3,33 \text{ kg/s}$
- Dampftemperatur  $T_M = 195 \text{ °C}$
- Umgebungstemperatur  $T_U$  (Annahme) =  $20 \text{ °C}$
- Länge Rohrleitung  $L_R$  (Annahme) =  $1 \text{ m}$
- Innendurchmesser – Isolierung  $D_i = 139,7 \text{ mm}$  (Außendurchmesser der Rohrleitung)
- Außendurchmesser – Isolierung  $D_a = 279,7 \text{ mm}$  (Annahme gemäß gewählter Dämmdicke mit  $70 \text{ mm}$  aus [A5])
- Wärmeleitzahl-Dämmmaterial  $\lambda \approx 0,055 \text{ W/mK}$  (Annahme Mineralfasermatten)
- Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha_a \approx 3,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  (Annahme)

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{VR} &\approx \frac{\pi \times (T_M - T_U) \times L_R}{\frac{1}{2 \lambda} \ln \frac{D_a}{D_i} + \frac{1}{\alpha_a \times D_a}} \\ &= \frac{\pi \times (195 - 20) \times 1}{\frac{1}{2 \times 0,055} \ln \frac{0,2797}{0,1397} + \frac{1}{3,5 \times 0,2797}} = 74,94 \text{ W/m} \end{aligned}$$

sowie mit Bezug auf  $1 \text{ m}^2$  Oberfläche:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{VR} &\approx 74,94 \text{ W/m} \times 1 / (0,2797 \times 3,14 \times \text{m/m}^2) \\ &\approx 85,33 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

und mit der spezifischen Wärmekapazität ( $c_{pM}$  - für Dampf aus [Tb2])  $\approx 2939 \text{ Ws/kgK}$

ergibt sich zu

$$\begin{aligned} \Delta T_M &= \dot{Q}_{VR} / (\dot{m}_M \times c_{pM}) \\ &= 74,94 / (3,33 \times 2939) \text{ W/m kg K s} / (\text{Ws kg m}) \\ &= 0,00766 \text{ K/m} \end{aligned}$$

**Hinweis**

Es ist davon auszugehen, dass Flansche und Armaturen durchgehend wärmege­dämmt ausgeführt sind und von daher wie durchgehende Rohre erfasst werden können. Wärmeverluste, verursacht durch Rohraufhängungen, wären ggf. zusätzlich mit einem Verlustanteil von 15 % (für Innenräume) bis 25 % (für Anordnungen im Freien) zu berücksichtigen. Ausnahme hiervon bilden Armaturen mit elektronischen Messaufnehmern oder Stellorganen. Aufgrund ihrer Wärmeempfindlichkeit dürfen diese Armaturen nicht einisoliert werden, zum Beispiel Dampf­mengenzähler.

**Abb. D.8.3.4-3 Isolierstärke in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchte**

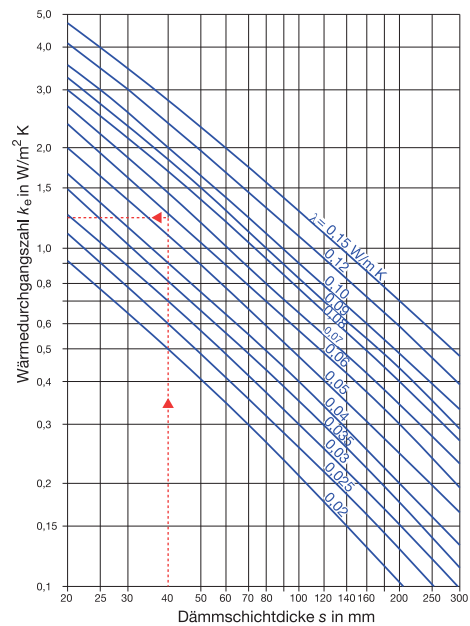
Lufttemperatur (°C)	20	25	30	35	
<b>Taupunkttemperatur (°C):</b>					
<b>Luft bei relativer Luftfeuchte:</b>	80%	16,5	21,4	26,3	31,0
	85%	17,5	22,4	27,3	32,2
	90%	18,5	23,5	28,4	33,3
<b>wirtschaftliche Isolierdicke (in mm):</b>	im Gebäude	40	65	90	110
	außerhalb Gebäude	10	20	25	30

## D.8 Rohrleitungsanlage

### Hinweise

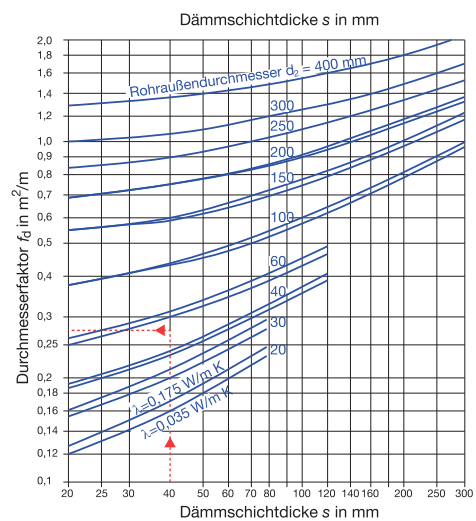
- Flansche und Rohraufhängungen bewirken zusätzlich Wärmeverluste. Gedämmte Flansche werden wie durchgehende Rohre erfasst, während gedämmte Flansche mit Flanschplatten durch einen Zuschlag von 1 m zur Rohrleitungslänge zu berücksichtigen sind. Rohraufhängungen erhöhen die Wärmeverluste in Innenräumen um  $\approx 15\%$ , im Freien um  $\approx 25\%$ .
- Detailrechnungen – siehe unter VDI-Richtlinie 2055
- für den Praktiker jedoch hinreichend wie unter D.8.3.4 ausgeführt.

Abb. D.8.3.4-4 Diagramm für die Ermittlung von: Wärmedurchgangszahl  $k_e$



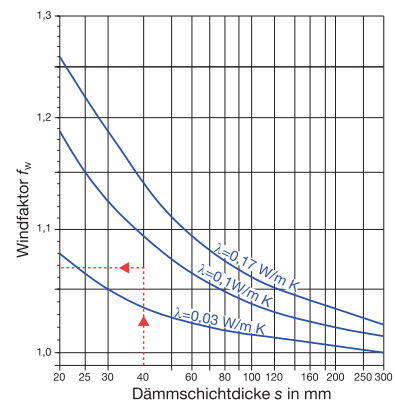
Quelle: GESTRA

Abb. D.8.3.4-5 Diagramm für die Ermittlung von: Durchmesserfaktor  $f_d$



Quelle: GESTRA

Abb. D.8.3.4-6 Diagramm für die Ermittlung von: Windfaktor  $f_w$



Quelle: GESTRA

$\lambda$  - Wärmeleitzahl gemäß Wahl des Isoliermaterials (siehe auch Tabelle Abb. 8.3.4-1)

E) Wärmeverlust- und Temperaturabfall in „heißgehenden“ Rohrleitungen  
 Unter Zuhilfenahme empirischer Berechnungsgleichungen und Auslegungsdigrammen (Quelle Gestra) lassen sich gemäß nachfolgender Berechnungsbeispiele ebenfalls hinreichend genau ermitteln:

- Wärmeverlust ( $\dot{Q}_i$ ) für 1 m Rohrlänge im Gebäude:

$$\dot{Q}_i = k_e \times f_d \times (T_M - T_U) \text{ in [W/m] sowie}$$

- Wärmeverlust ( $Q_i$ ) für 1 m Rohrlänge im Freien:

$$\dot{Q}_i = k_e \times f_d \times f_w \times (T_M - T_U) \text{ in [W/m]}$$

Mit den Berechnungsgrößen für:

Medientemperatur -  $T_M$  (°C)

Umgebungstemperatur -  $T_U$  (°C)

und der Ablesung (siehe Abb. D.8.3.4-4 bis Abb. D.8.3.4-6) für:

Wärmedurchgangskoeffizient -  $k_e$  (W/m<sup>2</sup> K)  
 für ebene Wand

Durchmesser-Korrekturfaktor -  $f_d$  (m<sup>2</sup>/m)

Windfaktor -  $f_w$

#### Berechnungsbeispiel 1

- Dämmschichtdicke  $s = 40$  mm
- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,058$  W/m K
- Außendurchmesser des Rohres  $d_a = 48,3$  mm
- Temperatur des Mediums  $T_M = 160$  °C
- Temperatur der Umgebung  $T_U = 20$  °C
- Ablesung:  $k_e = 1,25$  W/m<sup>2</sup> K
- $f_d = 0,27$  m<sup>2</sup>/m
- $f_w = 1,068$

Ergebnis im Inneren:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_i &= k_e \times f_d \times (T_M - T_U) \\ &= 1,25 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 0,27 \text{ m}^2/\text{m} \times (160 - 20) \text{ °C} \\ &= 47,3 \text{ W/m} \end{aligned}$$

Ergebnis im Freien:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_i &= k_e \times f_d \times f_w \times (T_M - T_U) \\ &= 1,25 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 0,27 \text{ m}^2/\text{m} \times 1,068 \times (160 - 20) \text{ °C} \\ &= 50,5 \text{ W/m} \end{aligned}$$

## D.8 Rohrleitungsanlage

Temperaturabfall ( $\Delta T_M$ ) in „heißgehenden“  
Rohrleitungen (wasserführend):

allgemein gilt:

$$\Delta T_M = \dot{Q}_{\text{if}} / (c_{pW} \times \dot{m}_W) \text{ [K/m]}$$

Mit den Berechnungsgrößen für:

- Wärmeverlust -  $\dot{Q}_i$  und/oder  $\dot{Q}_f$  - [W/m]  
siehe Berechnungsbeispiel 1 unter E)
- spezifische Wärmekapazität - [Ws/kg K]  
 $c_{pW} \approx 4200 \text{ Ws/kg K}$  und
- Massenstrom-Wasser-  $\dot{m}_W$  [kg/s]

Temperaturabfall  $\Delta T_D$  in „heißgehenden“  
Rohrleitungen (dampf führend):

wie unter – wasserführend – jedoch unter Zu-  
hilfenahme und Ablesung aus Abb. D.8.3.4-5

### Berechnungsbeispiel 2

Dampf Temperatur = 220 °C

Dampfdruck = 10 bar (abs)

Dampf-Massenstrom =  $30 \times 10^3 \text{ kg/h}$

Wärmeverlust  $\dot{Q}_i$

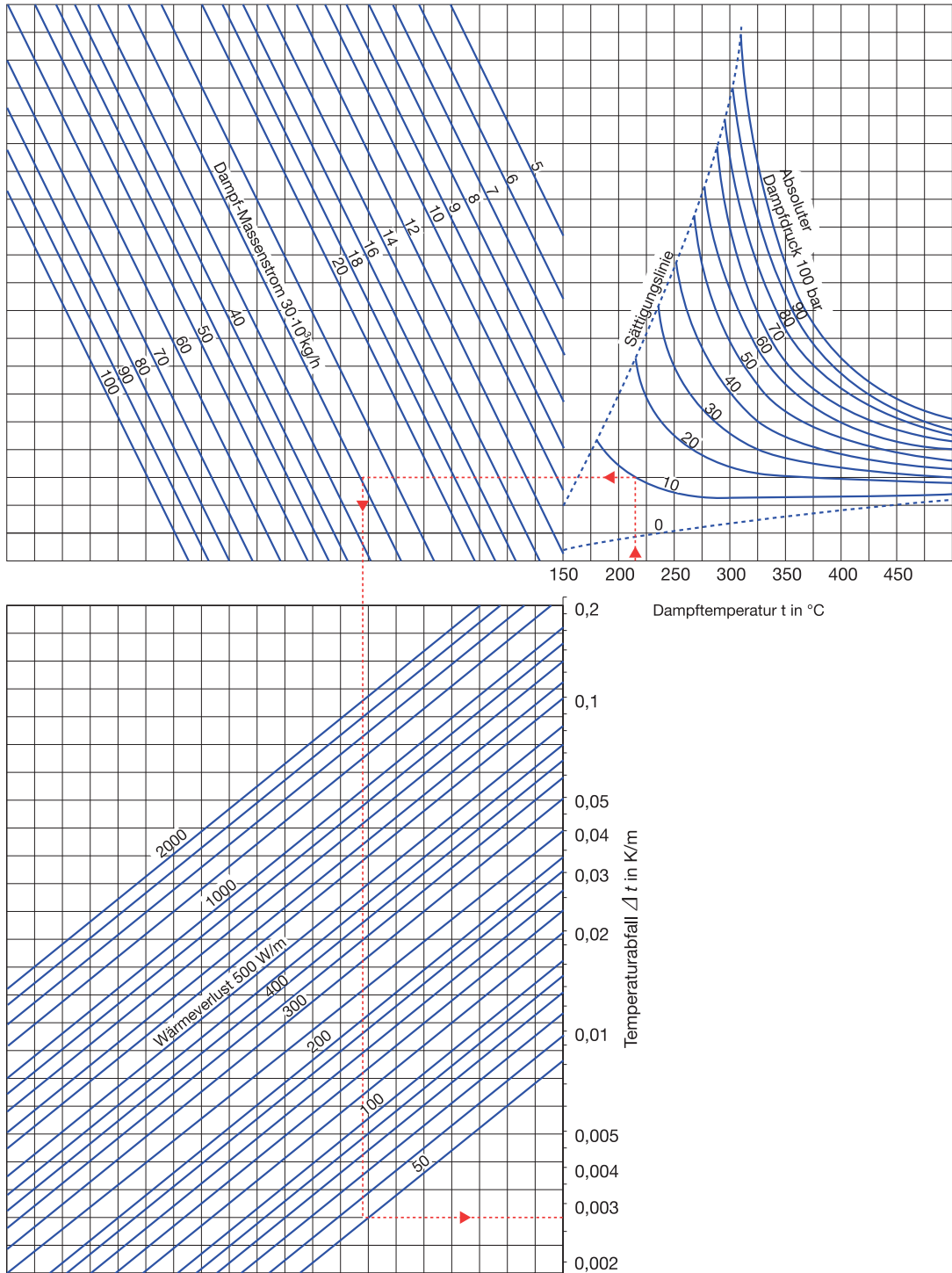
(siehe Berechnungsbeispiel 1) = 50,5 W/m

Ergebnis aus Abb. D.8.3.4-5

$\Delta T_D \approx 0,0028 \text{ K/m}$



Abb. D.8.3.4-5 Diagramm für die Ermittlung Temperaturabfall in Abhängigkeit von: Dampftemperatur, Dampfdruck und Dampf-Massenstrom



### D.8.4 Festigkeit - Dehnung - Stützweiten - Abstände - Verlegungen/ Lagerungen

Einleitend zum Abschnitt D.8.3 wurden die wesentlich zutreffenden und planungsseitig zu beachtenden Berechnungs- und Dimensionierungsgrundlagen aufgezeigt.

Die durch eine Rohrleitung strömenden Stoffe beanspruchen die Rohrwand durch Über- oder Unterdruck. Bei warmgehenden Rohrleitungen kommen Wärmespannungen hinzu, die durch das auftretende Temperaturgefälle in der Rohrwand bedingt sind.

Beim An- und Abfahren, insbesondere „dickwandige“ Rohre, kommt diesem Temperaturgefälle besondere Bedeutung zu.

Weitere Belastungen treten auf durch verhinderte Längenänderung der Rohrsysteme zwischen den Festpunkten und Zwangsführungen infolge Durchbiegung zwischen den einzelnen Unterstützungen.

### A) Festigkeit

Zwecks Sicherstellung einer „ausreichenden“ Rohrwanddicke sind die Rohre, mit Bezug auf das benannte Standard- und Regelwerk, für die auftretenden Betriebszustände (ruhende Beanspruchungen bis 120 °C und/oder > 120 °C sowie für schwelende Beanspruchungen) ausreichend zu dimensionieren.

Die letztlich gewählte respektive auszuführende Rohrwanddicke ( $s_{\text{gewählt}}$ ) muss die Bedingungen:  $s_{\text{gewählt}} \geq S_v + C_1 + C_2$  erfüllen.

Hierbei ist:

- $S_v$  - die rechnerisch erforderliche Wanddicke
- $C_1$  - Zuschlag zur Berücksichtigung der zulässigen Wanddickenunterschreitung
- $C_2$  - Zuschlag für Korrosion und Abnutzung

**B) Dehnung**

Rohrleitungen für „heißgehende“ Durchflussmedien erfahren im Betrieb eine Längenänderung ( $\Delta L$ ).

Ermittelt aus  $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T$  in [mm] mit

- $L_0$  - geradliniger Rohrabstand zwischen zwei Fixpunkten im System in [m]
- $\alpha$  - Ausdehnungszahl für Eisenwerkstoffe  $\alpha \approx 12 \times 10^{-6}$  [m/mK]
- $\Delta T$  - Temperaturerhöhung [K]  
zum Beispiel:  
 $\Delta T = (120 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) = 100 \text{ K}$   
 $L_0 = 1 \text{ m}$   
 $\Delta L = 1 \text{ m} \times 12 \times 10^{-6} \text{ m/mK} \times 100 \text{ K}$   
 $= 1,2 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,2 \text{ mm/m}$

Um hier unzulässig hohe Kräfte an den Fixpunkten zu vermeiden, sind entsprechend geeignete Dehnungsausgleicher vorzuhalten. Durch Vorspannung der Leitung kann man die während des Betriebs durch Wärmedehnung hervorgerufenen Spannungen kompensieren. Wo dies auf natürlichem Wege nicht möglich ist, sind entsprechende Dehnungsausgleicher (Kompensatoren) in Form von Rohrschenkel- und U-Bogenausgleich, Lyra-Bogen, Axial-, Gelenkkompensatoren und Rohrgelenke auszuführen.

Eine exakte Ermittlung auftretender Reaktionskräfte an den jeweiligen Fixpunkten der Leitung ist ‚schwierig‘ und sollte unter Zuhilfenahme praxisüblicher Rechenprogramme, zum Beispiel Rechenprogramme „ROHR-2“, durchgeführt werden.

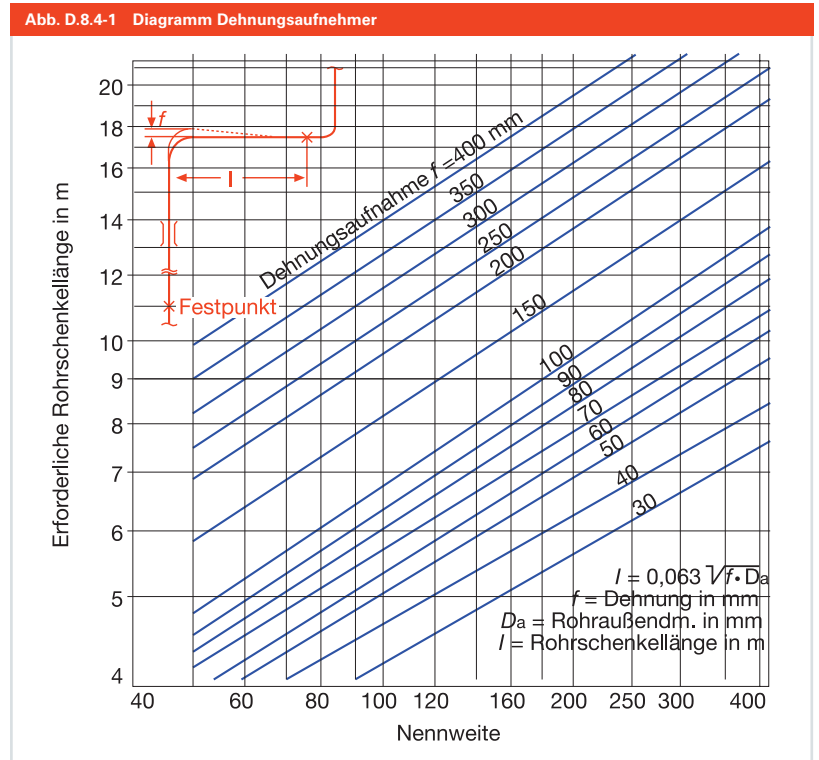
Die Ermittlung zulässiger Reaktionskräfte (Querkräfte) und Momente erfolgt auf der Grundlage und unter Beachtung entsprechender Herstellerangaben.

Dies gilt vorrangig für:

- Armaturen- und Stutzenanschlüsse an den Dampferzeugern;  
Hinweis: Hier wird durch Viessmann ein „lastfreier“ Anschluss gefordert;
- Armaturen- und Stutzenanschlüsse an den Pumpen im System;
- Armaturen- und Stutzenanschlüsse an den thermischen Apparaten im System.

Mit beginnender Aufstellungsplanung für die einzelnen Komponenten ist bereits frühzeitig auf die Möglichkeit einer „statisch weichen“ Rohrleitungsmontage, mittels Verlegemöglichkeit und Montage entsprechender „natürlichen“ Rohrleitungsumlenkungen zwecks Dehnungskompensation, zu orientieren.

Eine gute Möglichkeit bietet die Ausführung von sogenannten Rohrschenkelausgleichen (siehe Diagramm für Rohre nach DIN EN 10220). Rohrschenkel- und U-Bogen-Ausgleicher sind aus dem Werkstoff der betreffenden Leitung hergestellt. Die Rohrschenkel werden bei Montage um 50 % der zu erwartenden Dehnung ( $\Delta L$ ) vorgespannt.



### C) Stützweiten

Durch die Festlegung von Stützweiten sollen die Auswirkungen der Massenkräfte (Streckenlast durch Isolierung, Rohrfüllung und -gewicht) auf die zulässige Durchbiegung beziehungsweise zulässige Spannung begrenzt werden. Der Nachweis der Zulässigkeit gilt als erbracht, wenn für die Stahlrohrleitung die Stützweiten nach AD 2000 – Merkblatt HP100R – beachtet werden.

Abb. D.8.4-2 Auszug: Zulässige Stützweite in (m) für Stahlrohre

Nennweite	DN 25		DN 40		DN 50		DN 80		DN 100		DN 150	
<b>Wandstärke des Rohres (s in mm)</b>	2,0	4,0	2,0	4,0	2,0	4,5	2,3	5,6	2,6	6,3	2,6	7,1
<b>zulässige Stützweiten, L1 in m</b>												
<b>leeres Rohr (unisoliert)</b>	2,9	2,9	3,5	3,5	4,5	4,4	5,5	5,4	6,3	6,2	7,6	7,5
<b>wassergefülltes Rohr (unisoliert)</b>	2,7	2,8	3,1	3,3	3,9	4,1	4,6	5,0	5,1	5,6	5,8	6,6
<b>wassergefülltes Rohr (isoliert) Dd<sup>a)</sup> 40</b>	2,0	2,2	2,5	2,3	3,2	3,6	4,0	4,5	4,6	5,2	5,4	6,3
<b>wassergefülltes Rohr (isoliert) Dd<sup>a)</sup> 80</b>	1,8	2,0	2,8	3,2	2,9	3,3	3,7	4,3	4,4	5,0	5,2	6,1

Abb. D.8.4-3 Auszug: Zulässige Stützweite in (m) für Stahlrohre

Nennweite	DN 200		DN 250		DN 300		DN 350		DN 400		DN 500	
<b>Wandstärke des Rohres (s in mm)</b>	2,9	7,1	2,9	7,1	2,9	8,0	3,2	8,8	3,2	10,0	4,0	11,0
<b>zulässige Stützweiten, L1 in m</b>												
<b>leeres Rohr (unisoliert)</b>	8,7	8,7	9,7	9,7	10,6	10,6	11,1	11,1	11,9	11,8	13,3	13,2
<b>wassergefülltes Rohr (unisoliert)</b>	6,5	7,4	6,9	8,0	7,3	8,7	7,7	9,1	8,0	9,7	8,9	10,7
<b>wassergefülltes Rohr (isoliert) Dd<sup>a)</sup> 40</b>	6,1	7,1	6,6	7,7	7,0	8,4	7,4	8,8	7,7	9,5	8,7	10,5
<b>wassergefülltes Rohr (isoliert) Dd<sup>a)</sup> 80</b>	5,9	6,9	6,5	7,6	6,9	8,3	7,3	8,7	7,6	9,4	8,6	10,4

<sup>a)</sup> Dd = Dämmdicke m [mm]

Basierend auf Erfahrungswerten und für die Praxis brauchbar sind für Entwurfsbetrachtungen die nachfolgend tabellarisch erfassten Angaben unter a) bis e) hilfreich:

**Abb. D.8.4-4 a) Stützweite (b) in (m) für PVC-Rohre, hart-PVC bis 20 °C (Quelle: Gestra)**

Nennweite	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 200
Stützweite (m)	1,0	1,1	1,25	1,4	1,5	1,65	1,85	2,15	2,6

Für Stahlrohre (Quelle Mannesmann) mit einer zulässigen Durchbiegung ( $f_{zul} = 5 \text{ mm}$ ) und zulässigen Spannung ( $\sigma_{zul} = 40 \text{ N/mm}^2$ )

**Abb. D.8.4-5 b) Stützweiten in (m) – nahtloses Stahlrohr (d x s) – mit Wasser und Dämmdicke (Dd)**

d mm	s mm	q <sub>m</sub> kg/m	Dd = 0 mm	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm
60,3	2,9	6,4	4,1	3,4	3,0	2,8	2,4	2,1	1,9
63,5	2,9	6,9	4,2	3,5	3,1	2,9	2,5	2,2	1,9
70,0	2,9	8,0	4,3	3,7	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1
76,1	3,2	9,6	4,5	3,9	3,6	3,3	3,0	2,7	2,4
88,9	3,2	12,1	4,8	4,2	3,9	3,6	3,4	3,0	2,7
101,6	3,6	15,7	5,1	4,6	4,3	4,0	3,8	3,6	3,2
108,0	3,6	17,2	5,3	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,4
114,3	3,6	18,8	5,4	4,8	4,6	4,3	4,0	3,8	3,5
127,0	4,0	23,3	5,7	5,2	4,9	4,6	4,4	4,2	4,0
133,0	4,0	25,0	5,8	5,3	5,0	4,7	4,5	4,3	4,1
139,7	4,0	27,0	5,9	5,4	5,1	4,9	4,6	4,4	4,2
159,0	4,5	34,8	6,3	5,8	5,6	5,3	5,1	4,9	4,7
168,3	4,5	38,1	6,4	6,0	5,7	5,5	5,3	5,0	4,9
193,7	5,6	52,1	6,9	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	5,5
219,1	6,3	66,6	7,4	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0
244,5	6,3	79,2	7,7	7,3	7,1	6,9	6,7	6,6	6,4
273,0	6,3	94,7	8,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7
323,9	7,1	130,8	8,6	8,3	8,2	8,0	7,8	7,7	7,5
355,6	8,0	159,2	9,1	8,8	8,7	8,5	8,3	8,2	8,0
406,4	8,8	205,0	9,7	9,4	9,3	9,1	9,0	8,8	8,7
457,0	10,0	260,2	10,3	10	9,9	9,8	9,6	9,5	9,3
508,0	11,0	320,3	10,8	10,6	10,5	10,3	10,2	10,1	9,9
610,0	12,5	453,0	11,7	11,5	11,4	11,3	11,2	11,1	11,0

## D.8 Rohrleitungsanlage

Abb. D.8.4-6 c) Stützweiten in (m) – geschweißtes Stahlrohr (d x s) – mit Wasser und Dämmdicke (Dd)

d mm	s mm	q <sub>m</sub> kg/m	Dd = 0 mm	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm
60,3	2,9	6,4	4,1	3,4	3,0	2,8	2,4	2,1	1,9
63,5	2,9	6,9	4,2	3,5	3,1	2,9	2,5	2,2	1,9
70,0	2,9	8,0	4,3	3,7	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1
76,1	2,9	9,1	4,5	3,8	3,5	3,2	2,9	2,6	2,3
88,9	2,9	11,6	4,8	4,1	3,8	3,6	3,3	2,9	2,6
101,6	2,9	14,3	5,0	4,4	4,1	3,8	3,6	3,3	2,9
108,0	2,9	15,7	5,1	4,6	4,3	4,0	3,8	3,4	3,1
114,3	2,9	17,2	5,2	4,7	4,4	4,1	3,9	3,6	3,2
127,0	3,2	21,2	5,5	5,0	4,7	4,4	4,2	4,0	3,6
133,0	3,2	22,8	5,6	5,1	4,8	4,6	4,3	4,1	3,8
139,7	3,2	24,7	5,7	5,2	4,9	4,7	4,4	4,2	3,9
159,0	3,2	30,6	6,0	5,5	5,2	5,0	4,8	4,6	4,3
168,3	3,6	35,0	6,2	5,7	5,5	5,3	5,0	4,8	4,6
193,7	3,6	44,2	6,5	6,1	5,9	5,6	5,4	5,2	5,0
219,1	4,0	56,2	6,9	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	5,5
244,5	4,0	67,7	7,2	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8
273,0	4,0	81,7	7,4	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,2
323,9	4,0	109,9	7,9	7,5	7,4	7,2	7,0	6,9	6,7
355,6	4,0	129,6	8,1	7,8	7,6	7,5	7,3	7,2	7,0
406,4	5,0	172,9	8,8	8,5	8,4	8,2	8,1	7,9	7,8
457,0	5,0	212,7	9,2	8,9	8,7	8,6	8,5	8,3	8,2
508,0	5,0	256,8	9,5	9,2	9,1	9,0	8,8	8,7	8,6
559,0	6,0	316,8	10,1	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,2
610,0	6,0	370,2	10,4	10,1	10,0	9,9	9,8	9,7	9,6
660,0	6,0	426,6	10,6	10,4	10,3	10,2	10,1	10,0	9,9
711,0	6,0	488,1	10,9	10,6	10,6	10,5	10,3	10,2	10,1
762,0	6,0	553,7	11,1	10,9	10,8	10,7	10,6	10,5	10,4
813,0	6,0	623,3	11,3	11,1	11,0	10,9	10,8	10,7	10,6
864,0	6,0	697,1	11,5	11,3	11,2	11,2	11,1	11,0	10,9
914,0	6,0	773,4	11,7	11,5	11,4	11,4	11,3	11,2	11,1
1016,0	6,0	941,1	12,1	11,9	11,8	11,7	11,7	11,6	11,5



**Abb. D.8.4-7 d) Stützweiten in (m) – nahtloses Stahlrohr (d x s) – leere Leitung und Dämmdicke (Dd)**

d mm	s mm	q <sub>M</sub> kg/m	Dd = 0 mm	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm
60,3	2,9	4,1	4,6	3,5	3,1	2,8	2,5	2,1	1,9
63,5	2,9	4,3	4,7	3,7	3,2	2,9	2,6	2,2	2,0
70,0	2,9	4,8	4,9	3,9	3,5	3,1	2,7	2,5	2,2
76,1	3,2	5,8	5,1	4,1	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5
88,9	3,2	6,8	5,6	4,5	4,1	3,8	3,5	3,2	2,8
101,6	3,6	8,7	6,0	5,0	4,5	4,2	3,9	3,7	3,4
108,0	3,6	9,3	6,1	5,2	4,7	4,4	4,1	3,8	3,5
114,3	3,6	9,8	6,3	5,3	4,9	4,5	4,2	4,0	3,7
127,0	4,0	12,1	6,7	5,7	5,3	4,9	4,6	4,3	4,1
133,0	4,0	12,7	6,8	5,9	5,4	5,1	4,7	4,5	4,3
139,7	4,0	13,4	7,0	6,0	5,6	5,2	4,9	4,6	4,4
159,0	4,5	17,1	7,5	6,5	6,1	5,8	5,4	5,1	4,9
168,3	4,5	18,2	7,7	6,8	6,3	6,0	5,6	5,3	5,1
193,7	5,6	26,0	8,3	7,4	7,0	6,7	6,3	6,1	5,8
219,1	6,3	33,1	8,8	8,0	7,6	7,3	6,9	6,7	6,4
244,5	6,3	37,0	9,3	8,5	8,1	7,7	7,4	7,1	6,8
273,0	6,3	41,4	9,8	9,0	8,6	8,2	7,9	7,6	7,3
323,9	7,1	55,5	10,7	9,9	9,5	9,2	8,9	8,6	8,3
355,6	8,0	68,6	11,2	10,5	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9
406,4	8,8	86,3	12,0	11,3	10,9	10,6	10,3	10,0	9,7
457,0	10,0	110,2	12,7	12,0	11,7	11,4	11,1	10,9	10,6
508,0	11,0	134,8	13,4	12,8	12,5	12,2	11,9	11,6	11,4
610,0	12,5	184,2	14,7	14,1	13,8	13,5	13,3	13,0	12,8

## D.8 Rohrleitungsanlage

Abb. D.8.4-8 e) Stützweiten in (m) – geschweißtes Stahlrohr (d x s) – leere Leitung und Dämmdicke (Dd)

d mm	s mm	q <sub>m</sub> kg/m	Dd = 0 mm	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm
60,3	2,9	4,1	4,6	3,5	3,1	2,8	2,5	2,1	1,9
63,5	2,9	4,3	4,7	3,7	3,2	2,9	2,6	2,2	2,0
70,0	2,9	4,8	4,9	3,9	3,5	3,1	2,8	2,5	2,2
76,1	2,9	5,2	5,1	4,1	3,7	3,3	3,1	2,7	2,4
88,9	2,9	6,2	5,6	4,5	4,0	3,7	3,4	3,1	2,7
101,6	2,9	7,1	6,0	4,9	4,4	4,0	3,7	3,5	3,1
108,0	2,9	7,5	6,2	5,0	4,6	4,2	3,9	3,6	3,2
114,3	2,9	8,0	6,3	5,2	4,7	4,4	4,1	3,8	3,4
127,0	3,2	9,8	6,7	5,6	5,1	4,7	4,4	4,2	3,9
133,0	3,2	10,2	6,9	5,7	5,3	4,9	4,6	4,3	4,0
139,7	3,2	10,8	7,0	5,9	5,4	5,0	4,7	4,4	4,2
159,0	3,2	12,3	7,5	6,3	5,9	5,5	5,1	4,8	4,6
168,3	3,6	14,6	7,7	6,6	6,2	5,8	5,4	5,1	4,9
193,7	3,6	16,9	8,3	7,1	6,7	6,3	5,9	5,6	5,3
219,1	4,0	21,2	8,8	7,7	7,3	6,8	6,5	6,2	5,9
244,5	4,0	23,7	9,3	8,2	7,7	7,3	6,9	6,6	6,3
273,0	4,0	26,5	9,9	8,7	8,2	7,8	7,4	7,1	6,8
323,9	4,0	31,6	10,8	9,5	9,0	8,6	8,2	7,8	7,5
355,6	4,0	34,7	11,3	10,0	9,5	9,0	8,6	8,3	8,0
406,4	5,0	49,5	12,1	10,9	10,4	10,0	9,6	9,3	9,0
457,0	5,0	55,7	12,8	11,6	11,1	10,7	10,3	9,9	9,6
508,0	5,0	62,0	13,5	12,2	11,8	11,3	10,9	10,6	10,2
559,0	6,0	81,8	14,1	13,0	12,6	12,2	11,8	11,4	11,1
610,0	6,0	89,4	14,8	13,6	13,2	12,8	12,4	12,0	11,7
660,0	6,0	96,8	15,4	14,2	13,7	13,3	12,9	12,5	12,2
711,0	6,0	104,3	16,0	14,7	14,3	13,8	13,4	13,1	12,7
762,0	6,0	111,9	16,5	15,3	14,8	14,4	14,0	13,6	13,2
813,0	6,0	119,4	17,1	15,8	15,3	14,9	14,4	14,1	13,7
864,0	6,0	127,0	17,6	16,3	15,8	15,3	14,9	14,5	14,2
914,0	6,0	134,4	18,1	16,7	16,3	15,8	15,4	15,0	14,6
1016,0	6,0	149,4	19,1	17,7	17,2	16,7	16,3	15,8	15,5

**D) Abstände**

Bei der Verlegung von Rohrleitungen ist auf einen ausreichenden Mittenabstand zwischen Rohrmitte und Gebäudewand sowie zwischen dem Mittenabstand parallel verlegter Rohrleitungen untereinander zu achten.

Isolierungen und Rohrleitungseinbauten (Flansche, Armaturen usw.) müssen stets zugänglich bleiben. Basierend auf Erfahrungswerten und für die Praxis gut brauchbar, wird für Entwurfsbetrachtungen empfohlen:

Abb. D.8.4-9 Entwurfsbetrachtungen													
Wandabstand (mm) mit Flansch und/oder Armatur													
Nennweite (DN)	25	32	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500
ohne Dämmung	150	150	150	150	150	200	200	200	250	300	300	400	450
mit Dämmung	200	200	200	200	200	250	250	300	350	400	450	450	600
Wandabstand (mm) ohne Flansch und/oder Armatur													
ohne Dämmung	150	150	150	150	150	200	200	200	250	300	300	350	400
mit Dämmung	200	200	200	200	200	250	250	250	300	350	400	400	450

(Quelle Mannesmann)

**Hinweis**

Mindestabstand zwischen Dämmung und Wand zirka 50 mm.

Abb. D.8.4-9 Entwurfsbetrachtungen															
DN	Mittenabstände nicht isolierte Rohrleitungen (ohne Dämmung)														DN
	25	40	50	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500		
500	380	380	430	430	465	505	530	555	580	610	635	660	685	180	25
450	355	355	405	405	430	455	505	530	555	580	610	635	200	185	40
400	330	335	380	380	405	430	480	505	530	555	580	215	210	190	50
350	330	330	355	355	380	405	455	480	480	505	265	240	230	215	80
300	305	305	330	355	355	380	405	455	480	305	285	260	255	235	100
250	280	280	305	305	330	355	380	405	360	335	310	290	280	265	150
200	250	250	280	280	305	330	355	435	395	370	350	325	315	300	200
150	225	225	225	250	250	280	485	460	425	395	375	360	345	325	250
100	200	220	220	225	225	555	520	495	460	430	410	385	380	365	300
80	175	175	175	200	590	575	540	510	475	450	425	400	395	380	350
50	150	150	175	680	645	630	595	565	530	505	480	455	450	435	400
40	150	150	730	695	660	645	610	580	545	520	495	475	465	460	450
25	150	790	765	730	695	680	645	615	580	555	530	510	500	460	500
DN	Mittenabstände isolierte Rohrleitungen (mit Dämmung)														DN
	500	450	400	350	300	250	200	150	100	80	50	40	25		DN

(Quelle Mannesmann)

**Hinweis**

- Mindestabstand zwischen Dämmung respektive den Rohroberflächen zirka 50 mm.
- Flansche wurden gegeneinander versetzt angenommen.
- Für Medientemperaturen > 300 °C sind ab DN 50 die Mittenabstände um 40 bis 50 mm zu vergrößern.

### E) Verlegungen – Lagerungen

Im Gebäude respektive Aufstellungsraum der Dampferzeugeranlage:

- Hier sollten die Rohrleitungen möglichst rechtwinklig (bei natürlichen Umlenkungen) und im Bereich von Stützen und Querträgern verlegt werden. Die erforderlich werdenden Abstützung, Auflagerungen oder Aufhängungen werden montagebedingt hierdurch erleichtert. Dem Regelwerk folgend (siehe unter Abschnitt E.1 – Aufstellung) ist auf eine optimale Zugänglichkeit, Bedienung, Wartung und Reparatur einzelner Komponenten zu achten.

Auf einer Rohrbrücke:

- Außerhalb von Gebäuden respektive Aufstellungsraum der Dampferzeugeranlage sollte die Einzelverlegung vorzugsweise an der vorhandenen Gebäudeaußenwand erfolgen. Bei Verlegung mehrerer Rohrleitungen (zum Beispiel Dampfkondensat-Rohwasser- und Brennstoffleitung) von Gebäude zu Gebäude über eine „größere“ Entfernung sollte man sogenannte Rohrbrücken zum Einsatz bringen.

Lagerungen:

Unter Beachtung notwendiger Stützweiten, mit Bezug auf die sicherzustellende Dehnungskompensation kommen in der Praxis die unterschiedlichsten Lagerausführungen zur Ausführung. In Abhängigkeit abzutragener Kräfte und Momente wird bedarfsgerecht gewählt zwischen:

- Gleitlagerausführungen; zum Beispiel Rohrschellen und Rohrlager geschellt mit Lagerschuh
- Gleitlagerausführungen, zwangsgeführt<sup>a)</sup>, wie zuvor jedoch „geblockt“ in einer Bewegungsrichtung (x- und/oder y-Richtung)
- Festpunktlagerausführungen<sup>b)</sup>, zum Beispiel geschellt mit Lagerschuh und/oder geschweißt mit Lagerschuh (x-y und z-Richtung „geblockt“)
- Federlagerungen ausgeführt als Stütz- und/oder Hängelagerung als zusätzliche Einsatzvariante einer Gleitlagerausführung zwecks Aufnahme einer statisch nachgewiesenen Vertikalbewegung (+/- z-Richtung) am Auflagerpunkt

Abb. D.8.4-10 Lagerungskomponenten

DN	≤ [m] für: Winkel- ausgleicher	≤ [m] für: U-Bogen- Ausgleicher
50 bis 80	50	100
100 bis 150	70	140
200 bis 250	80	160
300 bis 350	90	180
≥ 400	100	200

<sup>a)</sup> Gleitlagerung – zwangsausgeführt, Abstand der Zwangsführung ( $L_{GLZ}$ ) nach „Faustformel“:

$$L_{GLZ} \approx 0,08 \times DN \text{ (in m);}$$

zum Beispiel Rohrleitungs-nenn-durchmesser DN 125; Vorhaltung einer zwangsgeführten Lagerausführung alle laufend

$$L_{GLZ} \approx 0,08 \times 125 = 10 \text{ m}$$

zwecks Vermeidung eines „Auslenkens“ der Rohrleitung in y-Richtung.

<sup>b)</sup> Maximale Festpunktabstände in [m] (gradlinig, als Richtwert) bei Winkel- und U-Bogen-Dehnungsausgleichern. Siehe Abb. D.8.4-10.

### D.8.5 Hinweise zur planerischen Gestaltung ausgewählter Leitungssysteme

Nachfolgend sollen lediglich Leitungssysteme innerhalb des Aufstellungsraumes der Dampferzeugungsanlage betrachtet werden. Getroffene Aussagen und Hinweise treffen sinngemäß auch für Leitungsverläufe außerhalb des Aufstellungsraumes, im Besonderen für die Medien Dampf und Kondensat, zu. Speziell mit Hinweis auf Einhaltung der Forderungen gemäß Regelwerk AD-2000 – Merkblatt HPOR Ziff. 7.4.

- A) Rohrleitungstrassierungen in Bereichen von Bedien- und Wartungsgängen müssen einen uneingeschränkten Zugang hinsichtlich Einhaltung geforderter „Kopffreiheiten“ (der TRD 403 folgend  $\geq 2000$  mm) respektive Durchgangshöhen sicherstellen. Leitungsführungen, unmittelbar über OK-Fußboden (als sogenannte „Stolperleitungen“) sind zu vermeiden. Alternativ wäre eine Verlegung respektive Trassierung, in Kanälen, denkbar.
- B) Hinsichtlich einer geeigneten Werkstoffauswahl mit Bezug auf die jeweilig zu erwartenden Betriebstemperaturen, Betriebsdrücke (siehe unter Abschnitt D.8.1.4) und Nenndruckstufen wären die unter D.8.2 ausgewiesenen Spezifikationen und Empfehlungen zusätzlich zu beachten.

#### D.8.5.1 Dampfleitungen/Dampfverteiler

Bei der Verlegung von Dampfleitungen ist neben der Zweckmäßigkeit die Betriebssicherheit mit der wichtigste Gesichtspunkt bei der Erstellung von Dampfleitungen. Von daher wird mit Bezug auf entsprechend vorliegender Erfahrungswerte, empfohlen:

- A) Dampfleitungen sind grundsätzlich in Strömungsrichtung mit Gefälle, zur vorzuhaltenen „Dauer-Entwässerungsstelle“ (siehe auch nachfolgend unter B), zu verlegen. Das gilt gleichermaßen für Heißdampf- wie für Sattdampfleitungen bei einem Gefälle nicht kleiner als 1:200 bis 1:100 respektive 0,5 bis 1%.

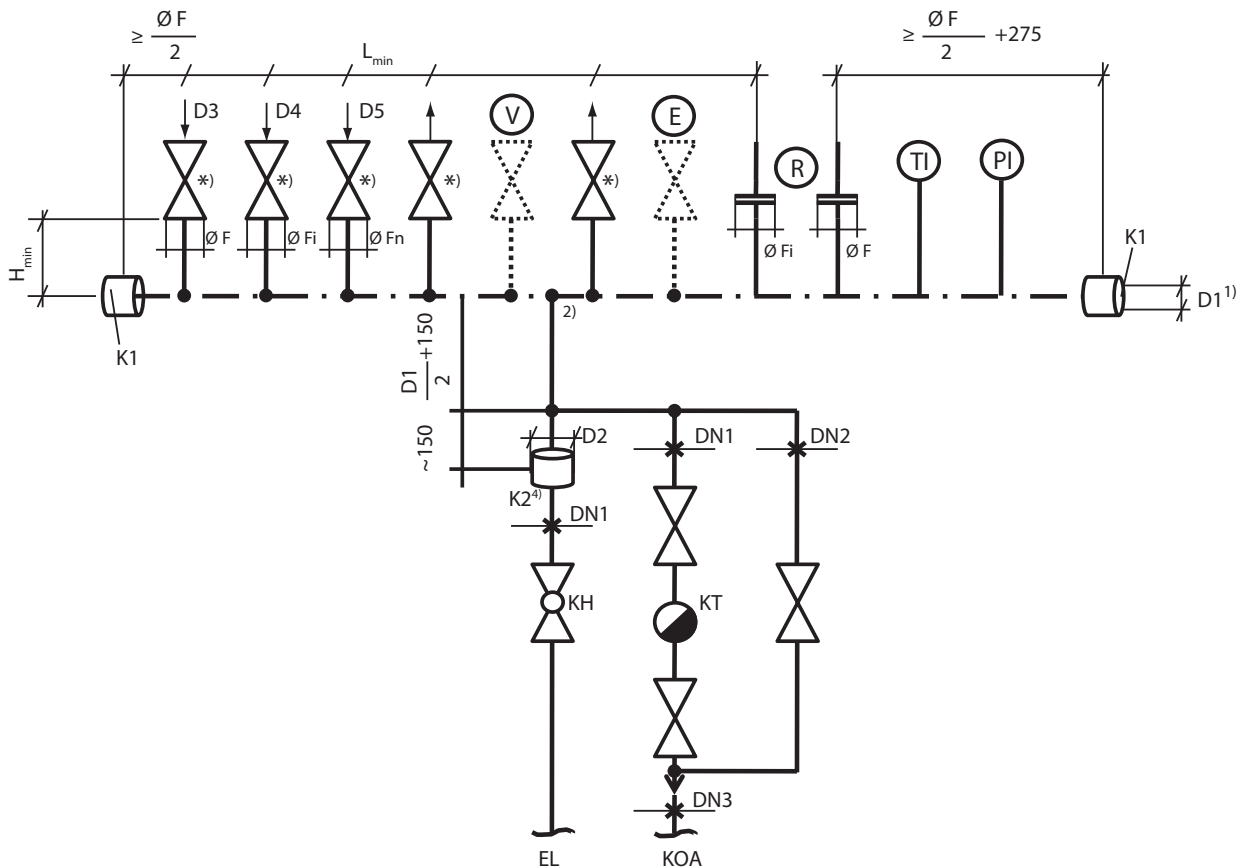
Die Dampfleitungen einer Einkessel- wie auch einer Mehrkesselanlage werden üblicherweise auf einen (gemeinsamen) Dampfverteiler geführt. Bedarfsgerecht anzuschließen wären hier die kundenseitigen Verbraucherleitungen und die des Anlageneigenbedarfes (thermische Entgasungsanlage, Raumheizung et cetera) einschließlich Reserveanschlüsse, Anschluss für Betriebsmesstechnik und Anschluss einer „Dauer-Entwässerungsstelle“ (siehe Skizze Dampfverteiler als Empfehlung zur Ausführung).

#### Hinweis

- Gefälle nicht kleiner wählen, da sonst eine Entwässerung der Leitungsabschnitte wegen der vorhandenen zulässigen Leitungsdurchbiegung ( $f_{zu}$ ) schwerlich bis nicht gegeben ist.
- Dampf abzweigleitungen sind grundsätzlich am oberen Scheitel der Hauptdampfleitung, zwecks Vermeidung von Eintritt abfließender Leitungskondensate, einzubinden.

## D.8 Rohrleitungsanlage

Abb. D.8.5.1-1 Vorschlag-Aufführung Dampfverteiler



Legende zu Abb. D.8.5.1-1:

D1 <sup>1)</sup>	Durchmesser Dampfverteiler in (mm) (siehe Abb. 8.5.1-2)	K1 / K2	Korb- und/oder Klöpperboden
D2 <sup>2)</sup>	Durchmesser Kondensat-/Schlamm-Sammelstutzen in (mm) (siehe Abb. 8.5.1-2)	KH	Kugelhahn
D3 bis D5	Durchmesser Anschlussnennweiten-Zuführungsleitung Dampferzeuger in (mm)	KT	Kondensatableiter (üblicherweise Bimetallregler und/oder Kugelschwimmer)
DN1	Nennweite Restentleerung, Schlamm- und Verschmutzungsaustrag (siehe Abb. 8.5.1-2)	KOA	Kondensatableitung (Einleitung) in das vorhandene Kondensatsystem
DN2	Nennweite Dauerentwässerung und Anfahrtentwässerung (gewählt: DN 20)	EL	Ableitung in zentrale Abwassersystem und/oder in anlagenseitigen Mischkühler
DN3	Nennweite Kondensatableitung (gewählt: DN 25)	ØF	Flansch-Außendurchmesser in (mm)
TI/PI	Temperatur- und Druckmessstelle (örtlich und fernanzeigend)	ØFi - Fn	Flansch-Außendurchmesser „benachbarter“ Flansche in (mm)
V	Verbraucheranschlüsse (Kunde)	Dd	Dämmdicke in (mm)
E	Verbraucheranschlüsse (Eigenbedarf)	Hmin <sup>3)</sup>	Mindest-Flanschstutzenhöhe in (mm) $\geq \frac{D1}{2} + Dd + 100$
R	Reserveanschlüsse (Blindflansch) (üblicherweise zirka 0,25 x V)	Lmin	Mindest-Mittenabstände in (mm) $\geq \frac{\text{ØF}}{2} + \frac{\text{Ø Fi/n}}{2} + 100$



**Hinweise zu**

- 1) Rohrquerschnittsfläche  $\frac{\pi}{4} \times D_1^2 \approx 1,5 \times$  Rohrquerschnittsfläche  $\frac{\pi}{4} \times (D_3^2 + D_4^2 + D_5^2)$
- 2) Anordnung des Sammelstutzens mittig unterhalb der Verbraucheranschlüsse (V)
- 3) Ausführung unter Beachtung gleicher Spindel-Achslagen für die Absperrarmaturen bei Abb. D.8.5.1-1
- 4) Alternativ Blindflanschanschluss bei K2

**Abb. D.8.5.1-2 Durchmesser und Nennweite Restentleerung**

<b>D1 (mm)</b>	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
<b>D2 (mm)</b>	80	100	100	100	150	150	200	200	200	250
<b>DN 1</b>	25	25	25	25	32	32	32	32	32	40

**Abb. D.8.5.1-3 Dampfverteiler**

## D.8 Rohrleitungsanlage

B) Entwässerungsstellen (manuell und/oder automatisch) werden vor jedem nach „oben“ gehenden Richtungswechsel, an Tiefpunkten, am Leitungsende und bei Abständen von zirka  $> 25$  m bis  $\leq 100$  m im geraden Leitungsverlauf empfohlen.

Die Entwässerungsstellen werden üblicherweise, unter Beachtung vorhandener Druckstufen an die jeweilige Kondensatsammelleitung und/oder Kondensatsammler angeschlossen.

Das anfallende Kondensat aus der Dampf-Fernleitungsentwässerungsstelle wird praxisüblich, wegen der entfernt liegenden Entwässerungsstelle, ins „Freie“ abgeleitet.

Zum Einsatz kommen hier bevorzugt thermodynamische Kondensatableiter, idealer aber wesentlich teurer, wäre hier der Kugelschwimmerableiter. Für Dampf bei

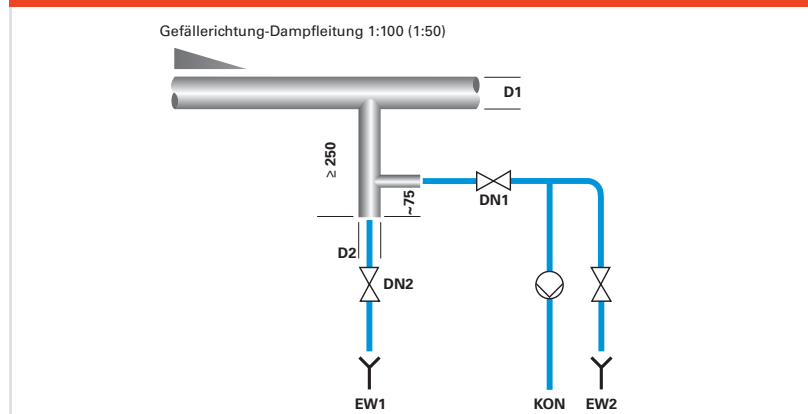
geringer Überhitzung ( $\leq 50$  K über Satt-dampftemperatur) sind auch die normalen, wie die vorgenannten Ableiter geeignet. Für Überhitzungstemperaturen  $> 50$  K wären hier „Sonderausführungen“ zu wählen. Notfalls könnte aber auch ein „Normalableiter“ eingesetzt werden, wenn der Ableiter zirka 1 bis 2 m vom Kondensatstutzen entfernt angebracht wird und die Zuleitung unisoliert bleibt.

Zwecks Sicherstellung einer optimalen Kondensaterfassung respektive Ableitung werden die Kondensatsammelstutzen „nahe“ der Durchgangs-Nennweite von der dampfführenden Leitung gewählt. Als Planungshilfe dienen hierfür die Angaben der Abb. D.8.5.1-4 und Abb. D.8.5.1-5.

Abb. D.8.5.1-4 Nennweiten der Dampf- und Entwässerungsleitungen

<b>D 1</b>	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
<b>D 2</b>	50	65	80	80	80	100	150	150	200	200	200	200	200	200
<b>DN 1</b>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>DN 2</b>	20	25	25	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50

Abb. D.8.5.1-5 Skizze Anbindung Entwässerungsleitung



Legende:

EW1 Entleerung, Abschläm in „Freie“  
 EW2 Anfahrentwässerung  
 KOA Ableitung Kondensatsammler

<sup>a)</sup> Einer Sichtbehinderung durch Entspannungsdampf und Verbrühungsgefahr muss vorgebeugt werden.

C) Entlüftung von dampfführenden Systemen sind praxisüblich am Ende der dampfführenden Leitung und/oder direkt vor Verbrauchanschluss entsprechend auszuführen. Bevorzugt sind hierfür selbsttätige, automatische Entlüfter, gegenüber einer manuellen Entlüftung, zu wählen. Fabrikate, zum Beispiel Gestra, wie Bimetallregler, Membranregler und/oder Kugelschwimmerableiter werden hier bevorzugt empfohlen.

Für Dampfleitungen in Aufstellungsräumen der Dampferzeuger besteht jedoch keine Notwendigkeit einer zusätzlichen Entlüftung, da bereits eine Entlüftung mit Inbetriebnahme der Dampferzeuger selbst erfolgt.

#### Hinweis

Eine Luftschicht von nur 1/10 mm Dicke setzt dem Wärmedurchgang den gleichen Widerstand entgegen wie etwa eine 10 mm dicke Schmutzschicht auf der Heizfläche. Darüber hinaus begünstigt die mitgeführte Luft (respektive O<sub>2</sub>-Gehalt) die Korrosion von Rohr- und Heizoberflächen.

### D.8.5.2 Kondensatleitungen und Systeme

Kondensatleitungen sind grundsätzlich in Strömungsrichtung (wegen möglicher Anteile von Entspannungsdampf) mit Gefälle zur Kondensatsammelstation (Kondensatsammelleitung, Kondensatgefäß – offen und/oder geschlossen) zu verlegen. Ein nicht zu unterschreitendes Gefälle von 1:100 (1%) wird hier empfohlen.

Bei unterkühltem Kondensat  $\leq 95\text{ °C}$  (keine Nachverdampfung) gelten hinsichtlich einer erforderlich werdenden Strömungsquerschnittsdimensionierung analoge Ansätze wie für das Speisewasser und sonstige „heißgehende“ flüssige Medien  $\leq$  der jeweils zugehörigen Siedetemperaturen (siehe unter Abschnitt D.8.3.2).

In der unter D.7.2 angegebenen Berechnungsgleichung für die Ermittlung des Entspannungsdampfstromes ( $\dot{m}_{DE}$ ) wäre einzusetzen statt:

$$\begin{aligned} \dot{m}_A &= \dot{m}_{KON} && \text{Kondensatmassenstrom [kg/h]} \\ h'_{A/E} &= h'_{K/E} && \text{Enthalpie Kondensat vor Entspannung in [kWh/kg] aus [Tb. 2]}^{a)} \\ h'_{A/A} &= h'_{K/A} && \text{Enthalpie Kondensat nach Entspannung in [kWh/kg] aus [Tb. 2]}^{a)} \\ h''_{D/E} &= h''_K && \text{Enthalpie des Entspannungsdampfes in [kWh/kg] aus [Tb. 2]}^{a)} \end{aligned}$$

mit den Berechnungsergebnis für:

$$\dot{m}_{DE} = \dot{m}_{KON} \times \frac{h'_{K/E} - h'_{K/A}}{h''_K - h'_{K/A}} \quad [\text{kg/h}]$$

#### Berechnungsbeispiel 1

Kondensat mit:

$$T_{KON} \approx 95\text{ °C}$$

$$\dot{m}_{KON} \approx 6000\text{ kg/h}$$

$$w_{KON} \approx 1,5\text{ m/s (gewählt gemäß D.8.3.1-1 – Richtwerte Strömungsgeschwindigkeiten)}$$

$$\rho_{KON} \approx 962\text{ kg/m}^3 \text{ (gemäß [Tb. 2])}$$

$$d_i = 2 \times \sqrt{\frac{6000\text{ kg/h} \times 1\text{ h}}{\pi \times 962\text{ kg/m}^3 \times 1,5\text{ m/s} \times 3600\text{ s}}}$$

$$= 0,0384\text{ m (gewählt: DN 40)}$$

#### Berechnungsbeispiel 2

Kondensat wie unter Berechnungsbeispiel 1 jedoch bei:

$$T_{KON/E} \approx 158\text{ °C vor Entspannung}$$

$$P_{KON/E} \approx 5,0\text{ bar vor Entspannung}$$

$$h'_{K/E} \approx 0,186\text{ kWh/kg vor Entspannung}$$

$$T_{KON/A} \approx 133\text{ °C nach Entspannung}$$

$$P_{KON/A} \approx 2,0\text{ bar nach Entspannung}$$

$$h'_{K/A} \approx 0,156\text{ kWh/kg nach Entspannung}$$

$$h''_K \approx 0,758\text{ kWh/kg Enthalpie Entspannungsdampf nach Entspannung}$$

$$\dot{m}_{DE} = 6000\text{ kg/h} \times \frac{(0,186\text{ kWh/kg} - 0,156\text{ kWh/kg})}{(0,758\text{ kWh/kg} - 0,156\text{ kWh/kg})}$$

$$= 299\text{ kg/h}$$

$$w_{DE} \approx 15\text{ m/s gewählt (gemäß D.8.3.1.1 – Richtwerte Strömungsgeschwindigkeiten)}$$

$$v''_{DE} \approx 0,606\text{ m}^3/\text{kg (aus [Tb.2], spez. Volumen)}$$

$$d_i = 2 \times \sqrt{\frac{299\text{ kg/h} \times 0,606\text{ m}^3/\text{kg} \times 1\text{ h}}{\pi \times 15\text{ m/s} \times 3600\text{ s}}}$$

$$= 0,0654\text{ m (gewählt: DN 65 > als DN 40 Berechnungsbeispiel 1)}$$

#### Hinweis

Unter Zuhilfenahme (Abb. 8.1.1-1) folgt ein Rohrinne Durchmesser  $d_i \approx 70\text{ mm}$

<sup>a)</sup> je in Abhängigkeit gegebener Kondensatbetriebsdrücke

Für den Rohrleitungsabschnitt zwischen einem Verbraucher (zum Beispiel Wärmeübertrager) und dem Kondensatableiter wird praxisüblich die Nennweite des Ableiters gewählt. Nach dem Ableiter ist für die Rohr-Querschnittsdimensionierung der entstehende Entspannungsdampfstrom ( $\dot{m}_{DE}$ ) (wegen Druckabsenkung) die entscheidende Auslegungsgröße (siehe unter Abschnitt D.7.2 sowie Abb. D8.1.1-1 und Berechnungsbeispiel 2 unter D.8.5.2).

Mit dem eingangs erwähnten Leitungsgefälle soll ein mögliches Leerlaufen der Kondensatableitung bei Anlagenstillstand gewährleistet werden. Aus den gleichen Gründen sollten Zuleitungen in die Sammelleitung von „oben“, wenn möglich in Strömungsrichtung eingeschaut erfolgen. Zur hydraulischen Entkopplung von Leitungsabschnitten wird hier das zusätzliche Vorhalten von Rückschlagarmaturen empfohlen.

#### Hinweis

Kondensate aus stark verschiedenen Druckstufen sollten erst nach vorheriger Entspannung des heißen Kondensates zusammengeführt werden.

Tiefpunkte (sogenannte Wassersäcke) sind bei der Leistungstrassierung unbedingt, wegen erhöhter Gefahr von Wasserschäden und Frostgefahr, zu vermeiden. Systembedingte Tiefpunkte sind von daher restlos zu entwässern. Alle Apparate und Armaturen müssen „leerlaufen“ können.

Der Einsatz von sogenannten „Stauer-Kondensatableiter“, speziell im Außenanlagenbereich, ist empfehlenswert. Ein Stauer-Kondensatableiter, der zum Beispiel auf eine Öffnungstemperatur von etwa + 10 °C eingestellt ist, öffnet nach der Außerbetriebnahme der Anlage selbsttätig, sobald die Temperatur in die Nähe des Gefrierpunktes absinkt.

Wird ein „Anheben“ des Kondensates verfahrenstechnisch bedingt erforderlich (zum Beispiel bei Trassierung der Hauptkondensatsammelleitung oberhalb der Kondensatanfallstelle) wird je nach Anfallmenge der Einsatz von sogenannten „Kondensathebern“ und/oder Kondensatkompensatoren empfohlen. Durch das Anheben des Kondensates ergibt sich näherungsweise ein zu beachtender respektive zusätzlich zu überwindender Gegendruck (PG) nach dem Ableiter von:

$$p_G \approx 0,15 \text{ bar/m} + p_{KON} \text{ bar,}$$

mit  $P_{KON}$  – dem Überdruck (bar) in der Kondensatsammelleitung selbst.

#### Anmerkung

Das Kondensatableitersystem sollte mindestens ½-jährlich auf Funktionalität (auf „nutzloses“ Dampfdurchblasen) geprüft werden. Hierfür werden speziell für kundenseitig prozessorientierte „Großverbraucher“ der Einsatz von elektronischer Überwachungssysteme empfohlen. (Beispiel: Gestra-Typ VKE 26 mit Elektrode NRG 16-27 und Prüfstation NRA 1-3 mit Alarmauskopplung).

Für den konkreten Einsatzfall, hinsichtlich Auswahl geeigneter Kondensatableiter-, Heber- und Fördersysteme, wird spezifisch auf vorliegendes Hersteller-Planungsmaterial zusätzlich verwiesen.

### D.8.5.3 Kessellauge- und Abschlammleitungen

Leitungstrassierung je ab Anschlussflansch Dampferzeuger bis Anschluss und Einleitung in den Laugenentspanner beziehungsweise Mischkühler (siehe unter Abschnitt C.8.1, D.7.1 und D.7.2).

Werden bei Mehrkesselanlagen die Leitungen jeweils vor Einleitung in die vorgenannten thermischen Apparate, auf einen gemeinsamen Sammler geführt, ist auf eine hydraulische Entkopplung an der Einleitstelle (Installation einer Rückschlagarmatur je Einzelleitung) zu achten.

Bei Anschluss von Leitungen auf einen gemeinsamen Sammler ist zusätzlich auf einen auszuführenden Anschluss von „oben“ zu achten. Die Leitungen sind bei stetig ausreichendem Gefälle in Strömungsrichtung zu verlegen. Ein Mindestgefälle von 1/100 (1%) wäre, analog wie unter D.8.5.2 ausgeführt, auch hier sicherzustellen, ebenso die hier getroffenen Aussagen hinsichtlich Rohrleitungs-Querschnittdimensionierungen.

Zwecks Minimierung einer hydraulisch „geräuscharmen“ Medienableitung (speziell für die Abschlammleitung) ist das Niveau der Einleitstellen am Mischkühler möglichst unterhalb der Zuführungsleitungen vorzuhalten (Aufstellung Mischkühler „abgesenkt“ unter Oberkante Fußboden). Wegen zu erwartenden leichten Schwingungen und Wasserschlägen während des Betriebes, sind die Rohrleitungen sicher durch Zwangsführungen (Gleitlager zwangsgeführt – siehe unter D.8.4) zu halten.

Auf eine ungehinderte Wärmeausdehnung (statisch „weiche“ Verlegung bei ausreichend natürlichen Rohrleitungsumlenkungen) ist besonders zu achten, wobei die Anschlussstutzen von Dampferzeuger und den thermischen Apparaten nicht unzulässig hoch belastet werden dürfen.

#### Hinweis

Mit Bezug auf die nur relativ „kurzen“ Leitungslängen wird eine Rohrleitungs-Querschnittsdimensionierung, unter Beachtung von entstehendem Entspannungsdampf, nicht empfohlen. Von daher erfolgt die Ableitung in der Rohrleitung je als „Zweiphasenströmung“ bei gezielter Phasentrennung (Dampf/Wasser) im Laugenentspanner beziehungsweise Mischkühler. Die Durchgangsnennweiten für die jeweilige Rohrleitung sind in Übereinstimmung mit der Anschlussarmatur am Dampferzeuger zu wählen.

Muss die Abschlammleitung mehr als 1 m vertikal nach „oben“ verlegt werden, wird, zwecks Minimierung von „Wasserschlägen“, stets eine Entwässerung der Leitung am Tiefpunkt vor jedem Abschlammvorgang empfohlen.



#### D.8.5.4 Speisewasser – Weichwasser – Trinkwasser

Erforderlich werdenden Trassierungen für:

##### A) Speisewasser – Saugleitung

- ab Speisewasserbehälter bis Anschlussflansch (saugseitig) der Kesselspeisewasserpumpen;
- bei Verlegung eines stetigen Gefälles und erforderlich werdender Zulaufhöhe zu den Speisepumpen (siehe Abschnitt D.6);
- unter Beachtung ausreichender Dehnungskompensation in Abhängigkeit zulässiger Belastungen (Querkräfte und Momente) für den Pumpenausgustutzen gemäß Herstellerangabe, gegebenenfalls planungsseitiger Nachweis erforderlich;
- Vorhaltung einer Entwässerungsmöglichkeit am Leitungstiefpunkt von mindestens DN 20;
- Leitungsquerschnittdimensionierung gemäß Abschnitt D.8.3.1 unter Beachtung gegebenenfalls nur zulässiger Gesamtdruckverluste von  $\leq 0,5$  mWS.

##### B) Speisewasser – Druckleitung

- ab Druckstutzen der Kesselspeisewasserpumpen bis Anschluss Speisewassereintrittsstutzen am Dampferzeuger und/oder bei ECO-Betrieb am Anschlussstutzen des ECO;
- Vorhaltung von Entlüftungsstellen an den Leitungshochpunkten beziehungsweise Restentwässerungsmöglichkeiten an den Leitungstiefpunkten von mindestens DN 20;
- unter Beachtung Dehnungskompensation, wie unter A) jedoch mit Bezug auf die Druckstutzen der Kesselspeisewasserpumpen;
- Leistungsquerschnittdimensionierung, wie unter A) jedoch mit Bezug auf einen Leitungsgesamtdruckverlust bis Eintritt Dampferzeuger von  $\leq 0,1 \times p_B$  (mit  $p_B$  = dem Betriebsdruck des Dampferzeugers), wobei für die Wanddickenberechnung der Kesselspeisewasserpumpendruck bei „Nullförderhöhe“ (maximal möglicher Pumpenförderdruck gemäß Pumpenkennlinie), der höher als der Arbeitsdruck (Arbeitsdruck  $\approx 1,1 \times p_B$ , siehe unter Abschnitt D.6) sein kann, zugrunde zu legen wäre.

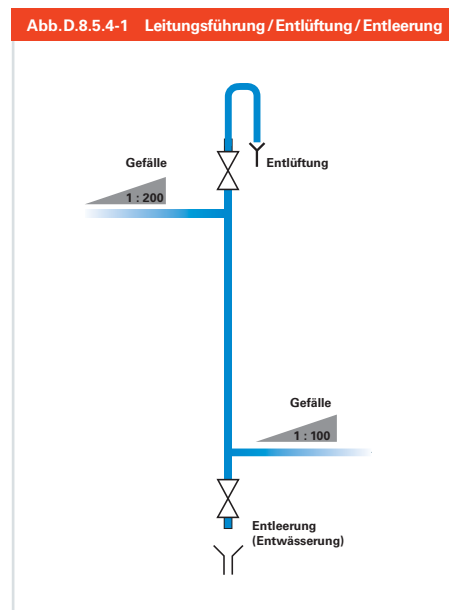
##### C) Rohwasser – Trinkwasserleitung

- ab kundenseitige Anschlussstelle bis Anschluss an die projektseitig ausgewählte CWA-Anlage (Chemische Wasseraufbereitungsanlage), unter Beachtung der hier erforderlich werdenden Rohr-Anschlussnennweite (siehe auch Angaben unter Abschnitt D.8.3.1 – Richtgeschwindigkeiten);
- Planungsseitige Ausführung von Rückflussverhinderung gegenüber der kundenseitigen Anschlussstelle gemäß DIN 1988 mittels Rohrtrenner;
- Sicherstellung der erforderlich werdenden Wasserdurchflussmenge gemäß CWA-Typ (siehe unter Abschnitt D.4.3.1) bei einem Mindestfließdruck von  $3,0^a)$  bar und einem nicht zu überschreitenden maximalen Druck von 6,0 bar;
- Vorhalten von Restentleerungsstellen (Entwässerung) an sich gegebenenfalls ergebende Leitungstiefpunkte von mindestens DN 15 bis DN 20;
- Betrachtungen zur Dehnungskompensation entfallen, wegen Medientemperatur  $< 20^\circ\text{C}$ .

##### D) wie unter C), jedoch Anschluss Mischkühler

- als Zweigleitung von C) mit Zweigananschlussstelle in Strömungsrichtung nach der Rückflusssicherung bei Sicherstellung der erforderlich werdenden Kühlwassermenge gemäß Abschnitt D.7.1.

<sup>a)</sup> zuzüglich des vorhandenen Gegendruckes aus der thermischen Wasseraufbereitungsanlage



### E) Weichwasserleitung

- ab CWA-Anlage bis Anschlussstutzen am Entgaser;
- Vorhalten einer zusätzlichen Rückschlag-sicherung in Strömungsrichtung am Ende der Leitung, unmittelbar vor Eintritt in den Entgaser;
- Rohranschlussnennweiten (Querschnitt-dimensionierungen), Mindestfließdruck und Dehnungskompensation wie unter C).

### F) Leitungsführungen Entlüftungen/Entleerungen

- Um eine Luftblase mit der Strömung „mit-zunehmen“, sind für horizontale Leitungen eine Mindestströmungsgeschwindigkeit  $\geq 0,3$  m/s erforderlich.
- Die Leitungen sind mit Steigung zu den Entlüftungen zu verlegen.

#### Leitungsführungen Entleerungen:

- Die Mindestnennweite von Entleerungs-ventilen sollte so gewählt werden, dass auch „Schmutz“ (mechanische Verun-reinigungen) mit abgelassen werden könnte. Von daher haben sich in der Praxis Nennweiten mit mindestens DN 20 und selbstreinigendem Ventilsitz bewährt. Not-falls sollte die Armatur durchstoßbar sein (Kugelhahn). Die Leitungen sind mit Gefälle zu den Entleerungen hin zu verlegen.
- Entleerungs- und Entlüftungsleitungen sollten „beobachtbar“ über einen gemein-samen Sammeltrichter, mit zentraler Ab-leitung in die kundenseitig vorzuhaltende Fußbodenentwässerung, geführt werden.

### D.8.5.5 Brüden-, Abdampf-, Ausblaseleitungen

Erforderlich werdende Trassierungen für:

- A) Brüden- (Fegedampf oder auch Wrasen genannt) - Leitung
- ab thermische Entgasungsanlage bei Verlegung außer Haus (über Dach);
  - Leitungsführung bei stetiger Steigung in Strömungsrichtung;
  - die Leitungsführung ist möglichst kurz und „geradlinig“, bei ausreichender Dehnungskompensation, zu führen;
  - Leitungsquerschnittsdimensionierung bei einer „Nennweitererweiterung“ gegenüber der vorgegebenen Entgaseranschlussnennweite als Empfehlung, jedoch unter Beachtung nicht zu überschreitender Gesamtdruckverluste von  $\leq 0,5 \times p_{B/E}$  (mit  $p_{B/E}$  dem vorhandenen Entgaserüberdruck) und maximaler Brüden- (Fegedampf-) Menge ( $\dot{m}_{D/B}$ ) gemäß Abschnitt D.7.3.
- B) Entlüftungsleitungen – Wrasendampfleitungen
- für Kondensatgefäß (offen), Teilentgasungsanlage und Mischkühler sind jeweils ab Anschlussflansch Apparat, bei stetiger Steigung (über Dach, außer Haus) zu verlegen;
  - die Leitungsführungen sind ebenfalls möglichst kurz und „geradlinig“, bei ausreichender Dehnungskompensation, zu führen;
  - die Leitungsquerschnittsdimensionierungen sind jeweils in Übereinstimmung der hier herstellerseitig vorgegebenen Anschlussstutzen (Flansch-Anschlussnennweiten) auszuführen.

#### Berechnungsbeispiel 1

(siehe auch unter D.7.1 und D.8.3.1) aus :

$$d_{i(\text{erf})} \geq 2 \times \sqrt{\frac{\dot{m}_{a/DE} \times v''_D}{w_{D(\text{MAX})} \times \pi}} \quad [\text{m}]$$

mit den Berechnungsgrößen für:

- maximalen Abschlammmenge  $\dot{m}_s \approx 7,5 \text{ kg/s}$
- Betriebsüberdruck ( $p_B$ )  $\approx 13 \text{ bar}$
- Entspannung gegen Atmosphäre  $\approx 0 \text{ bar}$
- Anteil der Nachverdampfung ( $f_{DE}$ ) aus [G2 Tb.6] mit 17% und das entspricht  $\underline{\underline{0,17 \text{ kg}_{\text{Dampf}}/\text{kg}_{\text{Abschlammmenge}}}}$
- Spannungsdampfmenge -  $\dot{m}_{a/DE} = \dot{m}_s \times f_{DE}$   
 $= 7,5 \text{ kg/s} \times 0,17 \text{ kg}_{\text{Dampf}}/\text{kg}_{\text{Abschlammmenge}}$   
 $= 1,275 \text{ kg}_{\text{Dampf}}/\text{s}$
- spezifisches Volumen  $v''_D$  des Spannungsdampfes bei atmosphärischem Druck aus [Tb. 2]  $= 1,694 \text{ m}^3/\text{kg}$
- maximal gewählte Grenzströmungsgeschwindigkeit  $w_{D(\text{MAX})} \approx 70 \text{ m/s}$  (siehe Anmerkung zu 1) unter Abschnitt D.8.3.1)

wird der erforderliche Innendurchmesser der Entlüftungsleitung:

$$d_{i(\text{erf})} \geq 2 \times \sqrt{\frac{1,275 \text{ kg/s} \times 1,694 \text{ m}^3/\text{kg}}{70 \text{ m/s} \times \pi}} \geq 0,198 \text{ m}$$

#### Hinweis

Die Querschnittsdimensionierung für die Entlüftungsleitung des Mischkühlers muss eine Ableitung des entstehenden Entspannungsdampfes aus der Abschlammmenge des Dampferzeugers „ohne“ nennenswert zu erwartenden Gegendruck sicher ableiten können.

#### Hinweis

Mit Bezug auf einen zulässigen Überdruck von 0,5 bar für den Mischkühler ergibt sich

$d_{i(\text{erf})(0,5 \text{ bar})}$  mit  $v''_{D(0,5 \text{ bar})} \approx 1,159 \text{ m}^3/\text{kg}$  zu:

$$\frac{d_{i(\text{erf})(0,5 \text{ bar})}}{2 \times} \geq \sqrt{\frac{1,275 \text{ kg/s} \times 1,159 \text{ m}^3/\text{kg}}{70 \text{ m/s} \times \pi}} \geq 0,163 \text{ m}$$

und entspricht den Viessmann-Werkangaben mit DN 150.

## D.8 Rohrleitungsanlage

- C) Sicherheitsventil (SIV)-Ausblaseleitungen für:
- SIV-Dampferzeuger
  - SIV-Thermische Entgasungsanlage
  - SIV Economiser (falls absperrbar und vorhanden)
  - SIV-Dampf-Überhitzer (falls absperrbar und vorhanden)
    - je ab Anschlussflansch-SIV, bei stetiger Steigung (über Dach, außer Haus) verlegt;
  - die Ausblaseleitungen sind möglichst kurz und „geradlinig“ bei ausreichender Dehnungskompensation zu führen;
  - Ausblaseleitungen müssen gefahrlos „ausmünden“;
  - im Ausblasesystem darf sich keine Flüssigkeit (Kondensat, Niederschlagswasser et cetera) ansammeln können und wären von daher mit einer „unabsperrbaren“ Entwässerungsleitung im Leitungstiefpunkt auszuführen (siehe Zeichnung);

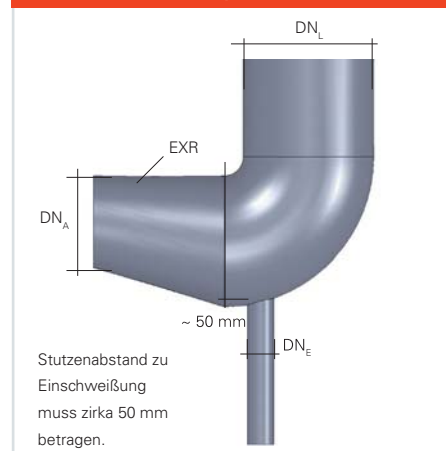
- Auf der Austrittsseite ist die Abblaseleitung, als Empfehlung, um mindestens eine Nennweite (siehe Zeichnung) zu erweitern, jedoch unter Beachtung nachfolgender Hinweise:
  - Ableitung der Dampfmassenströme ( $\dot{m}_{FD}$ ), ohne dass dabei der jeweils zulässige Betriebsüberdruck um mehr als 10% ansteigt;
  - Sicherheitsventil
    - => Sattedampferzeuger  $\geq \dot{m}_{FD}$  (als Erzeugerleistung)
    - Sicherheitsventil
      - => Überhitzer  $\geq 0,25 \times \dot{m}_{FD}$
      - Sicherheitsventil
        - => Thermische Entgasung  $\geq \dot{m}_{FD}$  (als erforderliche Heizdampfmenge – siehe Abschnitt D.10.2);
  - Durchmesser  $DN_L$  und Länge der Rohrleitung, vorhandene Umlenkungen und sonstige Einbauten (eventuell Schalldämpfer) wären so zu dimensionieren, dass die vom Hersteller für das jeweilige SIV zulässigen Gegendrücke nicht überschritten werden und damit der geforderte Dampfmassenstrom sicher abgeführt werden kann;
  - Gegendrücke  $> 0,15 \times p_A$  (mit  $p_A$  dem eingestellten SIV-Abblasedruck) sollten von daher nicht überschritten werden.

Die Austrittsgeschwindigkeit bestimmt neben der vorgenannten Lärmabstrahlung vom Ventil im Wesentlichen die zu erwartende Lärmbelastung. Von daher sollte die unter Abschnitt D.8.3.1 angegebene Grenzgeschwindigkeit nicht überschritten werden.

Die Ausblaseleitungen müssen unter Beachtung gegebener Betriebsverhältnisse so bemessen und verlegt sein, dass die statischen, dynamischen (Reaktions- beziehungsweise Rückstoßkräfte) und thermischen Beanspruchungen sicher aufgenommen werden. Planungsseitig wäre hier ein entsprechender Nachweis zu führen.

Es wird empfohlen, dass das/die Sicherheitsventil(e) entsprechend als Festpunkt zu halten ist/sind. Vertikalbewegungen der Leitungen sollten über entsprechend ausgeführte Federlagerungen (siehe auch unter Abschnitt D.8.4) ausgeglichen werden können. Die Einbau- und Montageanleitungen des jeweiligen Sicherheitsventil-Herstellers sind zusätzlich zu beachten.

Abb. D.8.5.5-1 Ausblasesystem



Legende:

- $DN_A$  Nennweite SIV-Austritt
- $DN_L$  Nennweite SIV-Ausblaseleitung (Empf.:  $DN_A + 1 \times$  Nennweitenvergrößerung)
- $DN_E$  Nennweite Entwässerung (Empf.: DN 15 bis DN 25)
- EXR exzentrische Nennweiten-Reduzierung

### Hinweis

#### SIV Abblase Schalldämpfer

Beim Abblasen von Sicherheitsventilen (speziell SIV-Dampferzeuger) können je nach Abblasedruck und Menge unzumutbare Lärmbelastungen an den Mündungen auftreten. Kurzzeitig auftretende Schalldruckpegel können in Bereichen zwischen 120 bis 132 dB(A) erwartet werden. Behördlichen Auflagen folgend (TA-Lärm) wird der Einsatz von Dampf-abblaseschalldämpfern, mit Dämpfungswerten ( $\Delta dB(A)$ ) von 30 bis 50 dB(A), empfohlen.

### Hinweis zur über Dach-Verlegung

Dachdurchführung mit wärme- und schalldämmter Schiebemuffe (Vertikaleitlager) und Schutz gegen Niederschlag (Regenkragen); Ein- und/oder zweiseitige „stumpfwinklige“ Austrittsmündung (siehe Abb. D.8.5.5-2/3/4):

### Hinweis auf zusätzlich zu beachtendes Regelwerk

TRD 421, im Besonderen die Ziff. 6 und  
DIN EN 12953-8, im Besonderen die Ziff. 4.2;

Abb. D.8.5.5-2 Variante A

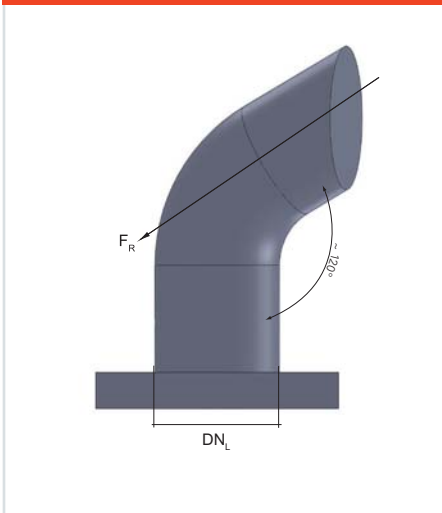
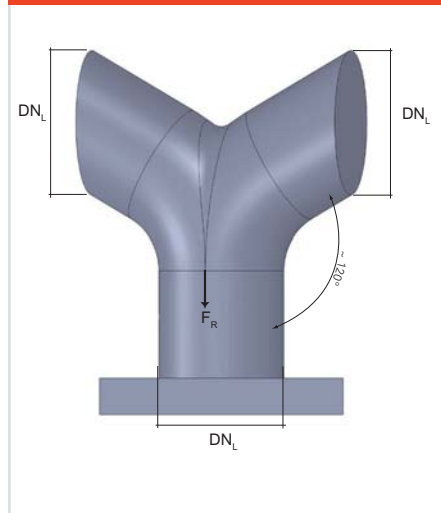


Abb. D.8.5.5-3 Variante B



Mit Vorzug der Variante B;  
bei Wahl der Variante A ist das auftretende Biegemoment wegen der Rückstoßkraft  $F_R$  an der Dachdurchführung zu beachten;

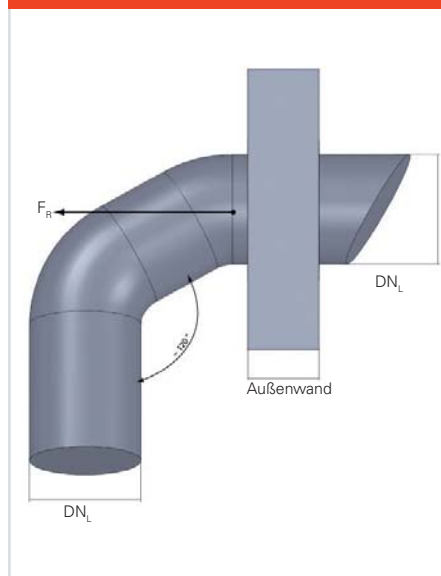
#### Variante C

Wanddurchführung mit wärme- und schalldämmter Schiebemuffe (Horizontal-Gleitlager).

#### Nachteile:

Installation eines Schalldämpfers beziehungsweise einer Nachrüstbarkeit hierfür vorsehen. Erhöht abzuführende Biegemomente über den „Vertikal-Rohrschenkel“.

Abb. D.8.5.5-4 Variante C



### D.8.5.6 Brennstoffleitungen

#### A) Allgemeines

- Betrachtet werden Rohrleitungen je ab Gebäudeeintritt bis Anschluss an die Armaturenstrecke der Feuerungsanlage für Heizöl extra leicht und Erdgas (E);
- Ausführung der jeweiligen Anschlussdimensionierung gemäß Vorgaben der zur Ausführung kommenden Feuerungsanlage (Gas- und/oder Heizölfeuerung) in Abhängigkeit der erforderlich werdenden Feuerungswärmeleistung gemäß Abschnitt D.3.3.1;
- Dimensionierung der Zuführungsleitungen mit Bezug auf die empfohlenen Richtwerte für die Strömungsgeschwindigkeit gemäß Abschnitte D.8.3.1 und D.8.3.2;
- Ausführung der Heizölleitung, vom kunden-seitigen Heizöltanklager kommend, bis zur Feuerungsanlage und zurück zum Heizöltanklager, als sogenannte Ringleitung. Das in der Ringleitung zirkulierende Heizöl wird über entsprechend zu dimensionierende Druckregulierventile zwischen 1,0 bis 2,5 bar konstant gehalten;
- Dimensionierung der Ringleitung als Empfehlung um zirka 1,5- bis 2,5-fach vergrößert (je nach Anlagengröße) x Brennstoffbedarf  $\dot{B}_B$ , die hier mit Reserven behaftet erhöhte Fördermenge wäre Auslegungsansatz für die kundenseitig (projektseitig) vorzuhaltende Förderpumpe;
- Feuerungsseitige (brennerseitige) Anschluss an die Ringleitung über projektseitig entsprechend zu dimensionierende sogenannte Gas-/Luft-Abscheider;
- Entlüftungs- und Entleerungsleitungen (in DN 15 bis DN 20 als Empfehlung) sind kontrolliert (unter Beachtung Wasserhaushaltsgesetz) in geschlossene Behältnisse (zum Beispiel Slopbehälter) einzuleiten und einer Wiederverwendung (via Pumprückförderung) zuzuführen;
- Die Entlüftungs- und Ausblaseleitungen der Gas-Armaturenstrecke(n) wären separat gemäß Herstellervorgaben stetig steigend außer Haus (bevorzugt „Außenwand-Durchgang“) zu verlegen;
- Werden Entwässerungen an der Gasleitung erforderlich (gegebenenfalls wegen zu erwartender Gaskondensate), ist eventuell austretendes Gas ebenfalls gefahrlos abzuführen;

- Rohrleitungsunterstützung beziehungsweise Abstände sind gemäß Abschnitt D.8.4 entsprechend auszuführen;
- Dehnungskompensationen sind mit den zu erwartenden natürlichen Rohrleitungs-umlenkungen im System und für nicht zu erwartende Umgebungstemperatur > 40 °C sicher gegeben.

#### B) Spezielles zur Heizöl extra leicht (HEL)-Leitung

- Mit Bezug auf die Druckgeräterichtlinie 97/23/EG wird das Fluid (HEL) der Gruppe 2 zugeordnet;
- Mit Erwartungsdrücken  $\leq 3,0$  bar und Erwartungs-Durchgangsnennweiten deutlich < DN 100 erfolgt die Ausführung der Rohrleitungsanlage (Zuordnung) dem Artikel 3, Absatz 3, folgend Zitat: „Bei guter Ingenieurpraxis...“ (siehe auch Hinweise unter Abschnitt D.8.1.3);
- eine ausgeführte „gute“ Ingenieurpraxis gilt als erbracht unter zusätzlicher Beachtung und Umsetzung des Regelwerkes TRD 411 – Heizölfeuerungen an Dampfkesselanlagen, im Besonderen die Ziffern 6.1, 6.2, 6.3 und 7.1 – Sicherheitsabsperreinrichtungen –, sowie: DIN EN 12953-7, im Besonderen die Ziffern 4.2 und 4.3 mit Hinweis auf DIN EN 267 – Ölbrenner mit Gebläse.

#### C) Spezielles zur Gasleitung

- Mit Bezug auf die Druckgeräterichtlinie 97/23/EG wird das Fluid (Erdgas E) der Gruppe 1 zugeordnet;
- Mit Erwartungsdrücken  $\leq 4,0$  bar und Erwartungs-Durchgangsnennweiten deutlich > DN 25 bis  $\leq$  DN 350 erfolgt die Ausführung der Rohrleitungsanlage (Zuordnung) nach den Kategorien I bis II beziehungsweise Kategorie III für Durchgangsnennweiten > DN 350 (siehe auch Hinweise unter Abschnitt D.8.1.3);
- Das Regelwerk TRD 412 – Gasfeuerungen an Dampfkesselanlagen, im Besonderen die Ziffern 4 und 5.1 – Absperreinrichtungen außerhalb des Kesselaufstellungsraumes wären zusätzlich zu beachten; sowie DIN EN 12953-7, im Besonderen die Ziffern 4.2 und 4.3 mit Hinweis auf DIN EN 676 – Brenner mit Gebläse für gasförmige Brennstoffe.

### D.8.5.7 Abwasser- und Fußbodenentwässerungen

Die in der Anlage anfallenden technologischen Abwässer müssen über ein bauseits (kundenseitig) auszuführendes zentrales Abwassersystem gefahrlos, den Regeln der Technik entsprechend, abgeleitet werden können.

Hierfür sind projektseitig an den nachfolgend beschriebenen Anfallstellen entsprechend geeignete Ableiteinrichtungen (Fußbodeneinläufe) vorzusehen. Das Gefälle der Ableitungen (Grundleitungen) sollte in Strömungsrichtung nicht kleiner als 1:50 (2 cm/m) gewählt werden.

#### A) Dampferzeuger

Positionierung am Ende des Dampferzeuger zirka 500 mm rechtsseitig (aus Brennersicht) neben dem Grundrahmen mit einem empfohlenen Einlauf von DN 100, für die Einleitung von:

- anfallender Rauchgaskondensate (kurzzeitig aus der „Kaltstartphase“ der Dampferzeugeranlage);  
Anmerkung: (siehe auch unter Abschnitt D.2.3.3), Rauchgaskondensate mit einem pH-Wert < 6,5 wären grundsätzlich vor Einleitung über eine projektseitig vorzuhaltende Neutralisationsanlage zu führen;
- anfallenden Kondensaten aus Sicherheitsventil-Abblaseleitung;
- Entlüftungen, Entleerungen Speisewasserleitung;
- Entlüftung Dampferzeuger;
- Ausblase- und Entwässerungsleitung von Manostaten, Verteilern und Reflexionswasserstand;
- Entwässerung, Abwasseranfall aus Probenahmekühler (diskontinuierlich maximal einmal pro Schicht 8 h mit  $\leq 0,25$  l/s);
- Entlüftung/Entleerung Economiser.

#### B) Speisewasserbehälter-Kondensatgefäß

Positionierung in Abhängigkeit des gewählten Standortes (Aufstellungsplan) unmittelbar am mündenden Ende der Überlaufleitung mit einer empfohlenen Einlaufstelle  $\geq$  DN 100 bis  $\leq$  DN 125 je nach Anlagengröße für die Einleitung von:

- anfallender Überlaufmengen<sup>a)</sup>,
- notwendig werdender Gefäß<sup>b)</sup> beziehungsweise Behälterentleerungen für den Revisions- und Reparaturfall,
- anfallende Kondensate aus Sicherheitsventil-Abblaseleitung,
- Ausblas- und Entwässerungsleitungen von Füllstandanzeigen,
- Entleerung (Restentleerungen) Speisewassersaugleitung,
- Entwässerungen und Entleerungen Kessel-speisewasserpumpen.

#### Hinweis

Die Einlaufstellen sollten zusätzlich gegebenenfalls anfallendes Abwasser aus dem Sanitärbereich (zum Beispiel Spritzwasser aus der Fußbodenreinigung) aufnehmen können.

<sup>a)</sup> maximal zu erwartende Überlaufmengen in kg/h  $\leq 0,5 \times \dot{m}_{FD}$  (mit  $\dot{m}_{FD}$  der Dampferzeugerleistung in kg/h)

<sup>b)</sup> siehe Abb. D.4.1.2-1



## D.8 Rohrleitungsanlage

### C) Mischkühler – Laugenentspanner

Positionierung je in Abhängigkeit des gewählten Standortes (Aufstellungsplan) unmittelbar am mündenden Auslauf der Mischkühler-Ablaufleitung mit einer empfohlenen Einlaufstelle  $\geq$  DN100 bis  $\leq$  DN150 je nach Anlagengröße für die Einleitung von:

- notwendig werdende Restentleerung der Behälterinhalte (Mischkühler<sup>a)</sup> und/oder Laugenentspanner);
- notwendig werdende Restentleerung Dampfkessel;
- der kontinuierlich anfallenden Abwassermenge ( $\dot{m}_A$  in kg/h) aus dem Mischkühler (siehe auch unter D.7.1) je nach Dampferzeugerleistung ( $\dot{m}_{FD}$  in kg/h), der erforderlich werdenden Absalzrate (A in %), der Absalzwassertemperatur ( $T_A$  in °C) als Eintrittstemperatur in den Mischkühler, der gewählten Abwasseraustrittstemperatur ( $T_{AW/A}$  in °C) aus dem Mischkühler und der vorhandenen Kühlwassertemperatur ( $T_{KW}$  in °C) als Eintrittstemperatur in den Mischkühler aus:

$$\dot{m}_A = \dot{m}_{FD} \times \frac{A}{100} \left( 1 + \frac{(T_A - T_{AW/K})}{(T_{AW/K} - T_{KW})} \right) \text{ (kg/h)}$$

(bei Vernachlässigung der nur diskontinuierlich eintretenden Abschlammmenge ( $\dot{m}_g$ ))

zum Beispiel:

$$\dot{m}_{FD} = 25000 \text{ kg/h;}$$

$$A = 5\%$$

$$T_A = 105 \text{ °C}$$

$$T_{AW/K} = 30 \text{ °C}$$

$$T_{KW} = 15 \text{ °C} \Rightarrow \dot{m}_A \approx 7500 \text{ kg/h}$$

wie vor jedoch mit:

$$\dot{m}_{FD} = 4000 \text{ kg/h; } \Rightarrow \dot{m}_A \approx 1200 \text{ kg/h}$$

wie vor jedoch mit maximal  $3 \times 25000$  kg/h;

$$\dot{m}_A \approx 22500 \text{ kg/h}$$

Anmerkung zu den Berechnungsbeispielen:

Hiermit sollte der eingangs empfohlene

DN-Bereich nochmals plausibilisiert werden.

Bei Absalzrate  $A > 3\%$  bis  $\leq 6\%$  ist bei einer maximalen Erzeugerleistung ( $\dot{m}_{FD} \geq 25$  bis  $\leq 75$  t/h) die Einlaufstelle auf DN 150 zu erhöhen und/oder die Wahl eines zusätzlichen Laugenkühlers (Abwärmenutzung) gemäß Amortisationsrechnung unter Abschnitt D.7.1, mit dem Ziel einer Minimierung des erforderlich werdenden Kühlwasserbedarfes empfehlenswert.

<sup>a)</sup> Gefäß- und Behälterinhalte siehe unter Abschnitt D.7.1/D.7.2

#### D) Chemische Wasseraufbereitungsanlage (CWA)

Positionierung je in Abhängigkeit des gewählten Standortes (Aufstellungsplan) unmittelbar (zirka 500 mm) in Strömungsrichtung vor dem ‚freien‘ Abwasseranschluss mit einer empfohlenen Einlaufstelle, je nach CWA-Baugröße  $\geq$  DN 100 bis  $\leq$  DN 125 für diskontinuierlich anfallende Erwartungsmengen, je Anlagen-Regeneration und Volllastbetrieb je einmal pro Schicht (7 bis 8 h), gemäß nachfolgender tabellarischer Angaben (näherungsweise):

**Abb. D.8.5.7-1 Baugröße der CWA bei Abwasseranfall**

Baugröße (siehe auch Viessmann-Datenblatt)	60	120	200	320	400	500
Spülwassermenge je Regeneration (m <sup>3</sup> )	0,11	0,22	0,375	0,6	0,75	0,9
Spülwasserdurchfluss (m <sup>3</sup> /h)	0,3	0,5	0,5	0,9	0,9	1,2

**Abb. D.8.5.7-2 Baugröße der CWA bei Abwasseranfall**

Baugröße (siehe auch Viessmann-Datenblatt)	600	800	1000	1400	3000	4500
Spülwassermenge je Regeneration (m <sup>3</sup> )	1,1	1,42	1,82	2,55	5,5	8,0
Spülwasserdurchfluss (m <sup>3</sup> /h)	1,6	1,6	2,7	2,7	5,8	7,5

Entlüftungs- und Entleerungsleitungen (Restentleerung) sind ebenfalls in die konzipierte Einlaufstelle einzuleiten!

#### E) Hinweis auf Regelwerke

Bei der planungsseitigen Konzipierung des zentralen Abwassersystems sind mit Bezug auf den möglichen Brennstoffeinsatz „Heizöl“ entsprechende Schutzmaßnahmen gegen Einleitung von Heizöl (im Havariefall, Leckagen, Undichtigkeiten et cetera) in das Abwassersystem (zum Beispiel Einsatz von „heizölsperrenden“ Fußbodeneinläufen) zu treffen.

Standardwerke, wie:

- DIN 1986 – Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke im Verbund mit DIN EN 752 und DIN EN 12056;
- DIN 1999 – Heizölabscheider im Verbund mit DIN EN 858;
- DIN 4043 – Sperren für Leichtflüssigkeiten (Heizölsperren);

sind grundsätzlich zu beachten.



### Abgasanlage

Die Abgasanlage, mit Anschluss an den Abgasaustrittsstutzen des Dampferzeugers, besteht üblicherweise aus der stetig steigenden Abgasleitung mit Einbauten bis hin zum Schornsteinanschluss (Kamin) der Anlage.

Als Einbauten werden hier notwendig werdende Umlenkungen (Bögen), Kompensatoren, Schalldämpfer und Abgasklappen mit Stellantrieb für die rauchgasseitige Absperrung des Dampferzeugers beziehungsweise zur Abgasdruckregelung (Feuerraumdruckregelung) gesehen.

Abgasanlagen müssen entsprechend den nationalen und lokalen Vorschriften und einschlägigen Normen ausgelegt werden. Allgemeine Anforderungen an Abgasanlagen in und an Gebäuden sind in DIN EN 1443 festgelegt. Die Ausführung muss dem geltenden nationalen Baurecht der DIN 18160 sowie der TRD 403 Ziff. 7 entsprechen.

Für freistehende Schornsteine gelten neben dem Baurecht die DIN 1056, DIN 4133 und die DIN EN 13084-1. Hydraulische Bemessungen sind den Normen DIN EN 13384 beziehungsweise DIN EN 13084-1 (für „frei“ stehende Schornsteine) entsprechend zu folgen.

Die nachfolgenden Abschnitte enthalten allgemeine Empfehlungen für die Ausführung von Abgasanlagen, die einen störungsfreien Betrieb der zum Einsatz kommenden Feuerungsanlage gewährleisten. Bei Nichtbeachtung dieser Regeln können zum Teil massive Betriebsprobleme auftreten. Dies sind häufig akustische Störungen beziehungsweise Beeinträchtigungen der Verbrennungsstabilität oder überhöhte Schwingungen an Bauteilen beziehungsweise deren Komponenten.

**D.9.1 Planungs- und Ausführungshinweise für Verbindungsstücke**

Das Abgas aus der Feuerungsanlage soll mit möglichst geringem Druck- und Wärmeverlust auf direktem Weg in den Schornstein geleitet werden. Von daher sind die Verbindungsstücke „strömungsgünstig“ (geradlinig, kurz und ansteigend, mit einem Minimum an Umlenkungen zum Schornstein entsprechend wärmege-dämmt (siehe [A2]) auszuführen.

Auftretende Wärmedehnungen und Reaktionskräfte auf den Schornstein sind durch Einbau von Kompensatoren (hier bevorzugter Einsatz von Gewebekompensatoren wegen vernachlässigbar zu erwartender Reaktionskräfte) oder Schiebmunfen auszugleichen.

Wegen ihrer guten Schwingungs- und Druckfestigkeit wird der grundsätzliche Einsatz von Rohren (als geschweißtes Rohr nach DINEN 10217-2 und/oder gewalzt als Zylindermantelrohr) im Wanddickenbereich  $\geq 4,0$  bis  $\leq 8,0$  mm empfohlen.

Die Innendurchmesser (Durchgangsnennweiten) der Abgasleitung (Verbindungsstücke) sind entsprechend dem Abgas-Anschlussdurchmessers des jeweiligen Dampferzeugers zu wählen (siehe Abb. D.9.1-1).

- Umlenkungen in den Verbindungsstücken sind strömungstechnisch günstig durch entsprechende Rohrbögen ( $\leq 90^\circ$  Rohrbögen) auszuführen;
- Verbindungsstücke mit mehreren Umlenkungen sind zu vermeiden, da sie Luft- und Körperschall und den „Anfahrdruckstoß“ (den Feuerungsgegendruck) negativ beeinflussen;
- notwendig werdende Übergänge (Reduzierungen/Erweiterungen) von rund- auf eckigen Anschluss, zum Beispiel Anschluss Schalldämpfer und/oder Schornstein wird ein Übergangswinkel von  $\leq 30^\circ$  empfohlen;
- Das Material der Verbindungsstücke (inklusive Einbauten) muss für eine Abgastemperatur bis  $350^\circ\text{C}$  geeignet sein.

**Abb. D.9.1-1 Abgas-Anschlussdurchmesser der Vitomax-Dampferzeuger**

<b>Dampferzeugerleistung (<math>\dot{m}_{FD}</math>) (t/h)</b>	0,7 bis 0,9	1,15 bis 1,4	1,75 bis 2,3	2,9 bis 3,8	4,0 bis 5,0	6,0 bis 7,0	8,0 bis 10,0	11,0 bis 12,0	14,0 bis 16,0	18,0 bis 20,0	22,0 bis 25,0
<b>Abgasanschlussinnendurchmesser (mm)</b>	240	290	340	440	600	700	800	900	1000	1100	1200

### Hinweis

Bei gezielter Taupunktunterschreitung (Brennwertnutzung – siehe Ausführungen unter Abschnitt D.2.3.3), Medien<sup>a)</sup>-Erwartungstemperaturen „dauerhaft“ < 90 °C und einem Schwefelgehalt im Brennstoff > 0,2 Gewichtsprozent, wird der Einsatz von korrosionsbeständigen Materialien (Edelstähle) zwingend empfohlen (DIN 51603).

- Es ist planungsseitig darauf zu achten, dass das anfallende Rauchgaskondensat auf der gesamten Länge der Verbindungsstücke (auch für den Schornstein selbst) ungehindert abfließen kann, gemäß ATV-Merkblatt 251 behandelt und entsprechend örtlicher Bedingungen entsorgt wird;
- Zwecks Vermeidung von Abgasaustritt an den hierfür vorgehaltenen Entwässerungsstutzen wird die Installation eines zirka 100 mm sogenannten „Wassersackrohres“ empfohlen;
- Bei Stillstand der Dampferzeugeranlage und Minustemperaturen im Außenbereich ist die Gefahr von Frostschäden zu verhindern;
- Reinigungsöffnungen sind gemäß DIN 18160-1 und DIN 18160-5 und der IVS-Richtlinie 105 vorzusehen und deren Einbaulagen, in Abstimmung mit dem zuständigen Schornsteinfegermeister, festzulegen;
- Leitungsunterstützungen (erforderlich einzuhaltende Stützweiten) sind entsprechend erforderlich werdender statischer Nachweise vorzusehen. Zur Ausführung

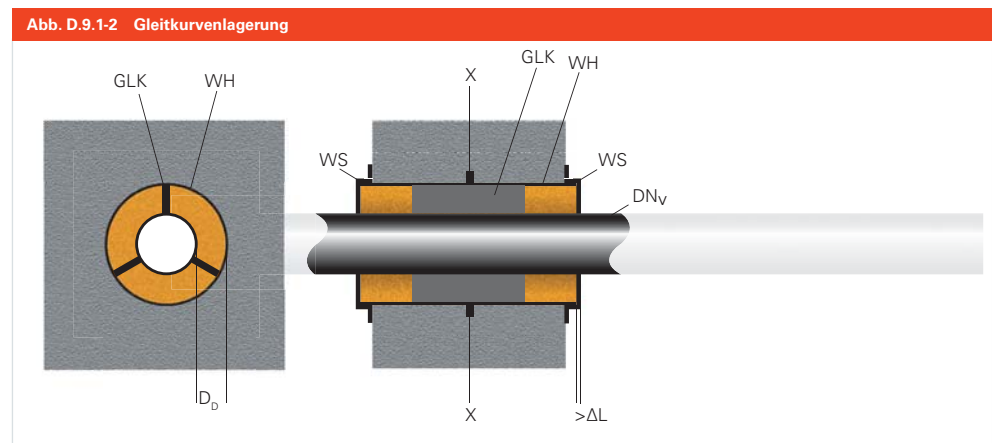
werden hier bevorzugt Gleitlager (gegebenenfalls ausgeführt als sogenanntes „Sattellager“ für Durchgangsnennweiten > DN800) und/oder Gleitlager mit Federstütze empfohlen (siehe auch unter Abschnitt D.8.4);

- Messanschlüsse (Emissionsmessstellen) sind an geeigneter Stelle vorzusehen. Die nach VDI-Richtlinie (VDI 4200) definierte Messgasentnahme ist unter Beachtung gegebenenfalls behördlicher Vorgaben, entsprechend auszuführen;
- Bei Installation einer Abgasklappe (wie einleitend unter D.9 benannt) ist zwingend ein sicherheitsgerichteter Endlagenschalter „AUF“ in die Steuerung des Dampferzeugers einzubinden.

### Hinweis

Verriegelung der Klappe mit der Feuerung. Eine geöffnete Klappe ist Bedingung für die Inbetriebnahme des Dampferzeugers. Die Endlage „Klappe-ZU“ wäre gegebenenfalls nach Außerbetriebnahme zeitverzögert so einzustellen, dass die Klappe nicht ganz dicht schließt (zirka 5% in „offen“-Stellung) um kurzzeitig auftretende „Stauwärme“ aus dem Feuerraum über die Abgasanlage abströmen lassen zu können.

- Wanddurchführungen sind wärmege-dämmt und witterungsgeschützt als Gleitlagerung über Wandhülrohr und Gleitkuvenlagerung (siehe Abb. D.9.1-2) auszuführen.



### Legende:

WH - Wandhülrohr mit Wandverankerung bei x)  
 DN<sub>v</sub> - Durchgangsnennweite Verbindungsstück (Rohr)

D<sub>0</sub> - erforderliche Dämmdicke  
 WS - Witterungsschutz  
 ΔL - Rohr-Gleitbewegung  
 GLK - Gleitkuve (3 x 120 °)

<sup>a)</sup> Annahme, Medien- Erwartungstemperaturen  $\hat{=}$  Speiswassereintrittstemperaturen in den „unlegierten“ Economiser (ECO-Typ 100 und/oder Typ 200)

### D.9.2 Bemessungen zur Abgasanlage

- Als Grundlage für die strömungstechnische Bemessung dienen Normen nach DINEN 13384 beziehungsweise DINEN 13084-1;
- Zur Vermeidung von Strömungsgeräuschen in der Abgasanlage sollten praxisüblich Strömungsgeschwindigkeiten, bezogen auf das Betriebsvolumen [in m³/h] und Volllastbetrieb 12 bis 15 m/s nicht übersteigen;
- Die Auslegung der Feuerungsanlage erfolgt so, dass die rauchgasseitigen Widerstände des Dampferzeugers inklusive Economiser (ECO) zuzüglich der zu erwartenden Widerstände für Abgasleitung und Schalldämpfer überwunden werden können (siehe Abb. D.9.2-1 sowie D.9.2-2 Widerstandswerte für Dampferzeuger), so dass am Stutzen-Abgaseintritt Schornstein ein Förderdruck von ± 0 mbar (bis „leichten“ Überdruck von 1 mbar als Empfehlung) anliegt.

Für den „freistehenden“ Schornstein nach DINEN 13084-1 muss durch den Hersteller ein entsprechend statischer Nachweis erstellt werden. Die sich hieraus ergebenden Querkräfte und Momente am Schornsteinfuß sind letztlich Grundlage für die projektseitig (bauseitig) nachzuweisende Standsicherheit des Schornsteines (Dimensionierung des erforderlich werdenden Ankerkorbes und Fundament, kundenseitige Beistellung eines Bodengutachtens mit Bezug auf den Aufstellungsort).

**Hinweis**

Der Ankerkorb dient zur statisch stabilen Befestigung des Schornsteines im Verbund mit dem gegründeten Fundament via Schraubenverbindung, mit Anschluss der notwendig werdenden Erdung (Blitzschutz) des Schornsteines an das kundenseitig auszuführende Ableitersystem.

Heizgasseitiger Widerstand ( $\Delta p_{HG}$ ) in Abhängigkeit von der Dampferzeugerleistung ( $\dot{m}_{FD}$ ) mit und/oder ohne Economiser-Betrieb für den Kesseltyp:

Abb. D.9.2-1 Kesseltyp M237/M73A

M73A $\dot{m}_{FD}$ [t/h]	$\Delta p_{HG}^{a)}$ [mbar]	
	mit ECO 200	ohne ECO
0,5	5	4,5
0,7	6	5
1,0	8	6,5
1,3	9,5	7,5
1,65	11	9,5
2,0	12	10,5
2,5	13,5	11
3,2	14	12
4,0	16	13

Orientierungswerte genaue Daten siehe Datenblatt

Abb. D.9.2-2 Kesseltyp M75A

M 75A $\dot{m}_{FD}$ [t/h]	$\Delta p_{HG}^{a)}$ [mbar]	
	mit ECO 200	ohne ECO
5	10	17
6	11	16
7	11	15
9	12	17
10	13	18
12	15	17
14	15	17
17	17	18
22	18	15
25	18	14
20,0	18,5	14,5
22,0	18,5	14,0
25,0	18,5	14,0

Orientierungswerte genaue Daten siehe Datenblatt

<sup>a)</sup> Annahme, je zuzüglich zirka 1,5 bis 5,0 mbar für Einbauten inklusive Schalldämpfer bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 10,0 bis 15 m/s als praxisübliche Orientierung.

### D.9.3 Schornsteinanschluss/-ausführung

Freistehende Schornsteine sind mit einem statisch tragenden Außenrohr (aus Stahlblech unlegiert) und einem wärmegeprägten inneren Schornsteinzug (aus legiertem Edelstahl) auszuführen.

- Verbindungsstücke sind strömungsseitig ansteigend unter einem Winkel  $\geq 30^\circ$  bis  $\leq 45^\circ$  in den Schornstein einzuführen beziehungsweise anzuschließen;
- Gegenüber oder auf gleicher Höhe liegende Anschlüsse sind bei einer ausgeführten Mehrfachbelegung (siehe folgend unter D.9.4) des Schornsteines zu vermeiden;
- vorhandene Aufsätze an der Schornsteinmündung müssen eine „freie“ Ausströmung der Abgase in den freien Luftstrom gewährleisten;
- für jeden Dampferzeuger ist ein separater Schornsteinzug auszuführen.

#### Hinweise

Bei mehrzügigen Schornsteinen mit nur einem Tragrohr und „mehreren“ wärmegeprägten inneren Zügen erfolgt die Höhenfestlegung grundsätzlich auf der Grundlage der geltenden TA-Luft für:

- nicht genehmigungspflichtige Anlagen (1. BimSchV) durch den Bezirksschornsteinfegermeister und für
- Genehmigungsanlagen (4./13. BimSchV) durch das zuständige Landesamt für Gesundheitsschutz und technische Sicherheit (LAGetSi) beziehungsweise das zuständige Gewerbeaufsichtsamt auf Grundlage eines zu erstellenden Luft-Klimatologischen Gutachtens.

Die Auslegung des Schornsteines (auch Abgasanlage) erfolgt auf der Grundlage anlagen-spezifischer Abgasparameter, wie Betriebsvolumenstrom ( $\dot{V}_{ABG}$  in  $m^3/h$ ), Abgastemperatur (in  $^\circ C$ ) und den Druckverhältnissen (Überdruck in mbar in der Abgasleitung, sowie dem erforderlich werdenden Unterdruck in mbar an den Schornstein-Anschlussstutzen/Abgasleitung bei Ermittlung des Betriebsvolumenstromes ( $\dot{V}_{ABG}$ )) wie folgt:

$$\dot{V}_{ABG} = \frac{\dot{m}_{FD} \times R}{\rho_{ABG}} \times (1 + 0,00367 \times T_{ABG})^{a)} \quad [m^3/h]$$

mit den Berechnungswerten:

- $\dot{m}_{FD}$  Nennfrischdampfmenge (Leistung) des Dampferzeugers in (kg/h)
- $\rho_{ABG}$  mittlere Rauchgasdichte gemäß [L4]  $\approx 1,345 \text{ kg/Nm}^3$
- R dimensionsloser Faktor für die Ermittlung der Rauchgasmenge gemäß Datenblatt Vitomax 200 HS (siehe Tabelle Abb. D.9.4-1 und Abb. D.9.4-2)
- $T_{ABG}$  Abgastemperatur in  $^\circ C$  (siehe Tabelle Abb. D.9.4-1 und Abb. D.9.4-2) in Abhängigkeit des Betriebsdampfdruckes mit und/oder ohne Eco-Betrieb.

<sup>a)</sup> Klammerausdruck, Umrechnung von Normvolumenstrom in Betriebs-Volumenstrom, bei Vernachlässigung der Betriebsdrücke.



Abb. D.9.4-1 Vitomax 200-HS, Typ M237/M73A

Betriebsdruck [p <sub>B</sub> ] in bar	Vitomax 200-HS, Typ M237/M73A					
	R [-] <sup>a)</sup>			T <sub>ABG</sub> in [°C] <sup>b)</sup>		
	ohne ECO	mit Eco 100	mit Eco 200	ohne ECO	mit Eco 100	mit Eco 200
6,0	1,094	1,053	1,032	246	168	126
8,0	1,105	1,060	1,038	256	172	127
10,0	1,1135	1,065	1,042	265	174	129
13,0	1,1235	1,070	1,0475	276	178	132
16,0	1,132	1,075	1,052	284	182	135
18,0	1,137	1,078	1,0535	290	184	137
20,0	1,141	1,081	1,0565	295	187	139
22,0	1,144	1,083	1,058	299	190	141
25,0	1,148	1,086	1,061	308	194	145

Abb. D.9.4-2 Vitomax 200-HS, Typ M75A

Betriebsdruck [p <sub>B</sub> ] in bar	Vitomax 200-HS, Typ M75A					
	R [-] <sup>a)</sup>			T <sub>ABG</sub> in [°C] <sup>b)</sup>		
	ohne ECO	mit Eco 100	mit Eco 200	ohne ECO	mit Eco 100	mit Eco 200
6,0	1,083	1,0525	1,030	226	168	126
8,0	1,094	1,058	1,037	235	172	128
10,0	1,100	1,063	1,0415	246	174	131
13,0	1,109	1,068	1,045	254	177	133
16,0	1,1175	1,073	1,0485	264	182	136
18,0	1,1235	1,076	1,0525	272	184	138
20,0	1,1265	1,078	1,053	275	187	140
22,0	1,130	1,081	1,054	278	190	142
25,0	1,134	1,084	1,056	287	194	145

Anmerkung:  
Zwischenwerte linear interpoliert.

<sup>a)</sup> gemittelte Werte zur Auslegung der Abgasanlage nach DIN EN 13384

<sup>b)</sup> bei Vollast (100%), 3% O<sub>2</sub> – im Abgas und Speisewassertemperatur 102 °C

### D.9.4 Gemeinsame Abgasanlage, Zusammenführung von Abgasströmen

Mehrere Dampferzeuger (Feuerstätten) dürfen an eine gemeinsame Abgasanlage unter Beachtung der DIN EN 12953-7 nur angeschlossen werden, wenn die Feuerungsanlage im Verbund mit dem Dampferzeuger sich für eine derartige Betriebsweise eignet und nachfolgende Anforderungen zusätzlich eingehalten werden können:

- Bemessung der Anlage für eine gesicherte Ableitung der Abgase in jedem Betriebszustand beziehungsweise Lastfall;
- Verhinderung des Einströmens von Abgasen in außer Betrieb befindliche Dampferzeuger bei Überdruckbetrieb, zum Beispiel durch „dicht“ schließende Abgasklappen;
- Konstante Feuerraumdruckverhältnisse in jedem der angeschlossenen Dampferzeuger und Betriebszuständen;
- Mindestabgasgeschwindigkeiten nach DIN EN 13084-1 ( $w_{\min} \approx 0,5 \text{ m/s}$ ).

Eine Zusammenführung von Abgasströmen sollte jedoch vermieden werden, da es bei starker Lastsenkung, zum Beispiel  $\leq 30\%$  Last, zu einer geringeren Unterdruckbildung im Schornstein kommen kann. Die Abgase füllen dann den Schornstein nicht mehr vollständig aus, und „kalte“ Luft kann in den Schornstein „einfallen“.

Wird eine Zusammenführung dennoch gewählt, ist darauf zu achten, dass die Abgasströme (Verbindungsrohre) gleichgerichtet in einem sogenannten Hosenrohr-Stück zusammengeführt werden (Abb. D.9.4-1):

Die projektseitig letztlich zum Einsatz kommende Schornsteinanlage muss, auf der Grundlage der für den Standort zu erwartenden Luft-Klimatologischen Gegebenheiten, im Verbund gegebener Rauchgasparameter und Anlagenlastverhalten, einen gesicherten stabilen Anlagenbetrieb gewährleisten. Ein Nachweis (Kontrollrechnung) zur Zugberechnung für die gewählte Schornsteinanlage gemäß DIN 13384 und/oder DIN 4705 ist projektseitig entsprechend zu erstellen.

Folgende technische Daten für die ggf. kundenseitig bereits gewählte Schornsteinanlage, hier mit Fokus auf eine gutachterliche Vorgabe zur:

- Einhaltung von Schallemissionswerten;
  - Schornsteinhöhe über Oberkante-Terrain;
  - Immissionsprognosen laut TA-Luft;
- wären projektseitig zu beachten.

#### Hinweis

Nicht an mehrfach belegte Abgasanlagen angeschlossen werden dürfen:

- Dampferzeuger mit Abgastemperaturen  $> 400 \text{ °C}$ ;
- Feuerungsanlagen für Flüssiggas;
- Feuerungsanlagen mit Gebläse, soweit nicht alle Dampferzeuger im selben Raum aufgestellt sind.

Abb. D.9.4-1 Hosenrohr-Stück

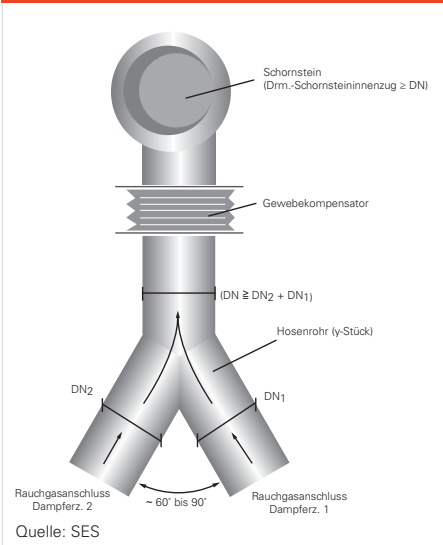
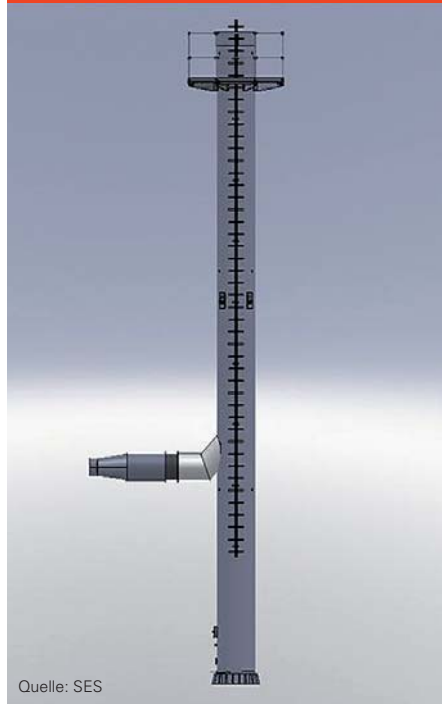


Abb. D.9.4-4 Schornstein



Legende:

- ① Schornstein  
(Ø Schornsteininnenzug ≥ DN)<sup>a)</sup>
- ② Gewebekompensator
- ③ Hosenrohr (Y-Stück)
- DE<sub>1</sub> Anschluss-Dampferzeuger 1
- DE<sub>2</sub> Anschluss-Dampferzeuger 2

Abb. D.9.4-2 Hosenrohr-Stück

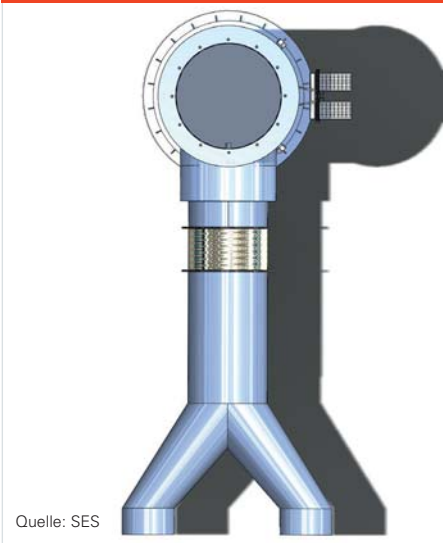


Abb. D.9.4-5 Schornsteinfuß



Abb. D.9.4-3 Einbindung Schornstein



<sup>a)</sup> DN ≥ DE<sub>1</sub> + DE<sub>2</sub>



## Anlageneigenbedarf

Mit Bezug auf die Ausführungen unter C.11 wäre projektseitig der notwendig werdende Eigenbedarf für elektrische und thermische Energie zu betrachten.

Nachfolgend werden hierfür entsprechende Angaben als Richtwerte empfohlen und Hinweise auf eine mögliche Berechnung gegeben.

### D.10.1 Elektrischer Anlageneigenbedarf

Die kundenseitige elektrische Einspeisung erfolgt üblicherweise auf einer Spannungsebene von 0,4 kV bis 0,6 kV und einer Frequenz von 50 Hz mit Anschluss an den herstellerseitig beigestellten zentralen Anlagenschaltschrank. Eine Spannungsebenen bezogene Versorgung sämtlicher Verbraucher der Dampferzeugungsanlage erfolgt herstellerseitig aus dem vorgenannten zentralen Anlagenschaltschrank heraus.

Die Notwendigkeit einer redundanten Einspeisung, in Abhängigkeit einer notwendig werdenden „unterbrechungsfreien“ Dampferzeugung (zum Beispiel Krankenhaus), ist durch den Kunden frühzeitig, in der Projektvorbereitung, zu treffen.

Zwecks Sicherstellung einer bedarfsgerechten Versorgung der Dampferzeugungsanlage ist projektseitig hierfür eine entsprechende Auflistung (siehe nachfolgende tabellarische Übersicht Abb. D.10.1-1), zu erstellen.

Abb. D.10.1-1 Elektrische Verbraucherliste

lfd. Nr.	Verbraucher (Komponenten)	Anz. (Stück)	Spannung (Volt)	Leistung (VA)	Steuer- signal	Bemerkung
<b>1.0 Komponenten<sup>a)</sup></b>						
1.1	Brenner Typ:				4 - 20 mA	mit und/oder ohne FU <sup>b)</sup>
1.2	Verbrennungsluftgebläse Typ:					mit und/oder ohne FU <sup>b)</sup>
1.3	Rauchgas-Rezi-Gebälse Typ:					mit und/oder ohne FU <sup>b)</sup>
1.4	Kesselspeisepumpe Typ:			<sup>c)</sup>		mit und/oder ohne FU <sup>b)</sup>
1.5	Kondensatpumpe (offenes System) Typ:			<sup>c)</sup>		
1.6	Kondensatpumpe (geschl. System) Typ:			<sup>c)</sup>		mit und/oder ohne FU <sup>b)</sup>
1.7	HEL-Pumpen Typ:					
1.8	Heizölvorwärmung Fabr:					nur bei Schweröleinsatz
1.9	CWA inkl. Dosieranlage (MSR-Technik) Typ:				4 - 20 mA	
1.10	TWA (MSR-Technik) Typ:				4 - 20 mA	
1.11	Mischkühler (MSR-Technik) Typ:				4 - 20 mA	
und so weiter	(bei Bedarf kann die Liste jederzeit erweitert werden)					

**2.0 Stellantriebe<sup>a)</sup>**

2.1	Rauchgasklappe				4 - 20 mA	Typ: Fabr.:
2.2	Speisewasserregelventil(e)				4 - 20 mA	Typ: Fabr.:
2.3	Mischventil-Überhitzer				4 - 20 mA	Typ: Fabr.: (falls vorhanden)
2.4	Heizdampfventil/Schieber				4 - 20 mA	Typ: Fabr.:
2.5	Abschlammventil				4 - 20 mA	Typ: Fabr.:
und so weiter	(bei Bedarf kann die Liste jederzeit erweitert werden)					

<sup>a)</sup> Alle Aggregate (Motore, Schieber, Ventile etc.) und Automaten (Umschaltautomat, Regler und Steuerspannungseinschaltungen) sind mit einer „Ein“ und „Aus“ beziehungsweise „Auf“ und „Zu“-Rückmeldung auszuführen.

<sup>b)</sup> Bei Frequenzumrichter (FU)-Betrieb sind störende Netzrückwirkungen in Form von Oberschwingungen zu vermeiden.

<sup>c)</sup> Ermittlung der erforderlich werdenden Antriebsleistung in Abhängigkeit von der jeweiligen Fördermenge im Vorfeld nötig (siehe unter Abschnitte D.6.1 – Kesselspeisewasser-Pumpen und D.6.2 – Kondensat-Pumpen) – siehe auch Abb.D.10.1-3.

## D.10 Anlageneigenbedarf

Abb. D.10.1-2 Elektrische Verbraucherliste

ffd. Nr.	Verbraucher (Komponenten)	Anz. (Stück)	Spannung (Volt)	Leistung (VA)	Steuer- signal	Bemerkung
<b>3.0 MSR - Anlagen</b>						
3.1	Dampferzeuger				4 - 20 mA	Typ:
3.2	Kondensatsystem (offen)					
3.3	Kondensatsystem (geschlossen)					
3.4	extern: NOT-Aus-Taster					Eingangsbereich Aufstellungsraum
3.5	extern: Lecksonden -Öl-					Tanklager – Kunde
3.6	extern: Sicherheitsschnellschluss -Gas-					vor Eintritt Aufstellungsraum
3.7	extern: Sicherheitsschnellschluss -Öl-					Tanklager – Kunde
3.8	extern: Rauchgas- Emissionsmessungen					Schornsteinanlage (falls vorhanden)
und so weiter	(bei Bedarf kann die Liste jederzeit erweitert werden)					
<b>4.0 Beleuchtung und TGA-Anlagen</b>			<b>Ausführung kundenseitig ab Unterverteilung der Einspeisung</b>			
4.1	Beleuchtung <sup>a)</sup> Aufstellungsraum					
4.2	Notbeleuchtung <sup>a)</sup> Aufstellungsraum					
4.3	Be- und Entlüftung Aufstellungsraum					falls erforderlich
und so weiter	(bei Bedarf kann die Liste jederzeit erweitert werden)					
<b>5.0 Blitzschutzanlage<sup>a)</sup></b>			<b>Ausführung kundenseitig bei Bedarf</b>			
und so weiter	(bei Bedarf kann die Liste jederzeit erweitert werden)					

<sup>a)</sup> gemäß der TRD 403 Ziff. 10 folgend mit besonderem Verweis auf die Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (VBG4).

<sup>a)</sup> gemäß der TRD 403 Ziff. 11.2 folgend (DIN 57-185; VDE 0185).

Übersicht elektrische Erwartungsleistung (kW)  
 – Pumpenmotor in Abhängigkeit Dampferzeugungleistung ( $\dot{m}_{FD}$ ) und Betriebsüberdruck ( $p_B$ )

Abb. D.10.1-3 Übersicht elektrische Erwartungsleistung

$p_B$	$\dot{m}_{FD}$ in [t/h]									
bar	0,7	0,8	1,0	1,3	1,65	2,3	2,9	3,8	4,0	5,0
6	0,25	0,32	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,40	1,40	1,80
8	0,33	0,42	0,54	0,66	0,82	1,10	1,36	1,80	1,90	2,30
10	0,41	0,53	0,57	0,82	1,10	1,35	1,70	2,20	1,30	2,90
13	0,53	0,70	0,87	1,10	1,33	1,75	2,20	2,90	3,00	3,80
16	0,66	0,84	1,10	1,30	1,64	2,20	2,70	3,60	3,75	4,70
18	0,74	0,95	1,20	1,50	1,85	2,40	3,00	4,00	4,20	5,30
20	0,82	1,05	1,35	1,65	2,05	2,70	3,40	4,50	4,70	6,00
22	0,90	1,20	1,50	1,80	2,30	3,0	3,70	4,90	5,20	6,40
25	1,03	1,30	1,70	2,10	2,60	3,40	4,30	5,60	6,00	7,30

$p_B$	$\dot{m}_{FD}$ in [t/h]										
bar	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	25,0
6	2,00	2,50	2,80	3,50	4,00	5,00	6,00	6,00	7,00	8,00	9,00
8	2,80	3,20	3,80	4,70	5,60	6,60	7,50	8,00	9,00	10,00	12,00
10	3,50	4,10	4,70	5,80	7,00	8,20	9,40	11,00	12,00	13,00	15,00
13	4,60	5,30	6,10	7,60	9,00	10,70	12,20	14,00	15,00	17,00	19,00
16	5,60	6,60	7,50	9,40	11,00	13,00	15,00	17,00	19,00	21,00	23,00
18	6,30	7,40	8,40	10,50	12,70	15,00	17,00	19,00	21,00	23,00	26,00
20	7,00	8,20	9,40	12,00	14,00	16,00	19,00	21,00	23,00	26,00	29,00
22	7,70	9,00	10,30	13,00	15,50	18,00	21,00	23,00	26,00	28,00	32,00
25	9,00	10,00	12,00	15,00	18,00	20,00	23,00	26,00	29,00	32,00	37,00

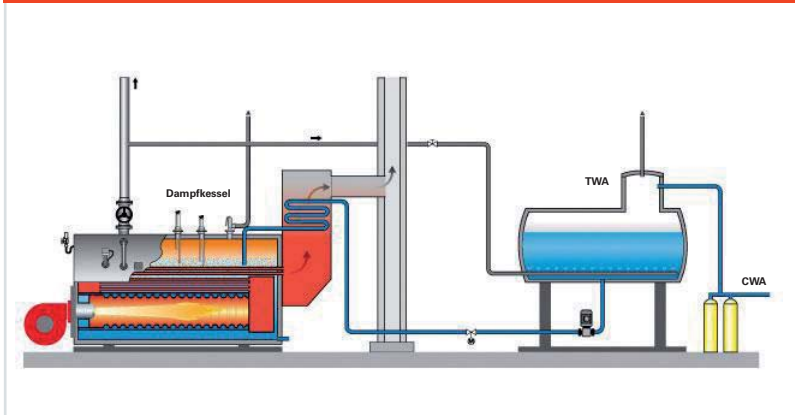
**Annahmen**

- Pumpenwirkungsgrad 75%
- Zuschlag zur Pumpenkupplungsleistung 15%
- Leistungswerte gerundet



## D.10 Anlageneigenbedarf

Abb. D.10.2-1 Systembild



### D.10.2 Thermischer Anlageneigenbedarf

Aus der Wärme- und Massenbilanz, um die thermische Entgaseranlage, ergibt sich mit den Annahmen

- Betrieb ohne Brüden dampf (Fegedampf)-kondensator;
- Betrieb ohne Speisewasser- und Laugenkühler;
- Betrieb mit Laugenentspanner und Abdampfnutzung;
- spezifische Wärmekapazität ( $c_p$ ) von Kondensat = Speisewasser =
  - konstant  $\approx 4,19 \text{ kJ/kgK}$
  - beziehungsweise  $1,163 \times 10^{-3} \text{ kWh/kgK}$

die erforderliche Heizdampfmenge ( $\dot{m}_{\text{FD/E}}$ ) als thermischer Eigenbedarf ( $\dot{Q}_{\text{FD/E}}$ ) aus:

$$\dot{Q}_{\text{FD/E}} = \dot{Q}_{\text{KON}} + \dot{Q}_{\text{zu/spw}} + \dot{Q}_{\text{BRÜ}} - \dot{Q}_{\text{DR}} \quad [\text{kW}]$$

mit

$\dot{Q}_{\text{KON}}$  erforderlicher Wärmebedarf für die Aufheizung der Rücklaufkondensate in [kW] auf Speisewassertemperatur ( $T_{\text{spw}}$ )

$$\dot{Q}_{\text{KON}} = \dot{m}_{\text{KON}} \times c_p (T_{\text{spw}} - T_{\text{KON}})$$

$\dot{Q}_{\text{ZU/SPW}}$  wie unter  $\dot{Q}_{\text{KON}}$  jedoch für die Aufheizung des Zusatzspeisewassers (Weichwasser aus der CWA)

$$\dot{Q}_{\text{zu/spw}} = \dot{m}_{\text{zu/spw}} \times c_p (T_{\text{spw}} - T_{\text{zu/spw}})$$

$\dot{Q}_{\text{BRÜ}}$  Brüdenwärmemenge in [kW] als Verlustwärmemenge (Fegedampfaustritt-Entgaser ( $\dot{m}_{\text{D/B}}$ ))

$$\dot{Q}_{\text{BRÜ}} = \dot{m}_{\text{D/B}} \times (h''_{\text{BRÜ}} - c_p \times T_{\text{spw}})$$

$\dot{Q}_{\text{DR}}$  Wärmerückgewinnungsmenge in [kW] aus Absalzentspanner

$$\dot{Q}_{\text{DE}} = \dot{m}_{\text{D/B}} \times (h''_{\text{DR}} - c_p \times T_{\text{spw}})$$

ZU:

$$\dot{m}_{FD/E} \times (h''_{FD} - c_p \times T_{spw}) =$$

$$\dot{m}_{KON} \times c_p \times (T_{spw} - T_{KON}) + \dot{m}_{zu/spw} \times c_p \times (T_{spw} - T_{zu/spw}) + \dot{m}_{D/B} \times (h''_{BRÜ} - c_p \times T_{spw}) - \dot{m}_{D/R} \times (h''_{DR} - c_p \times T_{spw})$$

sowie:

$$\dot{m}_{FD/E} = \frac{c_p \times [\dot{m}_{KON} \times (T_{spw} - T_{KON}) + \dot{m}_{zu/spw} \times (T_{spw} - T_{zu/spw})] + \dot{m}_{D/B} \times (h''_{BRÜ} - c_p \times T_{spw}) - \dot{m}_{D/R} \times (h''_{DR} - c_p \times T_{spw})}{(h''_{FD} - c_p \times T_{spw})}$$

mit den einzelnen Berechnungsgrößen für:

- $\dot{m}_{KON}$  Kondensatrücklaufmenge in [kg/h]
- $T_{KON}$  Kondensattemperatur in [°C]
- $T_{spw}$  Speisewassertemperatur im Entgaser als Sättigungstemperatur in Abhängigkeit vom Entgaserüberdruck [siehe Tb 2]
- $\dot{m}_{zu/spw}$  erforderliche Zusatzspeisewassermenge (Weichwassermenge) in [kg/h] ermittelt aus:

$$\dot{m}_{zu/spw} = \dot{m}_{FD} \times \left( 1 + \frac{A}{100} \right) - \dot{m}_{KON}$$

mit

- $\dot{m}_{FD}$  der erforderlichen Gesamtfrischdampfleistung, sowie
- A – der erforderlichen Absalzrate in [%]

- $T_{zu/spw}$  vorhandene Temperatur Zusatzspeisewasser in [°C]
- $\dot{m}_{D/B}$  Brüendampfmenge als Verlustdampfmenge (Austritt Entgaser) in [kg/h] ermittelt aus:

$$\dot{m}_{D/B} = f_{B/M} \times \left[ \dot{m}_{FD} \times \left( 1 + \frac{A}{100} \right) \right]$$

mit

$f_{B/M}$  Faktor für die Ermittlung der Mindestbrüendampfmenge (siehe unter D.7.3), dimensionslos [-];  $\approx 0,005$  bis  $0,01$

- $h''_{D/E}$ ,  $h''_{BRÜ}$  Entspannungsdampf- und Brüendampfenenthalpie je in Abhängigkeit des Entgaserüberdruckes ( $p_{E/D}$ ) nach [Tb 2]
- $\dot{m}_{D/R}$  Entspannungsdampfmenge aus Absalzentspanner in [kg/h] ermittelt aus

## D.10 Anlageneigenbedarf

$$\dot{m}_{D/R} = \frac{\dot{m}_{F/D} \times (A/100) \times (h'_{A/E} - c_p \times T_{spw})}{(h''_{D/R} - c_p \times T_{spw})}$$

mit  $h'_{A/E}$  Enthalpie – Absalzlauge bei Satt-  
dampf-temperatur ( $T_s$ ) in Abhängigkeit vom  
Betriebsdampfdruck ( $p_B$ ) aus [Tb 2]; (siehe  
auch unter D.7.2) und

- $h''_{F/D}$  vorhandenen Frischdampfenthalpie  
des Heizdampfes

### Berechnungsbeispiel 1

mit Annahmen für:

Frischdampfmenge  $\dot{m}_{F/D}$  = 12000 kg/h

Frischdampfdruck  $p_B$  = 13 bar

Sattdampf-temperatur  $T_s$  = 195 °C  
(aus [Tb 2])

Enthalpie-Absalzlauge =  $f(p_B) - h'_{A/E} \approx 0,230$  kWh/kg;

Speisewasser

temperatur  $T_{spw}$   $\approx 105$  °C;

Entgaserüberdruck =  $f(T_{spw}) - p_{E/D} \approx 0,25$  bar;

Entspannungsdampf =  $f(p_{E/D})$

und Brüdenenthalpie =  $h''_{D/R} \approx h''_{BRÜ}$   
 $\approx 0,7457$  kWh/kg

Enthalpie-Frischdampf  $f(p_B)$ ,  $h''_{F/D} \approx 0,7743$  kWh/kg;

Zusatzspeisewasser-

temperatur  $T_{zu/spw}$  = 15 °C;

Kondensatmenge  $\dot{m}_{KON}$  = 6000 kg/h;

Kondensattemperatur  $T_{KON}$  = 85 °C;

Absalzrate  $A$  = 5 %;

Faktor-

Mindestbrüdenmenge  $f_{B/m}$   $\approx 0,0075$  [-];

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{zu/spw}} &= \dot{m}_{\text{FD}} \times \left( 1 + \frac{A}{100} \right) - \dot{m}_{\text{KON}} \\ &= 12000 \text{ kg/h} \times \left( 1 + \frac{5}{100} \right) - 6000 \text{ kg/h} = 6600 \text{ kg/h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{D/B}} &= f_{\text{B/M}} \times \left[ \dot{m}_{\text{FD}} \times \left( 1 + \frac{A}{100} \right) \right] \\ &= 0,0075 \times \left[ 12000 \text{ kg/h} \times \left( 1 + \frac{5}{100} \right) \right] = 94,50 \text{ kg/h}\end{aligned}$$

$$\dot{m}_{\text{D/E}} = \frac{\dot{m}_{\text{F/D}} \times A/100 \times (h'_{\text{A/E}} - c_p \times T_{\text{spw}})}{(h''_{\text{D/R}} - c_p \times T_{\text{spw}})}$$

$$\dot{m}_{\text{D/R}} = \frac{12000 \times 5/100 \times (0,230 \text{ kWh/kg} - 1,163 \times 10^{-3} \times 105)}{(0,7743 - 1,163 \times 10^{-3} \times 105)} = 99,215 \text{ kg/h}$$

und der sich ergebenden Heizdampfmenge ( $\dot{m}_{\text{FD/E}}$ ) als den notwendig werdenden Dampf-Eigenbedarf für das gewählte Berechnungsbeispiel:

$$\dot{m}_{\text{FD/E}} = \frac{c_p \times [\dot{m}_{\text{KON}} \cdot (T_{\text{spw}} - T_{\text{KON}}) + \dot{m}_{\text{zu/spw}} \times (T_{\text{spw}} - T_{\text{zu/spw}})] + \dot{m}_{\text{D/B}} \times (h''_{\text{BRÜ}} - c_p \times T_{\text{spw}}) - \dot{m}_{\text{D/R}} \times (h''_{\text{D/R}} - c_p \times T_{\text{spw}})}{(h''_{\text{FD}} - c_p \times T_{\text{spw}})}$$

$$\dot{m}_{\text{FD/E}} = \frac{1,163 \times 10^{-3} [6000 \times (105 - 85) + 6600 \times (105 - 15)] + 94,5 \times (0,7457 - 1,163 \times 10^{-3} \times 105) - 99,25 \times (0,7457 - 1,163 \times 10^{-3} \times 105)}{(0,7743 - 1,163 \times 10^{-3} \times 105)}$$

$$\dot{m}_{\text{FD/E}} \approx 1269 \text{ kg/h} \triangleq 10,6 \% \text{ von } \dot{m}_{\text{FD}}$$

### Hinweis

Mit  $\dot{m}_{\text{KON}} = 0$  (kein Kondensatrücklauf) erhöht sich die erforderlich werdende Heizdampfmenge für das Berechnungsbeispiel auf

$$\dot{m}_{\text{FD/E}} = 2018 \text{ kg/h} \triangleq 16,8 \% \text{ von } \dot{m}_{\text{FD}}$$



Anlage mit 2 Vitomax 200-HS je  
10 t/h, 16 bar mit geregelten Dampf-  
überhitzern und nachgeschalteten  
Abgaswärmetauschern.

Stadt Klaipeda (Litauen),  
Fernheizwerk Klaipedos energija,  
Baujahr 2007.

# E Anforderungen und Vorschriften

In nachfolgendem Kapitel wird auf die Anforderungen und Vorschriften eingegangen.

Wir beziehen uns hier ausdrücklich auf Landdampfkessel. Im Einzelnen werden hier die Aufstellbedingungen der Kessel, der allgemeinen Anforderungen der Anlage, des Aufstellraumes und des Gebäudes erläutert.

Darüber hinaus nehmen wir Bezug auf Schallemissionen, Transport und Einbringung sowie Grundlagen zur Erdbebensicherheit.

## **253 E Anforderungen und Vorschriften**

### **254 Grundsätzliche Anforderungen und Vorschriften an das Erlaubnisverfahren**

- 254 E.1.1 Erlaubnisverfahren nach §13 Betriebssicherheitsverordnung
- 265 E.1.2 Übersicht Erlaubnisverfahren Deutschland
- 268 E.1.3 Übersichten und Zusammenstellung von Antragsunterlagen und deren Erstellung
- 271 E.1.4 Übersichten zur Erstellung der Antragsunterlagen

### **272 Grundsätzliche Anforderungen und Vorschriften zur Aufstellung von Dampfkesseln**

- 273 E.2.1 Aufstellung für Landdampfkessel der Kategorie IV
- 273 E.2.2 Aufstellung für Landdampfkessel der Kategorie III (TRD 802)
- 274 E.2.3 Aufstellungsraum Dampfkesselanlage
- 277 E.2.4 Schallemission
- 278 E.2.5 Transport und Einbringung
- 279 E.2.6 Sicherheiten gegen Erdbeben

# Grundsätzliche Anforderungen und Vorschriften an das Erlaubnisverfahren

## E.1.1 Erlaubnisverfahren nach §13 Betriebssicherheitsverordnung

### E.1.1.1. Allgemeines

Abhängig von der Größe beziehungsweise Kapazität (und damit dem Gefahrenpotential) schreibt die BetrSichV<sup>a)</sup> für einen Teil der in §1 Abs. 2 der BetrSichV genannten überwachungsbedürftigen Anlagen einen Erlaubnisvorbehalt vor. Die Anlagentypen, die vom Erlaubnisvorbehalt erfasst werden, sind in §13 Abs. 1 Nrn. 1 bis 4 BetrSichV abschließend aufgezählt.

Montage, Installation, Betrieb, wesentliche Veränderung und Änderungen der Bauart oder Betriebsweise, welche die Sicherheit der Anlage beeinflussen, bedürfen der Erlaubnis. Damit bezieht sich der Erlaubnisvorbehalt sowohl auf neue wie auch vorhandene Anlagen.

Eine Anlage im Sinne der Verordnung setzt sich aus mehreren Funktionseinheiten zusammen, die zueinander in Wechselwirkung stehen und deren sicherer Betrieb wesentlich von diesen Wechselwirkungen bestimmt wird. Einrichtungen, die für den sicheren Betrieb der überwachungsbedürftigen Anlage erforderlich sind, werden mit erfasst.

Im Erlaubnisverfahren ist somit die Gesamtanlage zu betrachten, das heißt nicht nur der Teil der Anlage, der den Zweck der Anlage bestimmt, zum Beispiel der Druckteil einer Dampfkesselanlage, sondern alle Teile, Geräte, Einrichtungen, die Einfluss auf den sicheren Betrieb der Anlage haben.

Eine Gesamtanlage kann auch aus mehreren überwachungsbedürftigen (Teil-)Anlagen bestehen, das heißt eine konkrete Anlage kann zum Beispiel sowohl hinsichtlich des Druckrisikos als auch hinsichtlich des Explosionsrisikos oder aber hinsichtlich des Risikos, das mit dem Lagern und Abfüllen entzündlicher, leicht- oder hochentzündlicher Flüssigkeiten verbunden ist, eine überwachungsbedürftige Anlage sein. Eine „wesentliche Veränderung“ gemäß §2 Abs. 6 BetrSichV einer überwachungsbedürftigen Anlage ist dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage soweit verändert wird, dass sie in

den Sicherheitsmerkmalen einer neuen Anlage entspricht. Im Falle der wesentlichen Veränderung ist im Erlaubnisverfahren ebenso wie bei Neuanlagen die gesamte Anlage zu betrachten.

Wird eine „Änderung“ (§2 Abs. 5 BetrSichV) der Bauart oder der Betriebsweise vorgenommen, welche die Sicherheit der Anlage beeinflusst, erstreckt sich das Erlaubnisverfahren nur auf den geänderten Teil. Es muss jedoch sichergestellt sein, dass die Sicherheit der Gesamtanlage gewährleistet bleibt.

Montage und Installation umfasst alle Tätigkeiten, die erforderlich sind, um die Anlage vor Ort für die Inbetriebnahme vorzubereiten. Hierzu zählt auch die Erprobung vor der erstmaligen Inbetriebnahme. Zum Betrieb einer überwachungsbedürftigen Anlage zählt auch die Prüfung durch Dritte.

### Dampfkesselanlagen

- sind befeuerte oder anderweitig beheizte überhitzungsgefährdete Druckgeräte zur Erzeugung von Dampf oder Heißwasser mit einer Temperatur von mehr als 110 °C die gem. Art. 9 in Verbindung mit Anhang II Diagramm 5 der Richtlinie 97/23/EG in Kategorie IV einzustufen sind.

Ausgenommen sind Anlagen, in denen Wasserdampf oder Heißwasser in einem Herstellungsverfahren durch Wärmerückgewinnung entsteht, es sei denn, Rauchgase werden gekühlt und der entstehende Wasserdampf oder das entstehende Heißwasser werden nicht überwiegend der Verfahrensanlage zugeführt (verfahrenstechnische Abhitzeessel). Für die Erlaubnisbedürftigkeit ist es dabei nicht relevant, ob das Druckgerät als einzelne Komponente oder als Baugruppe nach der Druckgeräterichtlinie in Verkehr gebracht wurde.

Die Erlaubnis umfasst die gesamte Dampfkesselanlage. Zur Dampfkesselanlage gehören neben dem Dampfkessel soweit vorhanden die nachfolgenden Teile und Einrichtungen:

- Das Kesselgerüst, die Wärmedämmung und/oder die Ausmauerung und die Um-mantelung.
- Die Einrichtungen für die Feuerung.

<sup>a)</sup> Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777; 25.11.2003 S. 2304; 6.1.2004 S.2; 23.11.2004 S.3758; 25.6.2005 S.1866).



- Die dem Dampfkesselbetrieb dienenden Dampf- und Heißwasserleitungen und deren Armaturen, soweit sie mit dem Dampfkessel eine Funktionseinheit bilden, bis zu den bei der Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung festgelegten Schnittstellen.
- Die Einrichtungen innerhalb des Kesselaufstellungsraumes zur Lagerung, Aufbereitung und Zuleitung von Brennstoffen sowie Einrichtungen außerhalb des Kesselaufstellungsraumes zur Lagerung, Aufbereitung und Zuleitung von leicht entzündlichen und allen staubförmigen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen.
- Die Einrichtungen zur Luftversorgung des Dampfkessels einschließlich der Gebläse und der mit Rauchgas beheizten Luftvorwärmer.
- Die absperrbaren mit Rauchgas beheizten Überhitzer und Zwischenüberhitzer, sowie die im Kesselaufstellungsraum befindlichen Dampfkühler und dazugehörige Verbindungsleitungen.
- Die absperrbaren Speisewasservorwärmer, soweit sie im Rauchgasstrom der Feuerung angeordnet sind, sowie die Speisevorrichtungen mit den zum Dampfkessel führenden Speiseleitungen.
- Die Einrichtungen zur Rauchgasabführung einschließlich der Saugzanlagen und des Schornsteins beziehungsweise der Rauchgasableitung über einen Kühlturm, sowie der in die Rauchgasabführung eingebauten Anlagen zur Verminderung von Luftverunreinigungen.
- Die Einrichtungen zur Druckhaltung und zum Volumenausgleich (Druckausdehnungsgefäße, Ausdehnungsbehälter) Heißwassererzeugungsanlagen einschließlich der zugehörigen Verbindungsleitungen.
- Alle anderen Einrichtungen, die dem Betrieb der Dampfkesselanlage dienen.
- Einrichtungen, in denen der erzeugte Dampf überhitzt oder gekühlt wird und die sich ganz oder teilweise in einem Dampfkessel befinden, wobei Dampfkessel als Behälter- oder Rohranordnungen definiert sind, der unter einem höheren als den atmosphärischen Druck steht.
- Alle Überwachungs- und Sicherheitssysteme des Dampfkessels.
- Der Kesselaufstellungsraum.

### E.1.1.2 Anforderungen an die Antragsunterlagen

#### 1. Grundsätzliche Anforderungen

Dem Antrag sind alle für die Beurteilung der Anlage notwendigen Unterlagen beizufügen. Sollten relevante Angaben fehlen, kann es durch Nachforderungen der Behörden oder der zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS) zu Verzögerungen im Ablauf des Erlaubnisverfahrens kommen. Antragsunterlagen, die unvollständig sind beziehungsweise gutachterliche Äußerungen, die nicht den Akkreditierungsbedingungen der ZÜS entsprechen, sollen an den Antragsteller zurückgegeben werden.

Überwachungsbedürftige Anlagen im Sinne der BetrSichV sind größtenteils Anlagen, die EU-Richtlinien zum Inverkehrbringen unterliegen, oder sie enthalten zumindest Komponenten, auf die diese Vorschriften anzuwenden sind. Siehe auch Geräte und Produktsicherheitsgesetz (GPSG) Abs.1,§2(7).

Die Konformitätsbescheinigung muss jedoch erst vor der Inbetriebnahme vorliegen und ist nicht zwingend Bestandteil der Antragsunterlagen. Je nachdem, ob für die komplette Anlage bereits eine Konformitätsbescheinigung vorliegt oder lediglich die Rahmenbedingungen bekannt sind, unterscheidet sich der Umfang der einzureichenden Antragsunterlagen. Sind nur Anlagenkomponenten und nicht die gesamte Anlage einem Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen worden, muss die Kompatibilität der einzelnen Komponenten untereinander im Antrag beschrieben werden.

Im Antrag muss noch nicht der konkrete Hersteller der Anlage angegeben sein. In diesem Fall muss die Anlage jedoch in Bezug auf die Auslegungsdaten (zum Beispiel Leistung, Brennstoff, Betriebsweise und Bauart) detailliert beschrieben sein, sodass die Anlage hinsichtlich des sicheren Betriebes beurteilt werden kann. Anforderungen, die bereits im Konformitätsbewertungsverfahren geprüft wurden, sind im Erlaubnisverfahren nicht nochmal zu prüfen.

## E.1 Anforderungen und Vorschriften

Soweit die Einhaltung der Anforderungen an die Beschaffenheit durch die Konformitätsbescheinigungen des Inverkehrbringers nachgewiesen wird, steht im Vordergrund des Erlaubnisverfahrens die korrekte Aufstellung und der sichere Betrieb der Anlage. Zum Beispiel

- der genaue Ort der Aufstellung im Freien beziehungsweise in einem Gebäude;
- die möglichen Gefährdungen der Anlage (Anfahrerschutz, Brandschutz und so weiter) und die jeweiligen Vorkehrungen unter Berücksichtigung der Punkte, die der Hersteller gemäß der Bedienungsanleitung am Aufstellungsort als Ergebnis seiner Gefahrenanalyse voraussetzt;
- eine Übertragung der Angaben des Herstellers, zum Beispiel zum Ex-Zonenplan, auf die konkreten örtlichen Verhältnisse;
- die Art und Weise des Betriebes, zum Beispiel die besonderen sicherheitstechnischen und organisatorischen Vorkehrungen bei einer zeitweilig eingeschränkten Beaufsichtigung;
- den Nachweis der Kompatibilität der einzelnen Komponenten untereinander, wenn für die Gesamtanlage keine Konformität nachgewiesen wird.

Der Antrag muss alle Angaben enthalten, die die ZÜS für die gutachterliche Äußerung beziehungsweise für die Prüfung vor Inbetriebnahme benötigt (siehe Abschnitt 4 und 6).

Weiter ist zu beachten, dass die gutachterliche Äußerung der ZÜS formal Bestandteil des Antrages ist (§13 Abs. 2 BetrSichV). Durch die Übernahme der gutachterlichen Äußerung als Antragsunterlage sind die gegebenenfalls bezeichneten Defizite, ergänzenden Forderungen und die vorgeschlagenen Maßnahmen automatisch Bestandteil des Antrages. Auf den erforderlichen Abstimmungsprozess zwischen dem Antragsteller und der ZÜS wird in Abschnitt C.14.2.4 noch näher eingegangen.

In der Regel ist der spätere Betreiber mit dem Antragsteller identisch. Sollte der Antrag von einem Dritten, zum Beispiel von einem Ingenieurbüro, als Serviceleistung für den späteren Betreiber gestellt werden, so sind dem Antrag die entsprechenden Vollmachten beizufügen.

Sofern der Antragsteller ausnahmsweise nicht späterer Betreiber ist, muss sichergestellt werden, dass auch der Betreiber alle Anforderungen aus der Erlaubnis erfüllt. Werden Antragsunterlagen zwecks Vervollständigung an den Antragsteller zurückgegeben, ist dies kein förmlicher Bescheid; das Verfahren wird lediglich unterbrochen wofür keine Verwaltungskosten berechnet werden.

### **2. Vorlage eines Explosionsschutzkonzeptes**

Hat die erforderliche Gefährdungsermittlung nach der GefahrstoffV unter Berücksichtigung des Anhang III Nr. 1 ergeben, dass das Auftreten einer Substanz in gefährlicher Menge in der Atmosphäre vorhanden ist und nicht vermieden werden kann, so muss im Erlaubnisverfahren geprüft werden, ob der erforderliche bauliche Brandschutz und die baulichen Voraussetzungen zum Explosionsschutz vorliegen, auch wenn das nach der BetrSichV erforderliche Explosionsschutzdokument erst bis zur Inbetriebnahme zu erstellen ist.

Für die im Antrag darzulegende Konzeption hat sich der Begriff „Explosionsschutzkonzept“ etabliert. Die im Explosionsschutzkonzept erforderlichen Aussagen sind im Anhang aufgeführt.

### **3. Erforderliche Unterlagen**

Die jeweils für die einzelnen Anlagentypen erforderlichen Antragsunterlagen sind den Checklisten im Anhang zu entnehmen. Je nach Einzelfall kann es möglich sein, dass darüber hinaus gehende Unterlagen erforderlich sind.

### E.1.1.3 Anforderungen an die gutachterliche Äußerung einer zugelassenen Überwachungsstelle

Die gutachterliche Äußerung ist in Bezug auf die Aufstellung und den sicheren Betrieb die wesentliche Grundlage des Erlaubnisverfahrens; sie muss deshalb belastbar sein.

Nach dem Verordnungstext muss aus der gutachterlichen Äußerung hervorgehen, dass

- Aufstellung,
  - Bauart und
  - Betriebsweise der Anlage
- der Verordnung entsprechen.

Die Angaben, die die gutachterliche Äußerung der zugelassenen Überwachungsstelle entsprechend der AKK-RL [3] mindestens enthalten muss, sind im Anhang wiedergegeben.

In der amtlichen Begründung zur BetrSichV heißt es dazu: „Vor Erteilung der Erlaubnis ist der Sachverstand einer ZÜS einzubeziehen und diese soll prüfen, ob das Zusammenwirken der Teile der Anlage unter den konkreten betrieblichen Bedingungen einen sicheren Betrieb der Anlage zulassen.“

Bei der Antragstellung sind drei Fallsituationen zu unterscheiden:

- Fall 1: Es liegt eine Konformitätserklärung für die ganze Anlage vor.
- Fall 2: Es gibt Teilbereiche mit, Teilbereiche ohne Konformitätserklärung, aber alle Bauteile unterliegen harmonisierten Vorschriften.
- Fall 3: (Teil-)Bereiche fallen nicht unter den harmonisierten Bereich (wie zum Beispiel Lagertanks bei entzündlichen Flüssigkeiten).

Je nach Fall unterscheidet sich der Prüfumfang der ZÜS bei der gutachterlichen Äußerung beziehungsweise bei der Prüfung vor Inbetriebnahme. Alles, was nicht herstellerseitig nachgewiesen wird, muss spätestens bei der Prüfung vor Inbetriebnahme geprüft werden.

Erfolgt bei Druckgeräten der Zusammenbau der Baugruppe unter der Verantwortung des Betreibers, muss bei der Abnahmeprüfung für jedes einzelne Druckgerät die Konformitätsbescheinigung vorliegen. Die ZÜS prüft spätestens bei der Prüfung vor Inbetriebnahme die richtige Auswahl und Montage der einzelnen Druckgeräte.

Aus der gutachterlichen Äußerung der ZÜS muss im Einzelnen hervorgehen, dass folgende Belange geprüft wurden und – soweit keine entsprechenden Maßgaben vorgeschlagen werden – auch eingehalten werden:

- die Vollständigkeit der Angaben in Bezug auf sicherheitstechnische Belange; hierzu gehören zum Beispiel auch:
  - Aussagen zu den vorgesehenen Einsatzstoffen und
  - Angaben zu besonderen Schutzmaßnahmen für Beschäftigte und Dritte.
- die Anforderungen in Bezug auf den Aufstellungsort (unter Einbeziehung benachbarter Grundstücke); dazu gehören die Prüfung auf:
  - Einhaltung der erforderlichen Abstände zu benachbarten Anlagen aufgrund einer möglichen gegenseitigen Gefährdung, insbesondere unter dem Aspekt eines Brandes;
  - Einhaltung der aufstellungsseitigen Voraussetzungen zum Explosionsschutz, das heißt insbesondere die Prüfung des „Explosionsschutzkonzeptes“, soweit Schutz-zonen zum Explosionsschutz nach Anhang 3 der BetrSichV erforderlich sind, sowie die Einhaltung der baulichen Voraussetzungen (zum Beispiel keine Öffnungen in Wänden oder Bodeneinläufe in den Zonen);
  - Gewährleistung des erforderlichen Schutzes vor Beschädigungen je nach Situation am Aufstellungsort, insbesondere in Bezug auf den Fahrzeugverkehr unter Berücksichtigung der Fahrzeugart und den gefahrenen Geschwindigkeiten;
  - Ausschluss sonstiger gegenseitiger Einflussmöglichkeiten zu benachbarten Anlagen wie die Gefahr durch eine Unterfeuerung durch auslaufende entzündliche Flüssigkeiten oder Heizöl/Diesel;
- die Eignung der Anlage beziehungsweise der Komponenten für die vorgesehenen Betriebsweisen und für die beabsichtigte Form der Aufsichtsführung.

Soweit die Gesamtanlage nicht einem einzigen Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen wird, so soll schon hier geprüft werden, ob die einzelnen vorgesehenen Komponenten geeignet und aufeinander abgestimmt sind.

Als Ergebnis einer positiven gutachterlichen Äußerung ist sinngemäß folgende Aussage erforderlich:

#### Hinweis

Eine Aussage wie „Es bestehen keine Bedenken gegen die Erteilung einer Erlaubnis“ entspricht nicht der Vorgabe der BetrSichV und ist deshalb nicht ausreichend.

## E.1 Anforderungen und Vorschriften

Die Prüfung der Antragsunterlagen durch ..... hat ergeben, dass die Aufstellung, die Bauart und die Betriebsweise der .....anlage den Anforderungen der BetrSichV entsprechen, wenn neben den Angaben im Antrag folgende Maßgaben realisiert werden: ...  
Das Vorhaben entspricht somit den Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung.

Bei der Abfassung der gutachterlichen Äußerung ist Folgendes zu beachten:  
Die ZÜS hat zunächst selbst genauestens darauf zu achten, dass die erforderliche Unabhängigkeit als Gutachter gewahrt bleibt, das heißt der Beratungsfunktion sind sehr enge Grenzen gesetzt. In [1] und [2] wird dies – auch mit Blick auf die Prüftätigkeit – eingehend behandelt und abgegrenzt.

- Bei Abfassung der gutachterlichen Äußerung darf die ZÜS nicht gestaltend, das heißt nicht wie ein Ingenieurbüro auf die Konzeption Einfluss nehmen, sondern sie soll möglichst präzise ausführen, welchen Zielerfordernissen der BetrSichV und des technischen Regelwerkes unzureichend Rechnung getragen wird. Sind bedeutende Punkte unberücksichtigt, so muss die ZÜS zunächst im Vorfeld ihrer Äußerung den Antragsteller auffordern, ergänzende Angaben zu machen. Erst danach kann sie prüfen, ob die getroffenen Maßnahmen ausreichend sind und zum Beispiel den Technischen Regeln zur Betriebssicherheitsverordnung entsprechen. Gibt es mehrere Alternativen, um ein bestimmtes sicherheitstechnisches Ziel zu erreichen (zum Beispiel in Bezug auf die Ausführung eines ausreichenden Anfahrerschutzes), so hat die ZÜS nur zu beurteilen, ob die vom Antragsteller vorgesehene Lösung ausreicht. Dabei kann der Antragsteller mehrere Lösungen vorschlagen und erst später entscheiden, welche Lösung zur Ausführung kommt.
- Es dürfen keine Anforderungen an die Beschaffenheit der Anlage beziehungsweise der Anlagenteile gestellt werden, soweit diese einem Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen wurden; die Prüfung der Beschaffenheit durch eine zugelassene Stelle ist abschließend.

- Die ZÜS soll die einzelnen ihr vorgelegten Antragsunterlagen, die sie geprüft hat, auflisten (siehe [4]). Die frühere Stempelung der Antragsunterlagen durch den Sachverständigen ist nicht mehr nötig.
- Soweit noch Anforderungen zu stellen sind, hat sie diese in konkreter Form unter Angabe der Grundlage zu benennen, ohne planerisch tätig zu werden. Die Wiederholung von Texten aus technischen Regeln ist nicht ausreichend. Vielmehr ist zu benennen, wie die Anforderung der Regel konkret für die beurteilte Anlage anzuwenden ist. Zum Beispiel: „Die Abblaseleitung ist 3 m über das Dach der benachbarten Lagerhalle zu führen.“
- Eine lange Liste von Auflagen in Form von vorformulierten, auf den Anlagentyp zugeschnittenen Texten, die praktisch Angaben im Antrag wiederholen, lassen die Prüfung zumindest sehr oberflächlich erscheinen.
- Gesetzliche Verpflichtungen dürfen allenfalls als Hinweis, aber nicht als Vorschlag für eine Nebenbestimmung in die Äußerung aufgenommen werden.
- Eine Beschreibung der Vorgehensweise bei der Prüfung oder der explizit geprüften Angaben im Antrag ist möglich, aber eindeutig von den gestellten zusätzlichen Anforderungen zu trennen.
- Eine Prüfung der Angaben vor Ort durch die ZÜS ist entsprechend [3] grundsätzlich erforderlich. Die ZÜS muss beurteilen, ob der Aufstellungsort zweifelsfrei geeignet ist. Eine Ortsbesichtigung ist demnach ein fester Bestandteil der gutachterlichen Äußerung.
- In der gutachtlichen Äußerung muss die ZÜS grundsätzlich alle Gefahrenfelder abdecken, die von der Anlage berührt werden. Kann sie dies, zum Beispiel aufgrund ihrer eingeschränkten Zulassung nicht umfassend, so hat sie darauf den Antragsteller ausdrücklich aufmerksam zu machen. In diesem Fall ist gegebenenfalls eine weitere ZÜS hinzuzuziehen, wobei eine der ZÜS die koordinierende Funktion übernehmen muss, damit auch die Schnittpunkte zwischen beiden Aspekten (zum Beispiel den Druckgefahren und dem Explosionsschutz) betrachtet werden.

- Werden im Einzelfall besondere Anforderungen an die Ausrüstung gestellt (wie die Verlängerung einer Abblaseleitung), so ist dies zu begründen, zum Beispiel mit den vorliegenden Gegebenheiten (die zu beschreiben sind) am Aufstellungsort.

### 1. Allgemeines

Der Antrag ist mit den erforderlichen Unterlagen und einschließlich der gutachterlichen Äußerung der zugelassenen Überwachungsstelle (soweit erforderlich) bei der Bezirksregierung in 3-facher Ausfertigung einzureichen. Nur wenn eine Baugenehmigung mit erteilt wird, sind die für das Baugenehmigungsverfahren erforderlichen Ausfertigungen zusätzlich beizufügen. Wenn möglich, sollte mit dem Antragsteller in Vorgesprächen geklärt werden, welche Unterlagen erforderlich sind.

Sind die Unterlagen vollständig, erhält der Antragsteller von der Behörde eine Eingangsbestätigung.

Die 3-Monatsfrist läuft ab Posteingangsstempel der vollständigen Antragsunterlagen.

Ergibt die Prüfung auf Vollständigkeit, dass für die Beurteilung des Antrags zwingend notwendige Unterlagen fehlen, wird der Antragsteller unter Hinweis darauf, dass die Frist noch nicht läuft, aufgefordert, diese Unterlagen nachzureichen.

Die Frist beginnt dann mit Eingang aller nachgeforderten Unterlagen. Hierüber erhält der Antragsteller ebenfalls eine Eingangsbestätigung.

Wenn der Antragsteller ein größeres Vorhaben in mehreren Schritten durchführen möchte und seine Anträge entsprechend jeweils nur auf einen Teil der gesamten Anlage erstreckt, ist auch die jeweilige Erlaubnis auf die Montage und Installation des beantragten Teils der Anlage zu beschränken. In diesem Fall kann die Erlaubnis zum Betrieb der gesamten Anlage erst mit Erlaubnis zur Montage und Installation des letzten Teils der Gesamtanlage verbunden werden.

### 2. Prüfumfang und Prüftiefe durch die Erlaubnisbehörde

Der Erlaubnisbehörde kommt nicht die Rolle des „Obergutachters“ zu, das heißt sie darf sich insbesondere darauf verlassen, dass die ZÜS – soweit eine gutachterliche Äußerung Bestandteil des Antrages ist – die Antragsunterlagen umfassend und qualifiziert geprüft hat. Aber die Erlaubnisbehörde muss dennoch prüfen, ob der Antrag vollständig und plausibel ist. Dazu müssen auch technologiespezifische Kenntnisse vorliegen.

Hinweise auf mangelnde Sorgfalt des Antragstellers beziehungsweise der ZÜS ergeben sich insbesondere dadurch, dass

- Angaben nicht widerspruchsfrei sind,
- Angaben zum Aufstellungsort fehlen oder ungenau sind,
- die ZÜS unspezifische Maßgaben vorschlägt,
- mögliche Gefährdungen (Brandlasten, mechanische Gefährdungen durch Fahrzeuge) unzureichend beschrieben und bewertet werden,
- offen bleibt, wie die in der gutachterlichen Äußerung der ZÜS aufgezeigten Defizite umgesetzt werden sollen.

Hat die Erlaubnisbehörde Nachfragen zu Form oder Inhalt der gutachterlichen Äußerung oder hat zum Beispiel die ZÜS Maßgaben vorgeschlagen, die sich nicht mit den Angaben im Antrag verbinden lassen, so wendet sich die Erlaubnisbehörde zunächst an den Antragsteller. Mit dessen Einverständnis können Einzelfragen auch direkt zwischen der Erlaubnisbehörde und der ZÜS geklärt werden.

Lassen sich die Punkte einvernehmlich und eindeutig klären, so muss die letztendlich gewählte Variante eindeutig und konkret aus der Erlaubnis beziehungsweise aus den aufgenommenen Nebenbestimmungen hervorgehen.

Sollte der Antragsteller nach Erteilung des Bescheides eine andere Lösung wählen, um dem angestrebten Ziel gerecht zu werden, so kann er jederzeit formlos den Austausch der Mittel, das heißt eine Änderung einer Nebenbestimmung beantragen. Wird dem Rechnung getragen, so sollte das Bestätigungsschreiben der Erlaubnis nachgeheftet werden. Eine förmliche Änderungserlaubnis ist für eine Modifizierung von Auflagen nicht erforderlich.

## E.1 Anforderungen und Vorschriften

Verbleiben nach Diskussion Differenzen in Bezug auf notwendige Aussagen im Antrag beziehungsweise in der gutachterlichen Äußerung, so sollte der Antrag mit einer entsprechenden Begründung an den Antragsteller mit der Bitte um Ergänzung beziehungsweise Klarstellung zurückgegeben werden.

Vor der Erteilung eines Bescheides ist eine gesonderte Anhörung des Antragstellers nicht erforderlich, wenn dem Antrag in vollem Umfang stattgegeben wird. Andernfalls muss eine Anhörung erfolgen. Ist der Antragsteller mit einzelnen Nebenbestimmungen nicht einverstanden, kann er den Austausch der Mittel beantragen. Ist die Lösung akzeptabel, wird dies in einem Schreiben, welches der Erlaubnis nachgeheftet wird, bestätigt.

### 3. Beteiligung anderer Behörden

Das Erlaubnisverfahren ist als schlankes Verfahren etabliert und entfaltet keinerlei Bündelungswirkung. Es berührt ausschließlich die auf der Grundlage der BetrSichV notwendigen sicherheitstechnischen Belange der Anlage.

In NRW gibt es allerdings die besondere Situation, dass nach § 63 BauO die Erlaubnis die Baugenehmigung einschließt. Nach außen tritt damit nur die Erlaubnisbehörde in Erscheinung, die die Erlaubnis und Baugenehmigung in einer Urkunde erteilen. Der Gesamtbescheid enthält damit den in sich selbstständigen Teil der Baugenehmigung. Dies kommt auch durch eine klare Abgrenzung innerhalb des Bescheides zum Ausdruck.

Bezüglich der Beteiligung anderer Behörden sollten zwei Fälle unterschieden werden:

1) Von der beantragten Änderung oder Neuerrichtung einer Anlage sind keine anderen Rechtsbereiche betroffen (zum Beispiel Baurecht, Planungsrecht, Wasserrecht, Umweltrecht), das heißt es geht nur um Fragen der Technik und der Anlagensicherheit. In diesem Fall erteilt die Erlaubnisbehörde die Erlaubnis ohne Beteiligung anderer Behörden.

2) Die Prüfung des Antrags anhand von §63 ff BauO hat ergeben, dass eine Baugenehmigung erforderlich ist. Die Baugenehmigungspflicht kann darin begründet sein, dass die Anlage eine bestimmte Größenordnung überschreitet (zum Beispiel bei der Lagerung von Gasen als Teil einer Füllanlage, wenn der Lagerbehälter ein Volumen > 5 m<sup>3</sup> aufweist); sie kann aber auch darauf beruhen, dass die Baugenehmigungspflicht allein aus der Nutzungsänderung des Grundstücks resultiert. Lässt sich nicht zweifelsfrei ermitteln, ob eine Baugenehmigung erforderlich ist, so ist die Baubehörde zu beteiligen. Bejaht das BauOA die Baugenehmigungspflicht, ist diese Entscheidung für die Erlaubnisbehörde bindend. In diesem Fall hat der Antragsteller dem Antrag auch die für Prüfung durch das BauOA notwendigen Unterlagen beizufügen.

Das zuständige Bauordnungsamt wird unter Angabe einer Frist (in der Regel 4 Wochen) und Übermittlung der notwendigen Unterlagen um Stellungnahme gebeten.

Sonstige öffentlich rechtliche Belange, die von der Errichtung und von dem Betrieb (das heißt der späteren Nutzung der Anlage) berührt sein können, sind im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens zu prüfen. Ob und in welchem Umfang dies der Fall ist, liegt in der Verantwortung des BauOA. Das BauOA hat im Rahmen seiner Prüfpflicht auch mögliche immissionsschutzrechtliche Belange zu prüfen.

Es ist nicht Pflicht der Erlaubnisbehörde, weitere Behörden unmittelbar zu beteiligen. Der Tenor und Nebenbestimmungen von Erlaubnis und Baugenehmigung sollten getrennt aufgeführt werden. Im Erlaubnisteil sind nur Nebenbestimmungen, die sich auf technische Anforderungen (Bauart, Ausstattung oder Betrieb) beziehen, zulässig. Die vorgeschlagenen Nebenbestimmungen des BauOA können nicht in die unmittelbare Verantwortung der Erlaubnisbehörde, sondern nur in den baurechtlichen Teil des Bescheides aufgenommen werden.

Nach dem Baurecht ist es durchaus zulässig, die Nutzung eines Gebäudes oder einer Anlage auf Dauer einzuschränken, namentlich auch, die Betriebszeiten zu begrenzen (zum Beispiel auf die Tagzeit), wenn dies mit Blick auf die Ausweisung des Grundstücks (zum Beispiel im Mischgebiet) geboten erscheint.

Die Erlaubnisbehörde prüft nicht die für den baurechtlichen Teil des Bescheides vom BauOA für erforderlich gehaltenen Nebenbestimmungen auf ihre Richtigkeit. Bei offensichtlich groben Fehlern sollte eine Rückkopplung mit dem BauOA erfolgen.

Sollte es zur Beschleunigung des Verfahrens ausnahmsweise notwendig sein andere Behörden direkt zu beteiligen, so sind die Stellungnahmen auf dem Rückweg über das Bauordnungsamt zu leiten, da nur dieses die Zulässigkeit und Richtigkeit der von dort vorgeschlagenen Nebenbestimmungen prüfen kann. Die vorgeschlagenen Nebenbestimmungen können nicht in die unmittelbare Verantwortung der Erlaubnisbehörde, sondern nur in den baurechtlichen Teil des Bescheides aufgenommen werden.

Stellt sich im Laufe des Verfahrens heraus, dass eine gesetzliche Voraussetzung aus anderen Rechtsbereichen fehlt, wird das Verfahren bis zur Beibringung der Voraussetzungen gegenüber dem Antragsteller zum Ruhen gebracht. Zu diesem Zweck wird dem Antragsteller der Sachverhalt mit dem Hinweis mitgeteilt, dass das Verfahren erst dann fortgesetzt wird, wenn die Verfahrensvoraussetzung erbracht ist. Die Dreimonatsfrist ist so lange unterbrochen. Eine solche gesetzliche Voraussetzung findet sich zum Beispiel in § 25 Abs.1 Straßen- und Wegegesetz NRW.

Die Erlaubnisbehörde prüft die Belange des Arbeitsschutzes und der Anlagensicherheit. Gegebenenfalls werden Nebenbestimmungen formuliert.

Die eingehenden Stellungnahmen und gutachterlichen Äußerungen werden dahingehend überprüft, ob es sich um konkret auf den Baukörper oder die Anlagentechnik bezogene Anforderungen handelt. Vorgeschlagene Nebenbestimmungen, die eine reine Wiedergabe von Gesetzestexten darstellen, sind nicht zu übernehmen.

Eine Verlängerung der 3-Monatsfrist ist nur in begründeten Fällen möglich. Dies könnte der Fall sein, wenn das BauOA Unterlagen nachfordert. Dem Antragsteller wird schriftlich mitgeteilt, dass sich die Frist um eine entsprechende Zeit verlängert.

Ergibt die Prüfung der Unterlagen, dass die Anlage nicht erlaubnisfähig ist, wird ein ablehnender Bescheid erlassen. Im Bescheid ist die Montage und Installation der Anlage ausdrücklich zu untersagen. Bei Änderungsanträgen ist gegebenenfalls die nicht erlaubnisfähige Änderung zu untersagen.

Der Betreiber und gegebenenfalls das BauOA erhalten je eine Ausfertigung des Erlaubnisbescheides.

#### **4. Konsequenzen aus der Erteilung der Erlaubnis und der Baugenehmigung in einem Bescheid**

Sind aufgrund des Einschlusses der Baugenehmigung Probleme zu erwarten, zum Beispiel in Bezug auf die Zulässigkeit der Nutzung des Grundstücks in der geplanten Form, so gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Der Antragsteller kann veranlasst werden, bestimmte Anforderungen, zum Beispiel eine Beschränkung der Betriebszeiten, schon im Antrag darzustellen. Dann kann dem Antrag ohne Einschränkungen stattgegeben werden.
- Der Antragsteller wird gebeten, die von einer Baugenehmigung berührten anderen öffentlichrechtlichen Belange in einem vorgeschalteten Verfahren prüfen zu lassen. So kann die Zulässigkeit einer Nutzungsänderung oder einer Zufahrt von einer Bundesstraße (siehe § 9 Bundesfernstraßengesetz) vorab geprüft und entschieden werden.
- Ist die zukünftige Nutzung der Anlage an der vorgesehenen Stelle aus anderen öffentlich rechtlichen Belangen offensichtlich überhaupt nicht zulässig (zum Beispiel im Außenbereich), so kann der Antrag auch mit der Begründung abgelehnt werden, dass kein Entscheidungsinteresse besteht. Dem Antragsteller bleibt es unbenommen, hiergegen vorzugehen.



## E.1 Anforderungen und Vorschriften

Generell sind andere öffentlich rechtliche Belange nicht auf die BetrSichV zu stützen, sondern nur auf das Baurecht, für das allein das BauOA die Verantwortung trägt.

### 5. Erlaubnis innerhalb eines BlmSch-Verfahrens

Ist eine erlaubnisbedürftige Anlage Bestandteil einer nach BlmSchG genehmigungspflichtigen Anlage, ist nicht die Erlaubnisbehörde für die Erlaubnis zuständig, sondern die verfahrensführende Stelle. Hier sind die Verfahrensregelungen nach BlmSchG und 9. BlmSchV maßgeblich. Die 3-Monatsfrist gilt nicht. Es ist die von der verfahrensführenden Stelle gesetzte Frist für die Stellungnahme einzuhalten.

Die Anforderungen an die Unterlagen, die im Erlaubnisverfahren nach BetrSichV zu stellen sind, gelten auch für die Unterlagen im Rahmen des BlmSch-Verfahrens (einschließlich der gutachterlichen Äußerung der ZÜS). Nach Prüfung der Unterlagen erfolgt eine Stellungnahme an die zuständige Genehmigungsbehörde, gegebenenfalls mit Vorschlägen für Nebenbestimmungen.

### E.1.1.4 Prüfung vor Inbetriebnahme

Der Umfang von Prüfungen (und damit auch derjenigen vor Inbetriebnahme) wird in §15 Abs. 2 BetrSichV vorgegeben. Die nach §19 Abs. 1 BetrSichV erforderliche Prüfbescheinigung muss entsprechend der AKK-RL [3] mindestens folgende Angaben beinhalten:

- gesetzliche Grundlage,
- erstmalige Prüfung, Prüfung nach Änderung, nach wesentlicher Veränderung oder nach Instandsetzung gemäß § 14 BetrSichV,
- wiederkehrende Prüfung nach §15 BetrSichV,
- außerordentliche Prüfung nach §16 BetrSichV und gegebenenfalls die Angabe, ob eine Gesamtanlage oder eine Teilanlage geprüft wurde,
- Stammdaten der Stelle (Name, postalische Anschrift; Identifizierung als zugelassene Überwachungsstelle),
- Angaben zum Betreiber (Name, postalische Anschrift),
- Angabe der Wartungsfirma (falls erforderlich),
- Standort der Anlage (Anlagenidentifikation, betriebsinterne Bezeichnung und eventuelle Anlagenkennzeichnung sowie, falls erforderlich, genaue Beschreibung der Anlagenschnittstellen durch zum Beispiel Schiebernummer, Rohrleitungsnummer beziehungsweise Angabe, dass es sich um eine Teilanlage handelt),
- Prüfdatum und gegebenenfalls Prüfzeitraum,
- eindeutige Angabe des Prüfers,
- Unterschrift/Signatur des Prüfers,
- eindeutige Identifikation der Prüfbescheinigung,
- Prüfergebnis, gegebenenfalls mit Hinweis auf Mängel,
- Freigabe zur Inbetriebnahme beziehungsweise zum Weiterbetrieb,
- Prüfintervall.

Zum Prüfumfang vor Inbetriebnahme und dessen Dokumentation wird darüber hinaus von dem Prüfer der ZÜS Folgendes erwartet:

- Prüfung der gesamten Anlage, einschließlich Aufstellung und notwendiger Schutzabstände;

- sofern die Anlage nur in Teilen zertifiziert wurde, ergänzend die Aussage, dass die verwendeten Bauteile und Baugruppen zueinander passen und dass die gegenseitig erforderlichen sicherheitstechnischen Ausrüstungen vorhanden sind und deren Verknüpfung dem Stand der Technik entspricht (Beschaffenheit);
- eine ausdrückliche Bestätigung, dass die Anforderungen an die Montage, die Aufstellung und den Betrieb nach dem Stand der Technik (Betrieb) eingehalten werden;
- eine Bestätigung, dass die Angaben im Erlaubnisantrag einschließlich der gutachterlichen Äußerung der ZÜS und gegebenenfalls der besonderen Nebenbestimmungen im Erlaubnisbescheid eingehalten werden;
- die Inbezugnahme der Prüfbescheinigung der befähigten Person über die Prüfung zum Explosionsschutz vor Inbetriebnahme (falls erforderlich), soweit die ZÜS den Explosionsschutz nicht selbst prüft.

Eine positive Prüfbescheinigung schließt folgende Prüfinhalte ein, auch wenn darauf in der Bescheinigung nicht ausdrücklich eingegangen wird:

- die Aussage, dass die Aufsichtsführung (unter Einschluss einer möglichen mittelbaren Beaufsichtigung) den Angaben im Antrag entspricht und ob gegebenenfalls erforderliche Ersatzmaßnahmen zur Aufsichtsführung getroffen sind;
- die Aussage, dass der gewählte Schutz vor möglichen mechanischen Einwirkungen unter den konkreten Aufstellbedingungen ausreichend dimensioniert ist, soweit dazu im Antrag noch keine genauen Angaben gemacht worden sind;
- die Aussage, dass die gewählten Maßnahmen zur Verhinderung des Zutritts Unbefugter ausreichend sind (Einzäunung und so weiter);
- die Aussage, dass der notwendige Abstand zu möglichen Brandlasten oder zu sonstigen Gefährdungen eingehalten ist, insbesondere zu der Gefahr der Unterfeuerung, zum Beispiel zum ausreichenden Abstand zu einer Tankstelle bei oberirdischer Aufstellung eines Flüssiggaslagerbehälters;

- die grundsätzliche Aussage, dass die erforderlichen Unterlagen, zum Beispiel das Explosionsschutzdokument (unter anderem ein anlagenbezogener Ex-Zonen-Plan), und die Betriebsanleitung für die Beschäftigten vorliegen.

In dem anlagenspezifischen technischen Regelwerk, das noch weitgehend auf den früheren einzelnen Verordnungen (DruckBehV, DampfKV, VbF, AcetV) basiert und das deshalb nur eingeschränkt angewendet werden kann, werden weitere spezielle Aspekte zu den Prüfungen angesprochen, die zu beachten sind.

Unverzichtbar ist die Bewertung von festgestellten Defiziten, das heißt eine eindeutige Aussage zur Zulässigkeit der Inbetriebnahme, gegebenenfalls unter bestimmten Einschränkungen.

In jedem Fall ist von der ZÜS unverzüglich eine Bescheinigung über das Ergebnis der Prüfung auszustellen und dem Betreiber zu übergeben, damit am Betriebsort ein Nachweis über die Zulässigkeit des Betriebes vorliegt. Dies hat innerhalb einer Woche zu erfolgen. Keinesfalls ist es zulässig, dass die ZÜS erst Wochen oder gar Monate später eine mängelfreie Prüfbescheinigung ausstellt, nachdem der Betreiber bei der Prüfung festgestellte und im Gespräch erläuterte Mängel abgestellt hat.

Fehlende Nachweise sind als Mangel in der Prüfbescheinigung zu vermerken und zu qualifizieren (geringfügig, gefährlich, erheblich). Sich hieraus ergebende Konsequenzen sind ebenfalls anzugeben.

Die Realisierung der Anlage beginnt mit dem Erlaubnisantrag. Damit ist der Stand der Technik zu diesem Zeitpunkt maßgebend. Sollte es im Einzelfall im Verlaufe des Erlaubnisverfahrens zu neuen, ganz aktuellen Erkenntnissen kommen, kann die Erlaubnisbehörde ergänzende Forderungen im Erlaubnisbescheid erheben. Die ZÜS ist bei der Prüfung vor Inbetriebnahme an die Antragsunterlagen und den Anforderungen im Erlaubnisbescheid gebunden.

## E.1 Anforderungen und Vorschriften

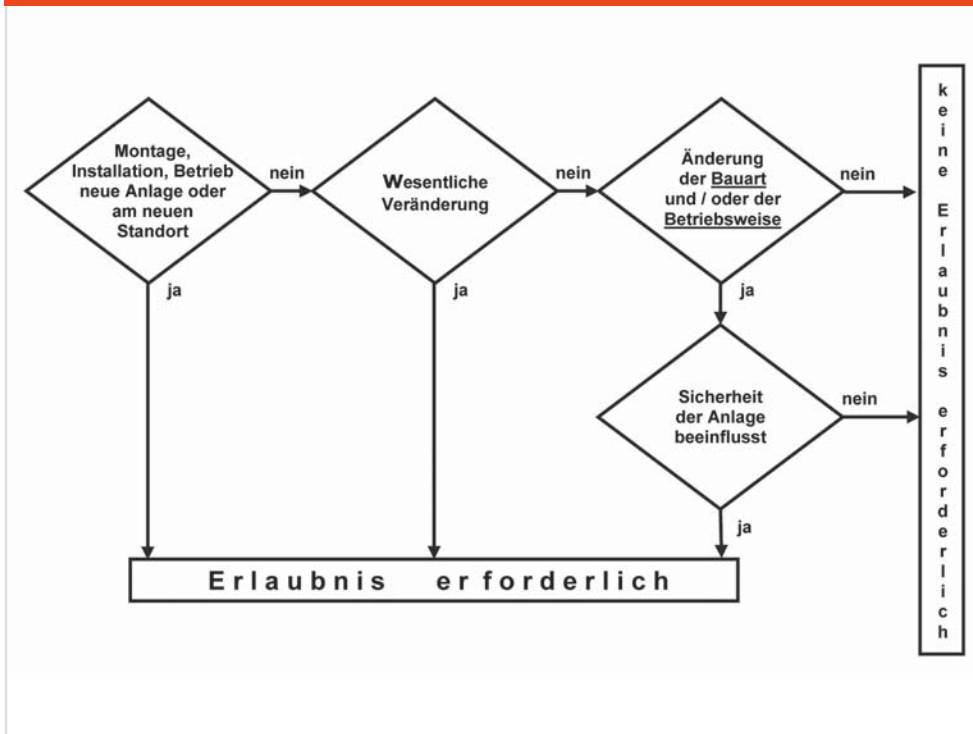
Sollte sich der Stand der Technik in der Zeitspanne zwischen der Erteilung des Bescheides und der Prüfung vor Inbetriebnahme weiterentwickelt haben und stellt die ZÜS deshalb bei der Prüfung vor Inbetriebnahme fest, dass es bestimmte Abweichungen vom Stand der Technik zum Prüfungszeitpunkt gibt, so kann sie dies der Überwachungs- beziehungsweise Erlaubnisbehörde mitteilen, die dann ihrerseits zu prüfen hat, ob nach §13 Abs. 5 Satz 2 BetrSichV nachträglich Anforderungen zu stellen sind. Die ZÜS darf nicht durch den Fortschritt des Standes der Technik bedingte Defizite als Mängel deklarieren.

Soweit der Betreiber bereits zum Zeitpunkt der Prüfung die erforderlichen Prüffristen ermittelt hat, kann die erforderliche Überprüfung der ermittelten Frist durch die ZÜS nach § 15 Abs. 4 BetrSichV im Zusammenhang mit der Abnahmeprüfung erfolgen. Hierbei ist eine Differenzierung nach den einzelnen Komponenten und nach den unterschiedlichen Gefahrenmerkmalen der Anlage erforderlich.

Empfiehlt die ZÜS bereits im Rahmen der gutachterlichen Äußerung ein Prüfintervall, kann der Betreiber diese Angabe in seiner sicherheitstechnischen Bewertung für seine Ermittlung der Prüffrist nutzen. Grundsätzlich äußert sich die ZÜS erst nach der sicherheitstechnischen Bewertung des Betreibers, die in der Regel erst nach der Prüfung vor Inbetriebnahme sinnvoll ist.

Die ZÜS muss bei wiederkehrenden Prüfungen die zu Anfang festgelegte Prüffrist nicht ausdrücklich bestätigen. Hat sie aber Anhaltspunkte dafür, dass die Frist reduziert werden sollte, so teilt sie dies dem Betreiber mit. Dieser hat dann seinerseits eine erneute sicherheitstechnische Bewertung vorzunehmen, die einer Überprüfung durch die ZÜS unterliegt.

Abb. C.14.3-1 Erlaubnisvorbehalt



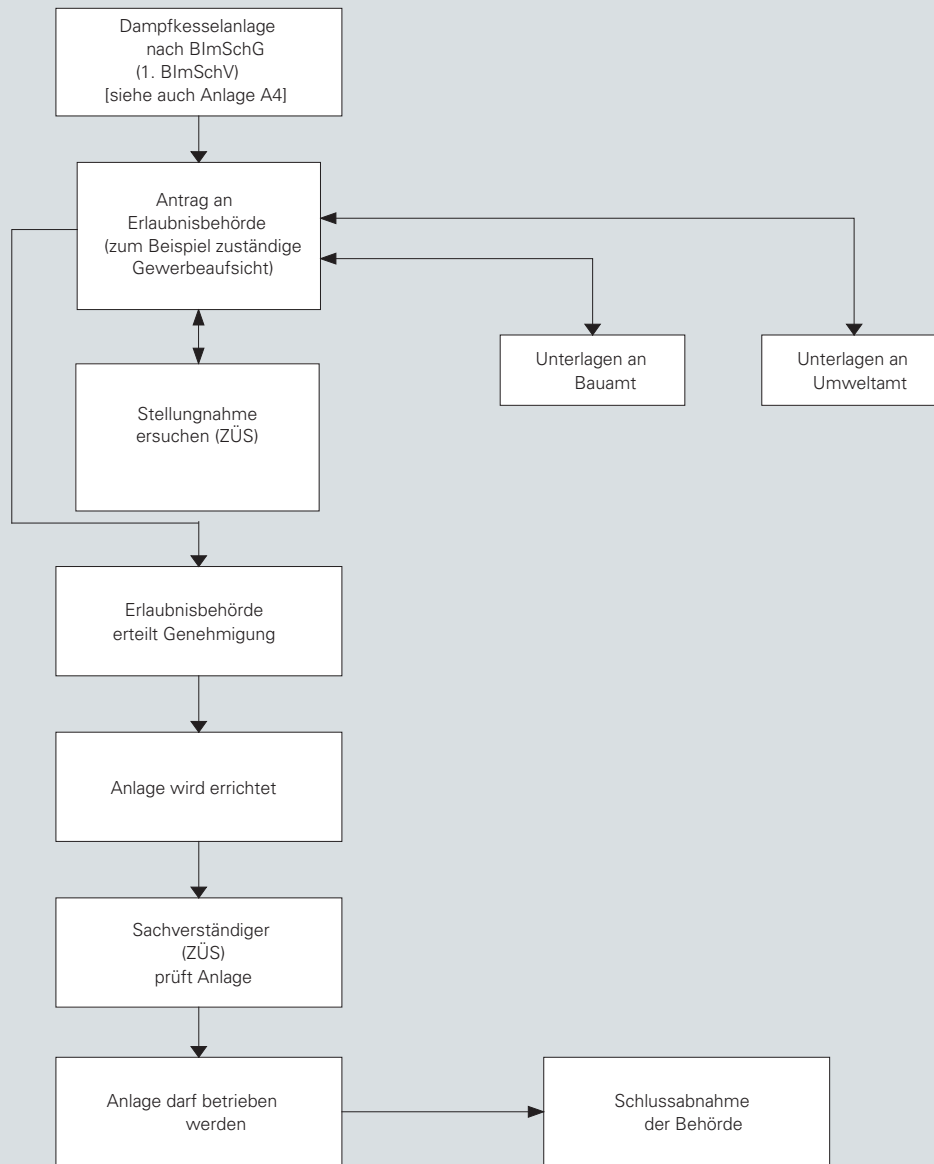
## E.1.2 Übersicht Erlaubnisverfahren Deutschland

Das erforderlich werdende Erlaubnisverfahren respektive Genehmigungsverfahren kann von Bundesland zu Bundesland Unterschiede aufweisen. Von daher wäre vor Beginn des Erlaubnis- respektive Antragsverfahrens stets eine individuelle Vorabstimmung, bei gleichzeitiger Vorstellung der zu genehmigenden Erzeugeranlage, mit der örtlichen Genehmigungsbehörde empfehlenswert.

Übersichten zum prinzipiellen Ablauf zum Erlaubnisverfahren nach BImSchG (1/4/13 BImSchV/Land Berlin/Brandenburg, siehe auch Abb.C.14.3-2 und C.14.3-3).

## E.1 Anforderungen und Vorschriften

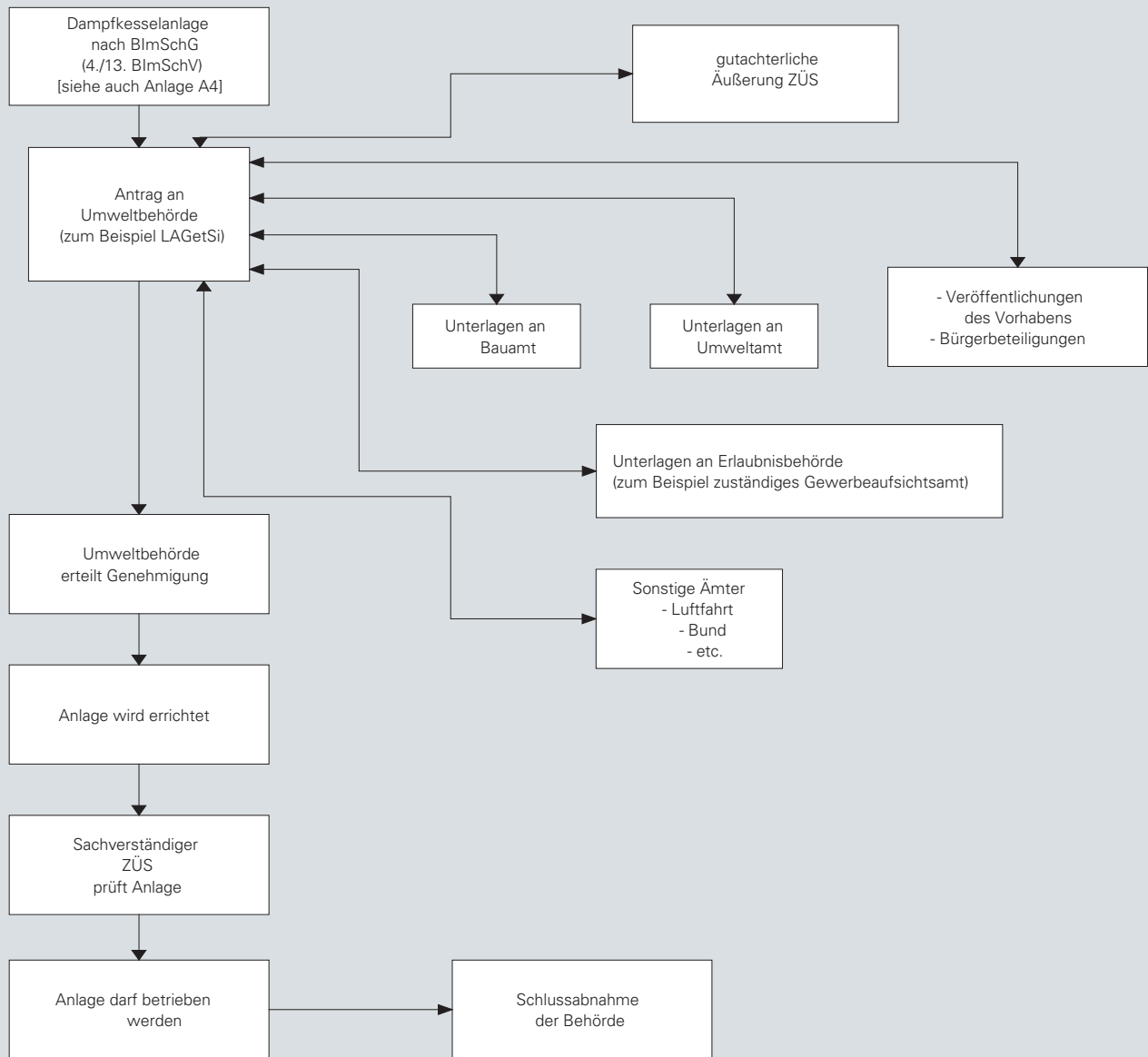
Abb. E.1.2-1 Übersicht Erlaubnisverfahren



=> genehmigungsfreie Anlagen nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Übersicht zum prinzipiellen Ablauf des Erlaubnisverfahrens nach BImSchG (Land Berlin)  
Quelle: TÜV Rheinland

Abb. E.1.2-2 Übersicht Erlaubnisverfahren



=> genehmigungspflichtige Anlagen nach  
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Übersicht zum prinzipiellen Ablauf des Erlaubnisverfahrens nach BImSchG (Land Berlin)  
Quelle: TÜV Rheinland

### E.1.3 Übersichten und Zusammenstellung von Antragsunterlagen und deren Erstellung

#### **Checkliste zur Zusammenstellung von Antragsunterlagen für Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (Quelle: Staatliches Umweltamt Krefeld, Stand 08/2005)**

##### **Allgemeine Vorbemerkung:**

Die folgende Kurzcheckliste soll Antragstellern eine Hilfestellung zur Erarbeitung von Antragsunterlagen in Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz bieten. In dieser Checkliste sind Unterlagen und Angaben aufgeführt, die im Regelfall vorzulegen sind.

In Abhängigkeit von konkreten Vorgaben kann sich jedoch ergeben, dass gegebenenfalls auf die Vorlage bestimmter Unterlagen verzichtet werden kann oder zusätzliche weitere Unterlagen für eine Prüfung unerlässlich sind. In Zweifelsfällen empfiehlt es sich daher, vor Antragsstellung den Kontakt mit der Genehmigungsbehörde zu suchen, um nähere Einzelheiten abzusprechen.

Folgende allgemeine Anforderungen sind zu berücksichtigen:

- Die Formate der Unterlagen und ihre Faltung haben den DIN-Vorschriften (insbesondere DIN 28004) zu entsprechen. Jede zusätzliche Ausfertigung des Antrages ist in einem gesonderten Ordner einzuheften. In der Regel sind zur Durchführung der Behördenbeteiligung 6 Antragsausfertigungen vorzulegen.
- Sämtliche Antragsunterlagen müssen vom Antragsteller oder einem Vertretungsberechtigten, die Bauvorlagen zusätzlich vom Entwurfsverfasser und die Sachverständigengutachten zusätzlich von dem Sachverständigen unterschrieben sein.
- Der Antrag und das Inhaltsverzeichnis sind in jedem Fall vom Antragsteller oder einem Vertretungsberechtigten zu unterzeichnen.
- Betriebsgeheimnisse sind zu kennzeichnen und die entsprechenden Unterlagen getrennt vorzulegen.



### a) Checkliste Dampfkesselanlagen

Name oder Firmenbezeichnung und Anschrift des Betreibers	
Name oder Firmenbezeichnung und Anschrift des Herstellers (soweit bekannt)	
Vorgesehener Betriebsort mit Anschrift (ausgenommen bewegliche Dampfkessel)	
Beschreibung der Dampfkesselanlage und der vorgesehenen Betriebsweise, einschließlich schematischer Zeichnungen, die die Konstruktion, die Abmessung sowie die Anbringung der relevanten sicherheitstechnischen Ausrüstung erkennen lassen	
Für die Komponenten der Anlage, die nach einer EU-Richtlinie in Verkehr gebracht werden müssen, Angaben zu den entsprechenden Konformitätsbewertungsverfahren (Maschinenrichtlinie 98/37/EG; Druckgeräterichtlinie 97/23/EG; ATEX 94/9/EG für Betriebsmittel, soweit sich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden kann), Konformitätserklärung der Baugruppe (einschließlich Liste welche Bauteile/Komponenten eingeschlossen sind) oder soweit Konformitätsbewertungsverfahren noch nicht durchgeführt sind, Angaben, aus welchen Kategorien Geräte ausgewählt werden und Beschreibung der Schnittstellen	
Zeichnungen (Grundriss und Schnitt, Rettungswege, Druckentlastungsflächen) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kesselaufstellungsraum</li> <li>■ Einrichtungen für die Lagerung der Brennstoffe</li> <li>■ Einrichtungen zur Rauchgasabführung einschließlich Schornstein (sowie die zugehörigen statischen Berechnungen und Höhenberechnung)</li> </ul>	
Lageplan, der folgende Informationen enthält: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lage des Aufstellungsraumes</li> <li>■ auf dem Grundstück benachbarten Räume und deren Zweckbestimmung</li> <li>■ angrenzende Grundstücke, Bauten, Wege und Plätze</li> </ul>	
Angaben zur baulichen Konzeption <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Be- und Entlüftung</li> <li>■ Fluchtwegsituation</li> <li>■ baulicher Brandschutz</li> </ul>	
Gutachterliche Äußerung einer zugelassenen Überwachungsstelle, aus der hervorgeht, dass Aufstellung, Bauart und Betriebsweise der Anlagen den Anforderungen der Verordnung entsprechen.	
Angabe der Gesamtkosten einschließlich Mehrwertsteuer	

Besondere Verfahrensweisen und Abweichungen von den Technischen Regeln sind gesondert zu beschreiben.

Konstruktionsunterlagen von Druckgeräten und Baugruppen nach Druckgeräterichtlinie müssen nicht beigefügt werden. Gemäß LASI-Leitfaden zur Betriebssicherheitsverordnung Punkt C.14.1 können die alten Vordrucke weiter verwendet werden.

Es ist jedoch zu beachten, dass diese unter Umständen nur teilweise ausgefüllt werden müssen beziehungsweise zusätzliche Angaben erforderlich sind.

## E.1 Anforderungen und Vorschriften

### d) Checkliste gutachterliche Äußerung

Die gutachterliche Äußerung der zugelassenen Überwachungsstelle muss entsprechend der AKKRL [3] mindestens folgende Angaben enthalten:

gesetzliche Grundlage (zum Beispiel §13 Abs. 2 BetrSichV)	
Anlass der gutachterlichen Äußerung	
Stammdaten der Stelle (Name, postalische Anschrift; Identifizierung als zugelassene Überwachungsstelle)	
Angaben zum Betreiber (Name, postalische Anschrift)	
Standort der Anlage (Anlagenidentifikation, betriebsinterne Bezeichnung und eventuelle Anlagenkennzeichnung)	
Beschreibung des Objektes mit Benennung der wesentlichen Komponenten	
Erstelldatum des Gutachtens, Datum der Ortsbesichtigung und besichtigter Anlagenumfang	
Prüfgrundlagen	
eingesehene Prüfunterlagen	
eindeutige Identifikation der gutachterlichen Äußerung	
Beurteilung der Anlagenkomponenten beziehungsweise der Anlage oder den Anlagen	
Beurteilungsergebnis, gegebenenfalls mit Auflagen und Vorschlägen	
Eindeutige Angabe des Gutachters, Unterschrift/Signatur des Gutachters	

### e) Erforderliche Aussagen im Explosionsschutzkonzept

bei explosionsgefährdeten Bereichen in Räumen:

- die Bezeichnung der Räume
- die Einstufung der Räume in Zonen nach Anhang 3 BetrSichV
- die Aussage, dass die baulichen elektrischen und sonstigen Installationen den Anforderungen nach Anhang 4 der BetrSichV entsprechen
- die Aussage, dass die gegebenenfalls nach Anhang III Nr. 1 GefStoffV erforderlichen baulichen Maßnahmen getroffen werden, zum Beispiel zur Vermeidung der Übertragung von Bränden

bei explosionsgefährdeten Bereichen im Freien:

- die Einstufung der Bereiche im Freien in Zonen nach Anhang 3 BetrSichV
- die Aussage, dass die Anforderungen an Zonen im Freien (wie das Fehlen von Öffnungen zu tiefer gelegenen Bereichen) eingehalten werden
- eine Aussage zur Beschaffenheit von Wänden, die gegebenenfalls die Bereiche im Freien einschränken
- die Aussage, dass die elektrischen und sonstigen Installationen den Anforderungen nach Anhang 4 der BetrSichV entsprechen

**E.1.4 Übersichten zur Erstellung der Antragsunterlagen**

Antragsunterlagen	Kesselgruppe		Betreiber	Planer	Viessmann <sup>b)</sup>
	Anzahl der Antragsunterlagen <sup>a)</sup>				
	III	IV			
Beschreibung der Dampferzeugeranlage	3	3	X	X	X
Betriebsweise der Dampferzeugeranlage	3	3	X	X	
Zeichnungen der Dampferzeugeranlage	3	3		X	X
Grundrisszeichnung Kesselhaus	4	4		X	X
Grundrisszeichnung Brennstofflagerung	4	4		X	
Grundrisszeichnung Rauchgasabführung	4	4		X	
Grundrisszeichnung Schornstein	4	4		X	
Schnittzeichnung Kesselhaus	4	4		X	
Schnittzeichnung Brennstofflagerung	4	4		X	
Schnittzeichnung Rauchgasabführung	4	4		X	
Schnittzeichnung Schornstein	4	4		X	
statische Berechnungen Schornstein	3	3		X	
für Zeichnungen: M 1:100; für Lagepläne: M 1:1000 bis 1:5000					
Lageplan des Aufstellungsraumes + benachbarte Räume mit Zweckbestimmung	4	4		X	
Lageplan der angrenzenden Grundstücke, Bauten, Wege, Plätze	4	4		X	
Stromlaufpläne Dampferzeugeranlage	-	3			X <sup>2b)</sup>
Brennerbeschreibung/Feuerungsanlage	3	3			X <sup>2b)</sup>

(Quelle: TÜV Rheinland, Stand: 11/2007)

<sup>a)</sup> Mindestumfang, die in Abstimmung mit den Behörden partiell bis auf 6 (8)-fach zur Einreichung gebracht werden können.

<sup>b)</sup> Sofern Viessmann der Lieferant dieser Anlagenkomponenten ist.

### Hinweis

Dampfkessel-Gruppenzuordnung siehe auch unter Abschnitt C.14.

# Grundsätzliche Anforderungen und Vorschriften zur Aufstellung von Dampfkesseln

## Grundsätzliche Anforderungen

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

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

## 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 beziehungsweise 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 unter anderem 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.

Für die Aufstellung der Dampferzeuger sind die jeweiligen Bauvorschriften der Länder zu beachten! Die Aufstellung in Arbeitsräumen ist im Allgemeinen nicht ausgeschlossen. Grundsätzlich wären hier die Anforderungen gemäß TRD 403 (Dampfkessel der Gruppe IV) und TRD 802 (Dampfkessel der Gruppe III, hier Ziffer 11) zu beachten.

### E.2.1 Aufstellung für Landdampfkessel der Kategorie IV

Im Nachfolgenden wird partiell nur auf die Aufstellung von Landdampfkesseln (in der TRD 403 entsprechend mit „L“ gekennzeichnet) Bezug genommen, wie zum Beispiel:

- Ziff. 3.1 - bauliche Anforderungen,
- Ziff. 3.2 - Anforderungen an die Aufstellung
- Ziff. 3.3 - Freiräume für Bedienung und Wartung,
- Ziff. 3.3.1 - Mindesthöhe/-breite des zu begangenen Bereiches 2 m/1 m; Einschränkung der Mindestbreite durch Armaturen auf 0,8 m,
- Ziff. 3.3.2/3.3.3 - Mindestbreite in Bereiche, die nicht zur Bedienung und Wartung begangen werden müssen 0,5 m, bei zylindrischem Kesselkörper 0,3 m (auf einer Seite),
- Ziff. 3.3.4 - Mindestabstand von Oberkante Kessel bis zur Unterkante Decke 0,75 m,
- Ziff. 3.4 - Zutritt zu Kesselaufstellungsräumen,
- Ziff. 4 - Aufstellung in Räumen, hier soll schwerpunktmäßig hingewiesen werden auf:
  - Ziff 4.1 - Definition, in welche Räume Kessel der Gruppe IV aufgestellt werden dürfen (nicht in, über, unter und neben Wohnräumen; nicht in, über, unter Sozialräumen und Arbeitsräumen),
  - Ziff. 4.2./4.3 - Ausnahmen für zulässige Aufstellung von sogenannten Pro- duktdruckkesseln.

### Hinweis zu Ziff. 4.3

Eine Fläche von mindestens  $\frac{1}{10}$  der Grundfläche des Aufstellungsraumes muss an den Außenwänden oder der Deckenfläche wesentlich leichter nachgeben als der Rest der Umfassungswände.

- Ziff. 4.4 - Rettungswege/Notwege und Notausgänge,
- Ziff. 4.41 - Es muss immer schnelles und ungehindertes Verlassen und Erreichen der Kesselaufstellungsräume über die Rettungswege möglich sein,
- Ziff. 4.4.2 - Bei Landdampfkesseln höchstens 35 m Luftlinie bis Ausgang,
- Ziff. 4.4.3/4.4.4 - Kesselaufstellungsräume mindestens zwei möglichst entgegengesetzt liegende Ausgänge,
- Ziff. 4.4.5 - Ausgang mindestens lichte Weite 0,6, mindestens Höhe 2 m,
- Ziff. 4.4.6 - Fluchttüren in Fluchtrichtung aufschlagend und während des Betriebes von außen ohne Schlüssel zu öffnen,
- Ziff. 4.5/4.6 - Verbindungswege von Aufstellraum zu anderen Räumen; Trennwände und Decke zu anderen Räumen,
- Ziff. 4.7/4.8 - Belüftung von Kesselaufstellungsräumen so, dass sich ein Unterdruck von lediglich maximal 0,5 mbar einstellt,
- Ziff 5 - Aufstellung im Freien,
- Ziff. 6 - Laufbühnen und Geländer,
- Ziff. 7 - Rauchgasabführung,
- Ziff. 8 - Brennstofflagerung und Zuführung,
- Ziff. 9 - Berührungsschutz,
- Ziff. 10 - Beleuchtung,
- Ziff. 11 - Elektrische Einrichtungen und Blitzschutzanlagen,

### E.2.2 Aufstellung für Landdampfkessel der Kategorie III (TRD 802)

Partiell nur auf die Ziff. 11

Aufstellung:

Hier sind die jeweiligen Bauvorschriften der Länder zu beachten! Die Aufstellung in Arbeitsräumen ist im Allgemeinen nicht ausgeschlossen.

### Hinweis

Beispielhafte Skizze eines Aufstellraumes (Containeranlage)  
Kapitel G1, Anhang 4.

### E.2.3 Aufstellungsraum Dampfkesselanlage

#### E.2.3.1 Allgemeine Anforderungen an Gebäude/geometrische Daten und Bauphysik

Architektonische und gestalterische Gesichtspunkte bleiben hier unberücksichtigt und müssen im Einzelfall bauseits geklärt werden.

Die spezifischen Anforderungen zur einzuhaltenden Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen gemäß DIN 4102 beziehungsweise DIN 13501 sind länderspezifisch auf der Grundlage der jeweils geltenden Landesbauordnung zu beachten. Gleiches gilt auch für Einrichtungen von Entrauchungsanlagen, Flucht- und Rettungswegen.

#### Baugrund und Gründung

Gemäß Angaben eines bauseits zu erstellen den Gutachtens für die Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung.

#### Lastannahmen

Nach DIN 1055 beziehungsweise nach Angabe der technologischen Bauvorgaben aus Aggregatlasten, Transport- und Montagelasten.

#### Verkehrslasten

Nach DIN 1055 beziehungsweise nach der VGB-Richtlinie „Angabe und Verarbeitung von Einwirkungen auf Bauwerke in Kraftwerksanlagen“, VGB-R 602 U, Ausgabe 2005. Im Fünfmeterbereich von Montageöffnungen wären die Verkehrslasten entsprechend den zu erwartenden Montagelasten auszulegen.

#### Gebäudekonstruktionen

Bevorzugt Stahlbetonkonstruktionen oder Stahlfachwerkskonstruktionen aus Stützen, Riegeln, Verbänden mit geschraubten Montageverbindungen.

#### Decken

Nach betrieblichen Erfordernissen Stahlbetondecken, Stahlbetonverbunddecken auf verlorder Stahlblechschalung, zum Beispiel System Holerib oder Gitterrostbühnen.

#### Dachdecken

Betondecken als Ortbeton- oder Fertigteildecken.

Für untergeordnete Gebäude können in Abstimmung mit dem Bauherren Trapezbleche nach statischen Erfordernissen eingebaut werden.

#### Fluchttreppenhäuser

Soweit dies von den Gebäudeabmessungen beziehungsweise der Nutzung erforderlich ist, massiv, feuerbeständig in Mauerwerk oder Stahlbeton, innenseitig als Sichtmauerwerk, Sichtbeton.

#### Wärmeschutz/Schallschutz

Gemäß DIN 4108/4109 für Wände und Dächer beziehungsweise gemäß Schallgutachten.

#### Außenwände

Wenn aus gestalterischen Gründen keine höheren Anforderungen vorliegen:

- **Außenwandflächen** als doppelschalige schall- und wärme gedämmte Wandverkleidung bestehend aus innenseitig horizontal angeordneten selbsttragenden 60 cm hohen Stahlblechkassetten – verzinkt und beschichtet in Standardfarben. In Bereichen, in denen Schallschluckmaßnahmen erforderlich sind, in gelochter Ausführung.
- Wärme- beziehungsweise Schallschutz aus Mineralfaserplatten eingelegt in die Stahlblechkassetten. Außenseitig vertikal angeordnete Trapezblechverkleidung aus Aluminium bandbeschichtet in RAL-Farbe, Profil und Farbe nach Wunsch des Bauherren.
- **Bei untergeordneten Gebäuden** ohne Schallschutzanforderungen können in Abstimmung mit dem Bauherren Sandwichelemente, bestehend aus beidseitigen Aluminiumblechen mit PU-Hartschaumkern, eingesetzt werden.

#### Innenwände

- Aus Kalksandstein, Dicke nach statischen Erfordernissen, verblendähnlich, beidseitig Fugenglattstrich, wenn keine höheren Anforderungen an die Wandoberfläche gestellt werden.

### Dachdichtung

Für **Massivdächer**, zum Beispiel Stahlbetondecken, Gasbetondecken et cetera, wäre folgender Dachaufbau denkbar:

- Voranstrich (bituminös)
- Dampfsperre V 60 S4 AI 01
- nicht brennbare Wärmdämmung, Dicke nach den Erfordernissen, mit Gefälle
- eine Lage Kaltklebebahn KSA
- eine Lage 200 PYE PV S5
- eine Lage PYP PV 200 S5 EN
- Trennlage aus Vlies oder PE-Folie
- mechanische Befestigungen nach statischen Erfordernissen
- 6 bis 8 cm Kiesschüttung aus gewaschenem Rundkies 16/32 mm.
- Flächen und Wege, die zu Bedienungs- oder Wartungszwecken begangen werden, sind mit Gehwegplatten 50/50/5 cm auf Bautenschutzmatte zu belegen.

Für **leichte Dächer**: (untergeordnete Gebäude)

- Trapezblechdächer.
- Wärmedämmung aus Schaumglas, Dicke nach den Erfordernissen.
- 1 Lage Evalon-V.

Zur Absturzsicherung sind die Außenwände als Attika mindestens 0,3 m über Oberkante Fertigdach zu führen.

### Treppen, Bühnen, Geländer, Steigleitern

Es sind durch den Bauausführenden alle Schäden und Störungen, die nach seiner Kenntnis und Erfahrung möglich sind, bei der Anordnung der Treppen und Bühnen zu berücksichtigen und insbesondere durch Schaffung ausreichender Fluchtmöglichkeiten eine Gefährdung des Betriebspersonals auf das kleinstmögliche Maß herabzusetzen.

Besonders zu beachten ist, dass die Entfernung der Fluchtwege aus gefährdeten Räumen zu einem Sicherheitsausgang das in der Bauordnung geforderte Maß nicht übersteigt.

Der Sicherheitsausgang muss dabei entweder unmittelbar ins Freie oder unmittelbar in einem Sicherheitstredenraum münden. Grundsätzlich müssen immer zwei Fluchtmöglichkeiten bestehen, möglichst diagonal angeordnet.

Die Treppen, Bühnen und Steigleitern sollen einen bequemen und sicheren Zugang gestatten:

- zu allen Einsteige-, Schau- und Reinigungsöffnungen,
- zu den Anlagenteilen, die eine regelmäßige Kontrolle oder Wartung erfordern,
- zu den Vorrichtungen, die normalerweise oder in Störungsfällen von Hand betätigt werden müssen.

Steigleitern sollten nur in Ausnahmefällen vorgesehen werden.

Die „Lichte Durchgangshöhe“ über allen Bühnen und Treppen muss mindestens 2,10 m betragen. Die Anordnung der Treppen und Bühnen ist mit dem Bauherren abzustimmen!

### Laufstege, Treppen

Häufig begangene Laufstege und Treppen sowie Fluchtwege sollen eine Mindestbreite von 1,20 m haben, geringere Breiten in Abstimmung mit dem Bauherren möglich.

Steigungsverhältnisse für baurechtlich notwendige Treppen:  $h/a \leq 19/26 \text{ cm} \leq 36^\circ$   
sonstige Treppen:  $h/a \leq 20/23 \text{ cm} \leq 40^\circ$  (siehe hierzu auch DIN 18065 und DIN 31003)

Treppenstufen als massive Betonwerksteinstufen mit rutschsicheren einbetonierten Kantenschutzprofilen und/oder Gitterroststufen gemäß DIN 24531 mit rutschsicheren Antrittskanten.

### Gitterroste

Nach DIN 24531 Ausführung SP, 40 mm hoch, Maschenseite 30 mm, Tragstab 40 x 3 mm. Die Gitterroste erhalten eine äußere Einfassung, auch in Aussparungen für Rohrleitungen etc. Die Gitterroste sind durch formschlüssige Klammern an den 4 Eckpunkten jedes Elementes gegen Verschieben zu sichern.

### Geländer und Steigleitern

Nach DIN 24533 aus Rundrohr, jedoch die Leitersprosse aus Quadratstahl.



## E.1 Anforderungen und Vorschriften

### E.2.3.2 TGA-Ausrüstungen

#### Heizung

Die Gebäude sind in der Regel mit einer Warmwasserheizung auszurüsten. Ausnahmen bilden sämtliche Elektro-, Steuer- und Regelräume, EDV-Anlagen, Trafo- und Schaltanlagenräume. Diese Räume werden grundsätzlich mit Elektroheizkörpern oder Elektro-Wand- oder Deckenlüfterheizern beheizt. In Bereichen für Kessel- und Maschinenhäusern, sowie Fernwärmezentralen, wo gegebenenfalls Niederdruckdampf zur Verfügung steht, könnte auch mit Dampf geheizt werden.

Die Heizungsanlage wird so ausgelegt, dass bei einer minimalen Außentemperatur von  $-25\text{ °C}$  eine Raumtemperatur von  $+5\text{ °C}$  gehalten werden kann. Bei dieser Auslegung wird mit Sicherheit vermieden, dass wasserführende Teile einfrieren können.

Des Weiteren wird die Heizung so ausgelegt, dass bei einer Normaußentemperatur gemäß DIN 4701 von  $12\text{ °C}$  folgende Temperaturen eingehalten werden können:

- Anlagenräume  $+18\text{ °C}$ ;
- Betriebsräume  $+18\text{ °C}$ ;
- Büros und Aufenthaltsräume  $+20\text{ °C}$
- Umkleide-, Wasch- und Duschräume  $+24\text{ °C}$ ;
- reine Verkehrsbereiche, wie Treppenhäuser, Durchfahrten, Räume, in denen sich keine wasserführenden Anlagenteile befinden,  $+15\text{ °C}$ .

#### Lüftung

Für die Belüftung von vorhandenen Büro- und Aufenthaltsräumen wäre ein Teil der Außenverglasung mit zu öffnenden Fenstern (mit Sturmsicherung) einzurichten. Querlüftung muss möglich sein. Ist eine Fensterlüftung nicht möglich, so ist eine natürliche Belüftung einer Zwangs- oder mechanischen Belüftung vorzuziehen.

Mechanische Betriebsräume, wie Turbinen-, Kessel-, Pumpen- und ähnliche Räume sind zu be- und entlüften. Die Auslegung der Lüftungsanlagen erfolgt aufgrund einer der folgenden Kriterien:

- der erforderlichen Temperaturen;
  - der im Raum abgegebenen Wärmemenge;
  - der Verbrennungsluftmenge;
- je nachdem, welche dieser Kriterien die höchsten Anforderungen an die Lüftungsanlagen stellt. Ansonsten sind die Lüftungsanlagen nach DIN 1946 auszulegen.

Die für den Aufstellungsraum der Dampferzeuger erforderlich werdenden „freien“ Zu- und Abluftöffnungen wären hier unter Zugrundelegung des Formelwerkes gemäß Abschnitt D.3.4 entsprechend vorzuhalten.

#### Technische Betriebsräume,

wie Trafo-, Schaltanlagen- und elektrische Anlagenräume sind mit eigenen Be- und Entlüftungsanlagen auszurüsten. Die Auslegung richtet sich nach den technischen Anforderungen und den einschlägigen behördlichen Vorschriften, DIN-VDI und sonstigen Richtlinien.

Wird in elektrischen Betriebsräumen auf eine Kühlung durch Außenluft wegen zu hoher Temperaturen verzichtet und durch Umluftkühler gekühlt, so ist ein Mindestaußenluftanteil mit einfachem Luftwechsel vorzusehen.

Bereiche mit ständigen Arbeitsplätzen, wie Büros, Warten, Werkstätten sind entsprechend der Arbeitsstättenverordnung und der DIN 1946 zu be- und entlüften. Aufenthalts-, Umkleide-, Dusch- und Waschräume sind entsprechend der Arbeitsstättenverordnung beziehungsweise der DIN 18228 und DIN 1946 zu belüften. Innenliegende WC-Räume ohne Fenster sind gemäß DIN 18017 zu be- und entlüften.

Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) wären für alle Bereiche mit entsprechenden Brandlasten vorzusehen. Die Bemessung der RWA erfolgt gemäß DIN 18230 (Baulicher Brandschutz im Industriebau).

#### **Sanitärinstallation**

Die Sanitärinstallation ist nur von zugelassenen Installationsfirmen auszuführen.

#### **Stadtwasserleitungen**

Ausführung in Kupfer. Ansonsten entsprechend den Richtlinien des zuständigen Wasserbeschaffungsverbandes, Querschnitte und Verlegung gemäß DIN 1988.

**Brauchwarmwasseranlagen** sind nach DIN 1988 mit dem Trinkwasser gekoppelt und unter Berücksichtigung des AD-Merkblattes A3 ausgeführt.

**Warmwasserleitungen** und Zirkulationsleitungen sind zu isolieren. Die Isolierstärke richtet sich nach DIN 18421 und ist gemäß VDI 2055 auszuführen.

Unter Putz verlegte Leitungen müssen mit einer vollen Isolierung versehen sein und dürfen mit dem Mauerwerk nicht in Verbindung kommen. Sämtliche Isoliermaterialien dürfen nur in schwer entflammbarer oder unbrennbarer Ausführung vorgesehen werden.

#### **Entwässerungsleitungen**

sind gemäß DIN 1986 auszuführen. Sammel- und Falleitungen sind aus muffenlosen Abflussrohren (SML) mit Rohrverbindung bis DN 100 mittels AKO-Rapid-Verbindern und ab DN 125 mit CV-Verbindern herzustellen. Die Anschlussleitungen zu den Einrichtungsgegenständen sind unter Putz in HT-Rohr zu verlegen. Die Dimensionierung erfolgt gemäß DIN 1986.

#### **Feuerlöscheinrichtungen**

Soweit die Örtlichen Behörden keine anderen Forderungen haben sind in der Regel vorzugs halber Handfeuerlöscher vorzuhalten. Handfeuerlöscher sind jedoch in Abstimmung mit der örtlichen Feuerwehr und dem Bauherrn in ausreichender Zahl vorzusehen.

### **E.2.4 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 zirka 16 Hz (tiefe Töne) bis zirka 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.

Die von Kesselanlagen ausgehenden Geräusche werden im Wesentlichen verursacht durch:

- Verbrennungsgeräusche
- Brenner-Gebläsegeräusche
- Körperschallübertragung
- Pumpen-Motorgeräusche

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.

## E.1 Anforderungen und Vorschriften

### **Ausgewählte Lärmschutzmaßnahmen**

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

#### **A) Körperschalldämmung**

Schalldämmende Kesselunterlagen vermindern die Übertragung von Körperschallschwingungen auf die Aufstellfläche.

#### **B) Abgasschalldämpfer**

Abgasschalldämpfer werden zur Dämpfung der Verbrennungsgeräusche verwendet. 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.

#### **C) 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.

#### **D) Brennergebläse – Schalldämmhauben**

Schalldämmhauben werden zur Dämmung von Brenner-Gebläsegeräuschen verwendet. Sie dienen also hauptsächlich der Lärminderung im Aufstellungsraum.

#### **E) 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.

Um aufwendige 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.

Ansprechpartner zur Klärung der Emissionsvorgaben ist das Gewerbeaufsichtsamt.

## **E.2.5 Transport und Einbringung**

### **A) Transport**

Großwasserraumkessel können auf der Straße, der Schiene oder auf dem Wasser transportiert werden. Den Bedingungen des Transportmittels entsprechend ist die Verpackung zu gestalten, gegebenenfalls 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 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 (zum Beispiel 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 (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 (Brenner, Pumpen, Armaturen, Schaltanlage und so weiter) im Kesselhaus sind geeignete Hebezeuge vorzusehen.

### **B) 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 Einbringewege möglichst kurz und nicht durch störende Einbauten eingeengt 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 beziehungsweise Weiten bemessen sein. Sie benötigen ausreichend feste Stellfläche. Unter Umständen kann es notwendig werden, Zufahrtsstraßen oder Straßenabschnitte zeitweilig zu sperren.

## E.2.6 Sicherheiten gegen Erdbeben

### E.2.6.1 Grundlage

Beim Entwurf von Kesselhäusern in Erdbebengebieten ist die frühzeitige Berücksichtigung bestimmter Anforderungen zur Erzielung eines erdbebensicheren Tragwerks von großer Bedeutung.

Die Grundaufgabe der Erdbebensicherung besteht darin, durch Entwurf, Konstruktion und Bemessung die eines Kesselhauses durch Bodenbewegungen zugeführte Schwingungsenergie so zu lenken, zu verteilen und in andere Energieformen umzuwandeln, dass große Zerstörungen vermieden werden. Dementsprechend ist auf ein klar strukturiertes Tragwerk mit weitgehenden Regelmäßigkeiten sowohl im Grundriss als auch über die Kesselhaushöhe zu achten.

Hinsichtlich der räumlichen Tragfähigkeit und Steifigkeit kommt neben den vertikalen Tragelementen der Scheibenwirkung der Geschossdecken große Bedeutung zu. Durch die konstruktive Ausbildung der Gründung und deren Verbindung zum darauf stehenden Kesselhaus muss sichergestellt werden, dass große Relativverschiebungen der Gründungskörper untereinander verhindert werden und das gesamte Bauwerk in einheitlicher Art und Weise durch die Erdbebenbewegung beansprucht wird.

Durch die geforderte Regelmäßigkeit des Kesselhauses im Grundriss und im Aufriss kann die Erdbebenbeanspruchung klarer erfasst und bei der Auslegung zielsicher berücksichtigt werden.

Neben der Regelmäßigkeit der Struktur sollten weitere wichtige Merkmale, wie zum Beispiel Eigenfrequenzen und Dämpfung der Struktur betrachtet werden. Dies sollte vor allem im Hinblick auf die Randbedingungen der anzusetzenden Erdbebenbelastungen geschehen. Falls erforderlich, sind geeignete Maßnahmen vorzusehen, um die Eigenfrequenzen und/oder Dämpfung zu verändern. Hierzu können zum Beispiel „Schutzelemente“ und/oder „Feder-/VISCO® Dämpfer-Elemente“ verwendet werden.

### E.2.6.2 Kessel-Dampferzeuger

Für Kessel, die innerhalb eines erdbebensicheren Kesselhauses installiert sind, ist die „Erdbebenauswirkung“ auf den Kessel zu prüfen. Gegebenenfalls ist es hier erforderlich, einwirkende Kräfte und/oder Beschleunigungen zu begrenzen. Grundvoraussetzung ist jedoch, dass der/die Kessel auf einem Fundament stehen, welches mit in die Berechnung der Erdbebensicherheit eingeflossen ist.

#### E.2.6.2.1 Kesselzubehör

Das unter dem Punkt E 1.6.2 beschriebene gilt gleichermaßen für Nebenaggregate, wie zum Beispiel Pumpen und thermische/chemische Behälter. Speisewassergefäße, die üblicherweise auf einem Gerüst stehen, müssen den rechnerischen Nachweis erbringen, dass sie den jeweiligen Belastungen standhalten (statische Berechnung).

Schornsteine, auch wenn sie im Gebäude stehen, sind gegen Knicksicherheit auszulegen. Berücksichtigt werden die Windlasten aufgrund der Bauhöhe, sowie die geodätische Höhe des Aufstellortes.

## E.1 Anforderungen und Vorschriften

### E.2.6.3 Rohrleitungen

Rohrleitungen im Kesselhaus müssen zusätzlich zu den statischen und dynamischen Belastungen des Betriebes gegenüber den dynamischen Belastungen bei Erdbeben ausgelegt werden.

Rohrleitungen besitzen nur eine geringe Eigendämpfung, daher sind dynamische Anregungen durch Betriebs- oder Störfälle, wie zum Beispiel Erdbeben immer dann besonders kritisch, wenn die Anregungsfrequenzen mit den Eigenfrequenzen des Rohrleitungssystems übereinstimmen. Um die Bewegungen der Rohrleitungen auf ein zulässiges Maß zu begrenzen, kann es hier erforderlich sein, dämpfungserhöhende Maßnahmen vorzusehen.

Rohrleitungen, die die Kesselhauswand durchdringen, das sind Brennstoff-, Ausblase-, Dampf-, Elektro- sowie Wasser zu- und abführende Leitungen, müssen so verlegt werden, dass eine Deformierung der zu durchdringenden Körper sowie der Rohrleitungen vermieden wird.

Unabhängig von der korrekten und sicher ausgeführten Rohrleitungsauslegung sind Rohrleitungen mit gefahrführenden Stoffen (Dampf, Öl, Gas et cetera) gegenüber Erdbeben mit einem Schnellschluss abzusichern, damit ein Austreten des Mediums sicher unterbunden wird.

### E.2.6.4 Erdbebengerecht geplante Öffnungen und Schlitze in den Wänden

Erdbebenwände mit Öffnungen oder Schlitzen müssen grundsätzlich als einzelne Wände betrachtet werden, die unabhängig voneinander einen geringeren Schubwiderstand haben als eine einzige homogene Wand. Elektrische Leitungen sowie Rohrleitungen sollen so geplant werden, dass sie den Schubwiderstand einer Wand möglichst wenig beeinträchtigen.

### E.2.6.5 Erdbebennormen

Zutreffende Baunormen zur Erdbebensicherheit sind entsprechend „länderspezifisch“ projektseitig zu beachten. In Deutschland ist zum Beispiel die DIN 4149 „Erdbebensicherheit von Massivbauwerken“ zu berücksichtigen.

Vitomax 200-HS Typ M237



2 Vitomax 200-HS Typ M237 gespiegelte Ausführung







SSAO Servolux, Litauen,  
3 St. Vitomax 200-HS 4 t/h; 13 bar.



## F Betrieb

In nachfolgendem Kapitel wird auf die Betriebsarten sowie Vorschriften für den Betrieb in Deutschland eingegangen.

In anderen Ländern kann es abweichende Regelungen geben. Von daher ist gegebenenfalls die landesspezifische Betrachtung heranzuziehen.

Als Basis für den Betrieb gilt in Deutschland die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV.) sowie den dazugehörigen Technischen Regeln Betriebssicherheit (TRBS).

### **283 F Betrieb**

#### **284 Betriebsarten**

284	F.1.1	Betriebsarten
286	F.1.2	Normen und Vorschriften für den Betrieb
287	F.1.3	Prüffristen für Kessel nach Druckgeräterichtlinie



## Betriebsarten

Je nach Ausrüstung unterscheidet die TRD mehrere Möglichkeiten des Betriebes von Hochdruckdampfanlagen.

### F.1.1 Betriebsarten

#### 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 Wasserstandsbeschränkung bei niedrigstem 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.

Die Betriebsarten, wie unter 1 bis 3 beschrieben, haben heute so gut wie keine Bedeutung mehr.

Für Neuanlagen werden, aufgrund des heutigen Standes der Sicherheitstechnik und der Zuverlässigkeit der Geräte, die Kessel für einen BosB über 24 beziehungsweise 72 Stunden ausgerüstet. Wobei der Trend zu den Anlagen für den BosB über 72 Stunden geht. 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 Prüfintervalle ist nicht vorgeschrieben.

Zusätzlich ist halbjährlich durch eine Fachfirma, zum Beispiel durch den Industrieservice von Viessmann, eine Überprüfung der Regel- und Begrenzereinrichtungen 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 (zum Beispiel 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.

#### Hinweis (für Deutschland)

Mit der Verordnung zur Änderung der BetrSichV vom 18.12.2008 wurde festgelegt, dass zum 31.12.2012 alle Technischen Regeln (TRD), die durch die Einführung der Druckgeräterichtlinie schon nicht mehr gepflegt werden, ihre Gültigkeit verlieren. Das heißt spätestens bis zu diesem Zeitpunkt müssen die neuen TRBS die alten Technischen Regeln ersetzen. Beschaffenheitsanforderungen werden in den EN-Regelwerken geregelt.

### F.1.2 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 Regeln für Betriebssicherheit – TRBS) 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 (zugelassene Überwachungsstelle) durchgeführt 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. Gleichzusetzen sind Personen, die aufgrund 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. (siehe Betriebs- und Serviceanleitung Vitomax 200-HS).

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.

### F.1.3 Prüffristen für Kessel nach Druckgeräterichtlinie

Die Regelwerk-konforme Auslegung bei Viessmann führt zur Erlangung der längst möglichen Prüffristen beim Betrieb. Viessmann legt aus entsprechend TRD in Verbindung der Verbändevereinbarung und unter Berücksichtigungen der DIN/DIN EN Normen.

Wir als Hersteller schlagen für unsere Produkte folgende Prüffristen<sup>a)</sup> vor:

- **Die ½-jährliche** Überprüfung durch einen Sachkundigen. Dies kann auch durch den Viessmann Industrieservice erfolgen (gleicher Prüfumfang wie die 1-jährige Überprüfung).
- **Nach einem Jahr** die äußere Überprüfung durch die ZÜS (zugelassene Überwachungsstelle). Alle Sicherheitseinrichtungen (Si-Ventil, Regel- und Begrenzungseinrichtungen, Zustand der Verschraubungen, Zustand der Anlage, Fachwissen des Kesselwärters, Sichtung des Betriebsbuches). Der Kessel kann im Betrieb sein.
- **Nach 3 Jahren** Betrieb die innere Besichtigung durch die ZÜS. Dabei wird der Kessel befahren und alle Bauteile wasser- und gasseitig überprüft.
- **Nach 9 Jahren** Festigkeitsprüfung (als Wasserdruckprüfung) durch die ZÜS.

Der Betreiber schlägt aufgrund unserer Konformitätserklärung der Behörde die oben genannten Prüffristen vor. Der Sachverständige der ZÜS stimmt zu oder aber verlangt eine kürzere Prüffrist. Bisher gab es Viessmann Werke/ den Kunde bei Viessmann Produkten bei dieser Verfahrensweise keine Probleme.

#### F.1.3.1 Anforderungen an wiederkehrende Prüfung nach TRD 505 – äußere Prüfung –

##### A) Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die äußere Prüfung an allen Vitomax Hochdruckdampf- und Hochdruckheißwasserkesseln mit folgenden Parametern: TS > 120 °C, PS > 1 bar, die als Landdampfkessel zur Hochdruckheißwasser- und Dampferzeugung eingesetzt werden.

##### B) Prüffristen

Fristen siehe Konformitätserklärung (Beispiel Vitomax 200-HS Typ M75A, Abb. C14.1-3) des jeweiligen Kesseltyps. Sie beginnt nach der Inbetriebnahme der Anlage.

Sofern innere Prüfungen zum gleichen Zeitpunkt fällig werden, sollte die äußere Prüfung im Anschluss an diese Prüfung erfolgen.

##### C) Umfang der äußeren Prüfung

Die wiederkehrende äußere Prüfung an der Dampfkesselanlage erstreckt sich auf den Dampfkessel und die zur Dampfkesselanlage gehörenden Teile; das heißt alle Ausrüstungsbestandteile, die zum Betrieb der Kesselanlage erforderlich sind.

<sup>a)</sup> siehe auch Anhang Kap. G Tb.10

### **D) Durchführung der wiederkehrenden äußeren Prüfung**

Bei der Durchführung der Prüfung, zum Beispiel der Funktionsprüfung, ergeben sich Betriebsunterbrechungen. Durch Prüfhandlungen dürfen keine gefährlichen Zustände in der Anlage auftreten. Der Betreiber der Anlage ist verpflichtet, aufgetretene Mängel, Schäden und außergewöhnliche Vorkommnisse im Betrachtungszeitraum zu benennen.

Die Übereinstimmung der Anlage mit der Erlaubnis und der Zustand der Anlage werden im allgemeinen entsprechend den nachfolgenden Punkten geprüft, wobei die Anlage gemeinsam mit dem Betreiber oder dessen Beauftragtem begangen wird.

#### **D1) Die Beurteilung des Allgemeinzustandes der Anlage, und zwar:**

Die während des Betriebes zugänglichen Kesselteile und Heißwasserausdehnungsgefäße, die stichprobenweise Besichtigung des Feuerraumes durch Schauöffnungen, die Blechverkleidung, die Wärmedämmung, die Verschlüsse, die Besichtigungsöffnungen, die Feststellung von Undichtheiten, Schwitzwassererscheinungen, Verfärbungen und Schwingungen

- die Feuerung und die Brennstoff-Förderungs-, Bevorratungs- und Aufbereitungseinrichtungen, die Luftleitungen, Luftvorwärmer, Rauchgaskanäle und Abgasschalldämpfer;
- die Speise-, Dampf-, Heißwasser-, Entleerungs- und Entwässerungsleitungen.

#### **D 2) Ausrüstungsteile auf der Wasser- und Dampfseite, die sicherheitstechnisch von Bedeutung sind:**

Geräte zur Begrenzung von Wasserstand, Druck und Temperatur bezüglich ihrer Funktion, Regler nur insoweit, wie sie sicherheitstechnische Funktionen haben

- Speisepumpenbetriebsbereitschaft;
- Netzumwälzpumpenbetriebsbereitschaft;
- Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung: Ansprechdruck, Funktion: Sicherung gegen unbeabsichtigtes Verstellen;
- Druckhalteeinrichtungen bei Heißwasseranlagen mit Fremddruckhaltung Feststellen der Schaltpunkte und ggf. Prüfung der Umschaltung;
- Rückströmsicherungen, Absperr- und Entleerungseinrichtungen.

#### **D 3) Ausrüstungsteile der Feuerung, die sicherheitstechnisch von Bedeutung sind, bezüglich ihrer Funktion:**

- Ausrüstungsteile an Brennstoffbehältern;
- Sicherheitseinrichtungen von Heizölvorwärmern;
- Brennstoff-Förderleitungen und -Einrichtungen einschließlich der Armaturen für leichtentzündliche, flüssige und gasförmige Brennstoffe;
- Sicherheitsabsperreinrichtungen, auch Überprüfung der Dichtheit sowie Dichtheitskontrolleinrichtungen;
- Brenner, Absperr- und Stelleinrichtungen für Verbrennungsluft, Luftmangelsicherungen, Zündeinrichtungen, Flammenüberwachungseinrichtungen, Brennstoff-/Luft-Regleinrichtungen, die zur Abschaltung führenden Sicherheitseinrichtungen, unter Berücksichtigung der möglichen Betriebsweise, Sicherheits-, Warte-, Spül- und Zündzeiten;
- Beobachtungsöffnungen für den Feuerraum, die Brennerauskleidungen und das Flammenbild;
- Geräte für Feuerraumdruckregelung.

**D 4) Sicherheitsstromkreis**

Der Sicherheitsstromkreis der Dampfkesselanlage wird auf solche Fehlermöglichkeiten geprüft, die sich bei der Funktionsprüfung der Ausrüstungsteile selbst nicht feststellen lassen.

**D 5) Betriebsweise**

In die betrieblichen Aufzeichnungen über die Beschaffenheit des Speise- und Kesselwassers und die Überprüfung der zusätzlichen Einrichtungen für den Betrieb mit eingeschränkter oder ohne ständige Beaufsichtigung wird Einsicht genommen.

**D 6) Bedienung**

Es wird festgestellt, ob geeignete Bedienungsanleitungen vorhanden sind und das Bedienpersonal mit der Bedienung der Kesselanlage vertraut ist.

**E) Prüfbescheinigung**

Über die Prüfung ist durch den Prüfer Protokoll zu führen (siehe EN 12953-6, Anhang C) und bei aufgetretenen Mängeln sind entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

**F.1.3.2 Anforderungen an wiederkehrende Prüfung nach TRD 506 – innere Prüfung –**

**A) Geltungsbereich**

Diese Richtlinie gilt für die innere Prüfung an allen Vitomax Hochdruckdampf- und Hochdruckheißwasserkesseln mit folgenden Parametern: TS > 120 °C, PS > 1 bar, die als Landdampfkessel zur Hochdruckheißwasser- und Dampferzeugung eingesetzt werden.

**B) Prüffristen**

Die Frist für die wiederkehrende innere Prüfung beträgt **drei Jahre**<sup>1)</sup>. Sie beginnt nach Inbetriebnahme der Anlage. Ist der Dampfkessel länger als zwei Jahre außer Betrieb gesetzt, so muss vor seiner Wiederinbetriebnahme eine innere Prüfung durchgeführt sein.

**C) Umfang der inneren Prüfung**

Die wiederkehrende innere Prüfung erstreckt sich auf den Dampfkessel und die im Rauchgasstrom der Feuerung angeordneten Speisewasservorwärmer.

Zum Dampfkessel gehören alle mit ihm verbundenen Einrichtungen und Leitungen einschließlich der Absperrreinrichtungen. Dies gilt nicht für die Teile der Eintritts-, Austritts- und Ablassleitungen, die vom Dampfkessel abgesperrt werden können und für die Teile, in denen der erzeugte Dampf überhitzt wird und die vom Dampfkessel abgesperrt werden können, es sei denn, dass sie sich ganz oder teilweise in einem Behälter, der Teil des Dampfkessels ist, befinden.

Abb. F.1.3.2-1 Prüffristen für wiederkehrende innere Prüfung in ausgewählten Mitgliedsstaaten

	D	F	B	I	L	NL	GB	S
<b>Druckbehälter</b>	5	1,5 - 3	1 - 3	1 - 2	5	4	2,17	3
<b>Dampfkessel</b>	3	1,5	1	2	1,5	2	1.17	1

<sup>1)</sup> = länderspezifisch



### **D) Durchführung der wiederkehrenden inneren Prüfung**

Die wiederkehrende innere Prüfung wird im Allgemeinen durch Inaugenscheinnahme vorgenommen, die erforderlichenfalls durch Anwendung geeigneter Hilfsmittel wie Besichtigungsgeräten (Endoskopie) oder durch zusätzliche einfache Prüfmaßnahmen wie Wanddickenmessungen oder Oberflächenrissprüfung ergänzt wird.

Ergibt sich aus sonstigen Gründen (Betriebsweise) der Verdacht einer Schädigung, die mit denen im vorangegangenen Abschnitt genannten Mitteln nicht erkannt werden kann, werden ergänzende, über den normalen Umfang hinausgehende Prüfmaßnahmen notwendig. Das sind in der Regel Prüfverfahren wie ergänzende Wasserdruckprüfung, Ultraschallprüfung, Werkstoffprüfung, Oberflächenrissprüfung und chemische Untersuchungen von Ablagerungen.

#### **D1) Die wiederkehrende innere Prüfung wird wie folgt durchgeführt:**

Kesselmäntel und -böden, Flammrohre, Wende-kammern und ähnliches werden wasser- und dampfseitig, soweit zugänglich, besichtigt unter besonderer Beachtung der Schweiß- und Schraubverbindungen, der Krempen, der Verankerung (Eckanker, Zuganker und dergleichen), der Stutzen, der Rohranschlüsse, der Befestigung und des Zustandes der Einbauten, der Mannlochverschlüsse und der Besichtigungsöffnungen.

Ablagerungen werden beurteilt. Die rauchgas- oder feuerseitigen Wandungen und die Außenwandungen werden, soweit zugänglich und erforderlich, besichtigt, insbesondere Flammrohre, Krempen, Stutzen, Mannlochverschlüsse, Besichtigungsöffnungen, Kesselstühle. Zur Durchführung dieser Prüfung ist ein Abisolieren des Kesselkörpers nicht erforderlich.

Formstücke und Armaturen werden von außen besichtigt, wobei insbesondere die Schweißnähte, Aushaltungen, Aufhängungen und Auflagerungen beachtet werden. Gehäuse von Wasserstandsreglern und -begrenzern werden auch innen besichtigt. Bei sonstigen Armaturen gilt nachfolgender Abschnitt.

Abgasspeisewasser-Vorwärmer werden rauchgasseitig besichtigt; wasserseitig nur dann, soweit lösbare Verschlüsse vorhanden sind. Auf Korrosionen besonders infolge Taupunktunterschreitungen wird geachtet.

### **E) Prüfbescheinigung**

Über die Prüfung ist durch den Prüfer Protokoll zu führen (siehe DIN EN 12953-6, Anhang C) und bei aufgetretenen Mängeln sind entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

### F.1.3.3 Anforderungen an wiederkehrende Prüfung nach TRD 507 – Wasserdruckprüfung –

#### A) Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die äußere Prüfung an allen Vitomax Hochdruckdampf- und Hochdruckheißwasserkesseln mit folgenden Parametern: TS > 120 °C, PS > 1 bar die als Landdampfkessel zur Dampf- oder Hochdruckheißwassererzeugung eingesetzt werden.

#### B) Prüf Fristen

Die Frist für die wiederkehrende Wasserdruckprüfung beträgt in der Regel **neun Jahre**<sup>1)</sup>. Sie beginnt nach der Inbetriebnahme der Anlage.

#### B1) Umfang der Wasserdruckprüfung

Die wiederkehrende Wasserdruckprüfung erstreckt sich auf den Kessel und die im Rauchgasstrom der Feuerung angeordneten Speisewasservorwärmer.

#### C) Durchführung der wiederkehrenden Wasserdruckprüfung

##### C1) Höhe des Prüfdruckes

Prüfdrücke dürfen nicht höher sein als bei der erstmaligen Wasserdruckprüfung;

- Bei Vitomax: siehe Typenschild<sup>2)</sup>;
  - Bei Turbomat: siehe Zulassungszeichnung
- Bei Rauchgas-Wasservorwärmern ist die Höhe des Prüfdruckes gleich der Höhe des Prüfdruckes des zugehörigen Kessels.

##### C2) Aufbringen und Haltezeit des Prüfdruckes

Der Prüfdruck soll in Gegenwart des Sachverständigen aufgebracht werden, nachdem die zu prüfenden Teile vorher unter Betriebsdruck gestanden haben. Falls der Hersteller nicht andere Werte angibt, soll die Druckänderungsgeschwindigkeit nicht mehr als **10 bar pro Minute bis zu ca. 75% des Prüfdruckes und darüber etwa 1–2 bar pro Minute** betragen. Der Prüfdruck soll etwa eine **halbe Stunde** wirksam gewesen sein, bevor der Sachverständige mit der Prüfung der druckführenden Bauteile beginnt. Der Prüfdruck ist mittels Prüfmanometer zu kontrollieren.

Bei Kesseln und Anlagenteilen mit Prüfdrücken bis 42 bar ist der Prüfdruck während der ganzen Dauer der Prüfung aufrechtzuerhalten. Bei Prüfdrücken über 42 bar ist der Druck vor dem Befahren auf die Höhe des zulässigen Betriebsdruckes, jedoch nicht unter 42 bar, abzusinken. Beim Absenken des Druckes soll die Druckänderungsgeschwindigkeit derjenigen beim Aufbringen des Druckes entsprechen.

#### C3) Anforderungen an das Wasser

Das für die Füllung verwendete Wasser darf keine groben Verunreinigungen enthalten. Unter Beachtung der Betriebsverhältnisse dürfen im Wasser keine die Wandungen angreifenden oder verunreinigenden Bestandteile enthalten sein. Die Wassertemperatur der Füllung soll während des Befahrens nicht mehr als 50 °C betragen.

#### C4) Besichtigung der Wandungen

Unter Druck stehende Bauteile sind durch Besichtigung daraufhin zu prüfen, ob Risse, unzulässige Formänderungen oder Undichtheiten vorhanden sind. Stichprobenweise Besichtigungen sind dann zulässig, wenn der Sachverständige an ihren Ergebnissen den sicherheitstechnischen Zustand der zu prüfenden Anlagenteile beurteilen kann. Wärmedämmung wird bei begründeten Schadensvermutungen in angemessenem Umfang entfernt.

#### D) Prüfbescheinigung

Über die Prüfung ist durch den Prüfer Protokoll zu führen (siehe DIN EN 12953-6, Anhang C) und bei aufgetretenen Mängeln entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

<sup>1)</sup> länderspezifische Anforderungen sind zu berücksichtigen.

<sup>2)</sup> Hiermit werden die Anforderungen der TRBS 1201 erfüllt.



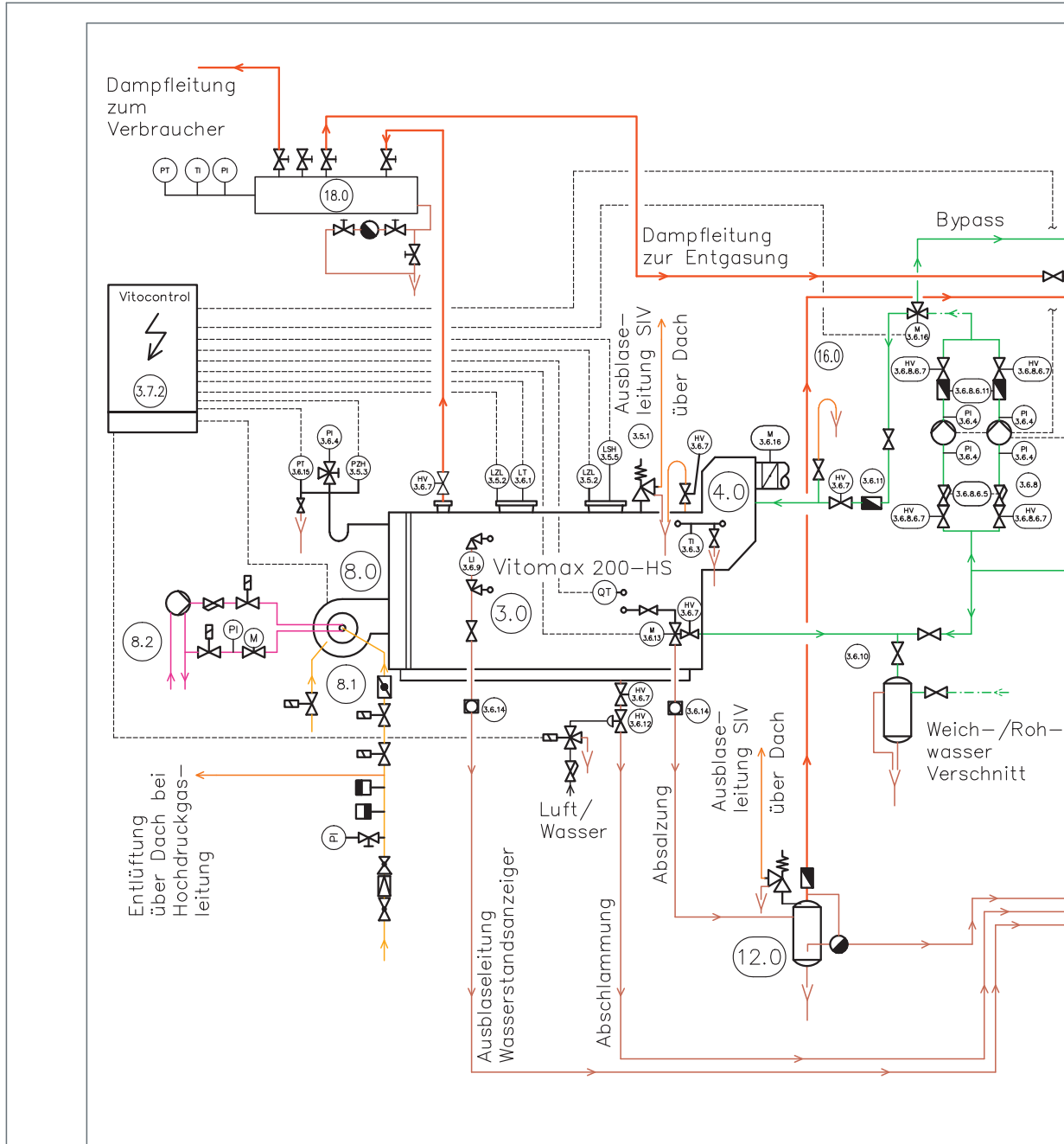
Vitomax 200-HS, 26 t/h, Austria

# G Anhang

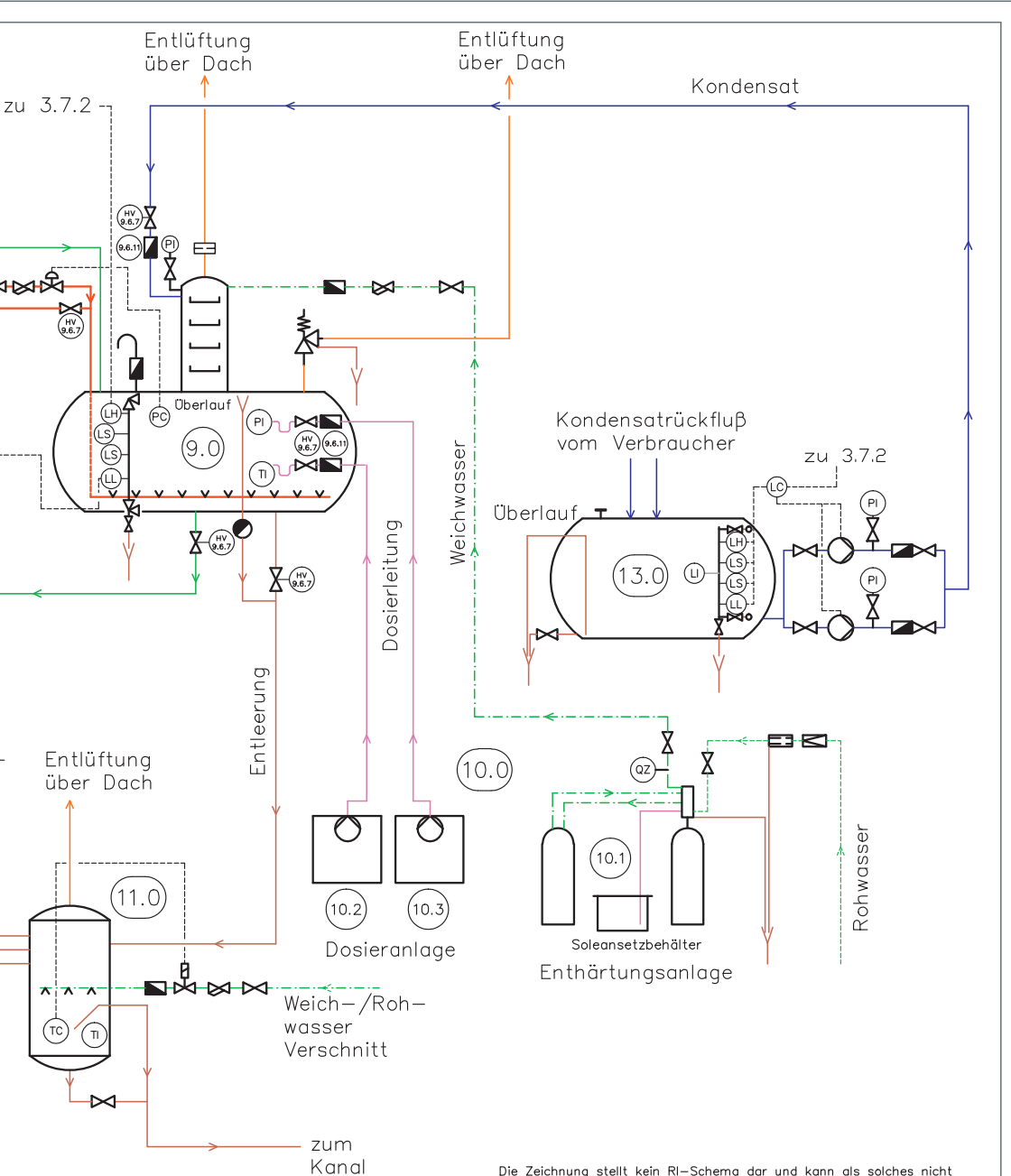
## Technische Datensammlung und Tabellen

<b>293</b>	<b>G Anhang</b>	
	<b>Technische Datensammlung und Tabellen</b>	
294	[A 1]	Grundlagenschema, weitere Schemen befinden sich in der Innentasche der Umschlagseite
296	[A 2.1]	Wärmedämmung von Rohrleitungen
297	[A 2.2]	Berührungsschutzdämmung
298	[A 3]	Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit – Auszug
302	[A 4]	Skizze Dampfkessel Containeranlage
304	[Tb. 1.0]	SI-Einheiten/Umrechnungstabelle
305	[Tb. 1.1]	1. Umrechnungstabelle BTU/BHP/KW/t/h
306	[Tb. 2.0]	Wasserdampf tabel (Sättigungszustand)
309	[Tb. 2.1]	Stoffwerte für überhitzten Dampf
313	[Tb. 2.2]	Stoffwerte für Sattedampf
314	[Tb. 2.3]	Enthalpy/Entropy
315	[Tb. 3.0]	Rohrinnenrauigkeit
316	[Tb. 3.1]	Rohrreibungszahl/Reynoldszahl
317	[Tb. 4.0]	Druckabfall in Dampfleitungen
318	[Tb. 4.1]	Druckabfall in Dampfleitungen Beispiel
319	[Tb. 5]	Umrechnung für die Einheiten der Wasserhärte
320	[Tb. 6]	Nachverdampfung bei Kondensatentspannung
321	[Tb. 7]	Rohrleitungsquerschnitt bei gegebenen Dampfparametern (Beispiel)
322	[Tb. 8]	Widerstand in Wasserrohrleitungen bei einem bestimmten Volumenstrom Beispiel
323	[Tb. 9]	Strömungsgeschwindigkeiten (Richtwerte)
324	[Tb. 10]	Checkliste Prüfung Dampfkessel
325		Literaturverweise

[A 1] Grundlagenschema



Leitungsarten	Nummerierung							
<span style="color: red;">—</span> Dampfleitung	3.0	KESSEL	6.4	Manometer	6.15	Druckregler	10.1	Doppelpel
<span style="color: orange;">—</span> Ausblaseleitung	4.0	ECONOMISER	6.5	Schmutzfänger	6.16	Regelarmatur	10.2	Härtestab
<span style="color: green;">—</span> Speiswasser	x.5.0	SICHERHEITSTECHN. AUSRÜSTUNG	6.7	Absperrarmatur	6.17	Kondensatableiter	10.3	Sauerstoff
<span style="color: dashed green;">- - -</span> Rohwasser	5.1	Sicherheitsventil	6.8	Speispumpe	7.0	SCHALTANLAGEN	11.0	MISCHKOH
<span style="color: dashed green;">- - -</span> Weichwasser	5.2	Wasserstandsbegrenzer min.	6.9	Wasserstandsanzeiger	7.2	Schaltschrank	12.0	ABSAZLEI
<span style="color: yellow;">—</span> Gasleitung	5.3	Max.druckbegrenzung	6.10	Probeentnahmekühler	8.0	FEUERUNG	13.0	KONDENS
<span style="color: blue;">—</span> Oelleitung	5.5	Wasserstandsbegrenzer max.	6.11	Rückschlagklappe	8.1	Gasarmaturenstrecke	16.0	Dampfvert
<span style="color: brown;">—</span> Abwasser	x.6.0	ZUBEHÖR	6.12	Abschlammventil	8.2	Oelarmaturenstrecke		
<span style="color: purple;">—</span> Kondensat	6.1	Wasserstandregler	6.13	Absalzventil	9.0	THERM. WASSERAUFBEREITUNG		
<span style="color: dashed black;">- - -</span> Steuerleitung	6.3	Zeigerthermometer	6.14	Durchflußanzeiger	10.0	CHEM. WASSERAUFBEREITUNG		



Die Zeichnung stellt kein RI-Schema dar und kann als solches nicht verwendet werden. 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. Leitungsentwässerungen bzw. Entlüftungen sind teilweise nicht dargestellt und müssen entsprechend der baulichen Gegebenheiten ausgeführt werden. Kesselausrüstung entsprechend BosB 72h

	Kennbuchstabe	als Erstbuchstabe	als Folgebuchstabe
Entwässerung	C		selbsttätige Regelung
Handhabung	H	Handeingabe/-eingriff	oberer Grenzwert (High) Anzeige
Indikator	I		unterer Grenzwert (Low)
Abfänger	L	Füllstand	
Druckmesser	M	Motor	
Druckspanner	P	Druck	
Qualitätsstation	Q	Qualität, Analyse	
Sensoren	S		Schaltung, Steuerung
Temperatur	T	Temperatur	Transmitter
Stellgeräte	V		Stellgeräte-Funktion
Zusatz	Z		sicherheitsrelevanter Steuereingriff



Projekt	Dampfkesselanlage mit integriertem ECO		Z.-Nr.	Maßstab
			4b	
Plan-Inhalt	Grundlagenthema Vitomax HS		bearbeitet	Datum
			geprüft	Name
			03.11.10	X_MSW
			03.11.10	SbT





**Berührungsschutzdämmung [A 2.2]**

Berührungsschutzdämmung an Rohrleitungen und Behältern

Auslegungsdaten:

Oberflächentemperatur auf dem Wetterschutzmantel: 60 °C,

Temperatur der Umgebungsluft: 20 °C

Windgeschwindigkeit: 3 m/s,

Dämmstoff: Mineralmatte

DN/t (°C)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800
10	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	70
15	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	60	80
20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	60	80
25	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	70	90
32	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	70	90
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	70	100
50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	60	80	100
65	30	30	30	30	30	30	30	30	40	50	60	80	120
80	30	30	30	30	30	30	30	30	50	50	60	90	120
100	30	30	30	30	30	30	30	40	50	60	70	90	120
125	30	30	30	30	30	30	40	40	50	60	70	100	130
150	30	30	30	30	30	30	40	40	50	60	80	100	130
200	30	30	30	30	30	30	40	50	60	70	80	120	140
250	30	30	30	30	30	30	40	50	60	70	80	120	150
300	30	30	30	30	30	30	40	50	60	70	90	120	160
350	30	30	30	30	30	30	40	50	60	80	90	120	160
400	30	30	30	30	30	40	40	50	70	80	90	130	170
500	30	30	30	30	30	40	50	60	70	80	100	130	180
600	30	30	30	30	30	40	50	60	70	80	100	140	190
700	30	30	30	30	30	40	50	60	70	90	100	140	190
800	30	30	30	30	30	40	50	60	70	90	120	150	200
900	30	30	30	30	30	40	50	60	80	90	120	150	210
1000	30	30	30	30	30	40	50	60	80	90	120	160	210
1100	30	30	30	30	30	40	50	60	80	100	120	160	210
1200	30	30	30	30	30	40	50	70	80	100	120	160	220
1400	30	30	30	30	30	40	50	70	80	100	120	170	240
1500	30	30	30	30	30	40	60	70	80	100	120	170	240
1600	30	30	30	30	40	50	60	70	90	100	120	170	240
1800	30	30	30	30	40	50	60	70	90	120	130	180	240
2000	30	30	30	30	40	50	60	70	90	120	130	180	250
2400	30	30	30	30	40	50	60	80	90	120	130	190	260
2800	30	30	30	30	40	50	60	80	90	120	140	190	270
3200	30	30	30	30	40	50	60	80	100	120	140	200	270
4000	30	30	30	30	40	50	60	80	100	120	140	200	280
hori. + vert. Wand	30	30	30	30	30	30	30	40	50	60	70	100	140

[A 3] Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit - Auszug

**Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit für Dampfkesselanlagen**

**Verwendung der Planungsanleitung**

Die genannten Grenzwerte gelten für Dampferzeuger aus unlegiertem oder niedrig legiertem Stahl. Sie basieren auf langjährigen Erfahrungen der Firma Viessmann im Dampfkesselbereich sowie auf den Mindestanforderungen der EN 12953-10.

**Ziel:**

Durch die Einhaltung der vorgenannten Wasserparameter wird der Anlagenbetreiber in die Lage versetzt

- das Korrosionsrisiko zu reduzieren,
  - die Bildung von Ablagerungen zu vermindern,
  - als auch die Schlammausscheidungen zu gewährleisten.
- Hierdurch wird eine sichere, wirtschaftliche und langlebige Anlagenfahrweise ermöglicht.

**Dampferzeuger**

Die meisten Rohwasser sind im angelieferten Zustand nicht als Kesselspeisewasser geeignet. Die Art der Kesselspeisewasseraufbereitung muss sich an der Rohwasserbeschaffenheit orientieren. Dessen Beschaffenheit kann sich ändern, daher sind regelmäßige Kontrollen erforderlich.

Die Wasserzuleitung nach der Kesselspeisewasseraufbereitung muss mit einem geeigneten Wasserzähler versehen werden, um die dem rückgeführten Kondensat zugegebene Ergänzungswassermenge zu erfassen; damit erfolgt ebenso eine indirekte Kontrolle der Dampfnahmehmenge.

Es ist zweckmäßig, möglichst viel Kondensat zum Speisewasserbehälter zurückzuführen. Das Kondensat muss ggf. so aufbereitet werden, dass es den Anforderungen an das Kesselspeisewasser (gemäß Tabelle 1) entspricht.

Aus diesen Anforderungen, einschließlich der Anforderungen an das Kesselwasser (gemäß Tabelle 2), ergibt sich zwingend, dass je nach Rohwasserbeschaffenheit und Ergänzungswassermenge eine geeignete chemische und thermische Wasseraufbereitungsanlage installiert wird und im oder in der Zulaufleitung zum Speisewasserbehälter die Möglichkeit der Zugabe von Sauerstoffbindemitteln (evtl. Resthärtestabilisierungs-, Alkalisierungsmitteln und Phosphaten) besteht. Die Kontrolle der Anforderungen erfolgt durch Messungen mit geeigneten, möglichst unkomplizierten Geräten (je nach Betriebsweise 24 h oder 72 h, oder nach landesspezifischen Vorschriften). Diese Messwerte, die anfallenden Ergänzungswassermengen, der Chemikalienverbrauch und die anfallenden Wartungen werden in das Betriebsbuch eingetragen, um jederzeit die Betriebsverhältnisse nachvollziehen zu können.

**Tabelle 1: Anforderungen an salzhaltiges Kesselspeisewasser**

Zul. Betriebsdruck	bar	bis 20	> 20
Allgemeine Anforderungen		farblos, klar und frei von ungelösten Stoffen	
pH-Wert bei 25 °C		> 9	
Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm	nur Richtwerte für Kesselwasser maßgebend	
Summe Erdalkalien (Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> )	mmol/Liter	< 0,01	< 0,01
Sauerstoff (O <sub>2</sub> )	mg/Liter	0,05	< 0,02
Kohlensäure (CO <sub>2</sub> ) gebunden	mg/Liter	< 25	< 25
Eisen, gesamt (Fe)	mg/Liter	< 0,2	< 0,1
Kupfer, gesamt (Cu)	mg/Liter	< 0,05	< 0,01
Oxidierbarkeit (Mn VII → Mn II) als KMnO <sub>4</sub>	mg/Liter	< 10	< 10
Öl, Fett	mg/Liter	< 1	< 1
organische Substanzen	—	siehe Fußnote *1	

**Tabelle 2: Anforderungen an das Kesselwasser**

Zul. Betriebsdruck	bar	Speisewasserleitfähigkeit > 30 µS/cm		Speisewasserleitfähigkeit ≤ 30 µS/cm
		bis 20	> 20	> 0,5
Allgemeine Anforderungen		farblos, klar und frei von ungelösten Stoffen		
pH-Wert bei 25 °C		10,5 bis 12	10,5 bis 11,8	10 bis 11 *2*3
Säurekapazität (K <sub>S 8,2</sub> )	mmol/Liter	1 bis 12 *4	1 bis 10 *4	0,1 bis 1,0 *2
Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm	< 6000 *4	siehe Abbildung 1 Seite 3 *4	
Phosphat (PO <sub>4</sub> )	mg/Liter	10 bis 20	10 bis 20	6 bis 15
Kieselsäure (SiO <sub>2</sub> ) *5	mg/Liter	druckabhängig, siehe Abbildung 1 (Seite 3) und 2 (Seite 3)		

\*1 Allgemein sind organische Substanzen Mischungen von verschiedenen Verbindungen. Die Zusammensetzung solcher Mischungen und das Verhalten ihrer Komponenten unter den Bedingungen des Kesselbetriebes sind schwer vorherzusehen. Organische Substanzen können sich zu Kohlensäure oder anderen sauren Produkten zersetzen, die die Leitfähigkeit erhöhen und Korrosion und Ablagerungen verursachen. Sie können ebenso zu Schaum- und/oder Belagbildung führen, die so gering wie möglich zu halten sind. Ebenso ist der TOC-Gehalt (Total Organic Carbon) so gering wie möglich zu halten.

\*2 Bei Einsatz von VE-Wasser mit Mischbettqualität (LF < 0,2 µS/cm) ist eine Phosphateinspritzung nicht erforderlich; alternativ dazu kann AVT-Fahrweise (Konditionierung mit flüchtigen Alkalisierungsmitteln, pH-Wert des Speisewassers pH ≥ 9,2 und pH-Wert des Kesselwassers pH ≥ 8,0) angewandt werden. In diesem Fall muss die Leitfähigkeit hinter stark saurem Kationenaustauscher < 5 µS/cm betragen.

\*3 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.

\*4 Mit Überhitzer sind 50% des angegebenen, oberen Wertes als maximaler Wert zu betrachten.

\*5 Wird Phosphat verwendet, sind unter Berücksichtigung aller anderen Werte höhere PO<sub>4</sub>-Konzentrationen zulässig, z.B. mit ausgeglichener oder koordinierter Phosphatbehandlung. (siehe Abschnitt "Konditionierung")

**Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit von Dampfkesselanlagen (Fortsetzung)**

**Hinweis**

Die Phosphatdosierung wird empfohlen, ist aber nicht immer erforderlich.

Umrechnung: 1 mol/m<sup>3</sup> = 5,6 °dH; 1 °dH = 0,179 mol/m<sup>3</sup>; 1 mval/kg = 2,8 °dH

Alternativ zum Betrieb mit salzhaltigem Kesselspeisewasser ist auch ein Betrieb mit salzfreiem Kesselspeisewasser möglich.

**Max. zulässige direkte Leitfähigkeit des Kesselwassers in Abhängigkeit vom Druck**

Speisewasser-Leitfähigkeit > 30 µS/cm

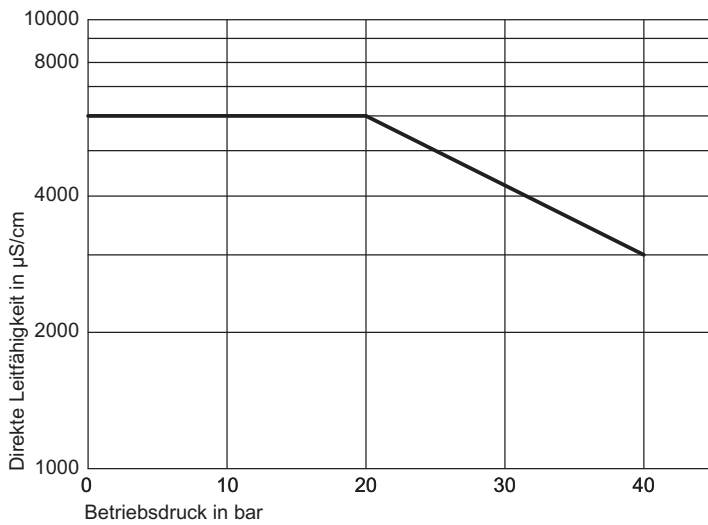


Abbildung 1

**Max. zulässiger Kieselsäuregehalt (SiO<sub>2</sub>) des Kesselwassers in Abhängigkeit vom Druck**

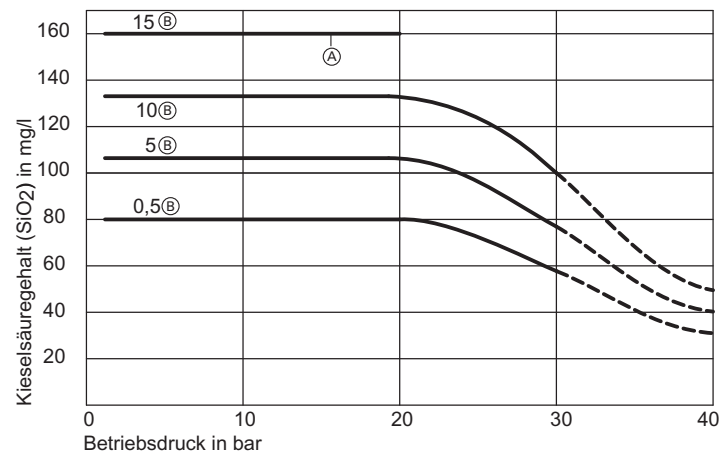


Abbildung 2

- Ⓐ diese Ebene der Alkalität ist nicht mehr zulässig > 20 bar
- Ⓑ K<sub>S,8,2</sub> - Wert in mmol/l

## Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit von Dampfkesselanlagen (Fortsetzung)

### Konditionierung

Bestimmte Speise- und Kesselwassereigenschaften müssen durch Behandlung mit Chemikalien verbessert werden.

Diese Konditionierung kann beitragen:

- zur Unterstützung der Bildung von Magnetitschichten oder anderer Oxidschutzschichten,
- zur Verringerung der Korrosion durch Optimierung des pH-Wertes,
- zur Stabilisierung der Härte und zur Verhinderung oder Minimierung von Kesselstein und Ablagerungen,
- zum Erreichen chemischer Restsauerstoffbindung.

Herkömmliche Konditionierungsmittel können z.B. Natrium- und Kaliumhydroxid, Natriumphosphat, Natriumsulfid, Ammoniak und Hydrazin beinhalten.

#### Hinweis

Die Nutzung einiger dieser Chemikalien kann in einzelnen Ländern bzw. Produktionsprozessen eingeschränkt sein.

### Allgemeine Anmerkungen zur Konditionierung

#### ■ Leitfähigkeit

– salzhaltig

Hierunter versteht man Speisewasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit von  $> 30 \mu\text{S}/\text{cm}$  (z.B. nach Enthärtungsanlagen).

– salzarm

Hierunter versteht man Speisewasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit von  $0,2-30 \mu\text{S}/\text{cm}$  (z.B. nach Entsalzungsanlagen).

– salzfrei

Hierunter versteht man Speisewasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit von  $< 0,2 \mu\text{S}/\text{cm}$  und einer Kieselsäurekonzentration  $< 0,02 \text{ mg/l}$ , sowie Kondensat mit einer elektrischen Leitfähigkeit  $< 5 \mu\text{S}/\text{cm}$  (z.B. nach Vollentsalzungsanlagen mit Mischbettqualität).

#### ■ Säurekapazität $K_{\text{S}4,3}$

Eine erhöhte Alkalität (m-Wert) im Roh-/Weichwasser lässt auf zu viel gebundene Kohlensäure schließen. Dies bewirkt eine erhöhte Alkalisierung des Kesselwassers, was wiederum erhöhtes Korrosionsrisiko am Dampferzeuger, aber auch am nachgeschalteten Dampfnetz durch Abspaltung dampfflüchtiger Kohlensäure nach sich zieht.

#### ■ Einstellung der Alkalität

Die Wahl des Alkalisierungsmittels ist u.a. von der Verwendung des Dampfes, des Dampfdruckes und der Art der Wasseraufbereitung abhängig. Es gibt feste und flüchtige Alkalisierungsmittel.

Die abgestimmte Konditionierung mit Phosphat bzw. dessen Derivaten kann auch für die Steuerung des pH-Wertes des Kesselwassers vorteilhaft sein. Jedoch sind auch organische Konditionierungsmittel seit Jahren im Gebrauch.

Werden organische Konditionierungsmittel verwendet, sind die einzusetzenden Mengen und Verfahren sowie die Analysevorschriften vom Lieferanten der chemischen Erzeugnisse zu spezifizieren.

#### ■ Sauerstoff und Kohlendioxid bzw. Sauerstoffbindemittel

Kohlendioxid und Sauerstoff werden durch thermische Vollentgasung aus dem Speisewasser ausgetrieben. Sollte es im praktischen Betrieb, z.B. durch vermehrte Stillstandszeiten, nicht möglich sein, den Sauerstoffgehalt des Speisewassers unter den zulässigen Werten zu halten, ist der Einsatz von Sauerstoffbindemittel erforderlich. Diese „Korrekturchemikalie“ wird über die Dosiereinrichtung dem Speisewasser zugemischt.

#### Hinweis

Filmbildene Amine sind keine Sauerstoffbindemittel.

#### Hinweis

Durch Verdampfung des Kesselwassers erfolgt eine Konzentration der gelösten nichtflüchtigen Bestandteile im verbleibenden Kesselwasser (Salze, feste Konditionierungsmittel). Man spricht von „Eindickung“ des Kesselwassers. Unter diesen Bedingungen kann eine örtliche Alkalikonzentration entstehen, die zur Spannungsrisskorrosion führt. Daher ist bei nur geringfügig gepuffertem Speisewasser (salzarmes Speisewasser) mit einer Leitfähigkeit von  $< 30 \mu\text{S}/\text{cm}$  Natriumhydroxid als Alkalisierungsmittel nur zulässig, wenn der empfohlene pH-Bereich mit Natriumphosphat allein nicht erreicht werden kann. Dabei ergeben sich bei niedrigem Natriumhydroxidgehalt plötzliche Schwankungen des pH-Wertes.

### Abweichung bei der Konditionierung

Falls die angegebenen Werte bei Dauerbetrieb abweichen, kann dies zurückzuführen sein auf:

- mangelhafte Behandlung des Zusatzwassers;
- unzureichende Speisewasserkonditionierung;
- fortschreitende Korrosion bestimmter Anlagenteile;
- Kontaminierung des Wassers durch Eindringen von Verunreinigungen aus anderen Systemen, z.B. Kondensatbehälter, Wärmeüberträgern.

Geeignete Änderungen sind sofort zur Wiederherstellung des korrekten Betriebs durchzuführen. So darf rückgeführtes Kondensat die Speisewasserqualität nicht beeinflussen und muss ggf. aufbereitet werden.

Die chemische Zusammensetzung des Kesselwassers kann sowohl durch dosiertes Einbringen von festgelegten Chemikalien als auch durch kontinuierliche oder diskontinuierliche Abschlämzung eines Teils des Wasservolumens überwacht werden. Dies muss derart erfolgen, dass sowohl gelöste als auch suspendierte Verunreinigungen beseitigt werden können.

### Konditionierung/Gewährleistung

#### Hinweis

Die Gewährleistung erlischt:

- bei Einsatz von filmbildenden Aminen,
- bei Einsatz von Dosiermitteln, die nicht in den Richtlinien aufgeführt sind oder mit Viessmann abgestimmt sind.

## Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit von Dampfkesselanlagen (Fortsetzung)

### Probenahme

Die Probenahme von Wasser und Dampf aus dem Kesselsystem ist nach ISO 5667-1 und die Vorbereitung und Handhabung der Proben nach ISO 5667-3 durchzuführen.

Die Probenahme erfolgt über einen Probenahmekühler. Dieser kühlt die Wasserprobe auf eine Temperatur von ca. 25 °C herunter.

Um eine verwertbare Probe zu nehmen, ist die Probenentnahmeleitung über einen angemessenen Zeitraum zu spülen.

Die Analyse der Probe sollte sofort nach deren Gewinnung erfolgen, da sich durch längeres Stehen die Werte verändern können.

Trübes oder verunreinigtes Probenwasser ist vor der Messung zu filtern.

Siehe hierzu auch „Bedienungsanleitung Probenkühler“

### Probenahmestellen

Probenahmestellen sind an repräsentativen Positionen im System vorzusehen.

Typische Probenahmestellen sind:

- Kesselspeisewassereintrittsventil,
- Kesselwasser von einem Fallrohr oder einer kontinuierlichen Absalzleitung,

- Zusatzwasser nach der Zusatzwasseraufbereitungsanlage oder den Lagertanks,

- Kondensat am Austritt des Kondensatbehälters, falls vorhanden; andernfalls ist die Probe so nah wie möglich am Speisewassertank zu entnehmen.

### Analyse

#### Allgemeines

Der Nachweis der Übereinstimmung mit den in **Tabelle 1** (Seite 2) und **Tabelle 2** (Seite 2) angegebenen Werten nach Analysen zu erfolgen.

Werden die Analysen nach anderen Normen oder mittels indirekter Methoden durchgeführt, sind die Methoden zu kalibrieren. Zur Durchführung der Analyse sollte eine saubere Arbeitsfläche mit Wasseranschluss und Kanalisationsablauf vorhanden sein. An diesem Arbeitsplatz sind auch die erforderlichen Gerätschaften in einem Schrank aufzubewahren.

#### Hinweis

*Bei einigen Wasserarten kann die Menge an gelösten Stoffen anhand der Leitfähigkeit abgeschätzt werden. Darüber hinaus besteht eine Korrelation zwischen dem pH-Wert und beiden Leitfähigkeiten.*

*Zur kontinuierlichen Überwachung der O<sub>2</sub>- und pH-Werte sowie zur Härtekontrolle bietet die Firma Viessmann Wasseranalysekomponenten an.*

### Analyseverfahren/ Prüfbesteck

Im fortlaufenden Kesselbetrieb werden die Kesselwerte hinreichend mit dem Prüfbesteck gemessen. Bei stärkerer Abweichung der Werte sind über die entsprechenden normierten Analyseverfahren die Werte zu bestätigen und Abhilfe zu schaffen.

Die Überprüfung der Parameter muss nach den folgenden Normen erfolgen:

Säurekapazität	EN ISO 9963-1
Leitfähigkeit	ISO 7888
Kupfer	ISO 8288
Eisen	ISO 6332
Sauerstoff	ISO 5814
pH-Wert	ISO 10523
Phosphat	ISO 6878-1
Kalium	ISO 9964-2
Kieselsäure <sup>*6</sup>	

Natrium	ISO 9964-1
TOC <sup>*7</sup>	ISO 8245
Gesamthärte als Ca + Mg	ISO 6059

Die Säureleitfähigkeit ist in Form der Wasserstoffionenkonzentration kontinuierlich in der gleichen Weise wie die Leitfähigkeit in Wasserstoffform zu messen, nachdem die Probe einen stark sauren Kationenaustauscher mit einem Volumen von 1,5 l durchlaufen hat.

Der Austauscher wird in einem Zylinder mit einem Durchmesser/Höhenverhältnis von 1:3 oder darunter, wobei das Austauschermittum mindestens drei Viertel des Zylindervolumens einnimmt, eingebracht.

Der Ionenaustauscher ist zu regenerieren, wenn er zu zwei Dritteln erschöpft ist; dies erkennt man, wenn man einen Austauscher mit Farbanzeige und transparentem Zylinder verwendet.

### Stillstandzeiten/Frostschutz

Werden Kesselanlagen für längere Zeit außer Betrieb genommen, so wird empfohlen, die Anlagen komplett mit Wasser zu füllen und das Wasser mit einem Sauerstoffbindemittel zu versetzen, damit der im Wasser befindliche Sauerstoff gebunden wird. Der Dampfkessel muss dabei unter Druck gehalten werden.

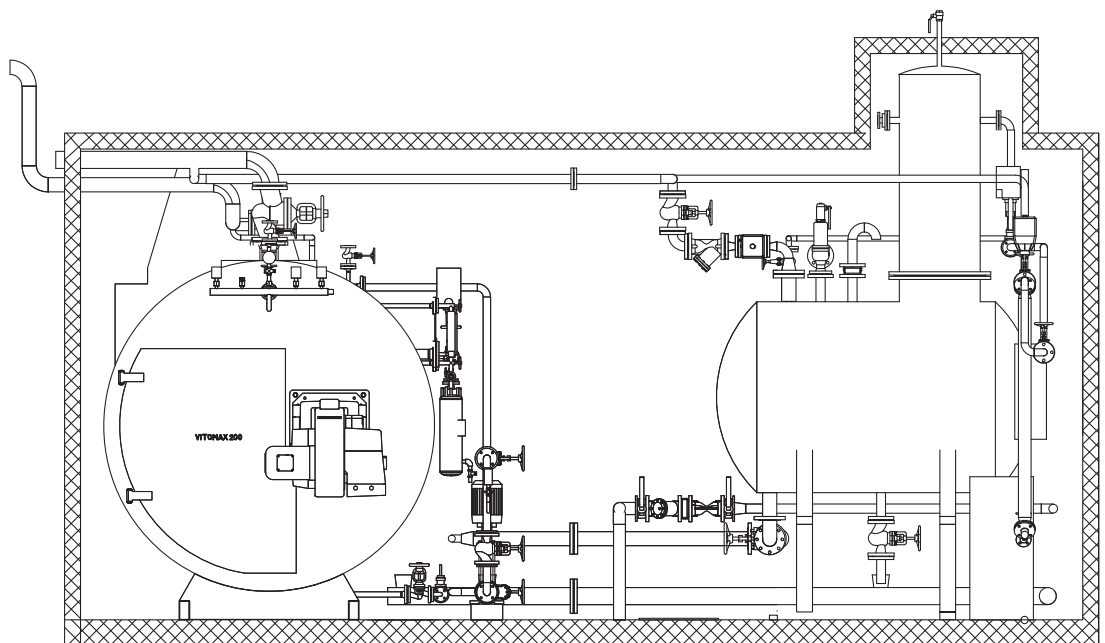
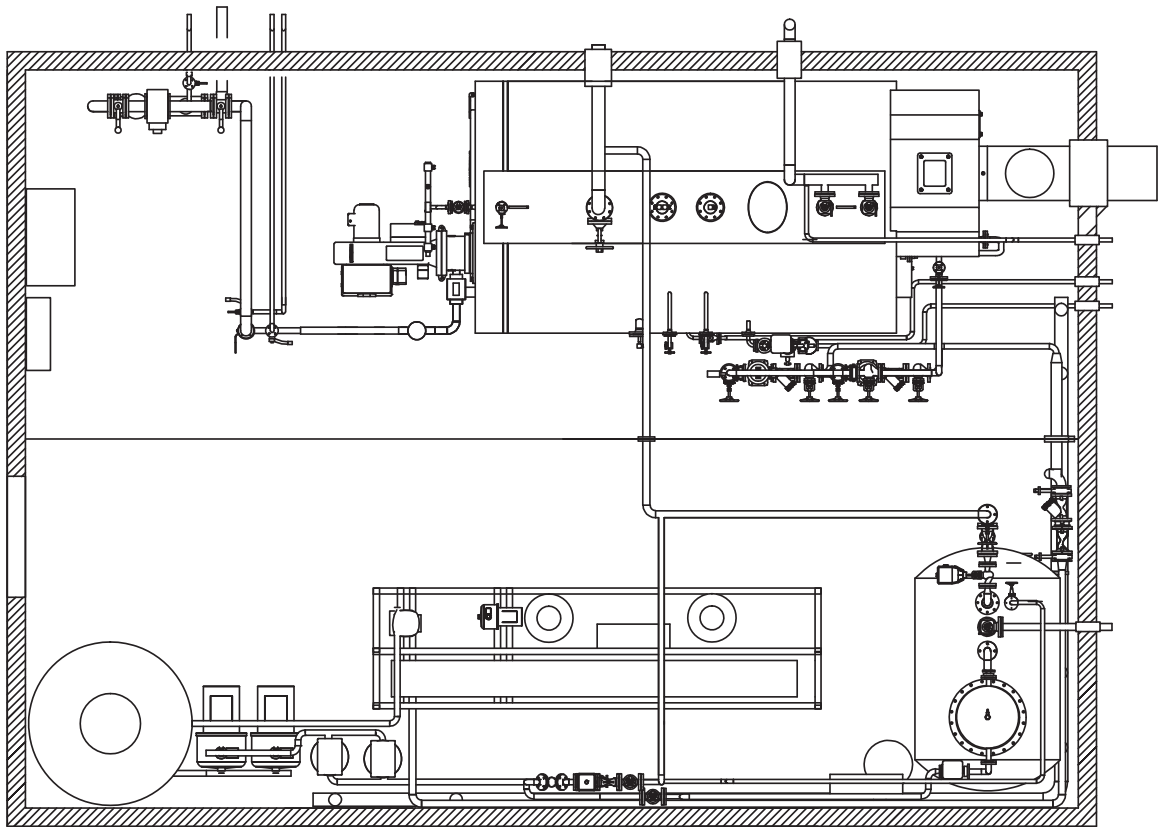
Eine weitere Möglichkeit ist die Trockenkonservierung, die für Stillstandzeiten über 4 Wochen zu empfehlen ist.

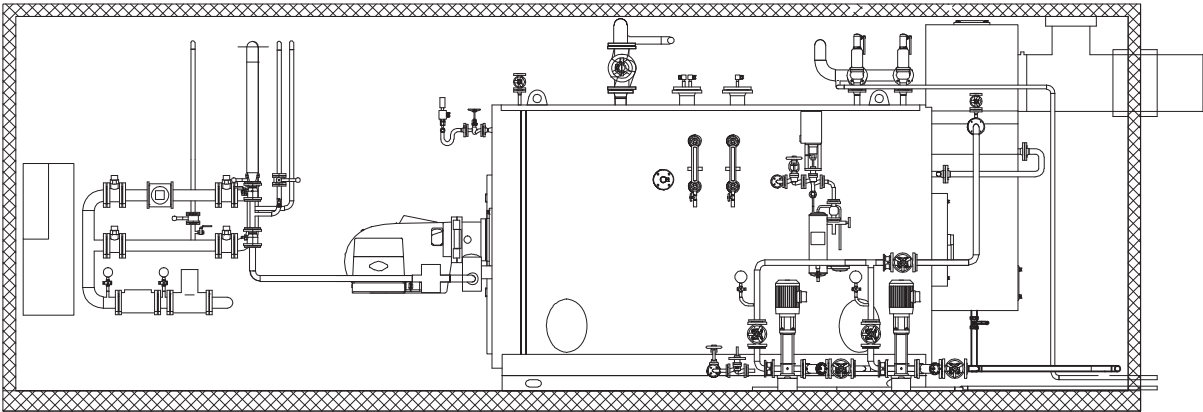
Detaillierte Hinweise hierzu siehe Betriebsvorschrift „Wasser- und heizgasseitige Konservierung“.

<sup>\*6</sup> Derzeit ist noch keine Europäische oder Internationale Norm vorhanden, siehe z. B. DIN 38405-21 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Photometrische Bestimmung von gelöster Kieselsäure (D 21).

<sup>\*7</sup> Alternativ kann die Bestimmung des Permanganat-Index nach ISO 8467 gemessen werden, wenn die Werte spezifiziert sind.

[A 4] Skizze Dampfkessel Containeranlage





Containeranlage mit Vitomax 200-HS 2,9 t/h, 10 bar  
RT-Group LLC Ukraine



## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 1.0] SI-Einheiten/Umrechnungstabelle

### Drücke

	bar	mbar	mm WS	1 kp/cm <sup>2</sup> = 1 at	Torr
1 bar	1	1000	10200	1,02	750
1 mbar	0,001	1	10,20	0,00102	0,750
1 mm WS	0,0000981	0,0981	1	0,0001	0,07355
1 kp/cm <sup>2</sup>	0,981	981	10000	1	735,5
1 Torr	0,001333	1,333	13,6	0,00136	1
1 Pa	0,00001	0,01	0,1020	0,000012	0,0075

### Energie, Arbeit, Wärmemenge

	kcal	Mcal	JWs	kJ	MJ	kWh
1 kcal	1	0,001	4186,8	4,1868	0,00418	0,001163
1 Mcal	1000	1	4186800	4186,8	4,1868	1,163
1 J = 1 Ws	0,000239	0,000000239	1	0,001	0,000001	0,0000002778
1 kJ	0,2388	0,000239	1000	1	0,001	0,0002778
1 MJ	238,8	0,2388	1000000	1000	1	0,2778
1 kWh	860	0,860	3600000	3600	3,6	1

### Leistung und Wärmestrom

	kcal	kcal/min	J/s W	kW	MJ/h
1 kcal/h	1	0,01667	1,163	0,001163	0,0041868
1 kcal/min	60	1	69,768	0,69768	0,2512
1 J/s = 1 W	0,860	0,01433	1	0,001	0,0036
1 kW	860	0,01433	1	0,001	0,0036

### Temperatur

	°C	°F	K	°R
°C Grad Celsius	1	1,8 x °C + 32	°C + 273	1,8 x °C + 492
°C Grad Fahrenheit	0,56 x (°F - 32)	1	0,56 X °F + 460	°F + 460
°C Grad Kelvin	K - 273	1,8 x K - 460	1	1,8 K
°C Grad Rankine	0,56 x (°R - 492)	°R - 460	0,56 x °R	1

- Die Umrechnungswerte sind gerundet.
- Grad Kelvin - Temperatur der absoluten Temperaturskala, wobei 1 Kelvin-Grad = 1 Celsius Grad
- Grad Rankine - Temperaturgrad der absoluten Temperatur-Skala, wobei 1 Rankine-Grad = 1 Fahrenheit-Grad
- Temperaturdifferenz bei Celsius-Teilung: 1 in gr.
- Temperaturdifferenz bei Fahrenheit-Teilung: t in degF.

**1. Umrechnungstabelle BTU/BHP/KW/t/h [Tb. 1.1]**

<b>kCal/hr</b>	<b>kW</b>	<b>BTU</b>	<b>BHP</b>	<b>t/h<sup>a)</sup></b>
562.500	675	2.250.000	68	1
841.667	1.010	3.366.667	101	1,5
1.125.000	1.350	4.500.000	135	2
1.395.833	1.675	5.583.333	168	2,5
1.687.500	2.025	6.750.000	203	3
1.970.833	2.365	7.883.333	237	3,5
2.250.000	2.700	9.000.000	270	4
2.812.500	3.375	11.250.000	338	5
3.375.000	4.050	13.500.000	405	6
3.937.500	4.725	15.750.000	473	7
4.500.000	5.400	18.000.000	540	8
5.062.500	6.075	20.250.000	608	9
5.625.000	6.750	22.500.000	675	10
6.750.000	8.100	27.000.000	810	12
7.875.000	9.450	31.500.000	945	14

<sup>a)</sup> 12 bar, 102°C Speisewasser-  
temperatur

## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 2.0] Wasserdampf tabel (Sättigungszustand)

Absoluter Druck $p$ bar	Temperatur $t_s$ °C	spezif. Volumen Siedewasser $v'$ m <sup>3</sup> /kg	Dampfvolumen $v''$ m <sup>3</sup> /kg	Dampfdichte $\rho''$ kg/m <sup>3</sup>	Enthalpie des Wassers $h'$ kJ/kg	Enthalpie des Dampfes $h''$ kJ/kg	Verdampfungswärme $r$ kJ/kg
0,010	6,98	0,0010001	129,20	0,00774	29,34	2514,4	2485,0
0,015	13,04	0,0010006	87,98	0,01137	54,71	2525,5	2470,7
0,020	17,51	0,0010012	67,01	0,01492	73,46	2533,6	2460,2
0,025	21,10	0,0010020	54,26	0,01843	88,45	2540,2	2451,7
0,030	24,10	0,0010027	45,67	0,02190	101,00	2545,6	2444,6
0,035	26,69	0,0010033	39,48	0,02533	111,85	2550,4	2438,5
0,040	28,98	0,0010040	34,80	0,02873	121,41	2554,5	2433,1
0,045	31,04	0,0010046	31,14	0,03211	129,99	2558,2	2428,2
0,050	32,90	0,0010052	28,19	0,03547	137,77	2561,6	2423,8
0,055	34,61	0,0010058	25,77	0,03880	144,91	2564,7	2419,8
0,060	36,18	0,0010064	23,74	0,04212	151,50	2567,5	2416,0
0,065	37,65	0,0010069	22,02	0,04542	157,64	2570,2	2412,5
0,070	39,03	0,0010074	20,53	0,04871	163,38	2572,6	2409,2
0,075	40,32	0,0010079	19,24	0,05198	168,77	2574,9	2406,2
0,080	41,53	0,0010084	18,10	0,05523	173,86	2577,1	2403,2
0,085	42,69	0,0010089	17,10	0,05848	178,69	2579,2	2400,5
0,090	43,79	0,0010094	16,20	0,06171	183,28	2581,1	2397,9
0,095	44,83	0,0010098	15,40	0,06493	187,65	2583,0	2395,3
0,10	45,83	0,0010102	14,67	0,06814	191,83	2584,8	2392,9
0,15	54,00	0,0010140	10,02	0,09977	225,97	2599,2	2373,2
0,20	60,09	0,0010172	7,650	0,1307	251,45	2609,9	2358,4
0,25	64,99	0,0010199	6,204	0,1612	271,99	2618,3	2346,4
0,30	69,12	0,0010223	5,229	0,1912	289,30	2625,4	2336,1
0,40	75,89	0,0010265	3,993	0,2504	317,65	2636,9	2319,2
0,45	78,74	0,0010284	3,576	0,2796	329,64	2641,7	2312,0
0,50	81,35	0,0010301	3,240	0,3086	340,56	2646,0	2305,4
0,55	83,74	0,0010317	2,964	0,3374	350,61	2649,9	2299,3
0,60	85,95	0,0010333	2,732	0,3661	359,93	2653,6	2293,6
0,65	88,02	0,0010347	2,535	0,3945	368,62	2656,9	2288,3
0,70	89,96	0,0010361	2,365	0,4229	376,77	2660,1	2283,3
0,75	91,79	0,0010375	2,217	0,4511	384,45	2663,0	2278,6
0,80	93,51	0,0010387	2,087	0,4792	391,72	2665,8	2274,0
0,85	95,15	0,0010400	1,972	0,5071	398,63	2668,4	2269,8
0,90	96,71	0,0010412	1,869	0,5350	405,21	2670,9	2265,6
0,95	98,20	0,0010423	1,777	0,5627	411,49	2673,2	2261,7
1,00	99,63	0,0010434	1,694	0,5904	417,51	2675,4	2257,9

Wasserdampf tabel (Sättigungszustand) [Tb. 2.0]

Absoluter Druck $p$ bar	Temperatur $t_s$ °C	spezif. Volumen Siedewasser $v'$ m <sup>3</sup> /kg	Dampfvolumen $v''$ m <sup>3</sup> /kg	Dampfdichte $\rho''$ kg/m <sup>3</sup>	Enthalpie des Wassers $h'$ kJ/kg	Enthalpie des Dampfes $h''$ kJ/kg	Verdampfungswärme $r$ kJ/kg
1,5	111,37	0,0010530	1,159	0,8628	467,13	2693,4	2226,2
2,0	120,23	0,0010608	0,8854	1,129	504,70	2706,3	2201,6
2,5	127,43	0,0010675	0,7184	1,392	535,34	2716,4	2181,0
3,0	133,54	0,0010735	0,6056	1,651	561,43	2724,7	2163,2
3,5	138,87	0,0010789	0,5240	1,908	584,27	2731,6	2147,4
4,0	143,62	0,0010839	0,4622	2,163	604,67	2737,6	2133,0
4,5	147,92	0,0010885	0,4138	2,417	623,16	2742,9	2119,7
5,0	151,84	0,0010928	0,3747	2,669	640,12	2747,5	2107,4
5,5	155,46	–	0,3426	2,920	655,78	2751,7	2095,9
6,0	158,84	0,0011009	0,3155	3,170	670,42	2755,5	2085,0
6,5	161,99	–	0,2925	3,419	684,12	2758,8	2074,0
7,0	164,96	0,0011082	0,2727	3,667	697,06	2762,0	2064,9
7,5	167,75	–	0,2554	3,915	709,29	2764,8	2055,5
8,0	170,41	0,0011150	0,2403	4,162	720,94	2767,5	2046,5
8,5	172,94	–	0,2268	4,409	732,02	2769,9	2037,9
9,0	175,36	0,0011213	0,2148	4,655	742,64	2772,1	2029,5
9,5	177,66	–	0,2040	4,901	752,81	2774,2	2021,4
10,0	179,88	0,0011274	0,1943	5,147	762,61	2776,2	2013,6
11	184,07	0,0011331	0,1747	5,637	781,13	2779,7	1998,5
12	187,96	0,0011386	0,1632	6,127	798,43	2782,7	1984,3
13	191,61	0,0011438	0,1511	6,617	814,70	2785,4	1970,7
14	195,04	0,0011489	0,1407	7,106	830,08	2787,8	1957,7
15	198,29	0,0011539	0,1317	7,596	844,67	2789,9	1945,2
16	201,37	0,0011586	0,1237	8,085	858,56	2791,7	1933,2
17	204,31	0,0011633	0,1166	8,575	871,84	2793,4	1921,5
18	207,11	0,0011678	0,1103	9,065	884,58	2794,8	1910,3
19	209,80	0,0011723	0,1047	9,555	896,81	2796,1	1899,3
20	212,37	0,0011766	0,09954	10,05	908,59	2797,2	1886,6
21	214,85	0,0011809	0,09489	10,54	919,96	2798,2	1878,2
22	217,24	0,0011850	0,09065	11,03	930,95	2799,1	1868,1
23	219,55	0,0011892	0,08677	11,52	941,60	2799,8	1858,2
24	221,78	0,0011932	0,08320	12,02	951,93	2800,4	1848,5
25	223,94	0,0011972	0,07991	12,51	961,96	2800,9	1839,0
26	226,04	0,0012011	0,07686	13,01	971,72	2801,4	1829,6
27	228,07	0,0012050	0,07402	13,51	981,22	2801,7	1820,5
28	230,05	0,0012088	0,07139	14,01	990,48	2802,0	1811,5

## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 2.0] Wasserdampf tabel (Sättigungszustand)

Absoluter Druck $p$ bar	Temperatur $t_s$ °C	spezif. Volumen Siedewasser $v'$ m <sup>3</sup> /kg	Dampfvolumen $v''$ m <sup>3</sup> /kg	Dampfdichte $\rho''$ kg/m <sup>3</sup>	Enthalpie des Wassers $h'$ kJ/kg	Enthalpie des Dampfes $h''$ kJ/kg	Verdampfungswärme $r$ kJ/kg
29	231,97	0,0012126	0,06893	14,51	999,53	2802,2	1802,6
30	233,84	0,0012163	0,06663	15,01	1008,4	2802,3	1793,9
32	237,45	0,0012237	0,06244	16,02	1025,4	2802,3	1776,9
34	240,88	0,0012310	0,05873	17,03	1041,8	2802,1	1760,3
36	244,16	0,0012381	0,05541	18,05	1057,6	2801,7	1744,2
38	247,31	0,0012451	0,05244	19,07	1072,7	2801,1	1728,4
40	250,33	0,0012521	0,04975	20,10	1087,4	2800,3	1712,9
42	253,24	0,0012589	0,04731	21,14	1101,6	2799,4	1697,8
44	256,05	0,0012657	0,04508	22,18	1115,4	2798,3	1682,9
46	258,75	0,0012725	0,04304	23,24	1128,8	2797,0	1668,3
48	261,37	0,0012792	0,04116	24,29	1141,8	2795,7	1653,9
50	263,91	0,0012858	0,03943	25,36	1154,5	2794,2	1639,7
55	269,93	0,0013023	0,03563	28,07	1184,9	2789,9	1605,0
60	275,55	0,0013187	0,03244	30,83	1213,7	2785,0	1571,3
65	280,82	0,0013350	0,02972	33,65	1241,1	2779,5	1538,4
70	285,79	0,0013513	0,02737	36,53	1267,4	2773,5	1506,0
75	290,50	0,0013677	0,02533	39,48	1292,7	2766,9	1474,2
80	294,97	0,0013842	0,02353	42,51	1317,1	2759,9	1442,8
85	299,23	0,0014009	0,02193	56,61	1340,7	2752,5	1411,7
90	303,31	0,0014179	0,02050	48,79	1363,7	2744,6	1380,9
95	307,21	0,0014351	0,01921	52,06	1386,1	2736,4	1350,2
100	310,96	0,0014526	0,01804	55,43	1408,0	2727,7	1319,7
110	318,05	0,0014887	0,01601	62,48	1450,6	2709,3	1258,7
120	324,65	0,0015268	0,01428	70,01	1491,8	2689,2	1197,4
130	330,83	0,0015672	0,01280	78,14	1532,0	2667,0	1135,0
140	336,64	0,0016106	0,01150	86,99	1571,6	2642,4	1070,7
150	342,13	0,0016579	0,01034	96,71	1611,0	2615,0	1004,0
160	347,33	0,0017103	0,009308	107,4	1650,5	2584,9	934,3
170	352,26	0,0017696	0,008371	119,5	1691,7	2551,6	859,9
180	356,96	0,0018399	0,007489	133,4	1734,8	2513,9	779,1
190	361,43	0,0019260	0,006678	149,8	1778,7	2470,6	692,0
200	365,70	0,0020370	0,005877	170,2	1826,5	2418,4	591,9
220	373,69	0,0026714	0,003728	268,3	2011,1	2195,6	184,5
221,20	374,15	0,00317	0,00317	315,5	2107,4	2107,4	0



## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 2.1] Stoffwerte für überhitzten Dampf

Spezifische Enthalpie in kJ/kg bei einer Dampftemperatur in °C								Druck $p$ bar
360	380	400	420	440	460	480	500	
3196,0	3237,0	3278,2	3319,7	3361,4	3403,4	3445,6	3488,1	1
3194,2	3235,4	3276,7	3318,3	3360,1	3402,1	3444,5	3487,0	2
3192,4	3233,7	3275,2	3316,8	3358,8	3400,9	3443,3	3486,0	3
3190,6	3232,1	3273,6	3315,4	3357,4	3399,7	3442,1	3484,9	4
3188,8	3230,4	3272,1	3314,0	3356,1	3398,4	3441,0	3483,8	5
3187,0	3228,7	3270,6	3312,6	3354,8	3397,2	3439,8	3482,7	6
3185,2	3227,1	3269,0	3311,2	3353,4	3395,9	3439,6	3481,6	7
3183,4	3225,4	3267,5	3309,7	3352,1	3394,7	3437,5	3480,5	8
3181,6	3223,7	3266,0	3308,3	3350,8	3393,5	3436,3	3479,4	9
3179,7	3222,0	3264,4	3306,9	3349,5	3392,2	3435,1	3478,3	10
3177,9	3220,3	3262,9	3305,4	3348,1	3391,0	3434,0	3477,2	11
3176,0	3218,7	3261,3	3304,0	3346,8	3389,7	3432,8	3476,1	12
3174,1	3217,0	3259,2	3302,5	3345,4	3388,5	3431,6	3475,0	13
3172,3	3215,3	3258,2	3301,1	3344,1	3387,2	3430,5	3473,9	14
3170,4	3213,5	3256,6	3299,7	3342,8	3386,0	3429,3	3472,8	15
3168,5	3211,8	3255,0	3298,2	3341,4	3384,7	3428,1	3471,7	16
3164,7	3208,4	3251,9	3295,3	3338,7	3382,2	3425,8	3469,5	18
3160,8	3204,9	3248,7	3292,4	3336,0	3379,7	3423,4	3467,3	20
3156,9	3201,4	3245,5	3289,4	3333,3	3377,1	3421,1	3465,1	22
3153,0	3197,8	3242,3	3286,5	3330,6	3374,6	3418,7	3462,9	24
3149,0	3194,3	3239,0	3283,5	3327,8	3372,1	3416,3	3460,6	26
3145,0	3190,7	3235,8	3280,5	3325,1	3369,5	3413,9	3458,4	28
3140,9	3187,0	3232,5	3277,5	3322,3	3367,0	3411,6	3456,2	30
3136,8	3183,4	3229,2	3274,5	3319,5	3364,4	3409,2	3454,0	32
3132,7	3179,7	3225,9	3271,5	3316,8	3361,8	3406,8	3451,7	34
3128,4	3175,9	3222,5	3268,4	3314,0	3359,2	3404,4	3449,5	36
3124,2	3172,2	3219,1	3265,4	3311,2	3356,6	3402,0	3447,2	38
3119,9	3168,4	3215,7	3262,3	3308,3	3354,0	3399,6	3445,0	40
3115,5	3164,5	3212,3	3259,2	3305,5	3351,4	3397,7	3442,7	42
3111,1	3160,6	3208,8	3256,0	3302,6	3348,8	3394,7	3440,5	44
3106,7	3156,7	3205,3	3252,9	3299,8	3346,2	3392,3	3438,2	46
3102,2	3152,8	3201,8	3249,7	3296,9	3343,5	3389,8	3435,9	48
3097,6	3148,8	3198,3	3246,6	3294,0	3340,9	3387,4	3433,7	50
3085,9	3138,6	3189,3	3238,5	3286,7	3334,2	3381,2	3427,9	55
3074,0	3128,3	3180,1	3230,3	3279,3	3327,4	3375,0	3422,2	60
3049,1	3106,7	3161,2	3213,5	3264,2	3313,7	3362,4	3410,6	70
3022,7	3084,2	3141,6	3196,2	3248,7	3299,7	3349,6	3398,8	80
2994,8	3060,5	3121,2	3178,2	3232,7	3285,3	3336,5	3386,8	90
2964,8	3035,7	3099,9	3159,7	3216,2	3270,5	3323,2	3374,6	100
2932,8	3009,6	3077,8	3140,5	3199,4	3255,5	3309,6	3362,2	110
2898,1	2982,0	3054,8	3120,7	3182,0	3240,0	3295,7	3349,6	
2860,2	2952,7	3030,7	3100,2	3164,1	3224,2	3281,6	3336,8	130
2818,1	2921,4	3005,6	3079,0	3145,8	3208,1	3267,1	3323,8	140
2770,8	2887,7	2979,1	3057,0	3126,9	3191,5	3252,4	3310,6	150
2716,5	2851,1	2951,3	3034,2	3107,5	3174,5	3237,4	3297,1	160
2569,1	2766,6	2890,3	2985,8	3066,9	3139,4	3206,5	3269,6	180
-	2660,2	2820,5	2932,9	3023,7	3102,7	3174,4	3241,1	200
-	-	2582,0	2774,1	2901,7	3002,3	3088,5	3165,9	250





## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 2.1] Stoffwerte für überhitzten Dampf

Spezifisches Volumen in m <sup>3</sup> /kg bei einer Dampftemperatur in °C								Druck p bar
360	380	400	420	440	460	480	500	
2,917	3,010	3,102	3,195	3,288	3,380	3,473	3,565	1
1,4561	1,5027	1,5492	1,5956	1,6421	1,6885	1,7349	1,7812	2
0,9691	1,0003	1,0314	1,0625	1,0935	1,1245	1,1556	1,1865	3
0,7256	0,7491	0,7725	0,7959	0,8192	0,8426	0,8659	0,8892	4
0,5795	0,5984	0,6172	0,6359	0,6547	0,6734	0,6921	0,7108	5
0,4821	0,4979	0,5136	0,5293	0,5450	0,5606	0,5762	0,5918	6
0,4125	0,4261	0,4396	0,4531	0,4666	0,4801	0,4935	0,5069	7
0,3603	0,3723	0,3842	0,3960	0,4078	0,4196	0,4314	0,4432	8
0,3197	0,3304	0,3410	0,3516	0,3621	0,3726	0,3831	0,3936	9
0,2873	0,2969	0,3065	0,3160	0,3256	0,3350	0,3445	0,3540	10
0,2607	0,2695	0,2782	0,2870	0,2956	0,3043	0,3129	0,3215	11
0,2386	0,2467	0,2547	0,2627	0,2707	0,2787	0,2866	0,2945	12
0,2198	0,2273	0,2348	0,2422	0,2496	0,2570	0,2643	0,2716	13
0,2038	0,2108	0,2177	0,2246	0,2315	0,2384	0,2452	0,2520	14
0,1898	0,1964	0,2029	0,2094	0,2158	0,2223	0,2287	0,2350	15
0,1777	0,1838	0,1900	0,1961	0,2021	0,2082	0,2142	0,2202	16
0,1573	0,1629	0,1684	0,1738	0,1793	0,1847	0,1900	0,1954	18
0,1411	0,1461	0,1511	0,1561	0,1610	0,1659	0,1707	0,1756	20
0,12780	0,13243	0,13700	0,14152	0,14602	0,15048	0,15492	0,15934	22
0,11672	0,12100	0,12522	0,12940	0,13355	0,13766	0,14175	0,14582	24
0,10734	0,11133	0,11526	0,11914	0,12299	0,12681	0,13061	0,13438	26
0,09929	0,10303	0,10671	0,11035	0,11395	0,11752	0,12106	0,12458	28
0,09232	0,09584	0,09931	0,10273	0,10611	0,10946	0,11278	0,11608	30
0,08621	0,08955	0,09283	0,09606	0,09925	0,10241	0,10554	0,10865	32
0,08082	0,08400	0,08711	0,09017	0,09319	0,09618	0,09915	0,10209	34
0,07603	0,07906	0,08202	0,08494	0,08781	0,09065	0,09347	0,09626	36
0,07174	0,07464	0,07747	0,08025	0,08300	0,08570	0,08838	0,09104	38
0,06787	0,07066	0,07338	0,07604	0,07866	0,08125	0,08381	0,08634	40
0,06437	0,06706	0,06967	0,07222	0,07474	0,07722	0,07967	0,08209	42
0,06119	0,06378	0,06630	0,06876	0,07117	0,07355	0,07590	0,07823	44
0,05828	0,06079	0,06321	0,06559	0,06791	0,07020	0,07247	0,07470	46
0,05561	0,05604	0,06039	0,06268	0,06493	0,06714	0,06931	0,07147	48
0,05316	0,05551	0,05779	0,06001	0,06218	0,06431	0,06642	0,06849	50
0,04780	0,05001	0,05213	0,05419	0,05620	0,05817	0,06011	0,06202	55
0,04330	0,04539	0,04738	0,04931	0,05118	0,05302	0,05482	0,05659	60
0,03623	0,03812	0,03992	0,04165	0,04331	0,04494	0,04653	0,04809	70
0,03088	0,03265	0,03431	0,03589	0,03740	0,03887	0,04030	0,04170	80
0,02669	0,02837	0,02993	0,03140	0,03280	0,03415	0,03546	0,03674	90
0,02331	0,02493	0,02641	0,02779	0,02911	0,03036	0,03158	0,03276	100
0,02049	0,02208	0,02351	0,02483	0,02608	0,02726	0,02840	0,02950	110
0,01811	0,01969	0,02108	0,02236	0,02355	0,02467	0,02575	0,02679	120
0,01604	0,01764	0,01902	0,02025	0,02140	0,02247	0,02350	0,02440	130
0,01421	0,01586	0,01723	0,01844	0,01955	0,02059	0,02157	0,02251	140
0,01256	0,01428	0,01566	0,01686	0,01794	0,01895	0,01989	0,02080	150
0,01104	0,01287	0,01427	0,01546	0,01653	0,01751	0,01842	0,01929	160
0,008104	0,01040	0,01191	0,01311	0,01416	0,01510	0,01597	0,01678	180
–	0,008246	0,009947	0,01120	0,01224	0,01315	0,01399	0,01477	200
–	–	0,006014	0,007580	0,008696	0,009609	0,01041	0,01113	250

## Stoffwerte für Sattdampf [Tb. 2.2]

## Stoffwerte für Sattdampf

Sattdampf- temperatur $t_s$ [°C]	Absoluter Druck $p$ [bar]	spez. Wärmekapazität $C_p$ [kJ/kgK]	dyn. Zähigkeit $106 \times \eta$ [kg/ms]
100	1,01	2,135	11,968
110	1,43	2,177	12,459
120	1,98	2,207	12,851
130	2,69	2,257	13,243
140	3,62	2,315	13,538
150	4,76	2,395	13,930
160	6,18	2,479	14,323
170	7,93	2,583	14,715
180	10,04	2,709	15,107
190	12,56	2,856	15,598
200	15,56	3,023	15,990
210	19,10	3,199	16,383
220	23,21	3,408	16,873
230	27,97	3,634	17,364
240	33,49	3,881	17,756
250	39,79	4,158	18,247
260	46,96	4,468	18,835
270	55,07	4,815	19,326
280	64,22	5,234	19,914
290	74,48	5,694	20,601
300	85,94	6,281	21,288

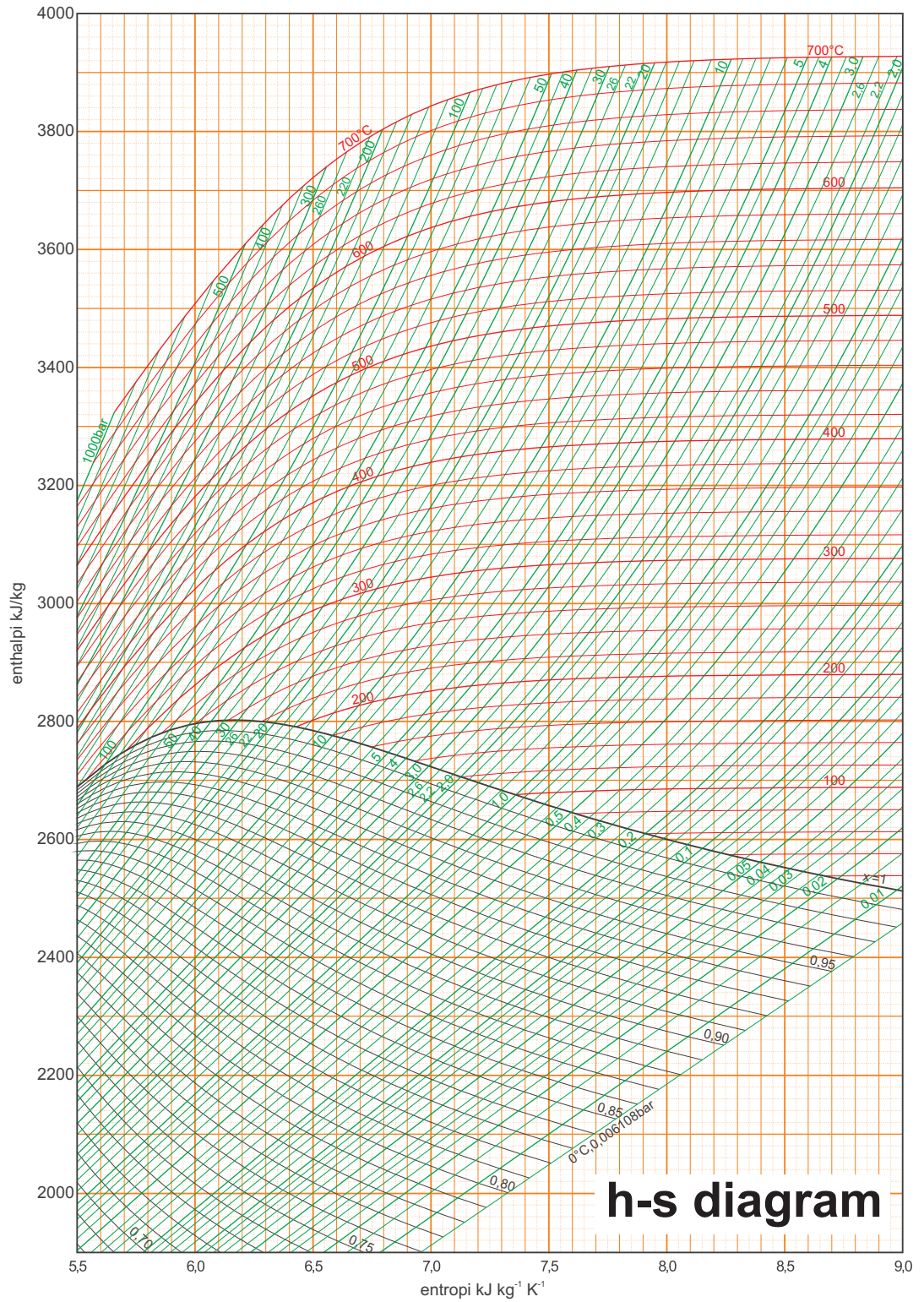
spezifische Wärmekapazität und dynamische Zähigkeit von Sattdampf in Abhängigkeit von der Sattdampf-temperatur ( $t_s$ )

Hinweise:

- Absoluter Druck = Betriebsüberdruck + 1 [bar]
- Umrechnungsfaktor kJ/kg nach kWh/kg  
1 kJ/kg = 1/3600 kWh/kg
- Dichte ( $\rho$ ) = für :  $\frac{\text{kinematische Zähigkeit } 1}{\text{spez. Volumen } (v)}$  [kg/m<sup>3</sup>]
- für :  $\text{kinematische Zähigkeit } (v) = \frac{\text{dyn. Zähigkeit } (\eta)}{\text{Dichte } (\rho)}$  [m<sup>2</sup>/s]

## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 2.3] Enthalpy/Entropy



Rohrinnenrauigkeit [Tb. 3.0]

Rohrinnenrauigkeit k in mm für verschiedene Rohre und Rohrwerkstoffe

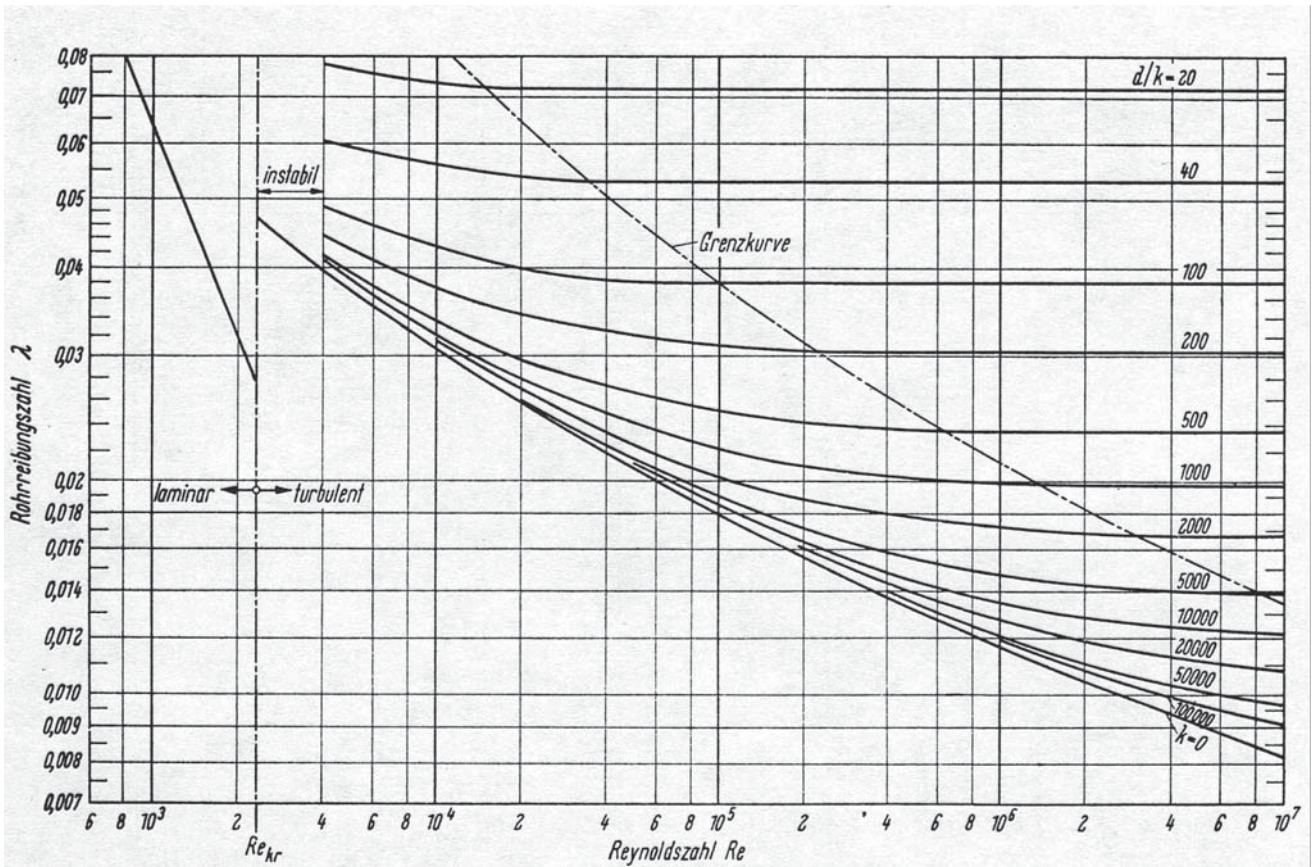
Rohre			absolute Rauigkeit k in mm
Werkstoff	Art	Zustand	
<b>Kupfer</b> <b>Messing</b> <b>Bronze</b> <b>Leichtmetall</b> <b>Glas</b>	gezogen oder gepresst	neu (auch Stahlrohre mit angegebenem Werkstoffüberzug)	0,0013 ÷ 0,0015
<b>Gummi</b>	Druckschlauch	neu nicht versprödet	0,002
<b>Kunststoff</b>		neu	0,0015 ÷ 0,0070
<b>Stahl</b>	nahtlos (handelsüblich)	neu	0,02 ÷ 0,06
		- Walzhaut	0,03 ÷ 0,04
		- gebeizt - verzinkt	0,07 ÷ 0,10
	längsnahtgeschweißt	neu	0,04 ÷ 0,10
		- Walzhaut - bitumiert - galvanisiert	0,01 ÷ 0,05 0,008
	nahtlos und längsnahtgeschweißt	gebraucht - mäßig verrostet bzw. leicht verkrustet	0,1 ÷ 0,2
<b>Gusseisen</b>		neu	0,2 ÷ 0,6
		- mit Gusshaut - bitumiert	0,1 ÷ 0,2
		gebraucht	0,5 ÷ 1,5
<b>Asbest-Zement</b> (zum Beispiel Eternit)		neu	0,03 ÷ 0,1
<b>Beton</b>		neu	0,1 ÷ 0,2
		- sorgfältig geglättet	0,3 ÷ 0,8
		- Glattstrich	1 ÷ 2
		- mittelrau	2 ÷ 3
		- rau	

Rohrreibungszahl λ in Abhängigkeit von Re und relativen Rauigkeit d/k



## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 3.1] Rohrreibungszahl/Reynoldszahl

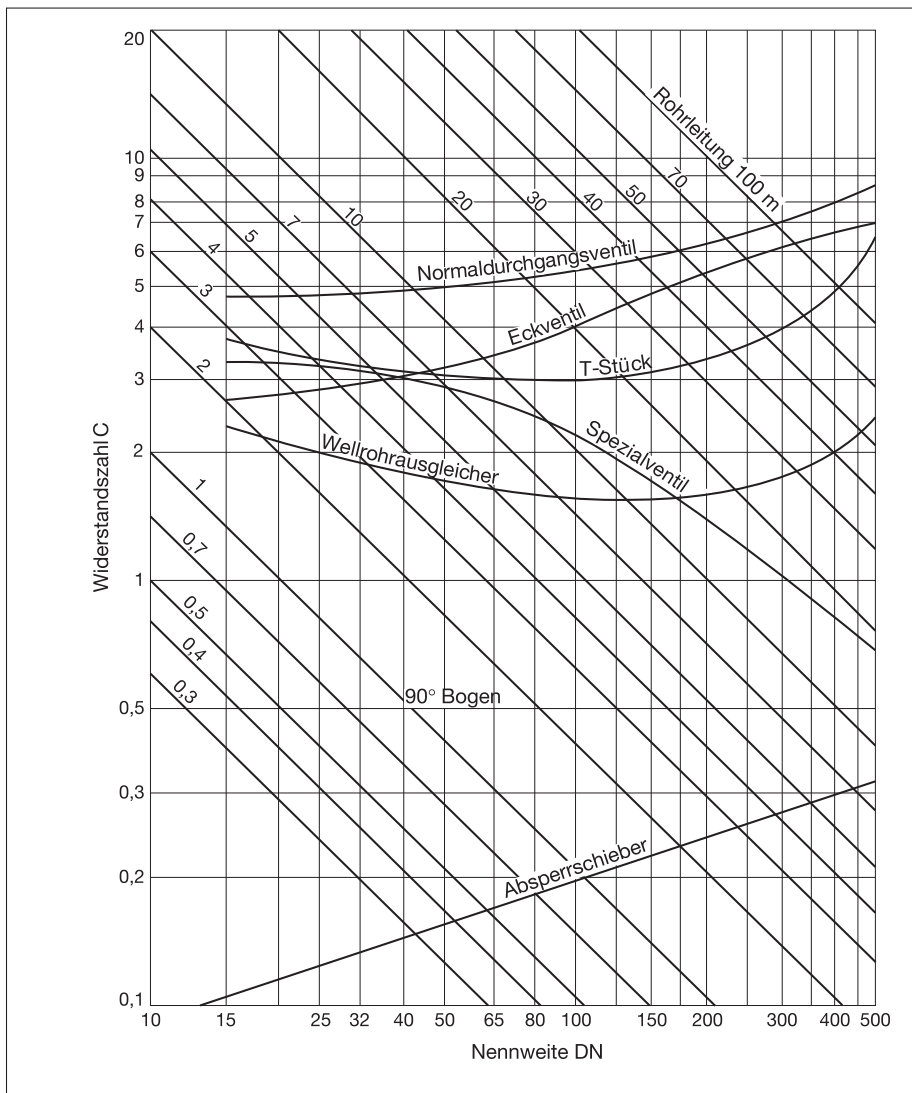


Druckabfall in Dampfleitungen [Tb. 4.0]

$$\Delta p = C \frac{\rho w^2}{2}$$

Armaturen und Formstücke:  $C = \zeta$   
 Rohre:  $C = \lambda l/d$  mit  $\lambda = 0,0206$  nach Eberle;  $\Delta p$  in Pa

Für gegebene Rohrleitungsteile der gleichen Nennweite werden aus Abb. 4 die Widerstandszahlen  $C$  ermittelt. Mit der Summe aller Einzelwerte  $\Sigma C$  und den Betriebsdaten erhält man aus Abb. 5 den gesamten Druckabfall  $\Delta p$  in bar.

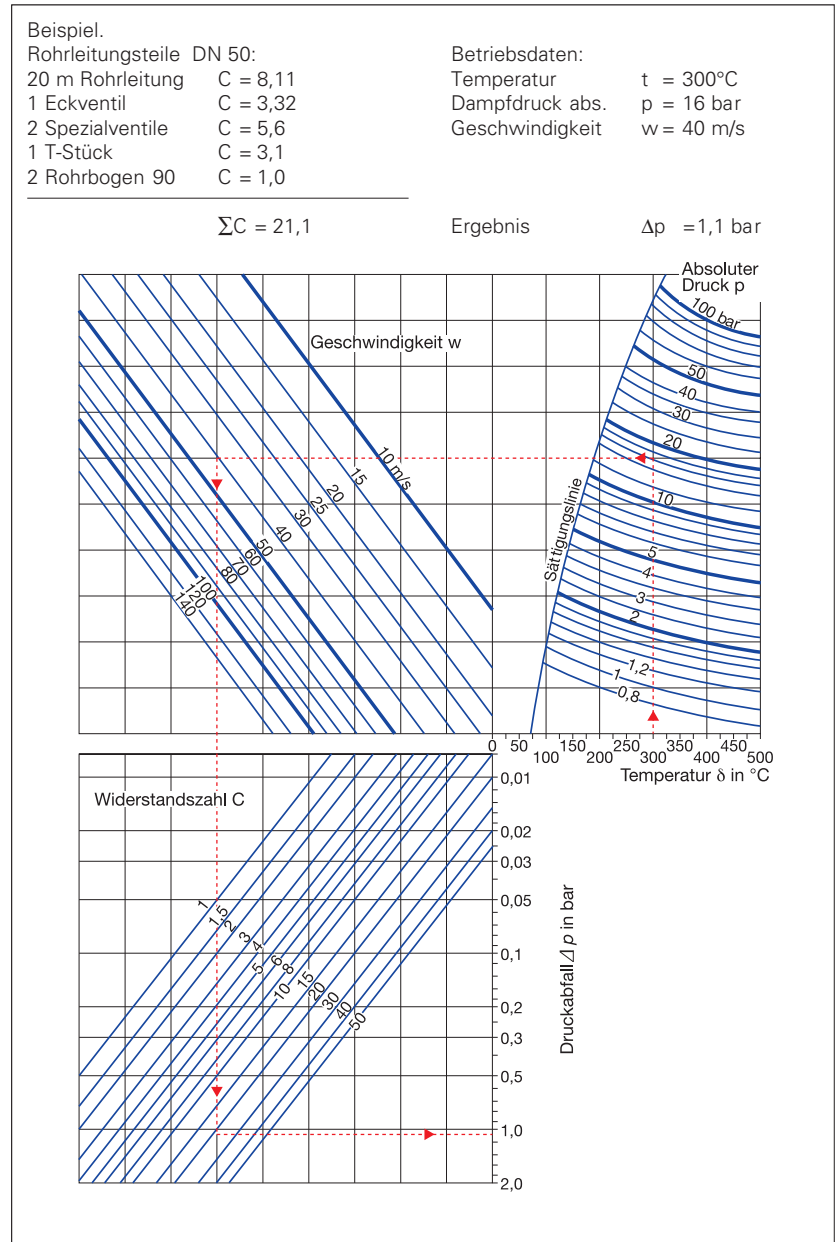


Quelle: GESTRA



## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 4.1] Druckabfall in Dampfleitungen Beispiel

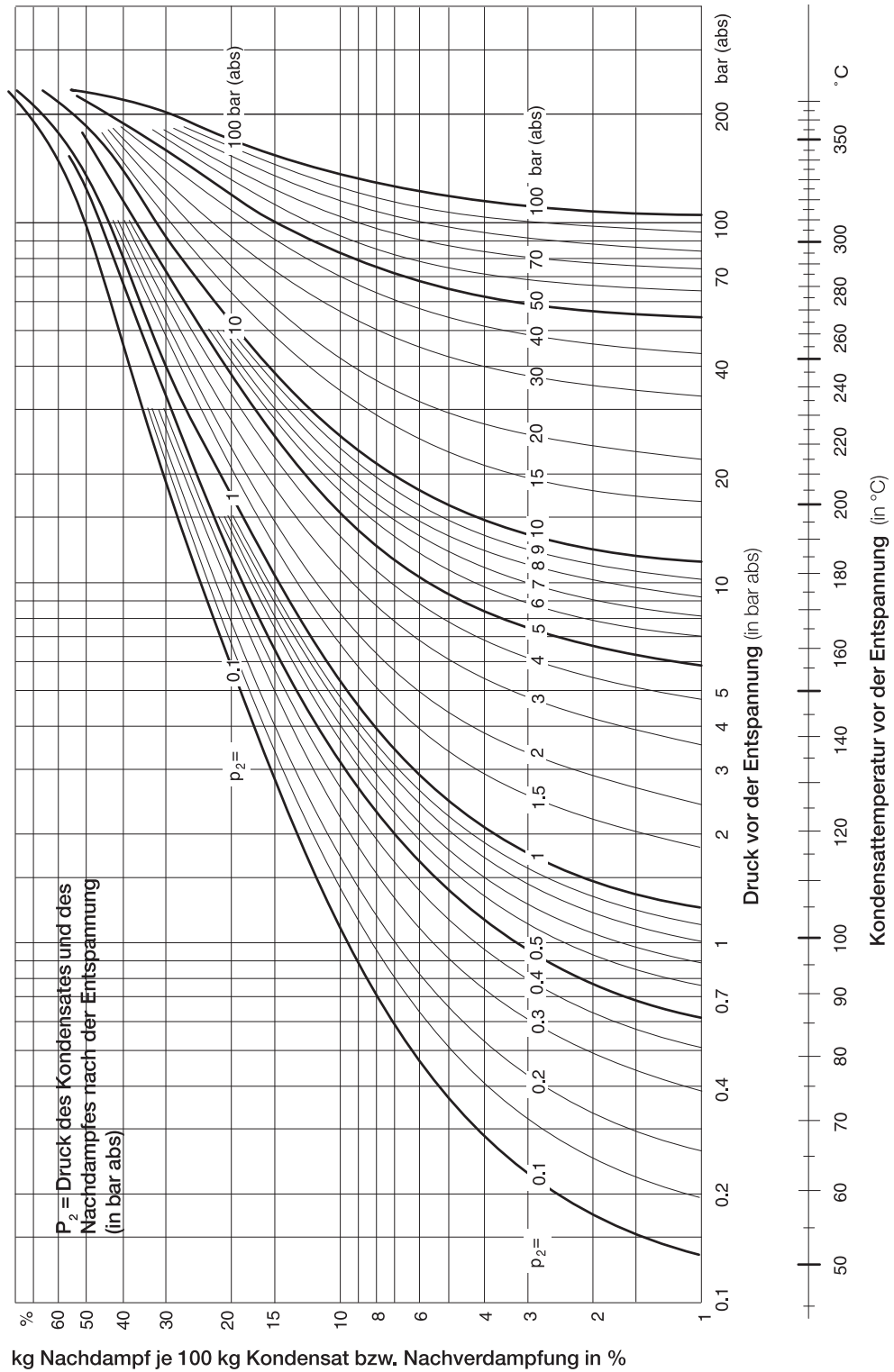


Quelle: GESTRA

## Umrechnung für die Einheiten der Wasserhärte [Tb. 5]

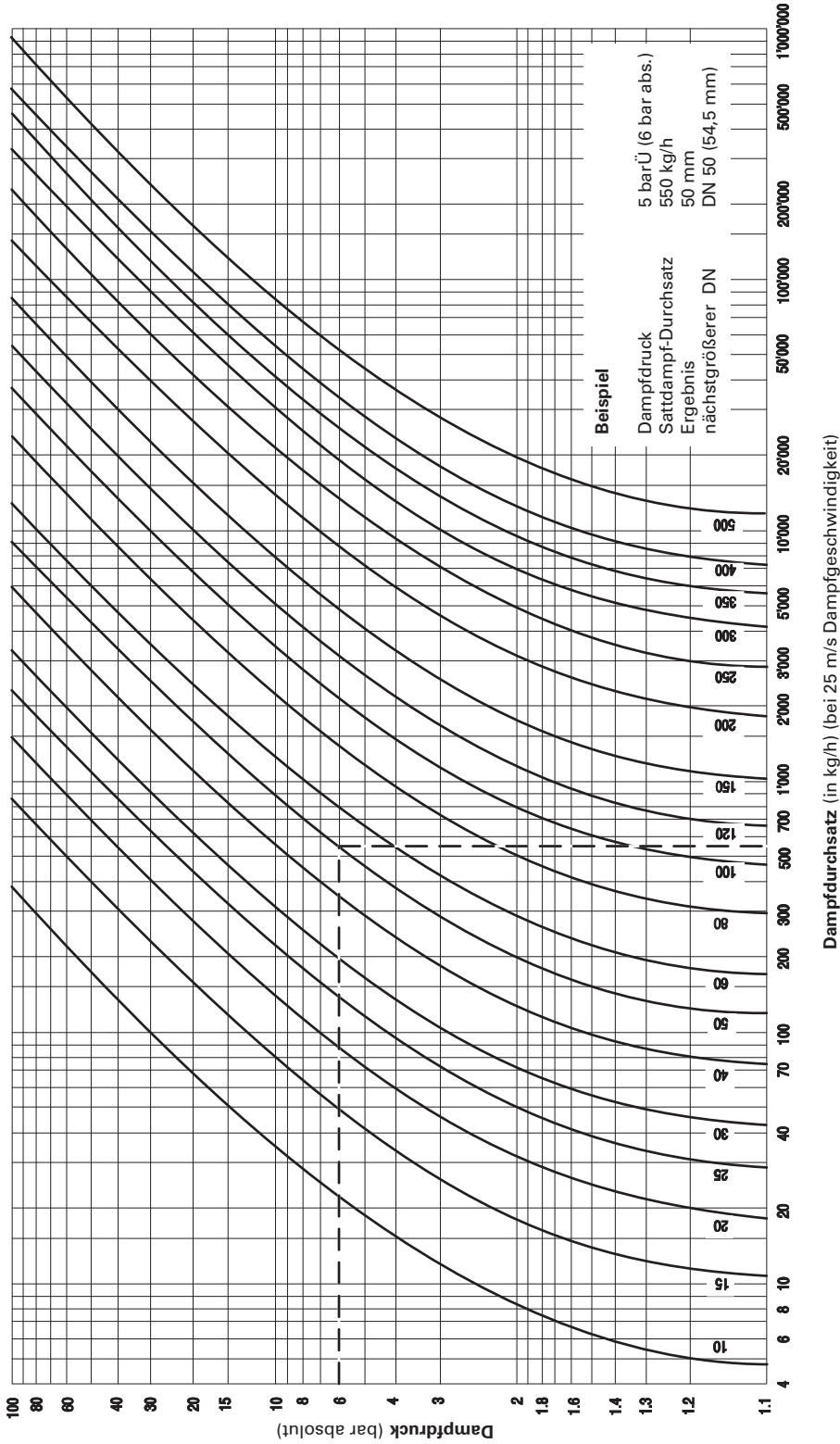
Umrechnung für die Einheiten der Wasserhärte						
		°dH	°e	°TH	ppm	mMol/l
Deutsche Grad	1°dH=	1	1,253	1,78	17,8	0,179
Englische Grad	1°e=	0,798	1	1,43	14,3	0,142
Französische Grad	1°TH=	0,560	0,702	1	10	0,1
CaCO <sub>3</sub> (USA)	1°ppm=	0,056	0,07	0,1	1	0,01
mMol/l	1°mMol/l=	5,6	7,02	10,00	100,0	1

[Tb. 6] Nachverdampfung bei Kondensatentspannung



Alle Druckangaben in bar absolut

Rohrleitungsquerschnitt bei gegebenen Dampfparametern (Beispiel) [Tb. 7]



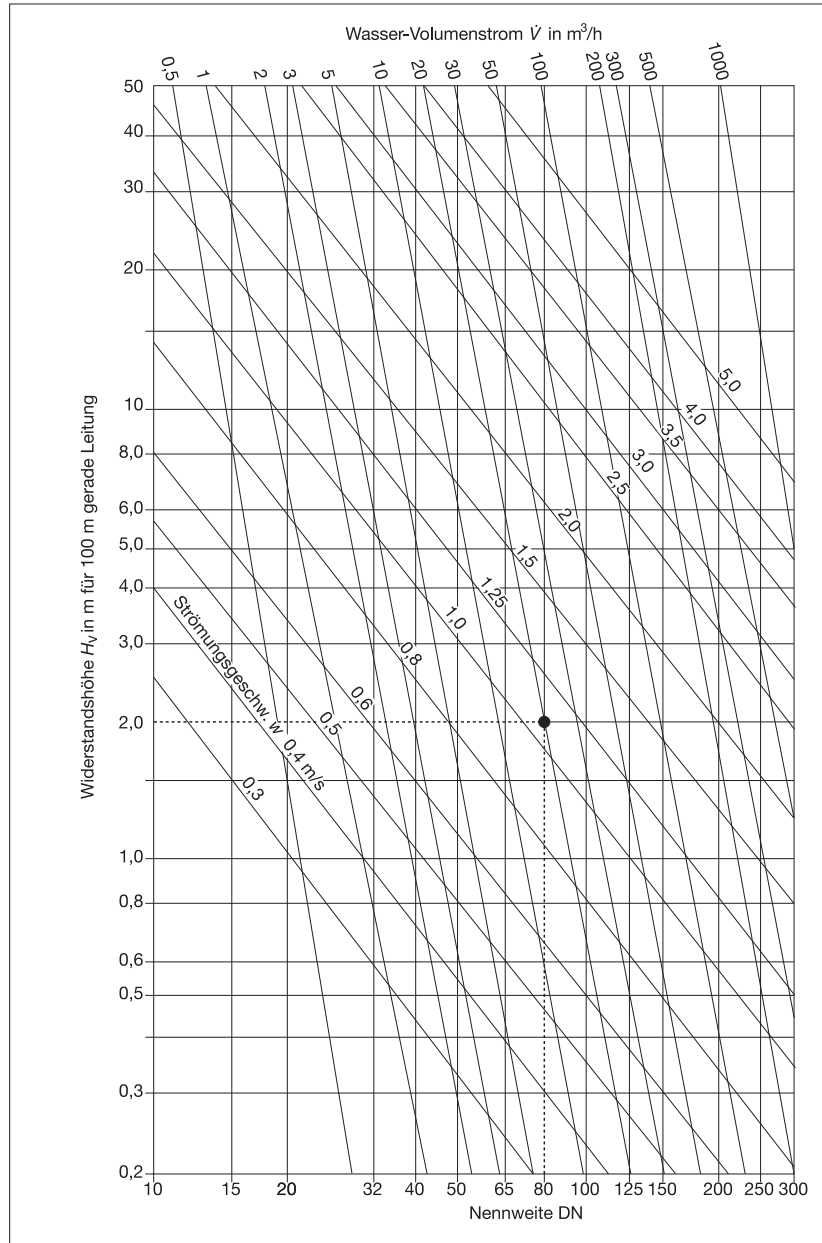
Dampfdurchsatz (in kg/h) (bei 25 m/s Dampfgeschwindigkeit)

Innendurchmesser nahtloser Stahlrohre nach EN 10220 „ISO-ROHRE“ in Normalwanddicke

Nennendurchmesser DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
Innendurchmesser mm	13.6	17.3	22.3	28.5	37.2	43.1	54.5	70.3	82.5	107	132	159	207	260	310	340	389

## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

[Tb. 8] Widerstand in Wasserrohrleitungen bei einem bestimmten Volumenstrom Beispiel



Quelle: GESTRA

**Strömungsgeschwindigkeiten (Richtwerte) [Tb. 9]**

Richtwerte Strömungsgeschwindigkeiten (w):		
Art der Leitung	Druckbereich P (bar)	Durchflussgeschwindigkeit w (m/s)
Dampfleitungen:		
Nassdampf	≤ 10	10 - 20
Sattdampf	≤ 1	10 - 15
	> 1 bis ≤ 5	15 - 25
	> 5 bis ≤ 10	25 - 35
	> 10 bis ≤ 40	35 - 40
	> 40 bis ≤ 100	40 bis ≤ 60
Überhitzerdampf: wie unter Sattdampf, jedoch mit Wahl der jeweils ‚höheren‘ Geschwindigkeit		
Sicherheitsventil-Ausblaseleitungen und Anfahrleitungen (auch Entlüftungsleitung Mischkühler) <sup>a)</sup>	gegen atmosphärischen Druck	≤ 70
Brüden- und Abdampfleitungen, Entspannungsdampf in Kondensatleitungen (offenes System)	gegen atmosphärischen Druck	10 - 25
Ferndampfleitungen	< 40	≤ 20
Wasserleitungen:		
Kondensatleitungen	Saugleitung	≥ 0,5 bis ≤ 1
	Druckleitung	≥ 1 bis ≤ 3
Speisewasserleitungen	Saugleitung	≥ 0,5 bis ≤ 1
	Druckleitung	≥ 2 bis ≤ 3,5
Kessellauge- und Abschlammlleitung (ohne Entspannungsdampf)		≥ 1 bis ≤ 2
Kessellauge- und Abschlammlleitung (mit Entspannungsdampf)	≤ 1	10 - 15
	> 1 bis ≤ 5	15 - 20
Trink- und Brauchwasserleitungen		≥ 1 bis ≤ 2
Kühlwasser	Saugleitung	≥ 0,5 bis ≤ 1,5
	Druckleitung	≥ 1,0 bis ≤ 3,5
Druckluftleitungen		≥ 10 bis ≤ 20
Erdgasleitungen	bis ≤ 0,05	≥ 3 bis ≤ 8
	> 0,05 bis ≤ 1	≥ 5 bis ≤ 10
	> 1 bis ≤ 6	> 10 bis ≤ 25
Heizölleitungen	Saugleitung	≥ 0,2 bis ≤ 1
	Druckleitung	≥ 0,5 bis ≤ 1,5
Verbrennungsluftkanäle	Saugleitung	≥ 8 bis ≤ 20
	Druckleitung	≥ 15 bis ≤ 30
Abgaskanäle	bis Anschluss Kamin	≥ 8 bis ≤ 15

## G.2 Technische Datensammlung und Tabellen

### [Tb. 10] Checkliste Prüfung Dampfkessel

Betrieb der Dampfkesselanlagen Teil I – Allgemeine Anweisungen für den Betreiber von Dampfkesselanlagen Für Dampfkessel der Kategorie IV Ausgabe Juni 1983 (unverändert 8/93)								TRD 601 Betrieb Anhang 1, / EN 12953 T6, Anhang C (siehe auch 18.3)
<b>Checkliste für eine Dampfkesselanlage (Dampf- und Heißwassererzeuger)</b> (S = Sichtprüfung, Überwachung außergewöhnlicher Geräusche; F = Funktionsprüfung)								
Siehe Abschnitt TRD 601 Blatt 2	Bedienungs-, Wartungs- und Prüfarbeiten pro:	24h / 72h BosB	Woche	Monat	6 Monate	12 Monate	Art der Prüfungen (Beispiele)	
3.2.1	Sicherheitsventile**	S		F*	F*		Anlüften	
3.2.2	Wasserstand – Anzeigeeinrichtung	F			F*		Durchblasen und bei Kesseln mit p < 32 bar	
3.2.3	Fernwasserstände	S					Vergleich der Anzeige mit direkt anzeigendem Wasserstand	
3.2.4	Füllprobierereinrichtung	F					Gangbarkeit und Durchgang	
3.2.5	Wasserstandsregler	S			F*		Durchblasen und Gangbarkeit	
3.2.6	Wasserstandsbegrenzer				F*		Durchblasen oder Absenken auf Schalterpunkt	
3.2.7	Strömungsbegrenzer						Durchflussverminderung	
3.2.9/12	Temperatur- bzw. Druckregler	S			F*		Vergleichsmessung durchführen	
3.2.10/13	Temperatur- bzw. Druckbegrenzer	S			F*		Veränderung des Sollwertes/Prüfaste	
3.2.8/11	Temperatur- bzw. Druckanzeiger (Manometer)	S					Kontrolle mit Präzisionsthermometer / Null-Punkt-Kontrolle	
3.2.14	Entleerungs- und Absalzeinrichtungen	F			F*		Durch Betätigung	
3.2.15	Kessel – Armaturen	S					Durch Betätigung	
3.3.1	Speise- und Umwälzeinrichtungen	S		F			Durch wechselweisen Betrieb	
3.3.2	Speisewasser- und Kesselwasseruntersuchung	X					Durch analytische Überwachung gemäß TRD 611	
3.3.3	Geräte zur Überwachung des Kesselwassers auf Fremdstoffeinbruch	S		F			Betätigung der Prüftaste	
3.4.1	Rauchgasklappen-Endschalter				F*		Schließen und Wiederöffnen der Klappe	
3.4.2	Brennerregelung (Stellglieder für Luft und Brennstoff)				F*		Gangbarkeit	
3.4.3	Verbrennungsluftgebläse, Zünd- und/oder Kühlluftgebläse	S			F*		Laufruhe, Kraftübertragung (zum Beispiel Keilriemen)	
3.4.4	Luftdruck-Mengen-Anzeige und Luftdruckwächter					F*	Unterbrechung der Impulsleitung	
3.4.5	Brennstoff-Absperreinrichtung	S		F			Gangbarkeit	
3.4.6	Brennstoffbehälter und -leitungen/Armaturen	S					Gangbarkeit, Dichtheit	
3.4.7	Brennstoffdruck-Anzeiger	S		F				
3.4.8	Sicherheitsabsperreinrichtung vor dem Brenner (bei 72-Stunden-Betrieb auch in der Rücklaufleitung)	S		F			Gangbarkeit, Dichtheit	
3.4.9	Dichtheitskontrolleinrichtung bzw. Zwischenentlüftung	S		F				
3.4.10	Brennerendlagenschalter						Ausschwenken des Brenners, Ziehen der Brennerlanze	
3.4.11	Gefahrenschalter		F		F*		Betätigung	
3.4.12	Zündung	S						
3.4.13	Durchlüftung	S			F*			
3.4.14	Flammenüberwachung	S		F			Durch Abdunkeln des Fühlers	
3.4.15	Beurteilung der Verbrennung	S						
3.4.16	Beurteilung der Feuerräume und der Rauchgaszüge				F*			
3.4.17	Notschalter			F				

F\* - bei der halbjährlichen Überprüfung (nach TRD bzw. EN 12953 T6 Anhang C)

\*\* Eine Prüfung auf Gängigkeit der Sicherheitsventile bei Anlagen mit vollentsalztem Wasser und bei Heißwassererzeugern ist mindestens in Abständen von 6 Monaten erforderlich. Bei anderen Dampferzeugern soll der Zeitabstand 4 Wochen nicht überschreiten.



**Literaturverweise**

- (L1) - TRD-Technische Regeln für Dampfkessel, Ausgabe 2002
- (L2) - Handbuch der Kessel-Betriebstechnik / 11. Auflage, Verlag Dr. Ingo Resch, 2005
- (L3) - Dampfkesselrecht/Druckgeräterichtlinie – Richtlinie 97/23/EG, 2004
- (L4) - Wärmetechnische Berechnung der Feuerungs- und Dampfkessel-Anlagen, Friedrich & Karl Nüber, R. Oldenburg München, 1967
- (L5) - Taschenbuch für Heizung, Klima-Technik, R. Oldenburg München, 1995
- (L6) - Technisches Handbuch Wasseraufbereitungsanlagen, Verlag Technik Berlin, 1968
- (L7) - Kreiselpumpen und Kreiselpumpenanlagen, Vogel Buchverlag, 1994
- (L7.1) - Rohrleitungstechnik, Vogel Buchverlag, 1993
- (L8) - Beispiele und Übungsaufgaben zur chemischen Verfahrenstechnik, Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1963
- (L9) - VDI-Wärmeatlass, VDI Verlag, 1994
- (L10) - Handbuch Wärme, Resch Verlag, 1991
- (L11) - Gestra-Wegweiser, Bremen, 2005
- (L12) - Arbeitsblätter – Spirax/Sarco

# Stichwortverzeichnis

## **80/236 Abgasanlage**

- 42/99 Abhitzekessel
- 168 Absalzentspanner
- 75 Absalzentspanner und Laugenkühler
- 233 Abwasser- und Fußbodenentwässerungen
- 82/244 Anlageneigenbedarf
- 19 Anwendungsgebiete
- 273 Aufstellung für Landdampfkessel der Kategorie III (TRD 802)
- 273 Aufstellung für Landdampfkessel der Kategorie IV
- 274 Aufstellungsraum Dampfkesselanlage
- 162 Auslegung der thermischen Apparate
- 96 Auswahl Dampferzeuger

## **239 Bemessungen zur Abgasanlage**

- 196 Berechnungen und Auslegungen von Rohrleitungen
- 297 Berührungsschutzdämmung
- 284 Betriebsarten
- 232 Brennstoffleitungen
- 121 Brennstoffmenge/Brennstoffbedarf
- 305 Brennstoff Umrechnungstabelle BTU/BHP/kW/t/h
- 110 Brennwertnutzung
- 75/171 Brüdenkondensator
- 229 Brüden-, Abdampf-, Ausblaseleitungen

## **322 Checkliste Prüfung Dampfkessel**

- 58 Chemische Wasseraufbereitung (CWA)
- 132 Chemische Wasseraufbereitungsanlage (CWA-Enthärtungsanlagen)

## **41 Dampferzeuger im Stand-by-Betrieb**

- 26/103 Dampfkessel
- 219 Dampfleitungen/Dampfverteiler
- 46 Dampfüberhitzer (ÜH)
- 119 Drehzahlregelung – Verbrennungsluftgebläse
- 316 Druckabfall in Dampfleitungen
- 116 Druckhaltung/Warmhaltung – Dampferzeuger

## **44 Economiser (ECO)**

- 105 Economiser (ECO)-Betrieb
- 106 Ecowärmeleistung
- 244 Elektrischer Anlageneigenbedarf
- 83 Elektrischer Eigenenergiebedarf
- 314 Enthalpie / Entropie-Diagramm siehe Tb. 2.3
- 254 Erlaubnisverfahren nach §13 Betriebssicherheitsverordnung

**210 Festigkeit - Dehnung - Stützweiten - Abstände - Verlegungen/Lagerungen**

- 48 Feuerungsanlage
- 118 Feuerungsanlagen
- 104 Flammrohr-Temperatur-Überwachung (FTÜ)
- 49 flüssige Brennstoffe
- 144 Funktionsbeschreibung „geschlossene“ Kondensatsysteme
- 143 Funktionsbeschreibung „offene“ Kondensatsysteme
- 136 Funktionsbeschreibung Umkehr-Osmoseanlage (UO)

**50 Gasförmige Brennstoffe**

- 242 Gemeinsame Abgasanlage, Zusammenführung von Abgasströmen
- 12 Geschichte der Wasserdampferzeugung
- 294 Grundlagenschema, weitere Schemen befinden sich in der Innentasche der Umschlagseite
- 254 Grundsätzliche Anforderungen und Vorschriften an das Erlaubnisverfahren
- 272 Grundsätzliche Anforderungen und Vorschriften zur Aufstellung von Dampfkesseln

**87 Hauptfunktionen**

- 219 Hinweise zur planerischen Gestaltung ausgewählter Leitungssysteme
- 65 Hochdruck-Kondensat
- 52 Holzfeuerung
- 314 hs Diagramm siehe Tb. 2.3

**84 Isolierungen von Rohrleitungen, Behältern etc.****32 Kesselausrüstung**

- 226 Kessellauge- und Abschlammleitungen
- 66 Kondensat-Aufbereitung
- 224 Kondensatleitungen und Systeme
- 73 Kondensatpumpen
- 160 Kondensatpumpen – Kriterien für Auslegung und Betrieb
- 142 Kondensatwirtschaft
- 64 Kondensatwirtschaft/-behandlung

**75/163 Mischkühler**

- 38 Mehrkesselanlage
- 314 Mollier hs Diagramm siehe Tb. 2.3

**16 Nassdampf, Sattdampf, Heißdampf**

- 65 Niederdruck-Kondensat
- 286 Normen und Vorschriften für den Betrieb

**120 O<sub>2</sub>-Regelung**

59 Osmoseanlagen

**237 Planungs- und Ausführungshinweise für Verbindungsstücke**

298 Planungsanleitung Wasserbeschaffenheit – Auszug

67/180 Probenahmekühler

102 Produktprogramm

287 Prüffristen für Kessel nach Druckgeräterichtlinie

70/150 Pumpen

**88 Rechtliche Grundlagen**

314 Rohrrinnenrauigkeit

78/182 Rohrleitungsanlage

183 Rohrleitungsanlagen

319 Rohrleitungsquerschnitt bei gegebenen Dampfparametern (Beispiel)

315 Rohrreibungszahl/Reynoldszahl

**277 Schallemission**

125 Schallemissionen von Monoblock-/Duoblockbrennern

240 Schornsteinanschluss/-ausführung

85 Schutz vor Schwitzwasserbildung

279 Sicherheiten gegen Erdbeben

304 SI-Einheiten/Umrechnungstabelle

302 Skizze Dampfkessel Containeranlage

151 Speisepumpen – Kriterien für Auslegung und Betrieb

76/174 Speisewasserkühler

71 Speisewasserpumpen/-regelung

76 Speisewasservorwärmer

227 Speisewasser – Weichwasser – Trinkwasser

188 Spezifikationen – Werkstoffe, Schweißarbeiten

86 Steuer- und Schaltanlage

313 Stoffwerte für Sattedampf

309 Stoffwerte für überhitzten Dampf

321 Strömungsgeschwindigkeiten (Richtwerte)

**130 Teilentgasungsanlage**

74 Thermische Apparate (systembedingt)

60 Thermische Wasseraufbereitung (TWA)





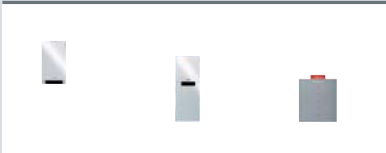

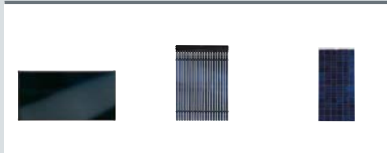

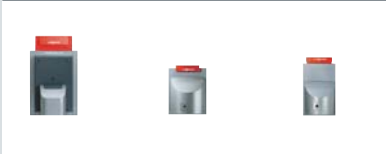
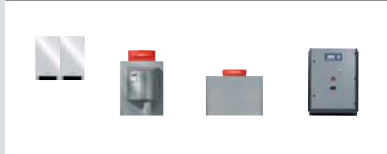
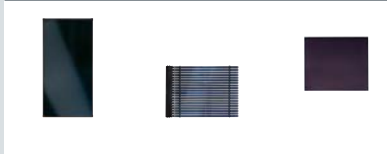



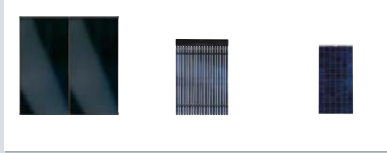




248 Thermischer Anlageneigenbedarf

83 Thermischer Eigenenergiebedarf

278 Transport und Einbringung

<b>113</b>	<b>Überhitzer (ÜH)-Betrieb</b>
265	Übersicht Erlaubnisverfahren Deutschland
268	Übersichten und Zusammenstellung von Antragsunterlagen und deren Erstellung
271	Übersichten zur Erstellung der Antragsunterlagen
<b>49</b>	<b>Verbrennungsluft</b>
122	Verbrennungsluft, Zuluffführungen
129	Vollentgasungsanlage
88	Vorschriften und Bestimmungen
<b>98</b>	<b>Wahl der Kesseldruckstufe</b>
139	Wasseranalytik, allgemeine Erläuterungen
54	Wasseraufbereitung
128	Wasseraufbereitung
306	Wasserdampf Tafel (Sättigungszustand)
319	Wasserhärte Umrechnungstabelle
296	Wärmedämmung von Rohrleitungen
18	Wärmeinhalt
85	Wärmeschutzisolierungen
320	Widerstand in Wasserrohrleitungen bei einem bestimmten Volumenstrom Beispiel
<b>51</b>	<b>Zweistoffbrenner</b>

# Das Viessmann Komplettangebot

	 Öl-Niedertemperatur- und Brennwerttechnik 13 – 20 000 kW	 Gas-Niedertemperatur- und Brennwerttechnik 4 – 20 000 kW	 Solarthermie und Photovoltaik
 Einfamilienhäuser			
 Mehrfamilienhäuser			
 Gewerbe / Industrie			
 Nahwärmenetze			

## Individuelle Lösungen mit effizienten Systemen

### Das Viessmann Komplettangebot

Das Komplettangebot von Viessmann bietet für alle Anwendungsbereiche und alle Energieträger individuelle Lösungen mit effizienten Systemen. Als Umweltpionier liefert das Unternehmen seit Jahrzehnten besonders effiziente und schadstoffarme Heizsysteme für Öl und Gas sowie Solaranlagen, Wärmeerzeuger für nachwachsende Rohstoffe und Wärmepumpen.

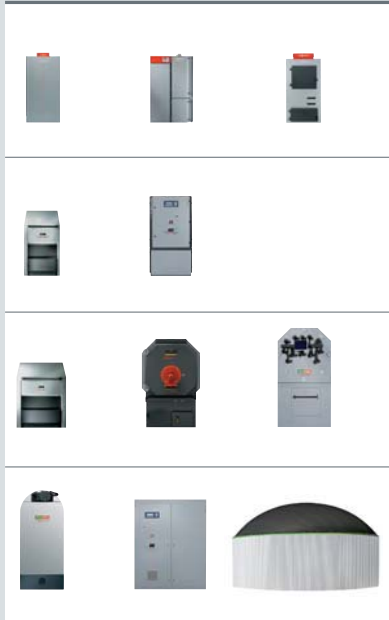
Das Viessmann Komplettangebot bietet Spitzentechnologie und setzt Maßstäbe. Mit hoher Energieeffizienz hilft es Heizkosten zu sparen und bietet auch in ökologischer Hinsicht die richtige Wahl.

### Individuell und wirtschaftlich

Viessmann hat für jeden Bedarf das passende Heizsystem, wandhängend und bodenstehend, individuell kombinierbar, zukunftssicher und wirtschaftlich. Ob für Ein- oder Zweifamilienhäuser, ob für große Wohngebäude, ob für Gewerbe und Industrie oder für Nahwärmenetze, ob für die Modernisierung oder für den Neubau.



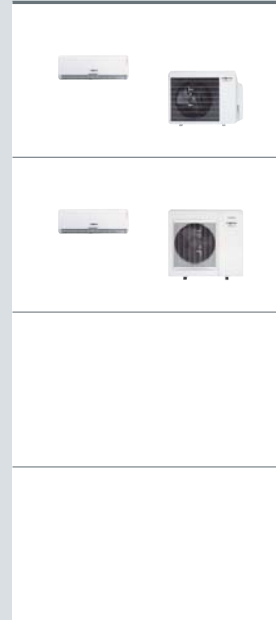
Holzfeuerungstechnik,  
Kraft-Wärme-Kopplung und  
Biogaserzeugung  
4 – 13 000 kW



Wärmepumpen für  
Sole, Wasser und Luft  
1,5 – 2000 kW



Klimatechnik



Systemkomponenten



Das Viessmann Komplettangebot: individuelle Lösungen mit effizienten Systemen für alle Energieträger und Anwendungsbereiche

### Die Leistungsträger

Die Viessmann Group ist technologischer Schrittmacher der Heizungsbranche. Dafür steht der Name Viessmann, und dafür stehen in der Unternehmensgruppe die Namen von Tochterunternehmen, die vom selben Pioniergeist und derselben Innovationskraft geprägt sind.

Das Leistungsspektrum umfasst:

- Brennwerttechnik für Öl und Gas
- Solarsysteme
- Wärmepumpen
- Holzfeuerungsanlagen
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Biogasanlagen
- Dienstleistungen

In allen diesen Marktsegmenten ist Viessmann hochgradig spezialisiert, zugleich aber hat das Unternehmen gegenüber den Spezialanbietern im Markt einen entscheidenden Vorteil: Viessmann versteht Heiztechnik als systematisches Ganzes und bietet technologieoffene und energieträgerneutrale Beratung. Das garantiert für jeden Anwendungsfall die beste Lösung.

### Viessmann Group

**VIESSMANN**

**KWT**

**KOB**

**MAWERA**

**ESS**

**BIOFERM**

**Schmack**

**Carbotech**



# Das Viessmann Komplettangebot



Einfamilienhäuser



Mehrfamilienhäuser



Gewerbe / Industrie



Nahwärmenetze



Öl-Niedertemperatur-  
und Brennwerttechnik  
13 – 20 000 kW



Architektenhaus Bad Füssing,  
Deutschland



Wohnanlage „Zi Wei Garden“ Xi'an,  
China



Ameco A380 Hangar Peking,  
China



Europaparlament Straßburg,  
Frankreich



Gas-Niedertemperatur-  
und Brennwerttechnik  
4 – 20 000 kW



Einfamilienhaus Kevelaer,  
Deutschland



Mehrfamilienhaus „Wohnoase“  
Regensburg, Deutschland



Porsche Leipzig,  
Deutschland



Europaparlament Brüssel,  
Belgien



Solarthermie und  
Photovoltaik



Heliotrop Freiburg,  
Deutschland



HafenCity Hamburg,  
Deutschland



City of tomorrow, Malmö,  
Schweden



The Palm Jumeirah,  
Dubai



Holzfeuerungstechnik,  
Kraft-Wärme-Kopplung  
und Biogaserzeugung  
4 – 13 000 kW



Einfamilienhaus Wiesloch,  
Deutschland



Hotel Lagorai Cavalese,  
Italien



Kongresszentrum Brunstad,  
Norwegen



Kloster St. Ottilien,  
Deutschland



Wärmepumpen für  
Sole, Wasser und Luft  
1,5 – 2000 kW



Loftcube Landesgartenschau  
Neu-Ulm, Deutschland



Atelierwohnungen Brandenburg,  
Deutschland



Universitätsbibliothek Bamberg,  
Deutschland



Wohnsiedlung Pfäffikon,  
Schweiz

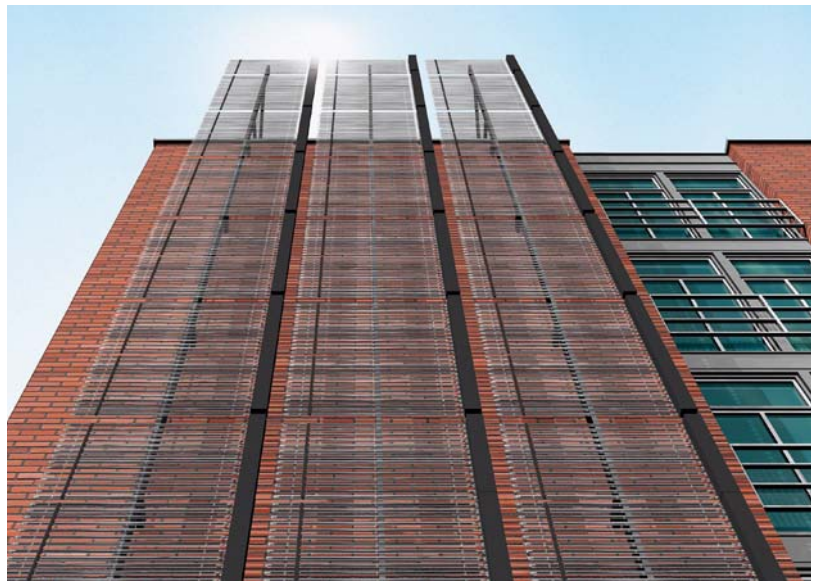
Das Viessmann Komplettangebot: individuelle Lösungen mit effizienten Systemen für alle Energieträger und Anwendungsbereiche

## Zukunftssichere Heiztechnik für alle Anforderungen

Der weltweite Energieverbrauch hat sich seit 1970 verdoppelt und wird sich bis 2030 verdreifachen. Die Folge: Die fossilen Brennstoffe Öl und Gas schwinden, die Energiepreise steigen, und zu hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen beeinflussen unser Klima. Energieeffizienz ist unverzichtbar, wenn wir die Zukunft sichern wollen.

In nahezu allen Industrienationen hat die Wärmeversorgung von Wohn- und Gewerbeflächen den größten Anteil am Energieverbrauch – und bietet somit das größte Potenzial für Einsparungen. Moderne, energieeffiziente Heizsysteme von Viessmann sind weltweit nicht nur in vielen Haushalten, sondern auch in zahlreichen großen internationalen Objekten im Einsatz und leisten so einen wichtigen Beitrag zum sparsamen Umgang mit den Energieressourcen.

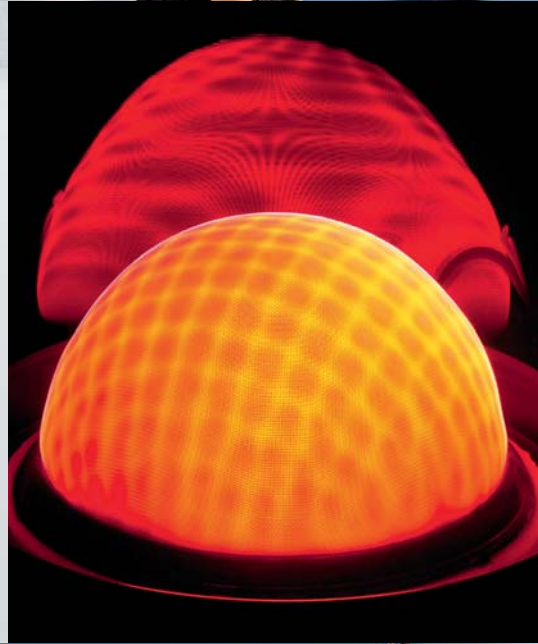
Dabei stellt sich Viessmann mit innovativen Lösungen immer wieder erfolgreich den unterschiedlichsten Herausforderungen an effiziente Heiztechnik – vom historischen Denkmal über moderne Industrieobjekte bis hin zum großflächigen Wohn- und Arbeitsareal.



City of tomorrow, Malmö, Schweden



# Das Unternehmen



## Viessmann – climate of innovation

Das Viessmann Markenversprechen bringt den Leistungsanspruch des Unternehmens in komprimierter Form zum Ausdruck. Es ist die zentrale Markenbotschaft und zusammen mit unserem Markenzeichen weltweites Erkennungsmerkmal. „Climate of innovation“ wirkt in drei Dimensionen: Es ist ein Bekenntnis zu einer Kultur der Innovation. Es ist ein Versprechen hohen Produktnutzens und zugleich Verpflichtung zum Klimaschutz.

### Komplettangebot für alle Energieträger

Viessmann ist einer der international führenden Hersteller von Heiztechnik-Systemen und bietet mit seinem Komplettangebot für alle Anwendungsbereiche und alle Energieträger individuelle Lösungen mit effizienten Systemen. Als Umweltpionier liefert das Unternehmen seit Jahrzehnten besonders effiziente und schadstoffarme Heizsysteme.

### Nachhaltig handeln

Verantwortung übernehmen bedeutet für Viessmann nachhaltiges Handeln. Das heißt: Ökologie, Ökonomie und soziale Verantwortung so in Einklang zu bringen, dass die heutigen Bedürfnisse befriedigt werden, ohne die Lebensgrundlagen kommender Generationen zu beeinträchtigen.

### Effizienz Plus

Mit dem Nachhaltigkeitsprojekt „Effizienz Plus“ zeigt Viessmann am Standort Allendorf, dass die energie- und klimapolitischen Ziele für 2020 heute schon mit marktverfügbarer Technik erreicht werden können.

Das Projekt steht für:

- Klimaschutz
- Ressourceneffizienz und
- Standortsicherung

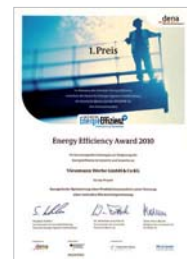
Im Ergebnis werden 40 Prozent fossile Brennstoffe eingespart und die CO<sub>2</sub>-Emission um ein Drittel gesenkt.



## Effizienz Plus



Für sein Engagement auf den Gebieten Klimaschutz und Ressourceneffizienz wurde Viessmann 2009 mit dem Deutschen Nachhaltigkeitspreis ausgezeichnet.



Viessmann wurde für die besonders effiziente Energienutzung durch die innovative Wärmerückgewinnungszentrale am Stammsitz Allendorf/Eder mit dem Energy Efficiency Award 2010 ausgezeichnet.

### Viessmann Werke GmbH & Co. KG

#### Unternehmensdaten

- Gründungsjahr: 1917
- Mitarbeiter: 9000
- Gruppenumsatz: 1,7 Milliarden Euro
- Auslandsanteil: 50 Prozent
- 16 Werke in Deutschland, Frankreich, Kanada, Polen, Ungarn, Österreich, der Schweiz und in China
- Vertriebsorganisationen in 37 Ländern
- 120 Verkaufsniederlassungen weltweit
- 3 Dienstleistungsgesellschaften

#### Leistungsspektrum

- Brennwerttechnik für Öl und Gas
- Solarsysteme
- Wärmepumpen
- Holzfeuerungsanlagen
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Biogasanlagen
- Dienstleistungen

# Impressum

## **Planungshandbuch Dampfkessel**

Herausgeber  
Viessmann Werke, Allendorf (Eder)

Autor  
Gerd Sattler  
Tilman Schibel

Redaktion & Gestaltung  
agentur mp<sup>2</sup> GmbH, Melsungen

Gesamtherstellung  
Grafisches Centrum Cuno, Calbe (Saale)

© 2011 Viessmann Werke

## ***Quellenangaben***

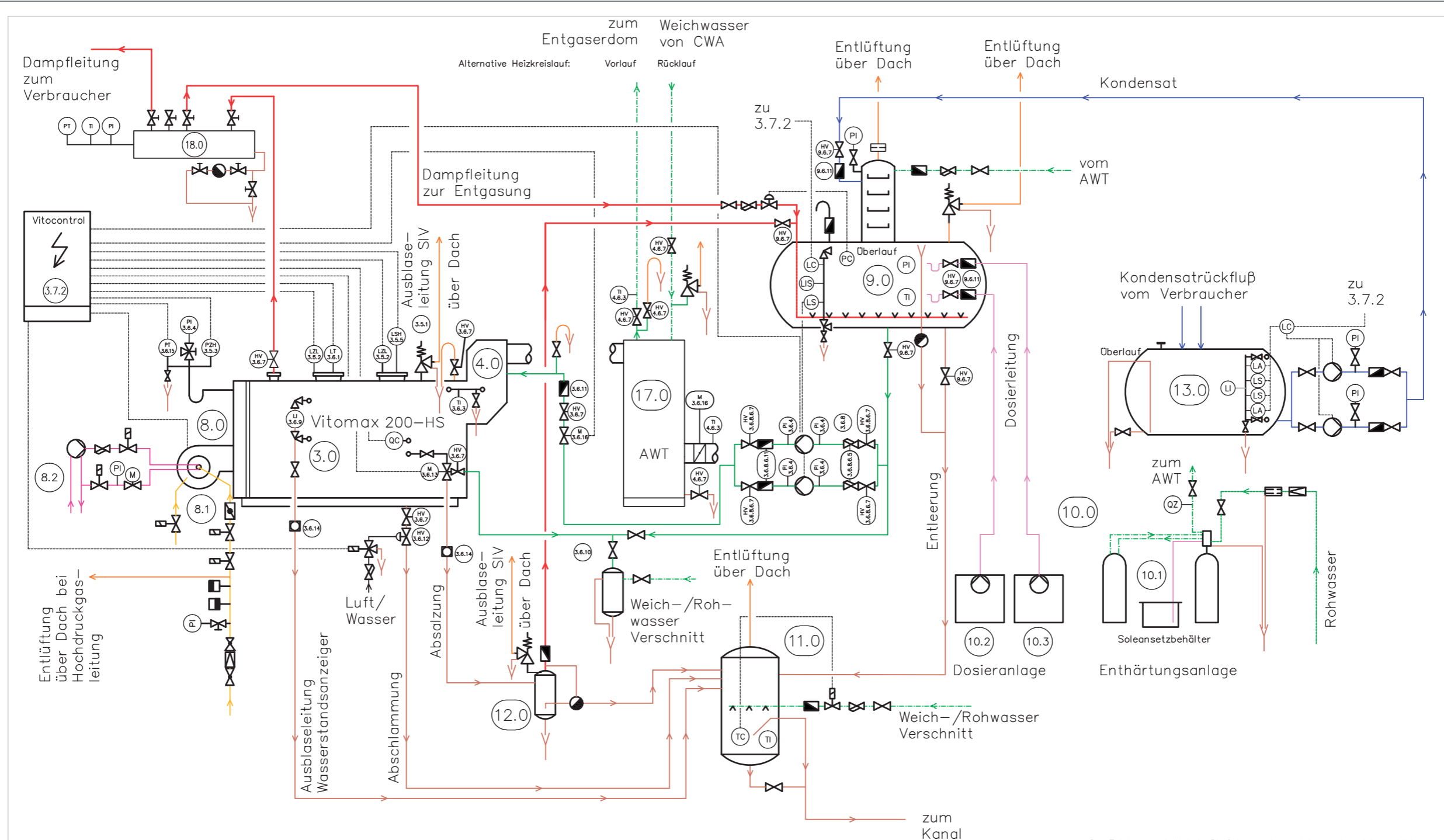
Soweit nicht anders angegeben, stammen alle  
Grafiken und Fotos von Viessmann.

- S. 12    Stiftung Deutsches Technik-  
          museum, Foto: Tilman Schibel
- S. 13    BLS-Energieplan Berlin
- S. 14    Silvia Schibel
- S. 16    Tilman Schibel
- S. 18    Fa. Fissler
- S. 54    Peter Kuhlmann





[A 1]



Leitungsarten	Numerierung		Kennbuchstabe	als Erstbuchstabe	als Folgebuchstabe			
Dampfleitung	3.0	KESSEL	6.4	Manometer	6.15	Druckregler	10.1	Doppelpendelenthängungsanl.
Ausblaseleitung	4.0	ECONOMISER	6.5	Schmutzfänger	6.16	Regelventil	10.2	Härtestabilisierung
Speisewasser	5.0	SICHERHEITSTECHN. AUSRÜSTUNG	6.7	Absperrarmatur	6.17	Kondensatableiter	10.3	Sauerstoffbinder
Rohwasser	5.1	Sicherheitsventil	6.8	Speisepumpe	7.0	SCHALTANLAGEN	11.0	MISCHKÖHLER
Weichwasser	5.2	Wasserstandsbegrenzer min.	6.9	Wasserstandanzeiger	7.2	Schaltschrank	12.0	ABSALZENTSPANNER
Gasleitung	5.3	Max.druckbegrenzung	6.10	Probeentnahmekühler	8.0	FEUERUNG	13.0	KONDENSATSTATION
Oelleitung	5.5	Wasserstandsbegrenzer max.	6.11	Rückschlagklappe	8.1	Gasarmaturenstrecke	17.0	Abgaswärmetauscher (AWT) (mit/ohne rauchgasseitigem Bypass)
Abwasser	6.0	ZUBEHÖR	6.12	Abschlammventil	8.2	Oelarmaturenstrecke	18.0	Dampfverteiler
Kondensat	6.1	Wasserstandregler	6.13	Absalzventil	9.0	THERM. WASSERAUFBEREITUNG		
Dosierung	6.3	Zeigerthermometer	6.14	Durchflußanzeiger	10.0	CHEM. WASSERAUFBEREITUNG		

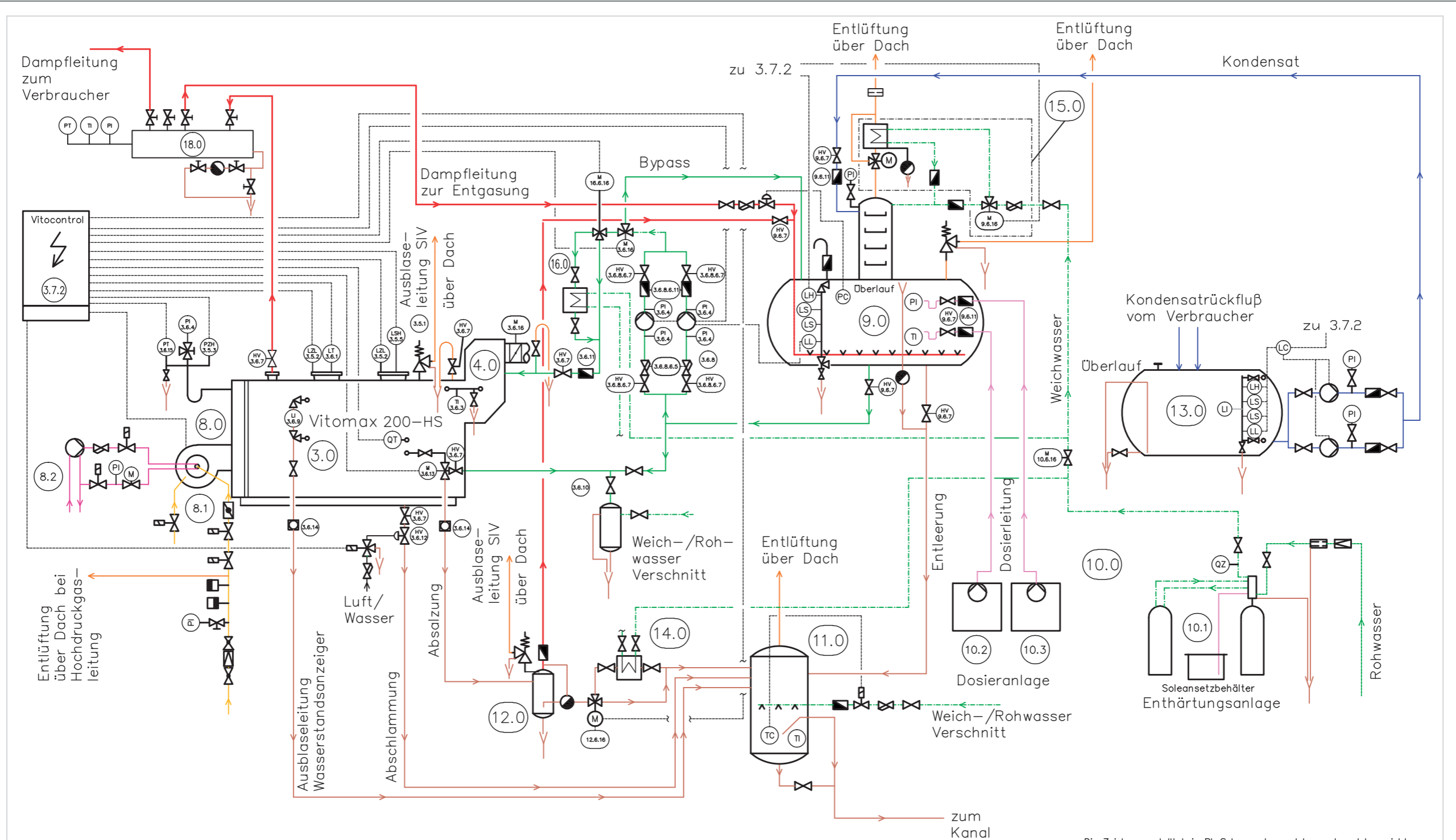
Die Zeichnung stellt kein RI-Schema dar und kann als solches nicht verwendet werden. Diese Zeichnung dient nur zur Information. Die Anordnung von nicht direkt am Kessel befestigten Komponenten, von Komponenten, die nicht zum Lieferumfang von Viessmann gehören sowie der Leitungsverlauf sind nur informativ dargestellt. Leitungsentwässerungen bzw. Entlüftungen sind teilweise nicht dargestellt und müssen entsprechend der baulichen Gegebenheiten ausgeführt werden. Kesselrüstung entsprechend BosB 72h



Projekt	Dampfkesselanlage mit integriertem Eco und nachgeschaltetem Abgas-Wasser-Wärmetauscher	Z.-Nr.	4k	Maßstab	
	Plan-Inhalt	Grundlagenthema Vitomax HS	bearbeitet	03.11.10	x_maw
		geprüft	03.11.10	SbT	



[A 1]



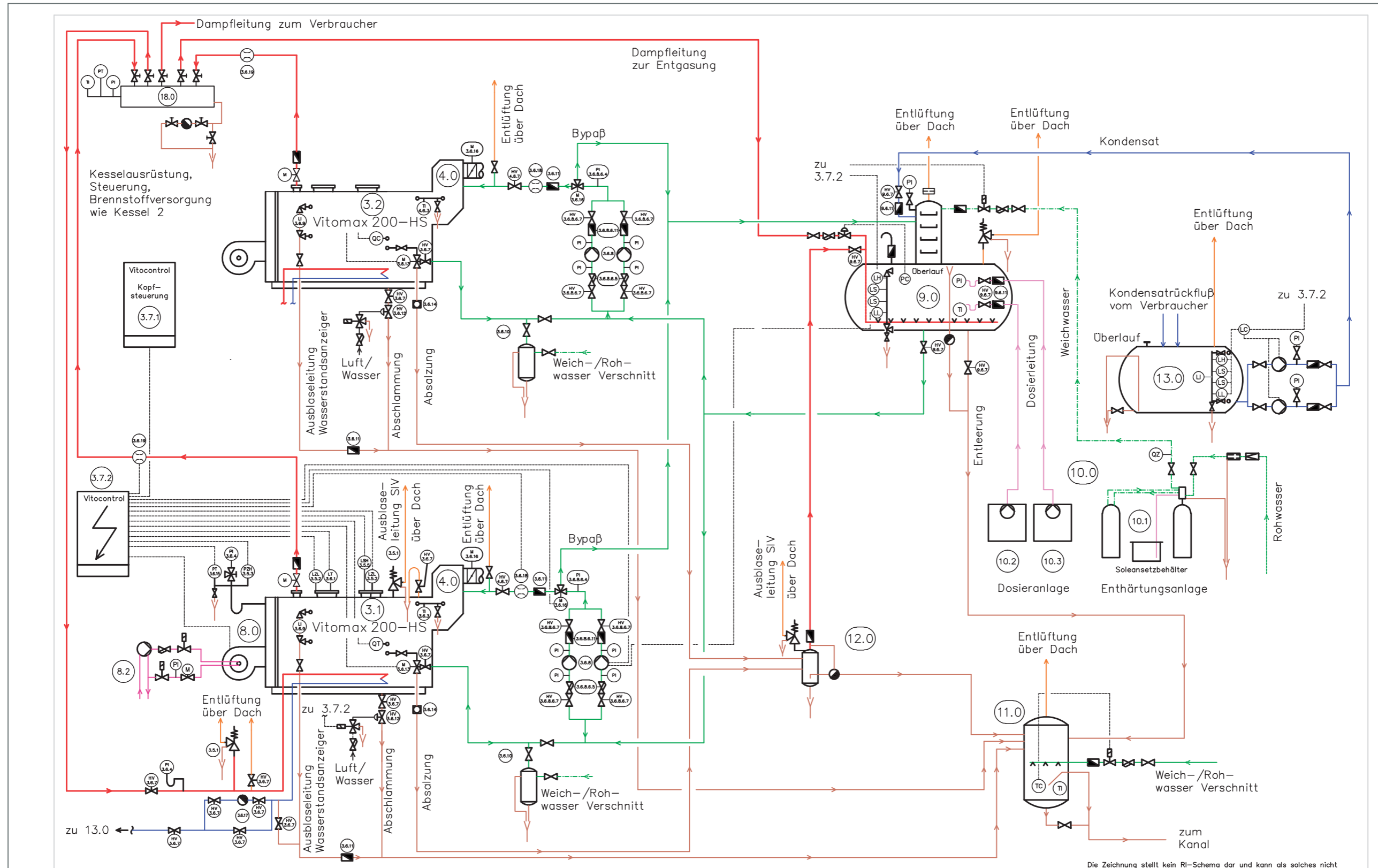
Leitungsarten	Nummerierung		Kennbuchstabe	als Erstbuchstabe	als Folgebuchstabe
	3.0	4.0			
Dampfleitung	3.0 KESSEL	6.4 Manometer	6.15 Druckregler	10.1 Doppelpendelenthätungsanl.	C selbsttätige Regelung
Ausblaseleitung	4.0 ECONOMISER	6.5 Schmutzfänger	6.16 Regelarmatur	10.2 Härtestabilisierung	H Handeingabe/-eingriff
Speisewasser	5.5.0 SICHERHEITSTECHN. AUSRÜSTUNG	6.7 Absperrarmatur	6.17 Kondensatableiter	10.3 Sauerstoffbinder	I Anzeige
Rohwasser	5.1 Sicherheitsventil	6.8 Speisepumpe	7.0 SCHALTANLAGEN	11.0 MISCHKÖHLER	L Füllstand
Weichwasser	5.2 Wasserstandsbegrenzer min.	6.9 Wasserstandsanzeiger	7.2 Schaltschrank	12.0 ABSALZENTSPANNER	M Motor
Gasleitung	5.3 Max.druckbegrenzung	6.10 Probeentnahmekühler	8.0 FEUERUNG	13.0 KONDENSATSTATION	P Druck
Oelleitung	5.5 Wasserstandsbegrenzer max.	6.11 Rückschlagklappe	8.1 Gasarmaturenstrecke	14.0 LAUGENKÖHLER	Q Qualität, Analyse
Abwasser	6.0 ZUBEHÖR	6.12 Abschlammventil	8.2 Oelarmaturenstrecke	15.0 BRÜDENKONDENSATOR	S Schaltung, Steuerung
Kondensat	6.1 Wasserstandregler	6.13 Absalzventil	8.2 Oelarmaturenstrecke	16.0 SPEISEWASSERKÖHLER	T Transmitter
Dosierung	6.11 Wasserstandregler	6.14 Durchflußanzeiger	9.0 THERM. WASSERAUFBEREITUNG	18.0 Dampfvverteiler	V Stellgeräte-Funktion
Steuerleitung	6.3 Zeigerthermometer		10.0 CHEM. WASSERAUFBEREITUNG		Z sicherheitsrelevanter Steuereingriff

Die Zeichnung stellt kein RI-Schema dar und kann als solches nicht verwendet werden. 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. Leitungsentwässerungen bzw. Entlüftungen sind teilweise nicht dargestellt und müssen entsprechend der baulichen Gegebenheiten ausgeführt werden. Kesselausrüstung entsprechend BosB 72h



Projekt	Dampfkesselanlage mit integriertem Eco, Brüdenkühler und Speisewasserabkühlung	Z.-Nr.	4i	Maßstab	
Plan-Inhalt	Grundlagenthema Vitomax HS	bearbeitet	03.11.10	X_MeW	
		geprüft	03.11.10	SbT	

[A 1]



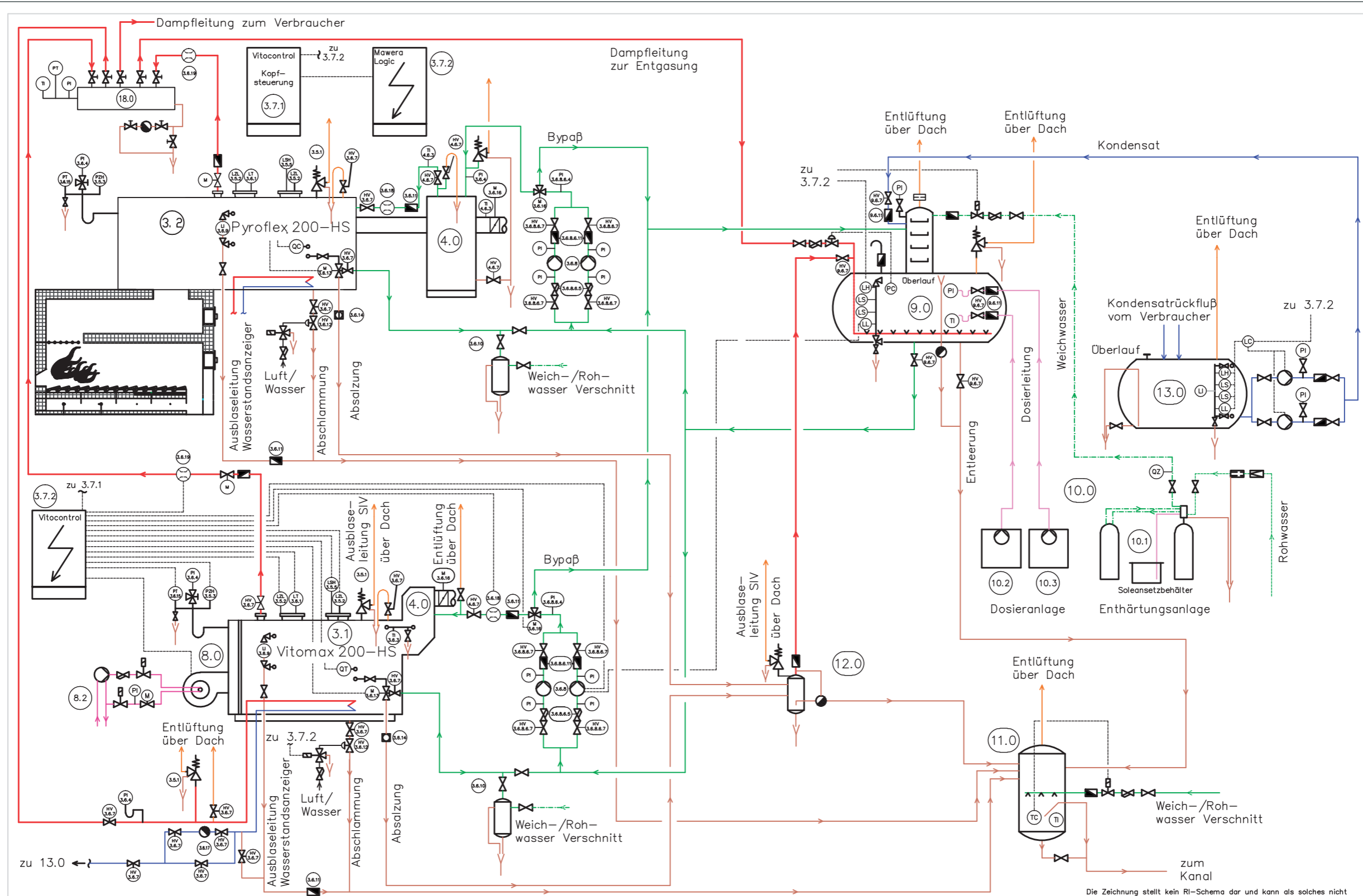
Leitungsarten	Nummerierung		Kennbuchstabe	als Erstbuchstabe	als Folgebuchstabe
Dampfleitung	3.x KESSEL	6.4 Manometer	C		selbsttätige Regelung
Ausblaseleitung	4.0 ECONOMISER	6.5 Schmutzfänger	H	Handeingabe/-eingriff	oberer Grenzwert (High) Anzeige
Speisewasser	5.x SICHERHEITSTECHN. AUSRÜSTUNG	6.7 Absperarmatur	I		unterer Grenzwert (Low)
Rohwasser	5.1 Sicherheitsventil	6.8 Speisepumpe	L	Füllstand	
Weichwasser	5.2 Wasserstandsbegrenzer	6.9 Wasserstandsanzeiger	M	Motor	
Gasleitung	5.3 Max.druckbegrenzung	6.10 Probeentnahmekühler	P	Druck	
Oelleitung	5.5 Höchstwasserstandsbegrenzer	6.11 Rückschlagklappe	Q	Qualität, Analyse	
Abwasser	5.6 ZUBEHÖR	6.12 Abschlammventil	S		Schaltung, Steuerung
Kondensat	6.1 Wasserstandregler	6.13 Abschalventil	T	Temperatur	Transmitter
Dosierung	6.3 Zeigerthermometer	6.14 Durchflußanzeiger	V		Stellgeräte-Funktion
Steuerleitung			Z		sicherheitsrelevanter Steuereingriff
			6.15 Druckregler	8.2 Oelarmaturenstrecke	
			6.16 Regelventil	8.0 THERM. WASSERAUFBEREITUNG	
			6.17 Kondensatableiter	10.0 CHEM. WASSERAUFBEREITUNG	
			6.18 Durchflussmengenmesser Wasser	10.1 Doppelpendelenthärtungsanl.	
			6.19 Durchflussmengenmesser Dampf	10.2 Härtestabilisierung	
			7.0 SCHALTANLAGEN	10.3 Sauerstoffbinder	
			7.1 Kopfsteuerung	11.0 MISCHKÖHLER	
			7.2 Schaltschrank	12.0 ABSALZENTSPANNER	
			8.0 FEUERUNG	13.0 KONDENSATSTATION	
			8.1 Gasarmaturenstrecke	18.0 Dampfverteiler	

Die Zeichnung stellt kein RI-Schema dar und kann als solches nicht verwendet werden. 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. Leitungenwässerungen bzw. Entlüftungen sind teilweise nicht dargestellt und müssen entsprechend der baulichen Gegebenheiten ausgeführt werden. Kesselausrüstung entsprechend BosB 72h

**VISSMANN**

Projekt Doppelkesselanlage mit kontinuierlicher Niveauregelung		Z.-Nr.	Maßstab
Plan-Inhalt Grundlageschema Vitolmax HS		Datum	Name
		03.11.10	x.k...
		geprüft	03.11.10
			SbT

[A 1]



Leitungsarten	Numerierung		Kennbuchstabe	als Erstbuchstabe	als Folgebuchstabe	
Dampfleitung	3.0	KESSEL	6.4	Manometer	6.2	Oelarmaturenstrecke
Ausblaseleitung	4.0	ECONOMISER	6.5	Schmutzfänger	6.0	THERM. WASSERAUFBEREITUNG
Speisewasser	5.0	SICHERHEITSTECHN. AUSRÜSTUNG	6.6	Absperrarmatur	6.1	CHEM. WASSERAUFBEREITUNG
Rohwasser	5.1	Sicherheitsventil	6.7	Durchflussmengenmesser Wasser	6.0	Doppelpendelenthängungsanl.
Weichwasser	5.2	Wasserstandsbegrenzer	6.8	Speisepumpe	6.2	Härtestabilisierung
Gasleitung	5.3	Max.druckbegrenzung	6.9	Wasserstandsanzeiger	6.2	Sauerstoffbinder
Oelleitung	5.4	Höchstwasserstandsbegrenzer	6.10	Probenentnahmekühler	6.3	MISCHKÖHLER
Abwasser	5.5	ZUBEHÖR	6.11	Rückschlagklappe	6.2	ABSALZENTSPANNER
Kondensat	5.6	Wasserstandregler	6.12	Abschlammentil	6.2	KONDENSATSTATION
Dosierung	5.7	Zeigerthermometer	6.13	Abschalventil	6.2	Dampfverteiler
Steuerleitung	5.8		6.14	Durchflußanzeiger	6.2	

Die Zeichnung stellt kein RI-Schema dar und kann als solches nicht verwendet werden. 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. Leitungsverläufe bzw. Entlüftungen sind teilweise nicht dargestellt und müssen entsprechend der baulichen Gegebenheiten ausgeführt werden. Kesselrüstung entsprechend BosB 72h

**VISSMANN**

Projekt		Z.-Nr.	Maßstab
Doppelkesselanlage mit kontinuierlicher Niveauregelung		4n	
Plan-Inhalt	Grundlagenthema Vitomax HS	Datum	Name
		03.11.10	J.M.W.
		geprüft	03.11.10
			SbT

