

AK-Steri-Dampf

Leitfaden für die Praxis

Dampfversorgung zur Sterilisation von Medizinprodukten



Literaturhinweise

- VdTÜV 1453
- VdTÜV 1465
- TRD 604
- TRD 611
- DIN EN 285
- DIN 58946 Teil 6 und 7
- Rote Broschüre AK "Instrumentenaufbereitung – Richtig gemacht"
- Heizungsanlagenverordnung
- Deutsche Einheitsnorm
- Broschüre "Dampf zur Sterilisation und Desinfektion" MMM

Obmann für den Arbeitskreis:

Dr. Hiltrud Thiem
Schweitzer-Chemie GmbH
Robert-Bosch-Str. 1
71691 Freiberg
Tel. 071 41 6 88 81 - 12
h.thiem@schweitzer-chemie.de

Impressum

© 2004, Arbeitskreis-Steri-Dampf, überarbeitete Neuauflage 2005

Irrtum vorbehalten

Nachdruck und fotomechanische Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit schriftlicher Genehmigung der Herausgeber.

Die Nennung von Produkten in dieser Broschüre dient ausschließlich
Informationszwecken und stellt keinen Warenzeichenmissbrauch dar.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|-------|
| 1. | Einleitung | S. 3 |
| 2. | Technische Anforderungen an den Reindampf für die Sterilisation von Medizinprodukten | S. 3 |
| 2.1 | Der Dampf muss einen thermodynamischen Zustand innerhalb vorgegebener Grenzen haben | S. 3 |
| 2.2 | Der Gehalt an nichtkondensierbaren Gasen darf einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreiten | S. 4 |
| 2.3 | Der Dampf muß frei von Fremdkörpern sein, die eine Beeinträchtigung der Funktion des Sterilisators bewirken könnten | S. 4 |
| 2.4 | Der Dampf darf nicht zu unzulässigen Ablagerungen führen | S. 4 |
| 2.5 | Der Dampf darf keine Korrosion auslösen | S. 4 |
| 3. | Medizinische Anforderungen an den Reindampf für die Sterilisation von Medizinprodukten | S. 4 |
| 3.1 | Der Dampf darf nicht zu toxischen Rückständen auf dem Sterilisiergut führen | S. 4 |
| 3.2 | Der Dampf darf keinen unzulässigen Gehalt an Pyrogenen enthalten | S. 5 |
| 4. | Möglichkeiten der Dampferzeugung | S. 5 |
| 4.1 | Dampferzeugung mittels Dampfkessel aus unlegiertem Stahl | S. 5 |
| 4.1.1 | Dampferzeugung bei salzhaltiger Fahrweise | S. 5 |
| 4.1.2 | Dampferzeugung bei salzreicher Fahrweise | S. 6 |
| 4.2 | Dampferzeugung mittels Dampfkessel aus hochlegiertem Stahl | S. 6 |
| 5. | Erfüllung der Anforderungen | S. 7 |
| 5.1 | Thermodynamischer Zustand | S. 7 |
| 5.1.1 | Vermeidung von Naßdampf | S. 7 |
| 5.1.2 | Vermeidung von überhitztem Dampf | S. 8 |
| 5.2 | Nichtkondensierbare Gase | S. 9 |
| 5.2.1 | Gase im Speisewasser | S. 9 |
| 5.2.2 | Nichtkondensierbare Gase im Dampferzeuger und im Dampfnetz | S. 9 |
| 5.3 | Fremdkörper und Ablagerungen | S. 10 |
| 5.3.1 | Rohrsystem | S. 10 |
| 5.3.2 | Kesselführung, Betriebsparameter | S. 10 |
| 5.3.3 | Maßnahmen bei Vorhandensein von Fremdkörpern und Ablagerungen | S. 11 |
| 5.4 | Vermeidung von unzulässigen Ablagerungen | S. 11 |
| 5.5 | Korrosionen am Sterilisiergut | S. 11 |
| 6. | Anhang | S. 12 |
| 6.1 | Richtwerttabellen | S. 12 |
| 6.1.1 | Anforderungen an das Kesselspeisewasser | S. 12 |
| 6.1.2 | Anforderungen an das Kesselwasser | S. 13 |
| 6.1.3 | Anforderungen an das Kondensat | S. 14 |
| 6.2 | Fließschema Wasseraufbereitung/ -Behandlung/ Dampferzeugung | S. 14 |
| 6.3 | Dampferzeugung | S. 15 |
| 6.4 | Wasseraufbereitung | S. 15 |
| 6.4.1 | Enthärtung | S. 15 |
| 6.4.2 | H-Na-Anlage | S. 17 |
| 6.4.3 | Vollentsalzung | S. 18 |
| 6.4.4 | Umkehrosmose | S. 19 |
| 6.4.5 | Mischbettfilter | S. 19 |
| 6.5 | Prüfungen | S. 20 |
| 6.5.1 | Messung von Trockenheit und Überhitzung | S. 20 |
| 6.5.2 | Messung der nicht kondensierbaren Gase / Meßmethode nach DIN EN 285 | S. 21 |
| 6.5.3 | Messung der nicht kondensierbaren Gase / Alternative Methode | S. 22 |
| 6.5.4 | Arbeitsanleitung für Kesselhauspersonal | S. 23 |



Der Arbeitskreis Steri-Dampf besteht aus folgenden Mitgliedern:

| | | |
|-----------------------------|------------------------------|---|
| Dr. Béatrice Grabein | Klinikum Großhadern | Marchioninstraße 15 81366 München Tel. 089 2180-18208 grabein@med.uni-muenchen.de |
| Thomas Grall | TÜV-Süddeutschland | Westendstraße 199 80686 München Tel. 089 5791-1124 thomas.grall@tuev-sued.de |
| Ludwig Hofmann | MMM GmbH | Semmelweisstraße 6 82141 Planegg Tel. 089 899 18-329 ludwig.hofmann@mmmgroup.com |
| Peter Krieger | Klinikum Großhadern | Marchioninstraße 15 81366 München Tel. 089 7095-4173 Peter.Krieger@gbt.med.uni-muenchen.de |
| Antonino Iandolino | WWT GmbH | Christian-Schad-Bogen 14 81714 Miesbach Tel. 08025 281262 wwt-iandolino@t-online.de |
| Karl Leibinger | Gebr. Martin GmbH & Co. KG | Ludwigsburger Str. 131 78532 Tuttlingen Tel. 07461 706132 karl.leibinger@martin-med.com |
| Dr. Jürgen Staffeldt | Chemische Fabrik Dr. Weigert | Mühlenhagen 85 20539 Hamburg Tel. 040 78960165 juergen.staffeldt@drweigert.de |
| Dr. Hiltrud Thiem | Schweitzer-Chemie GmbH | Robert-Bosch-Str. 1 71691 Freiberg Tel. 07141 6 8881 -12 h.thiem@schweitzer-chemie.de |

1. Einleitung

Für die Sterilisation wurde ursprünglich Dampf eingesetzt, der in den Kesselhäusern für die verschiedensten Anwendungszwecke, wie z.B. Raumheizung, Küchenbetrieb, erzeugt wurde.

Die steigenden Anforderungen an die Reinheit des Dampfes aus medizinischen Gründen sowie zahlreiche Problemfälle mit Verfärbungen und Korrosionserscheinungen am Sterilisiergut und an den Bauteilen des Sterilisators führten schließlich dazu, dass die einschlägigen Regelwerke ausschließlich von der Erzeugung des Sterilisierdampfes in Edelstahldampferzeugern oder -umformern ausgingen. In der Praxis sind jedoch zahlreiche Anlagen aus un-/niedriglegierten Stählen bekannt, die geeigneten Reindampf bereitstellen !

Die folgenden Ausführungen beschreiben, wie man auf der Grundlage des aktuellen technischen Wissensstandes sowohl in Anlagen aus Edelstahl als auch in Anlagen aus un-/niedriglegierten Stählen (sog. Schwarzanlagen) für die Sterilisation von Medizinprodukten geeigneten Dampf herstellt.

2. Technische Anforderungen an den Reindampf für die Sterilisation von Medizinprodukten

In den Sterilisationsanlagen des Gesundheitswesens kommt der Sterilisierdampf bestimmungsgemäß während des Prozesses in direkten Kontakt mit den Oberflächen von Medizinprodukten. Diese Medizinprodukte können mit dem menschlichen Körper in Kontakt stehen. Der Kontakt reicht hierbei von äußerlicher Anwendung bis hin zum Verbleib im Körper, wie beispielsweise bei Implantaten.

Um die Patienten keinen unzulässigen Gefahren auszusetzen, muss der Sterilisierdampf bestimmte Eigenschaften aufweisen. Diese Eigenschaften sind notwendig, um die beabsichtigte Sterilisierwirkung zu erreichen und um eine negative Beeinflussung des Sterilisiergutes, insbesondere seiner Oberflächen, zu vermeiden.

2.1 Der Dampf muss einen thermodynamischen Zustand innerhalb vorgegebener Grenzen haben

Der Sterilisierdampf entfaltet nur dann seine volle Abtötungswirkung, wenn er in einem thermodynamischen Zustand nahe dem Satttdampf ist. Überhitzter Dampf hat eine gegenüber dem Satttdampf verminderte Abtötungswirkung. Nassdampf gefährdet den Prozess, da die Barrierewirkung der Sterilverpackung bei Durchnässung verloren geht und deshalb eine Rekontamination begünstigt wird.

Als Grenzwert für die zulässige Überhitzung des Dampfes wird in DIN EN 285 13.3.4 (Februar 1997) ein Grenzwert von 25 K bei Entspannung auf den Umgebungsdruck angegeben.

Für die Trockenheit des Versorgungsdampfes wird in der DIN EN 285 Punkt 13.3.3 (Februar 1997) ein allgemeiner Trockenheitswert von besser 0,90 und bei der Sterilisation von Metallbeladungen besser 0,95 angegeben.

Da in den meisten Sterilisatoren metallische Behandlungsgüter und auch andere, schwer zu trocknende Güter sterilisiert werden, empfiehlt es sich generell, einen Trockenheitswert von besser 0,95 einzuhalten.

Hinweis: Die Grenzwerte für Überhitzung und Trockenheit werden voraussichtlich bei der Revision der DIN EN 285 geändert.

2.2 Der Gehalt an nicht kondensierbaren Gasen darf einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreiten

Bei gleicher Temperatur haben Luft oder Dampf Luftgemische eine wesentlich geringere Sterilisierwirkung als Sattedampf.

Enthält der Sterilisierdampf jedoch Luft oder andere nicht kondensierbare Gase (nkG), akkumulieren diese durch Dampfkondensation beim Aufheizen des Sterilisiergutes. Dieser Effekt ist bei Hohlkörpern und porösen Gütern besonders ausgeprägt. In DIN EN 285 13.3.2 (Februar 1997) wird ein Grenzwert von 3,5 Volumenprozent nkG im kondensierten Dampf angegeben.

Um diese Anforderung zu erfüllen, muss das Kesselspeisewasser entsprechend aufbereitet werden. Außerdem dürfen die im Dampferzeuger nach Zugabe von Korrektivchemikalien ablaufenden Prozesse keinen unzulässigen Anteil an nicht kondensierbaren Gasen freisetzen.

2.3 Der Dampf muss frei von Fremdkörpern sein, die eine Beeinträchtigung der Funktion des Sterilisators bewirken könnten

Partikel, d.h. alle ungelösten Stoffe, können zu Korrosionen im System und/oder zur Funktionseinschränkung von Bauteilen, wie beispielsweise Ventilen oder Armaturen, führen.

2.4 Der Dampf darf nicht zu unzulässigen Ablagerungen führen

Ablagerungen aus dem Dampf stellen nach derzeitigem Wissensstand kein hygienisches, toxiologisches oder mit Funktionseinschränkung einhergehendes Problem dar. Allerdings ist die optische Beeinträchtigung und die Unsicherheit über die Herkunft und den Charakter der Ablagerungen und die damit möglicherweise verbundenen Probleme in der medizinischen Praxis nicht vertretbar.

2.5 Der Dampf darf keine Korrosion auslösen

Neben Partikeln können auch andere Dampf Inhaltsstoffe zu Korrosion führen. Diese wiederum kann zu irreparablen Schäden am Sterilisator und am Sterilisiergut führen und damit Funktion und Lebensdauer einschränken. Außerdem ist die toxikologische Bedeutung von Korrosionsprodukten nicht geklärt.

3. Medizinische Anforderungen an den Reindampf für die Sterilisation von Medizinprodukten

3.1 Der Dampf darf nicht zu toxischen Rückständen auf dem Sterilisiergut führen

Dies bedeutet für die Kesselwasserkonditionierung die Verwendung nicht flüchtiger Additive, bei Verwendung von flüchtigen Additiven das Vorhandensein eines toxikologischen Gutachtens. Dieses Gutachten muss die gesundheitliche und hygienische Unbedenklichkeit bei Einsatz des Additives zur Sterilisation im medizinischen Bereich bestätigen.

3.2 Der Dampf darf keinen unzulässigen Gehalt an Pyrogenen enthalten

Zu Pyrogenen im Dampf gibt es keine dieser Arbeitsgruppe zugänglichen verbindlichen Erkenntnisse zu Auswirkungen, Grenzwerten und Maßnahmen. Sobald hierzu eindeutige Aussagen getroffen werden können, werden diese als Ergänzung publik gemacht.

4. Möglichkeiten der Dampferzeugung

Für die Dampferzeugung zur Dampfsterilisation werden zentrale oder dezentrale Anlagen verwendet. Bei der zentralen Dampferzeugung findet man Anlagen aus unlegierten und legierten Stählen vor. Bei der dezentralen Dampferzeugung sind nur legierte Stähle üblich (Schema Anlage 6.3).

Zur Erfüllung der unter Kapitel 2 und 3 genannten Anforderungen an den Sterilisierdampf sind Maßnahmen zur Wasseraufbereitung und Dampferzeugung nachfolgend beschrieben.

4.1 Dampferzeugung mittels Dampfkessel aus unlegiertem/niedriglegiertem Stahl.

Bei der Zentraldampferzeugung wird im Kesselhaus der Dampf für die gesamten Dampfverbraucher wie Sterilisation, Küche und Heizung erzeugt und verteilt. Die Dampferzeugung wird meist in Großraumwasserkesseln aus unlegiertem Stahl in Dreizugbauweise vorgenommen. Die Dampfdrücke liegen in der Regel zwischen 7 bis 20 bar Überdruck. Als Speisewasser wird ein Gemisch aus zurückgeführtem Kondensat und Zusatzwasser verwendet. Dieses Speisewasser wird einem Speisewasserentgaser (sollte aus Edelstahl sein) zugeführt. Dieser hat die Aufgabe, die unerwünschten Gase wie Sauerstoff, Kohlensäure oder Stickstoff zu entfernen. Dazu ist jedoch eine den Regeln der Technik entsprechende Auslegung und Regelung des thermischen Druckentgasers nötig, auf die im Rahmen dieses Leitfadens nicht näher eingegangen wird. Die Druckentgasung ist nicht nur aus Korrosionsschutzgründen notwendig, sondern verringert gleichzeitig den Anteil an nkG.

Im nachgeschalteten Speisewasserbehälter (aus unlegiertem Stahl) wird das entgaste Speisewasser bevorratet. Zum Schutz des Speisewasserbehälters und der Speisewasserpumpe sowie des Dampfkessels muss das Speisewasser chemisch konditioniert werden. Diese Konditionierungsmittel sind zur Alkalisierung und zur Resthärtestabilisierung nötig. Bei einer unzureichenden Entgaserleistung (siehe Richtwert Kesselspeisewasser O₂-Gehalt im Anhang) muß zusätzlich noch ein Sauerstoffbindemittel dosiert werden. Die chemischen Konditionierungsmittel sollten bis auf ggf. ein Alkalisierungsmittel für den Dampf nicht dampfflüchtig sein (Anforderungen Kapitel 2 und 3). Konditionierungsmittel dürfen nicht zur Erhöhung des Anteils an nkG führen (z.B. karbonathaltige Produkte, die CO₂ freisetzen können).

4.1.1 Dampferzeugung bei salzhaltiger Fahrweise

Wasseraufbereitung

Kennzeichen für eine salzhaltige Fahrweise ist die elektrische Leitfähigkeit des Speisewassers von über 50 µS/cm. Die Wasseraufbereitung bei der salzhaltigen Fahrweise besteht meist aus einer

- Enthärtungsanlage (stark saurer Ionenaustauscher mit Regeneriersalz regeneriert)

oder aus einer

- Entcarbonisierungsanlage (meist schwach saurer Ionenaustauscher mit Salzsäure regeneriert) und einer nachgeschalteten Enthärtungsanlage (stark saurer Ionenaustauscher mit Regeneriersalz regeneriert).

Dampferzeugung

Der im Dampferzeuger erzeugte Dampf wird mittels Dampfleitungen aus unlegiertem Stahl auf einen Dampfverteiler geleitet und von dort den einzelnen Verbrauchern zugeführt. Da der Dampfdruck höher liegt als für die Sterilisation benötigt, wird dieser auf den gewünschten Druck in einer Reduzierstation reduziert. Ab hier ist die Dampfleitung in Edelstahl zu verlegen. Eine ausreichende Entwässerung sowie ein Partikelfilter (Filterfeinheit $< 5 \mu\text{m}$, optimal $0,1 \mu\text{m}$) sollten eingebaut sein. Zur Verhinderung von Korrosionen im unlegierten Dampfnetz sollte dem Speisewasser eine geringe Menge an dampfflüchtigem Alkalisierungsmittel zugesetzt werden. Die Dosierung von dampfflüchtigen Alkalisierungsmitteln muss den Anforderungen aus Punkt 3 entsprechen.

4.1.2 Dampferzeugung bei salzreicher Fahrweise

Wasseraufbereitung

Kennzeichen für eine salzreiche Fahrweise bei un-/niedriglegierten Stählen ist die elektrische Leitfähigkeit des Speisewassers von unter $50 \mu\text{S}/\text{cm}$. Die Wasseraufbereitung bei der salzreichen Fahrweise besteht meist aus einer

- Enthärtungsanlage (stark saurer Ionenaustauscher mit Regeneriersalz regeneriert) mit einer nachgeschalteten Umkehrosmoseanlage

oder aus einer

- Vollentsalzungsanlage, bestehend aus einem Kationenfilter (starksaure Ionenaustauscher mit Salzsäure regeneriert) und einem Anionenfilter (stark basischer Ionenaustauscher mit Natronlauge regeneriert). Dabei werden fast alle Salze (Ionen) aus dem Wasser entfernt, so dass die elektrische Leitfähigkeit meist deutlich unter $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ liegt.

Dampferzeugung

Siehe Punkt 4.1.1.

Im Gegensatz zur salzhaltigen Fahrweise ist die Dosierung von dampfflüchtigen Alkalisierungsmitteln bei Dauerbetrieb nicht erforderlich, da der Anteil an Kohlensäure wesentlich geringer ist.

4.2 Dampferzeugung mittels Dampfkessel aus hochlegiertem Stahl

Dampfkessel aus hochlegiertem Stahl kommen sowohl in zentralen als auch in dezentralen Anlagen zum Einsatz.

Diese Anlagen werden generell in salzreicher Fahrweise betrieben, bei der die elektrische Leitfähigkeit unter $15 \mu\text{S}/\text{cm}$ liegt (siehe auch Anhang).

Wasseraufbereitung

Die Wasseraufbereitung besteht üblicherweise aus einer

- Enthärtungsanlage (stark saurer Ionenaustauscher, mit Kochsalz regeneriert) mit einer nachgeschalteten Umkehrosmoseanlage (bei Schwierigkeiten mit nicht kondensierbaren Gasen oder, wenn die Osmoseanlage nicht die vorgeschriebenen Leitfähigkeiten erreicht, wird eine Mischbettfilterpatrone nachgeschaltet)

oder aus einer

- Vollentsalzungsanlage, bestehend aus Kationenaustauscher (starksaure Ionenaustauscher, mit Salzsäure regeneriert) und einem Anionenaustauscher (starkbasischer Ionenaustauscher, mit Natronlauge regeneriert)

Eine chemische Konditionierung des Speisewassers ist nicht nötig, da alle Anlagenteile aus hochlegiertem Stahl bestehen.

Dampferzeugung

Dampferzeuger aus hochlegiertem Stahl werden mit Heißdampf, Heißwasser oder elektrisch beheizt. Dabei wird ein Dampfdruck von meistens 3 bis 4 bar Überdruck erzeugt. Die komplette Anlage (Dampfleitungen, Speisewasserbehälter, Speisewasserpumpe, Dampferzeuger) besteht aus Edelstahl. Eine Speisewasserentgasung ist notwendig, wenn der Anteil der nkG den zulässigen Grenzwert überschreitet. Üblicherweise wird kein Kondensat vom Sterilisator in den Kreislauf zurückgeführt.

5. Erfüllung der Anforderungen

5.1 Thermodynamischer Zustand

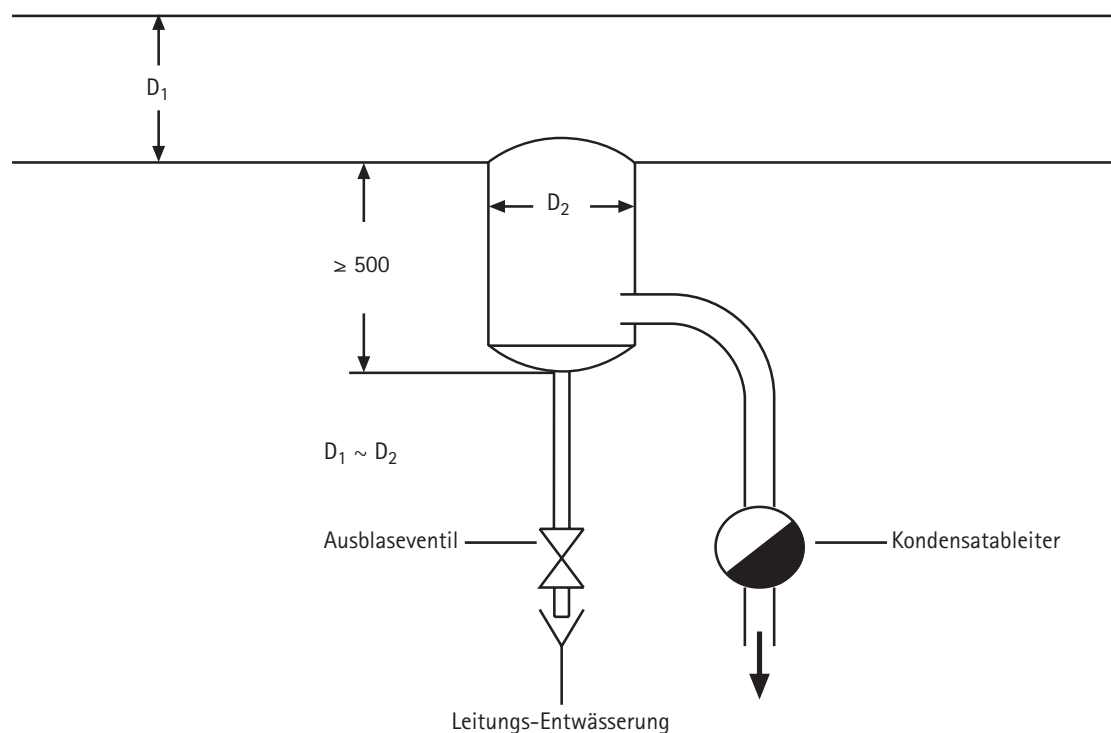
5.1.1 Vermeidung von Nassdampf

Wärmedämmung

Wärmeverluste an den Leitungen führen zur Kondensatbildung. Nicht nur, weil nasser Dampf für die Sterilisation ungeeignet ist, sondern auch aus Korrosionsschutz- und ökonomischen Gründen ist auf eine gute Wärmedämmung zu achten. Für die Ausführung sei auf die Heizungsanlagenverordnung verwiesen.

Kondensatableitung

Auch bei guter Wärmedämmung bleiben Wärmeverluste und es entsteht Kondensat. Dieses muß durch Kondensatableiter, die je nach vorliegenden Gegebenheiten jeweils im Abstand von ca. 25 - 40 m in der Dampfleitung vorzusehen sind, abgeführt werden. Dazu wird ein vertikales Rohrstück in gleichem Durchmesser wie die Dampfleitung mit ca. 0,5 - 1 m Länge nach unten angeschlossen. Der Kondensatableiter wird kurz oberhalb des unteren Endes dieses Rohres seitlich angeschlossen. Am unteren Ende dieses Rohres kann sich Schmutz ansammeln. Deshalb sollte es zur Reinigung geöffnet werden können. Im vertikalen Rohrstück kann sich beim Anfahren des kalten Dampfnetzes auch Kondensat sammeln, falls der Ableiter die kurzzeitig sehr hohe Kondensatmenge nicht sofort abführen kann.



Gefälle

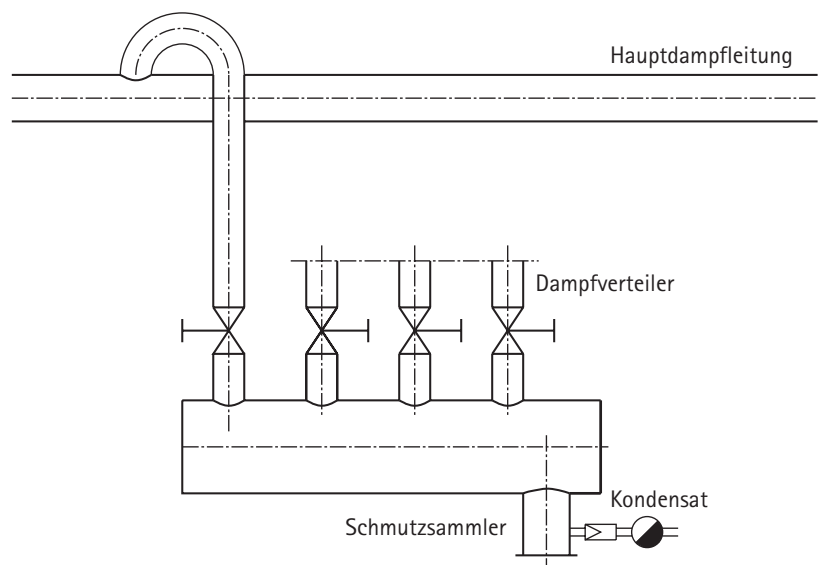
Die Dampfleitungen sind mit einem Gefälle in Strömungsrichtung von 1:50 zu verlegen, damit sich kein Kondensat in der Leitung anstaut. Bei längeren Strecken wird dadurch eine sägezahnartige Verlegung der Dampfleitung erforderlich. Das vertikale Leitungstück nach der Gefällstrecke wird entwässert.

Ansteigende Leitung

Um Dampf nach oben zu führen, sollten senkrechte Leitungen geplant werden, die unten entwässert werden müssen.

Dampfverteiler

Werden mehrere Dampfleitungen aus einer Hauptdampfleitung abgezweigt, ist ein Dampfverteiler zweckmäßig: Aus der Hauptdampfleitung wird nach oben abgezweigt und von dort nach unten in ein Rohrstück mit großem Durchmesser geleitet. An diesem Rohrstück werden (oben) die einzelnen Dampfleitungen angeschlossen. Das Sammelrohr muß entwässert werden.



Druckreduzierung

Vielfach wird der Dampf mit einem höheren Druck erzeugt als er im Sterilisator benötigt wird. Durch die Druckreduzierung verringert sich der Feuchtigkeitsanteil im Dampf, der Dampfgehalt erhöht sich. Bei langen Zuleitungen ist es aus diesem Grund sinnvoll, den Druck in der Nähe der Sterilisatoren zu reduzieren (Mindestabstand beachten, siehe auch Kapitel 5.1.2) und nicht am Dampferzeuger. Dies bringt außerdem Vorteile bei der Druckregelung und für die Leitungsdimensionierung.

Leistung des Dampferzeugers

Der Dampferzeuger und dabei insbesondere die Verdampfungsfläche im Verhältnis zur maximalen Dampfauslegeleistung sollten so ausgelegt werden, dass auch bei maximaler Dampfenahme kein Wasser mitgerissen wird, da bei Überlastung mit feuchtem Dampf zu rechnen ist.

5.1.2 Vermeidung von überhitztem Dampf

Durch die Druckreduzierung verringert sich nicht nur der Feuchtigkeitsgehalt im Dampf. Im Extremfall, wenn trockener Dampf sehr stark reduziert wird, kann überhitzter Dampf entstehen. Um dies zu vermeiden, soll bei entsprechend hohem Vordruck der Druck in 2 Stufen reduziert werden. Eine Abstufung von 10 auf 4,5 bar und von 4,5 auf 2,5 bar hat sich bewährt. Nach den Reduzierungen sind entsprechend lange Ausgleichsstrecken einzubauen, damit sich eine mögliche Überhitzung abbauen kann. Für die Leitung zwischen dem Sterilisator und der letzten Druckreduzierung ist in DIN 58946 T 7 3.1.2.2 eine Mindestlänge von 4 m angegeben.

5.2 Nicht kondensierbare Gase

Ob ein bestimmter Anteil an nicht kondensierbaren Gasen im Versorgungsdampf die Sterilisierwirkung beeinträchtigt, hängt zum einen von den Sterilisiergütern ab und zum andern vom Sterilisator und dessen Verfahrensablauf. In DIN EN 285 13.3.2 (Februar 1997) wird ein Grenzwert von 3,5 Vol % nkG im kondensierten Dampf angegeben. Sterilisatoren und deren Verfahren müssen so ausgelegt sein, daß ein einwandfreies Sterilisierergebnis erzielt wird, wenn der Anteil der nkG im Versorgungsdampf diesen Grenzwert nicht überschreitet. Ein höherer Anteil an nkG im Versorgungsdampf ist nur dann zulässig, wenn der Sterilisator für einen höheren Anteil an nkG ausgelegt ist.

Es gibt viele Ursachen, wie nicht kondensierbare Gase in den Versorgungsdampf gelangen können:

5.2.1 Gase im Speisewasser

Im Speisewasser für den Dampferzeuger können Gase gelöst sein. Der Anteil hängt wesentlich von der Temperatur, der Zusammensetzung des Rohwassers, der Qualität und Art der Speisewasseraufbereitung und der Speicherung des aufbereiteten Wassers ab. Die Löslichkeit der Gase im Wasser sinkt mit steigender Temperatur (siehe Anhang). Gase, die im Speisewasser gelöst sind, entweichen nach dem Eintritt in den Dampfkessel aus dem heißen Kesselwasser mit dem Dampf. Deshalb ist der Anteil an nkG im Dampf nach dem Nachspeisen meist kurzfristig erhöht. Bei der Wasseraufbereitung ist folgendes zu berücksichtigen:

- Gase werden durch die Membranen von Umkehrosmosen nicht zurückgehalten.
- Eine wichtige Rolle spielt Kohlendioxid, weil dieses sehr gut in Wasser löslich ist. CO₂ kann chemisch und physikalisch in Wasser gelöst sein. Im Gegensatz zu anderen Gasen kann CO₂ (in Form von Kohlensäure) durch einen entsprechenden Ionenaustauscher (stark basischer Anionentauscher oder Mischbettfilter) entfernt werden.
- Wird aufbereitetes Wasser längere Zeit gespeichert, können sich darin auch Gase aus der Luft lösen. Deshalb ist es sinnvoll, einen Mischbettfilter nicht unmittelbar der Umkehrosmose selber, sondern dem Permeatbehälter nachzuschalten.
- Unmittelbar vor dem Dampferzeuger kann das Speisewasser durch Aufheizen thermisch entgast werden. Dabei werden auch andere Gase als CO₂ entfernt.

5.2.2 Nichtkondensierbare Gase im Dampferzeuger und im Dampfnetz

Beim Anfahren befindet sich meist Luft im Dampfkessel und im Dampfnetz. Damit diese möglichst rasch entfernt wird, sollen am Kessel eine Entlüftungseinrichtung und in den Dampfleitungen Kondensatableiter mit guter Entlüftungsfunktion verwendet werden (z.B. thermische Kapsel-Kondensatableiter oder Schwimmerabscheider mit Entlüftungseinrichtungen).

In Dampfleitungen gibt es immer Wärmeverluste, so dass ein Teil des Dampfes kondensiert. In diesem Kondensat lösen sich aufgrund der hohen Temperatur fast keine Gase. Somit bleiben diese Gase im Dampf und konzentrieren sich. Dies bedeutet, dass in nicht durchströmten Leitungsteilen der Dampfleitung ein hoher Anteil an Gasen vorliegen kann. Aus diesem Grund sind nicht durchströmte Leitungsteile zu vermeiden.

Bei einem Druckabfall (Dampfentnahme) in der Leitung dehnen sich die Gase aus und können dadurch auch in durchströmte Leitungsteile gelangen. Wird die Zuleitung am Sterilisator aufgrund längerer Chargenpausen nicht durchströmt, ist unbedingt eine Leercharge erforderlich.

5.3 Fremdkörper

Fremdkörper sind überwiegend bei Anlagen aus unlegierten Stählen und salzhaltiger Fahrweise zu erwarten.

Dampf kann durch mitgerissenes Kesselwasser so stark verunreinigt werden, dass Störungen an nachgeschalteten Anlagenteilen, wie Überhitzer oder sonstigen Betriebseinrichtungen auftreten. Folgende Maßnahmen sind geeignet, das Auftreten von Fremdkörpern in den Anlagenteilen zu minimieren:

- Auslegung unter Beachtung der maximalen Dampfleistung des Dampferzeugers
- Einhaltung der notwendigen Wasserqualitäten
- Einhaltung der Kesselbetriebsrichtlinien
- Einhaltung der Gebrauchsanweisung der Kesselhersteller
- Verwendung, soweit notwendig, von geeigneten Korrosionsschutzmitteln
- Optimale Gestaltung von Betriebszeiten
- Vermeidung von häufigem An- und Abfahren des Kessels

5.3.1 Rohrsystem

Korrosion und damit das Entstehen von Partikeln im Rohrsystem kann unter anderem durch die Wahl des Betriebsdrucks und der daraus resultierenden Satttdampf Temperatur minimiert werden. Gegebenenfalls kann der Aufbau von Magnetitschutzschichten im Rohrsystem durch den Einsatz von geeigneten Sauerstoffbindemitteln gefördert werden.

Durch den Einbau von Kondensatabscheidern kann Kondensat, welches ebenfalls zu Korrosion führen kann, aus dem Rohrnetz entfernt werden.

5.3.2 Kesselführung, Betriebsparameter

Die Dampfkessel müssen in jedem Fall entsprechend den einschlägigen VdTÜV-/TRD- und Kesselhersteller-Richtlinien betrieben werden. Besonderes Augenmerk ist auf die Einhaltung der Kesselwassergrenzwerte zu richten. Hier kann ein deutliches Überschreiten zum Schäumen des Kesselwassers und dadurch zum Mitreißen von Kesselwasser in das Dampfnetz führen. Weiterhin ist darauf zu achten, dass der gesamte Dampfbedarf die Kesselnennleistung nicht übersteigt. Auch dies würde zum Schäumen des Kesselwassers mit den oben beschriebenen Folgen führen. Während Stillstandszeiten sind oberflächlich Korrosionsabläufe zu erwarten. Bei längeren Betriebsunterbrechungen sind Maßnahmen gemäß VdTÜV 1465 vorzunehmen.

Aus o.g. Gründen ist es für die Bereitstellung von einwandfreier Dampfqualität unerlässlich, die Wasserqualitäten sowohl im Speisewasser wie auch im Kesselwasser gemäß den Richtlinien VdTÜV 1453, TRD 611 und TRD 604 und DIN EN 285 und dem Anhang dieses Leitfadens einzuhalten.

Die Dampfreinheit ist abhängig von der Wasserbeschaffenheit, der Kesselbauart und der Betriebsweise. Bei Einhalten aller angegebenen Grenzwerte ist eine ausreichende Dampfqualität zu erwarten.

Nachteilige Einflüsse auf die Dampfqualität haben unter anderem starke Druck- und/oder Lastschwankungen, Überschreiten der maximalen Dampfleistung und eine Betriebsweise bei Drücken, die wesentlich unter dem zulässigen Betriebsüberdruck liegen.

5.3.3 Maßnahmen bei Vorhandensein von Fremdkörpern und Ablagerungen

Bei Vorhandensein von Fremdkörpern im Dampf ist die Ursache zu eruieren und die Störung zu beseitigen.

Sind über einen längeren Zeitraum größere Mengen an Verunreinigungen ins Dampfnetz gelangt, kann durch strangabschnittweises Beizen durch Fachfirmen eine Reinigung erfolgreich erzielt werden.

Nach dem Beizen muß die Anlage sofort für mindestens 48 Stunden in Betrieb genommen werden, um den Aufbau einer ersten Magnetitschicht zu ermöglichen. Für den weiteren Betrieb sind die vorgenannten Parameter und Maßnahmen einzuhalten, um eine erneute Verunreinigung des Systems zu verhindern.

5.4 Ablagerungen

Unbedingte Voraussetzung zur Vermeidung von Flecken, Belägen und Verfärbungen auf dem Sterilisiergut ist die Einhaltung der Grenzwerte für Speisewasser und Kondensat gemäß Anhang 6.1.1 - 6.1.3.

Um diese Werte einhalten zu können, müssen die in den vorangegangenen Kapiteln genannten Vorgaben und Maßnahmen umgesetzt und regelmäßig wirksam überprüft werden.

Schwankungen in der Dampfversorgung oder einmalige Vorfälle, wie z.B. das Durchbrechen von Kieselsäure aus Mischbettpatronen (s. Punkt 6.4.5), können zu einer bis zu mehrere Monate anhaltenden Verschlechterung der Dampfqualität und damit zu Flecken und Belagsbildung auf dem Sterilisiergut führen.

Weitere Fehlerquellen, die zur Flecken- und Belagsbildung führen können, sind :

- wasserlösliche Bestandteile von Verpackungsmaterialien
- Waschmittelrückstände in Textilien
- Rückstände aufgrund fehlerhafter Vorbehandlungsprozesse, z.B. mangelndes Abspülen von Reinigungsmitteln, Verwendung von nicht vollentsalztem Wasser bei der Schlusspülung
- Verschmutzungen der Sterilisierkammer
- Rückstände aus der Reinigung der Sterilisierkammer

5.5 Korrosionen am Sterilisiergut

Korrosionen durch Sterilisierdampf bzw. Sterilisierkondensat werden vermieden, wenn die Grenzwerte für Dampfkondensat entsprechend dem Leitfaden-Anhang eingehalten werden.

Sollten Korrosionserscheinungen auftreten, sind entsprechende Überprüfungen im Dampf/Kondensat vorzunehmen. Gegebenenfalls sind Fachleute mit einzubinden (z.B. Arbeitskreis Instrumenten-Aufbereitung).

6. Anhang

6.1 Richtwerttabellen

6.1.1 Anforderungen an das Kesselspeisewasser

Betriebsüberdruck > 1 ≤ 22 bar

| | Wasserchemische Betriebsweise | | |
|---|-------------------------------------|----------------|--------------------|
| | salzhaltig, Stahl | salzarm, Stahl | salzarm, Edelstahl |
| Allgemeine Anforderungen | farblos, klar ohne ungelöste Stoffe | | |
| pH-Wert bei 25°C | > 9 | > 9 | 5 - 7 |
| Verdampfungsrückstände mg/l | - | - | < 10 |
| Kieselsäure SiO ₂ mg/l | nur Grenzwerte für Kesselwasser 1) | < 2 | ≤ 1 |
| Eisen, gesamt Fe mg/l | < 0,03 | < 0,03 | ≤ 0,2 2) |
| Kupfer, gesamt Cu mg/l | < 0,005 | < 0,005 | < 0,1 |
| Chlorid Cl mg/l | - | - | ≤ 2 |
| Phosphor, gesamt P ₂ O ₅ mg/l | - | - | ≤ 0,5 |
| Erdalkalien mmol/l | ≤ 0,01 | ≤ 0,01 | ≤ 0,02 |
| Kohlensäure gebunden mg/l | < 25 | < 10 | < 10 |
| elektr. Leitfähigkeit bei 25° C μS/cm | - | 0,2 - 50 | < 5 |
| Sauerstoff O ₂ mg/l | < 0,02 | < 0,02 | - |
| Nichtkondensierbare Gase | 3) | 3) | 3) |

Bei Verfärbungen des Sterilgutes können zusätzlich Untersuchungen auf Blei, Cadmium und Schwermetalle zweckdienlich sein.

Cd ≤ 0,005 mg/kg
Pb ≤ 0,05 mg/kg
Schwermetallspuren ≤ 0,1 mg/kg

1) Beispiele EZ Kesselwasser:

Die Eindickungszahl ist eine Verhältniszahl. Sie gibt das Verhältnis der Konzentration eines Inhaltsstoffes im Kesselwasser und Kesselspeisewasser an.

$$EZ = \frac{\text{Konzentration (c) Kesselwasser}}{\text{Konzentration (c) Speisewasser}}$$

Beispiel 1:

SiO₂ im Speisewasser 15 mg/l
SiO₂ im Kesselwasser 120 mg/l

$$EZ = \frac{120 \text{ mg/l}}{15 \text{ mg/l}} = 8$$

Beispiel 2:

elektr. Leitfähigkeit im Speisewasser 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$

elektr. Leitfähigkeit im Kesselwasser 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$

$$EZ = \frac{7500 \mu\text{S}/\text{cm}}{580 \mu\text{S}/\text{cm}} \sim 13$$

Je höher die Eindickungszahl im Kesselwasser, desto höher ist die Wirtschaftlichkeit des Kessels. Eindickungszahlen unter 5 bedeuten hohe Absalzverluste und damit geringe Wirtschaftlichkeit. In diesen Fällen sollte auf jeden Fall eine Optimierung der Wasseraufbereitung angestrebt werden.

- 2) Dieser Wert gilt für salzfreie, alkalische Fahrweise
- 3) Messung erfolgt indirekt im Kondensat. Zu hohe Werte resultieren überwiegend aus einem zu hohen Anteil im Speisewasser
- = nicht relevant

Die Häufigkeit der Messung wird entsprechend den Anforderungen der TRD 611 festgelegt.

6.1.2 Anforderungen an das Kesselwasser

bei Betriebsüberdruck $> 1 \leq 22$ bar

| | Wasserchemische Betriebsweise | | |
|---|-------------------------------------|----------------|--------------------|
| | salzhaltig, Stahl | salzarm, Stahl | salzarm, Edelstahl |
| Allgemeine Anforderungen | farblos, klar ohne ungelöste Stoffe | | |
| pH-Wert bei 25°C | 10,5 - 12 | 10,5 - 11,5 | - |
| Kieselsäure SiO_2 mg/l | < 80 | < 30 | < 10 |
| $\text{K}_{\text{S}8,2}$ p-Wert mmol/l | 1 - 12 | 0,5 - 3 | - |
| elektr. Leitfähigkeit bei 25° C $\mu\text{S}/\text{cm}$ | < 10.000 | < 2.500 | < 100 |
| Phosphat PO_4 mg/l | 10-20 | 7,5 - 15 | - |
| Wenn Sauerstoffbindemittel dosiert wird, Messung entspr. Herstellerrichtlinie | | | |

Sobald einer der maximalen Werte erreicht ist, muss das Kesselwasser abgeseigt werden!

6.1.3 Anforderungen an die Dampfqualität

Richtwerte im kondensierten Dampf

| | | |
|---|--------|-------------------------------|
| Verdampfungsrückstände | mg/l | ≤ 1,0 |
| Siliziumoxid, SiO ₂ | mg/l | ≤ 0,1 |
| Eisen, Fe | mg/l | ≤ 0,1 |
| Kupfer, Cu | mg/l | ≤ 0,1 |
| Chloride, Cl | mg/l | ≤ 0,1 |
| Phosphate P ₂ O ₅ | mg/l | ≤ 0,1 |
| elektr. Leitfähigkeit (bei 20°C) | µS/cm | ≤ 3 |
| pH-Wert hochlegierte Stähle | | 5 bis 9 |
| pH-Wert niedrig-/ unlegierte Stähle | | 7,5 bis 9 |
| Aussehen | | farblos, klar ohne Rückstände |
| Härte, Erdalkalien | mmol/l | ≤ 0,02 |
| nicht kondensierbare Gase | ml/l | ≤ 35 |

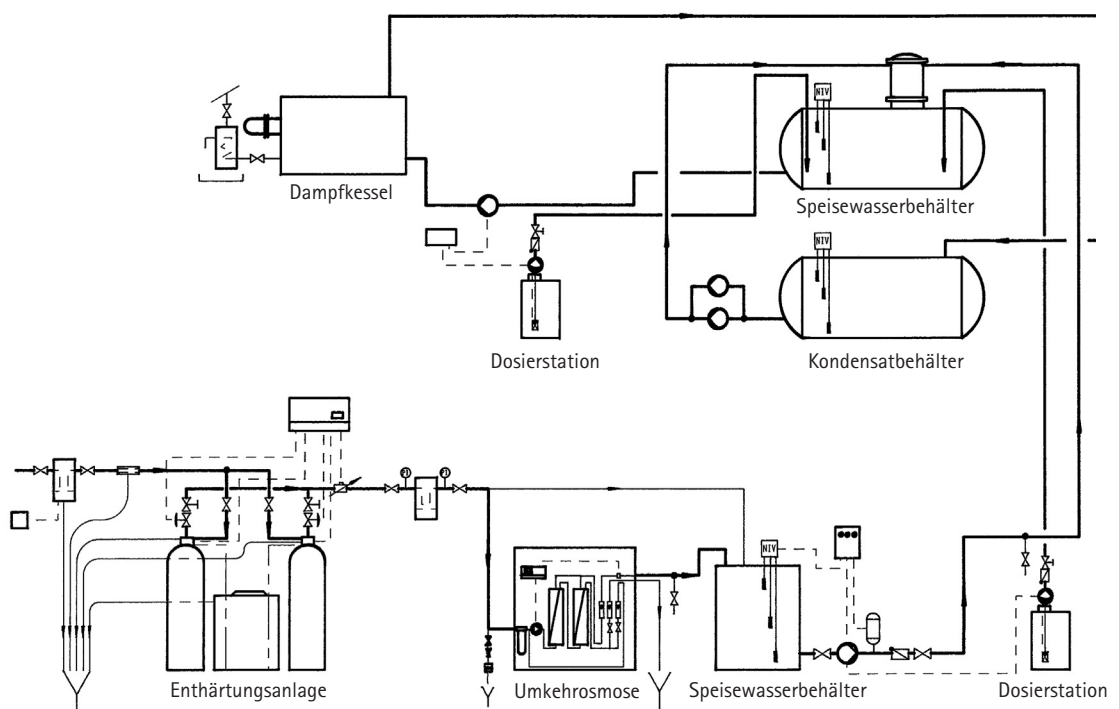
Bei der Inbetriebnahme ist die Erstellung einer Vollanalyse sinnvoll. Dies gilt auch bei Auftreten nicht erklärbarer Probleme.

Bei Verfärbungen des Sterilgutes können zusätzlich Untersuchungen auf Blei, Cadmium und Schwermetalle zweckdienlich sein.

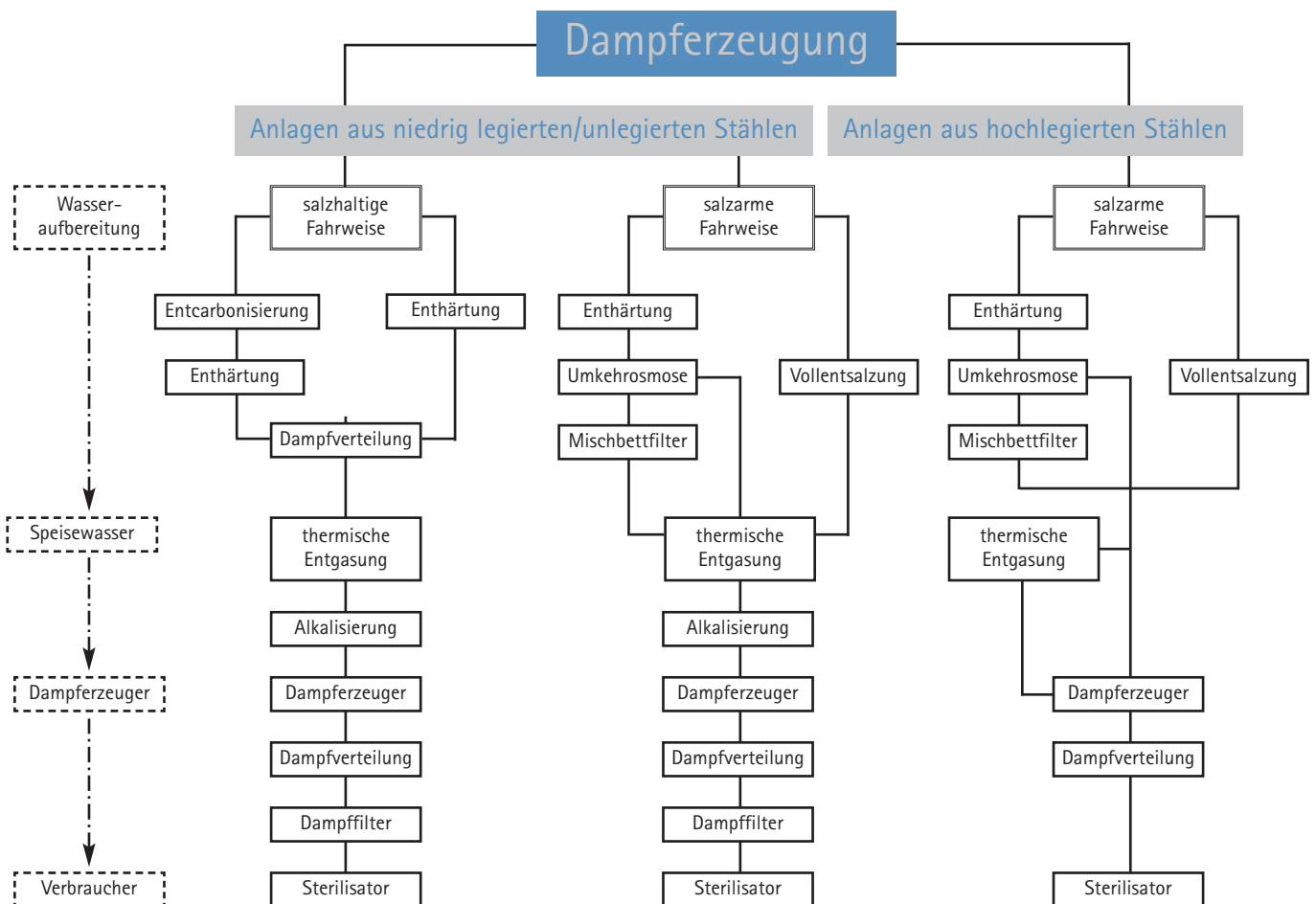
| | |
|--------------------|---------------|
| Cd | ≤ 0,005 mg/kg |
| Pb | ≤ 0,05 mg/kg |
| Schwermetallspuren | ≤ 0,1 mg/kg |

Die Probenahme des Dampfcondensates sollte mittels Edelstahlkühler vor der Sterikammer erfolgen.

6.2 Fließschema Wasseraufbereitung/ -Behandlung/ Dampferzeugung



6.3 Schema Dampferzeugung



6.4 Wasseraufbereitung

6.4.1 Enthärtung (Neutral- oder Natriumaustauscher)

Enthärtung

Austausch der Härtebildner (Kalzium- und Magnesiumionen) gegen Natriumionen. Austauscherharz: Stark saurer Kationenaustauscher auf Basis von Polystyrolharzen mit Sulfonsäuregruppen als funktionellen Gruppen. Das Harz liegt in der Natrium-Form vor ($R - SO_3^- Na^+$).

Bei dem Austauschvorgang werden alle Metallionen und Erdalkalimetallionen gegen Natriumionen ausgetauscht.

Beispiel:

1 Kalziumion wird gegen 2 Natriumionen ausgetauscht.

Somit entstehen aus den Härtebildnern, z.B. Kalziumhydrogencarbonat, die entsprechenden besser löslichen Natriumsalze, z.B. Natriumhydrogencarbonat. Das Wasser wird fast vollständig von den Härtebildnern befreit und erreicht Resthärten von weniger als 0,01 mmol/l (weniger als 0,05° d).

Zur Regeneration des erschöpften Harzes wird Natriumchlorid verwendet. Bei der Regeneration lassen sich jedoch nur Kalzium- und Magnesiumionen wieder verdrängen.

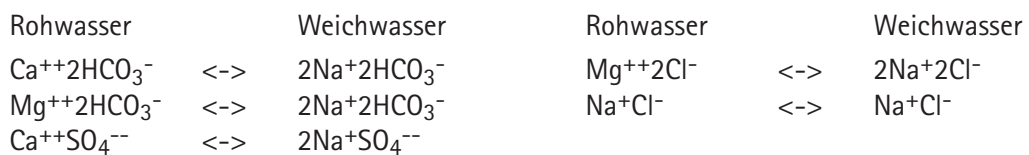
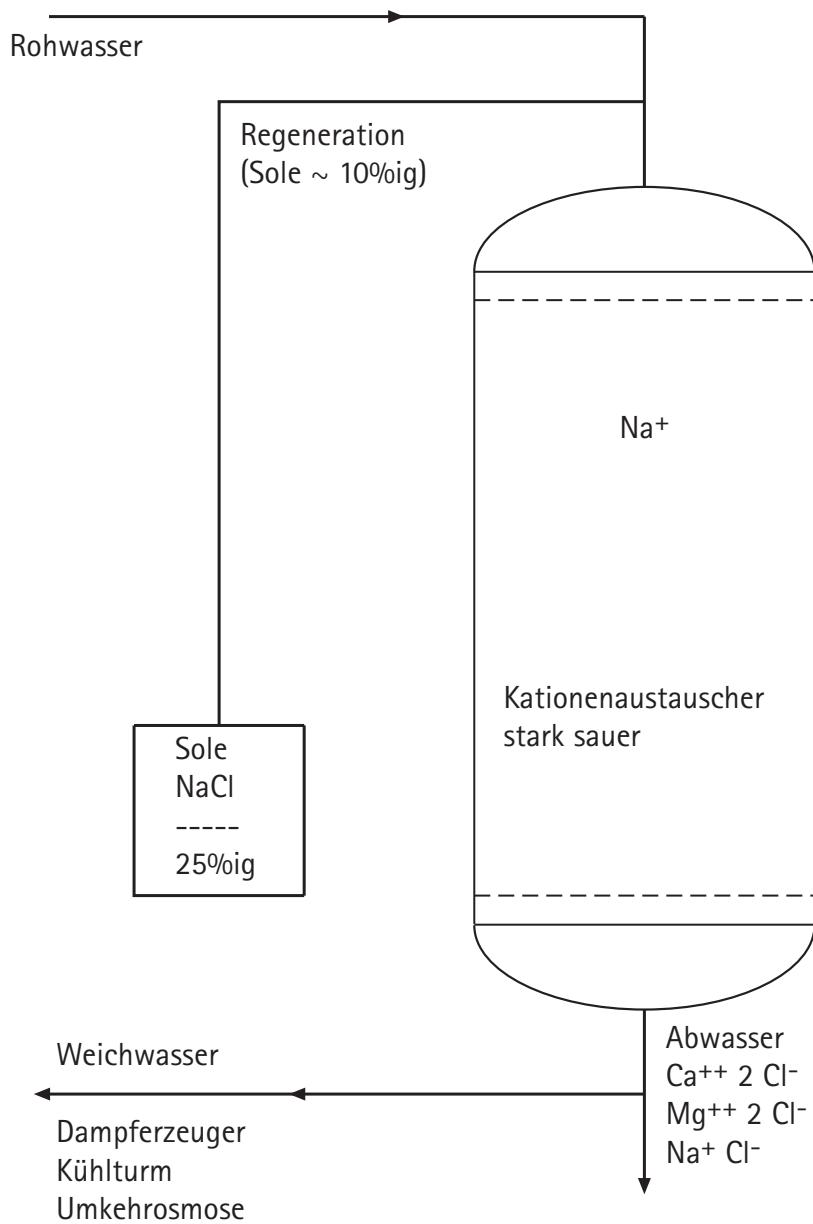
Metallionen wie Eisen-II und Mangan-II lassen sich nicht durch Natrium verdrängen. Das Harz wird somit immer stärker inaktiviert. Deshalb sollten bei stark mit Metallionen angereichertem Wasser diese zuvor entfernt werden.

Zu beachten:

Bei der Enthärtung werden Ionen ausgetauscht, d.h. der Salzgehalt des enthärteten Wassers ändert sich nur geringfügig.

Wird das enthärtete Wasser als Speisewasser für Dampferzeuger eingesetzt, beachte man die Sodaspaltung. Aus Natriumhydrogenkarbonat entsteht bei Druck über Natriumkarbonat Natronlauge und Kohlendioxid. Dieses dampfflüchtige CO₂ wirkt sich aggressiv auf die Rohrleitungssysteme aus und beeinträchtigt die Sterilisierwirkung.

Schema Enthärtung



6.4.2 H-Na-Anlage

Bei dieser Anlage handelt es sich um einen schwach sauren Kationenaustauscher, wie bei der Entkarbonisierung, und nachgeschaltet einen stark sauren Kationenaustauscher, wie bei der Enthärtung. Im Rohwasser werden beim Durchlaufen des schwach sauren Kationenaustauscherharzes alle Kalzium- und Magnesiumionen, die an Hydrogenkarbonat gebunden sind, gegen H^+ ausgetauscht.

Die freigesetzten Wasserstoffionen verbinden sich mit den Hydrogenkarbonatanionen zu Wasser und Kohlendioxid, das anschließend verrieselt werden kann. Danach durchläuft das teilentsalztes Wasser den stark sauren Kationenaustauscher, wo alle restlichen Kalzium- und Magnesiumionen gegen Natriumionen ausgetauscht werden.

Zur Regeneration des schwach sauren Kationenaustauscherharzes wird Salzsäure verwendet. Zur Regeneration des stark sauren Kationenaustauscherharzes wird Natriumchlorid verwendet.

Zu beachten:

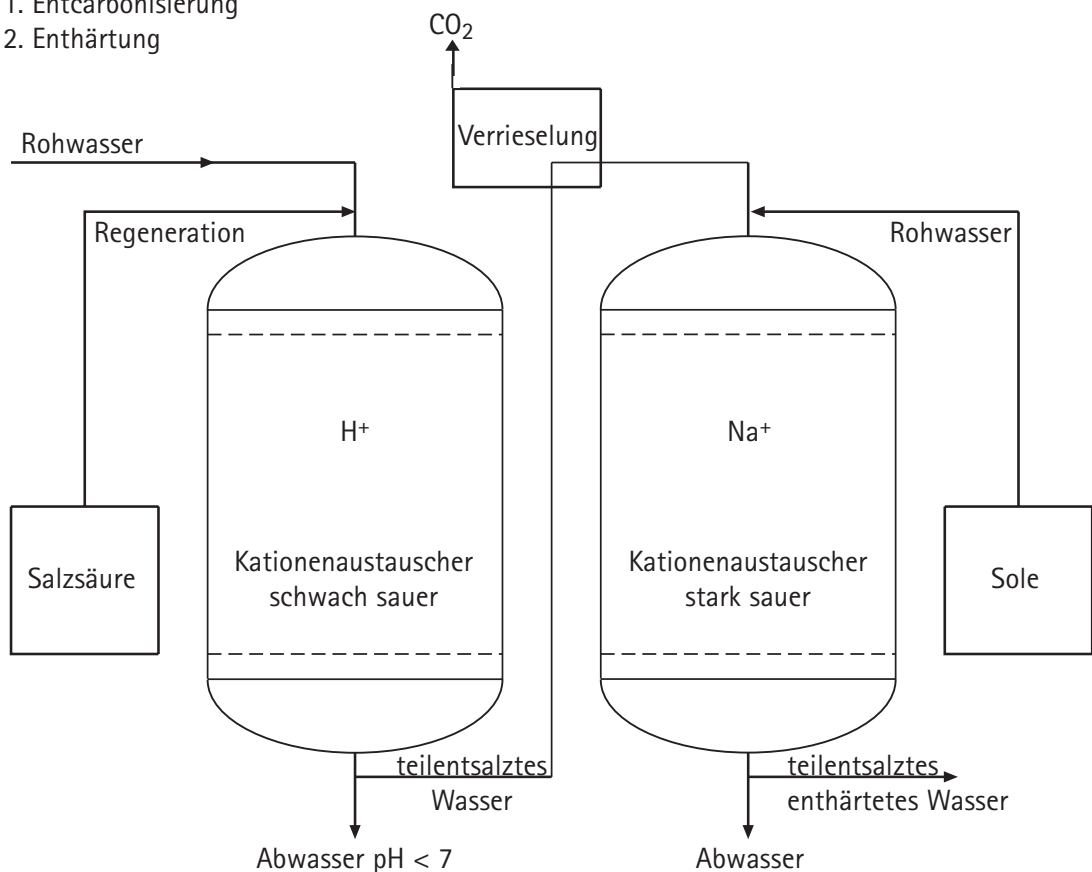
Der Salzgehalt des aufbereiteten Wassers wird um den Anteil der Kalzium- und Magnesiumhydrogenkarbonate verringert.

Die Resthärte des aufbereiteten Wassers beträgt weniger als $0,01 \text{ mmol/l}$ ($< 0,05^\circ\text{d}$).

Wurde das entstandene Kohlendioxid verrieselt bzw. entgast, kann im Dampferzeuger keine Sodaspaltung stattfinden.

Das Abwasser nach dem schwach sauren Kationenaustauscher hat einen pH-Wert < 7 und muß vor Ablassen in die Kanalisation neutralisiert werden.

1. Entcarbonisierung
2. Enthärtung



6.4.3 Vollentsalzung (2-Säureanlage)

Die Anlage besteht aus einem Kationenaustauscher (stark saures Kationenaustauscherharz auf Basis von Polystyrolen mit Sulfonsäuregruppen als funktionelle Gruppen $R - SO_3 - H^+$) und einem Anionenaustauscher (stark basisches Anionenaustauscherharz auf Basis von Polystyrol- oder Polyacrylamidharz mit quaternären Ammoniumgruppen als funktionelle Gruppen $R - NH_4^+ OH^-$).

Beim Durchlaufen des Kationenaustauschers werden im Rohwasser alle Kationen gegen Wasserstoffionen (H^+) ausgetauscht. Beim Durchlaufen des Anionenaustauschers werden im Wasser alle Anionen gegen Hydroxylionen (OH^-) ausgetauscht.

Die Wasserstoffionen und die Hydroxylionen verbinden sich dann zu Wasser. Zur Regeneration des Kationenaustauschers wird Salzsäure und zur Regeneration des Anionenaustauschers Natronlauge verwendet.

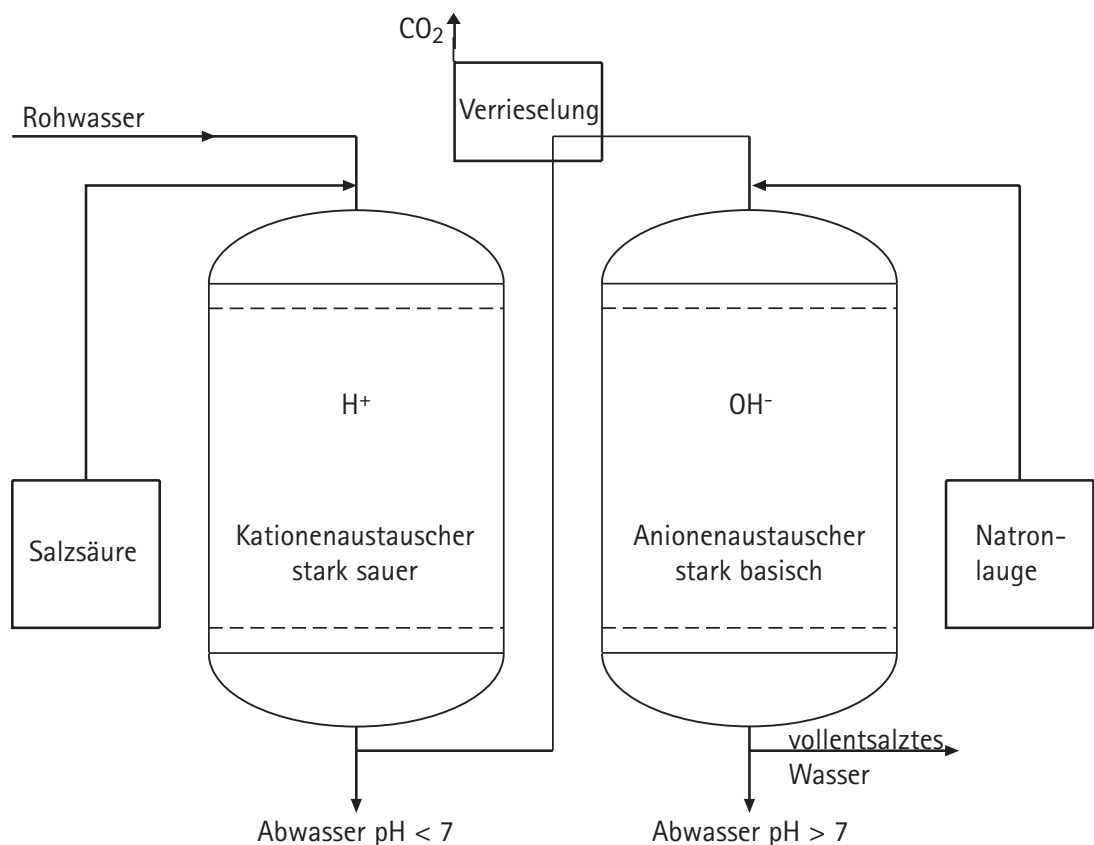
Zu beachten:

Der Salzgehalt des vollentsalzten Wassers ist $< 1 \text{ mg/l}$.

Die Vollentsalzung kann in hintereinander geschalteten Kationen- und Anionenfiltern erfolgen oder auch in einem Mischbettfilter. Siehe auch Punkt 6.4.5.

Die Leitfähigkeit von vollentsalztem Wasser liegt bei $< 0,2 \mu\text{S/cm}$.

Beim Abwasser ist zu beachten, daß der pH-Wert nach dem Kationenaustauscher im sauren Bereich liegt und nach dem Anionenaustauscher im alkalischen Bereich. Vor Ablassen muss entsprechend den Abwasserrichtlinien neutralisiert werden.



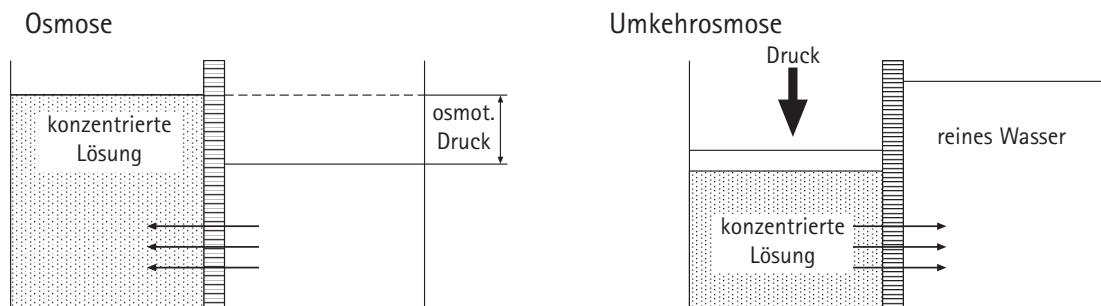
6.4.4 Osmose / Umkehrosnose

Funktionsprinzip der Osmose

Trennt man eine Salzlösung und reines Wasser durch eine semipermeable Membran, so ist dieses System bestrebt, einen Konzentrationsausgleich herbeizuführen. Das Wasser dringt ohne Einwirkung äußerer Kräfte durch die Membran und verdünnt die Lösung so lange, bis sich ein Gleichgewicht einstellt. Diesen Vorgang nennt man Osmose.

Im Gleichgewicht ist der statische Druck in der Lösung gleich dem osmotischen Druck, der sich aus dem Bestreben des reinen Wassers ergibt, die Lösung zu verdünnen. Der Vorgang ist umkehrbar, wenn man auf die Salzlösung Druck ausübt und damit den osmotischen Druck überwindet. Bei diesem Umkehrosnose genannten Vorgang wird reines Wasser durch die Membran transportiert, während sich die Salzlösung aufkonzentriert.

Dieses Konzentrat, dessen Anteil ca. 25 % beträgt, führt ca. 90 bis 99 % der im Rohwasser gelösten Inhaltsstoffe ab. Das Reinwasser oder Permeat, dessen Anteil über 75 % der ursprünglichen Rohwassermenge beträgt, ist weitgehend frei von Salzen. Seine Leitfähigkeit beträgt unter $20 \mu\text{S}/\text{cm}$. Die Membran besteht aus Polyamid. Als Trägermaterial wird Polysulfon verwendet.



6.4.5 Mischbettfilter

In einem Mischbettfilter sind Kationen- und Anionenaustauscherharze gemischt. Er dient im allgemeinen zur Feinreinigung salzarmen Wasser, z.B. von Kondensaten oder entsalztem Wasser. Er wird entweder als Vollentsalzung eingesetzt, bzw. einer Entsalzung oder Umkehrosnose nachgeschaltet. Zum Zwecke der Regeneration müssen die Harze voneinander getrennt und nach der Regeneration für den Betrieb wieder gemischt werden.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass selbst bei Leitfähigkeiten $> 1 \mu\text{S}/\text{cm}$ Kieselsäureschlupf stattfinden kann (Gefahr von Silikatablagerungen). Um dies zu vermeiden, hat sich eine Reihenschaltung von zwei Mischbettfiltern bewährt ("Wächterschaltung").

Zur Überwachung dient eine Leitfähigkeitsmessung zwischen den zwei Mischbettfiltern. Nach Erschöpfung des 1. Filters wird dieser durch den 2. Filter, und der 2. Filter durch einen neuen Filter ersetzt.

6.5 Prüfungen

6.5.1 Messung von Trockenheit und Überhitzung

Funktionsweise:

Ein kleiner Dampfmassenstrom wird aus der Dampfleitung entnommen und strömt über eine Drosselstelle in die freie Atmosphäre. Die Temperatur nach der Entspannung auf atmosphärischen Druck ist abhängig vom Druck in der Dampfleitung und vom Trockenheitswert bzw. von der Überhitzung des Dampfes.

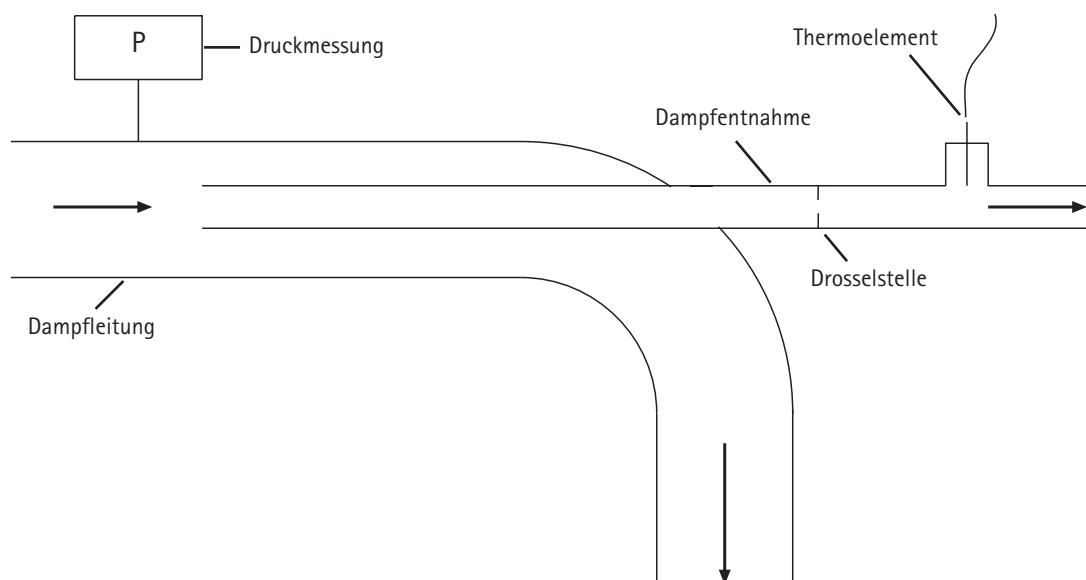
Mit dieser Messmethode können Überhitzung und geringe Feuchtigkeit (entspricht hohen Trockenheitswerten) nachgewiesen werden. Unter den nachfolgend angegebenen Bedingungen kann theoretisch eine Feuchtigkeit bis ca. 2,5 % bestimmt werden. Bei einer Feuchtigkeit von mehr als 2,5 % ist keine genauere Aussage über den Feuchtigkeitswert möglich.

Für einen Absolutdruck in der Dampfleitung von 3500 mbar und einem Atmosphärendruck von 1000 mbar gilt:

| Temperatur | Dampfzustand |
|------------|--------------------------|
| 100° C | Dampffuchtigkeit >2,5 % |
| 116° C | Dampffuchtigkeit ca. 1 % |
| 126° C | Keine Feuchtigkeit |
| >126° C | Überhitzter Dampf |

Die konstruktive Gestaltung kann ähnlich der Meßeinrichtung nach DIN EN 285 24.3 (Februar 1997) ausgeführt werden. Um Messfehler aufgrund von Wärmeabfuhr zu vermeiden, ist auf gute Wärmedämmung zu achten und es ist ein Thermoelement mit möglichst geringem Durchmesser (z.B. 1 mm) zu verwenden.

Schematische Darstellung



6.5.2 Messung der nichtkondensierbaren Gase

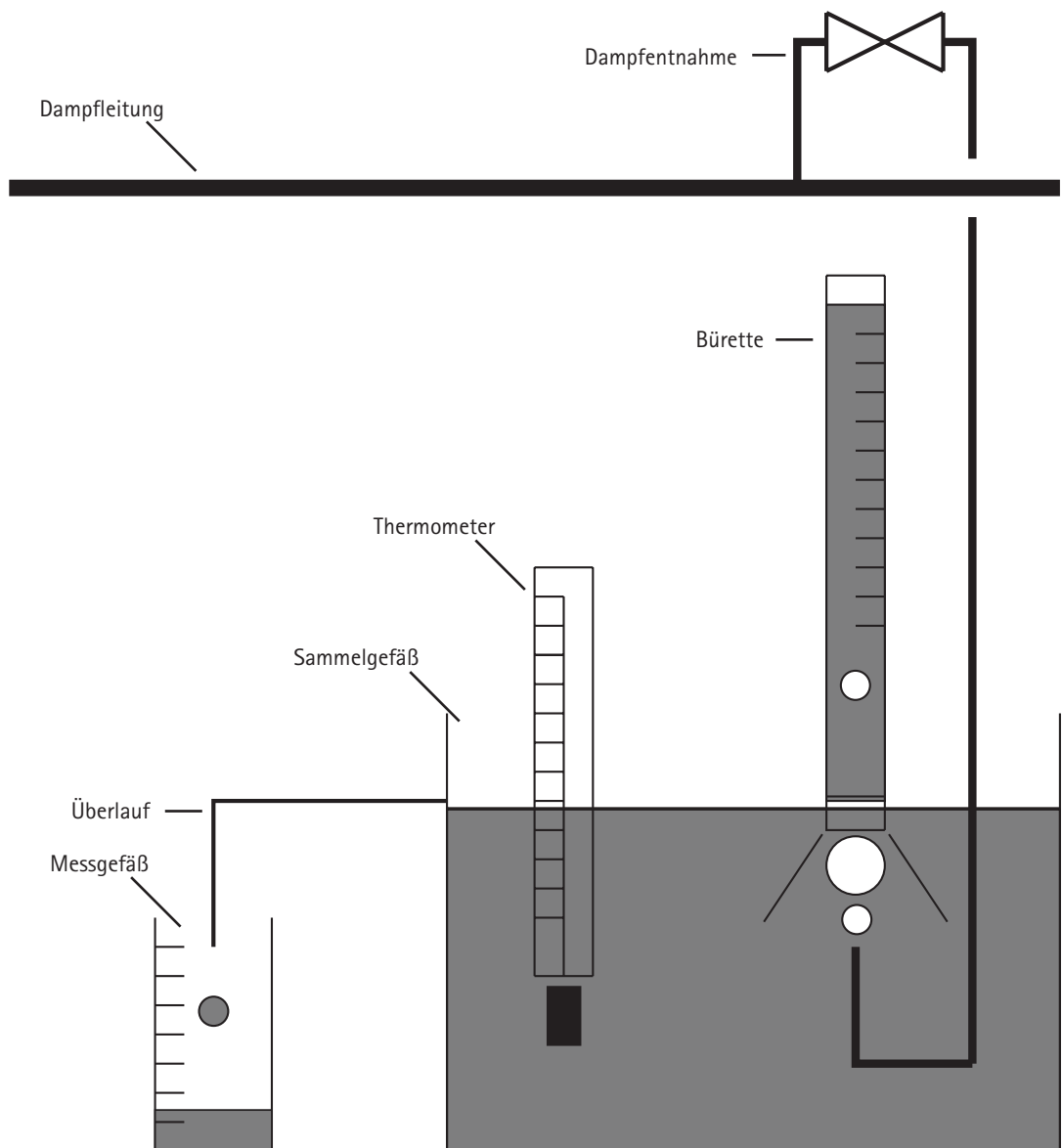
Messmethode nach DIN EN 285 (Abschnitt 24.1, Februar 1997)

Funktionsweise:

Ein kleiner Dampfmassenstrom wird aus der Dampfleitung entnommen und in ein bis zum Überlauf mit Wasser gefülltes Sammelgefäß eingeleitet. Der Dampf kondensiert im Wasser des Sammelgefäßes, die nicht kondensierbaren Gase steigen als Bläschen auf und werden über einen Trichter in eine anfangs mit Wasser gefüllte Bürette geleitet. Das angesammelte Gas verdrängt Wasser aus der Bürette. Durch den Überlauf verläßt eine Wassermenge das Sammelgefäß, die dem aus der Bürette verdrängten Wasservolumen und der durch die Dampfkondensation hinzugefügten Wassermenge entspricht.

Der Anteil der nkG im Dampf ergibt sich aus dem Verhältnis des Gasvolumens in der Bürette und des Wasservolumens im Messgefäß. Als Ergebnis erhält man den über die Messperiode (z.B. eine Charge) gemittelten Gasanteil.

Schematische Darstellung:



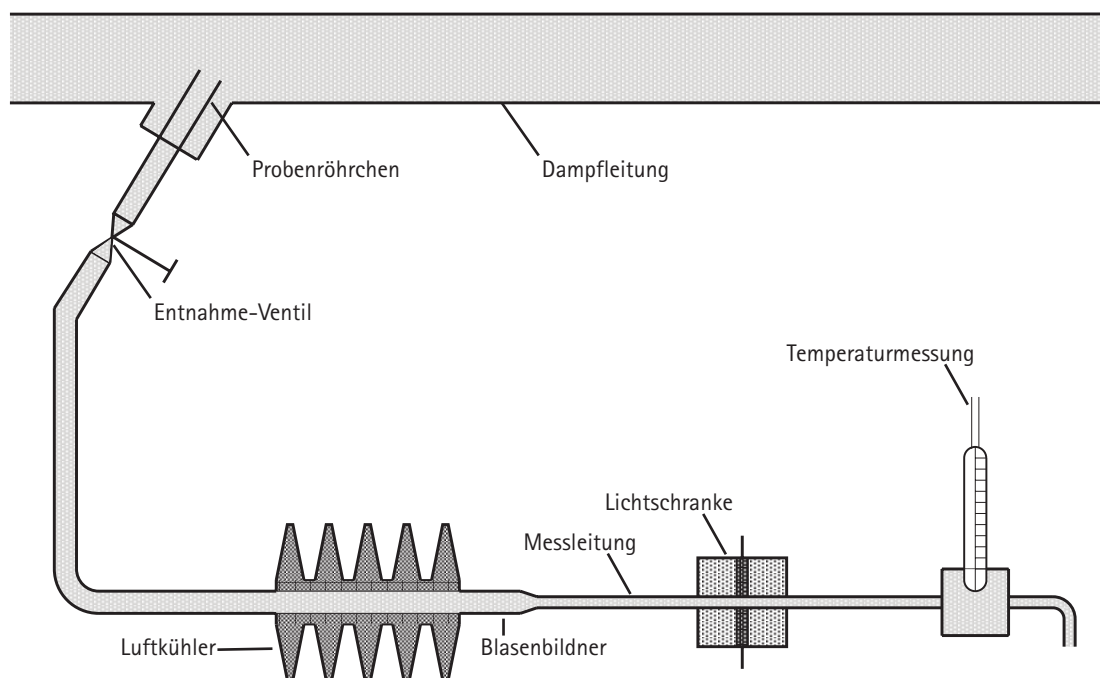
6.5.3 Messung der nichtkondensierbaren Gase (nkG)

Alternative Methode (patentgeschütztes Verfahren)

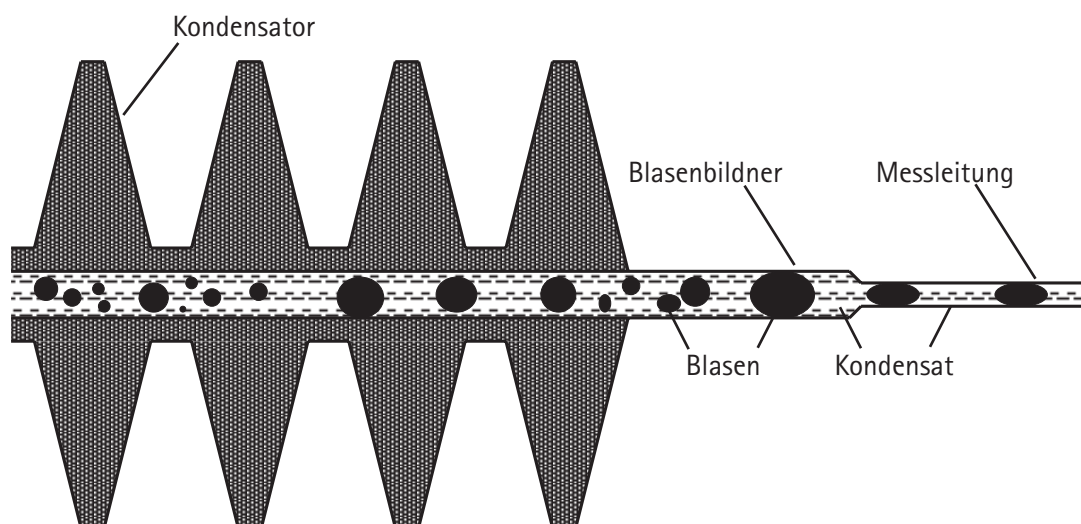
Funktionsweise:

Die Messeinheit wird an die Dampfleitung vor dem Sterilisator angeschlossen. Über ein Kapillarrohr fließt ständig ein kleiner Dampfmassenstrom ins Messgerät. In einem Kondensator wird der Dampf gekühlt und verflüssigt, dabei bleiben die nkG in Form kleiner Bläschen voll erhalten. Im nachgeschalteten Blasenbildner formieren sich die Bläschen zu größeren Blasen, die den vollen Querschnitt des Blasenbildners und der folgenden Messkapillare füllen. In der Messkapillare werden das abgekühlte Dampfkondensat und die Gasblasen an eine Lichtschranke geführt, welche die Messung des Anteils der Gasblasen im Kondensat auslöst. Durch Druck- und Temperaturmessung kann der Volumenanteil umgerechnet und auf Normbedingungen bezogen werden (1013 mbar, 0° C).

Schematische Darstellung des Gasdetektors:



Kondensation und Blasenbildung



6.5.4 Arbeitsanleitung für Kesselhauspersonal

Arbeitsanleitung für Speisewasser-, Kesselwasser- und Kondensatanalysen

A: Allgemeine Hinweise

Zur Probenahme

Probenahmestellen einige Minuten vor der Probenahme (je nach Leitungslänge) in Betrieb nehmen und Probenahmegefäße dreimal mit dem zu untersuchenden Wasser spülen. Getrübbte Wasserproben filtrieren. Wasser mit einer Temperatur über 25° C sind über einen Probenahmekühler aus Edelstahl zu entnehmen.

Zu den Analysen

Die zu untersuchenden Wasservolumina (üblicherweise 100 ml) müssen mit einem Messzylinder abgemessen werden; die Verwendung der auf den Erlenmeyerkolben aufgedruckten Graduierungsstriche verursacht zu große Fehler und ist deshalb nicht zulässig. Messzylinder und Erlenmeyerkolben sollen vor den Bestimmungen jeweils dreimal mit dem zu untersuchenden Wasser gespült werden.

B: Einfache Analysemethoden

Summe der Erdalkalien (Härte)

Es werden 100 ml des zu untersuchenden Wassers mittels Messzylinder in einen Erlenmeyerkolben gefüllt, eine Indikator-Puffertablette zugegeben und nach deren Auflösen mit 1 ml Ammoniaklösung (25 %ig), das sind etwa 20 Tropfen, versetzt.

Erhält man eine grüne Färbung, so sind praktisch keine Erdalkalien (Härte) in der Wasserprobe vorhanden:

Ergebnis: Die Resthärte beträgt $< 0,01 \text{ mmol/l}$ ($< 0,05^\circ \text{d}$)

Erhält man eine rötliche oder rote Färbung, so sind Erdalkalien in der Wasserprobe vorhanden und man titriert mit "TITRIPLEX-Lösung B" bis zum Farbumschlag über graugrün nach grün;

Ergebnis: Der an der Bürette abgelesene Verbrauch an ml "TITRIPLEX-Lösung B" ergibt die Härte des Wassers in °d (°d dividiert durch 5,6 ergibt die Summe der Erdalkalien in mmol/l).

Hinweis: Ammoniaklösung in jedem Fall zugeben, eine Grünfärbung der Wasserprobe durch die Puffertablette allein ist bedeutungslos. Kalte Wasser langsam titrieren, da die Reaktionsgeschwindigkeit relativ niedrig und dadurch die Gefahr des "Übertitrierens" gegeben ist.

Störungen: Schwermetallionen (Eisen, Kupfer u.a.) können in höherer Konzentration den Nachweis stören (Braunfärbung der Probe, kein Umschlag nach Grün). Probe mit destilliertem Wasser verdünnen oder Ammoniaklösung vor der Puffertablette zugeben oder mehrere Puffertabletten zugeben.

Bestimmung von $K_{S\ 8,2}$ und $K_{S\ 4,3}$ (=p-Wert und m-Wert)

(K_S bedeutet: Kapazität Säure bis zum pH-Wert 8,2 bzw. 4,3)

- a) 100 ml Wasser, dazu 3 - 5 Tropfen Phenolphthaleinlösung:
1. Bleibt die Probe farblos, so liegt der pH-Wert der Probe unterhalb von 8,2 und man erhält als
Ergebnis: $K_{S8,2} = 0,0 \text{ mmol/l}$ (= p-Wert = 0,0)
 2. Erhält man eine Rotfärbung, so wird mit 0,1 Ml Salzsäure bis zum Umschlag nach farblos titriert und man erhält als
Ergebnis: Verbrauch in ml Salzsäure = $K_{S8,2}$ in mmol/l (=p-Wert)

Bestimmung von $K_{S\ 4,3}$

- b) In die obigen Probe gibt man 2 - 3 Tropfen Methylorangelösung und erhält eine Gelbfärbung; man titriert mit Salzsäure, ohne die Bürette neu zu füllen, bis zur Farbänderung nach orangerot und erhält als
Ergebnis: Verbrauch in ml Salzsäure = $K_{S4,3}$ in mmol/l (= m-Wert).

Hinweis: Bei der Bestimmung der $K_{S4,3}$ ist es anfangs zur Erkennung des Farbumschlages hilfreich, einen zweiten Erlenmeyerkolben gefüllt mit 100 ml destilliertem Wasser und 2 - 3 Tropfen Methylorange-Lösung zum Farbvergleich zu verwenden.

Messung der Elektrischen Leitfähigkeit

Erforderlich sind ein Leitfähigkeitsmessgerät und eine geeignete Elektrode. Die Bedienung des Gerätes erfolgt nach den jeweiligen Herstellerangaben. Die Messung soll bei 25° C durchgeführt werden; höherwertige Geräte besitzen eine automatische Temperaturkompensation.

Hinweis: Elektrode vor der Messung mit dem Probenwasser und nach der Messung mit destilliertem Wasser abspülen.

Messung des pH-Wertes

Erforderlich sind ein pH-Wert-Messgerät und eine geeignete Elektrode. Die Bedienung des Gerätes erfolgt nach den jeweiligen Herstellerangaben.

Hinweise: pH-Elektroden sind Verschleissteile und sollen erneuert werden, wenn sich der Messwert nur verzögert einstellt oder die Elektrode sich nicht mehr justieren läßt. Elektrode vor der Messung mit dem Probenwasser und nach der Messung mit destilliertem Wasser abspülen. Nicht benützte Elektroden in 3 Ml Kaliumchloridlösung aufbewahren. pH- Meßgerät 1 - 2 mal pro Woche mit Pufferlösungen justieren. Zum Justieren sollen stets Pufferbereiche gewählt werden, in welchen auch der gewählte Messbereich liegt.

Beispiele: Wird im alkalischen Bereich gemessen (also pH-Werte 7 bis 14), soll zuerst der Puffer 7, danach der Puffer 9 (oder 10) verwendet werden. Wird im sauren Bereich gemessen (also pH-Werte 0 bis 7), soll zuerst der Puffer 7, danach der Puffer 4 (o.ä.) verwendet werden.

Bestimmung der Natriumsulfitkonzentration

- a) 100 ml Probe werden mit 3 ml Phosphorsäure (25 %ig) und einer kleinen Messerspitze Stärkepulver (löslich, nach Zulkowsky) versetzt und mit 0,01 N Jodlösung (haltbarer ist eine Jodid-Jodat-Lösung) bis zum Farbumschlag nach schwach blau titriert.
- b) In gleicher Weise wird der Chemikalienleerwert in 100 ml einer sulfidfreien Wasserprobe (destilliertes Wasser, Leitungswasser etc.) ermittelt.
- Ergebnis: $(a - b) \times 6,3 = \text{mg/l Natriumsulfit (Na}_2\text{SO}_3\text{) bei 0,01 N (0,005 M)}$
Jodlösung bzw. Jodid-Jodat-Lösung

Bei Verwendung eines Untersuchungsbesteckes wird nach Bedienungsanleitung vorgegangen.

Bestimmung der Sauerstoffkonzentration

Das Untersuchungsbesteck enthält Prüfampullen, einen Probenahmetrichter und eine Farb-Vergleichsskala. Die Bestimmung erfolgt nach Herstellerangaben.

Hinweise: Auf gasdichte Verbindung zwischen Probenahmestelle und Trichter ist zu achten. Es soll ein Messbereich von 0-100 ppb erfasst werden.

Bestimmung des Phosphat-Überschusses

Diese Bestimmung wird mittels Schnelltests jeweils nach der Bedienungsanleitung durchgeführt.

Hinweis: Reagenzien kühl aufbewahren.
Bei Auftreten eines Bodensatzes sind die Reagenzien unbrauchbar.

Bestimmung des Kieselsäure-Gehaltes

Für die Bestimmung des Gehaltes an Kieselsäure (SiO_2) sind Schnelltests erhältlich. Die Bestimmung wird entsprechend den Herstellerangaben durchgeführt.

Hinweis: Die Auswahl des Schnelltests erfolgt entsprechend dem erforderlichen Messbereich (siehe 6.1.1 bis 6.1.3).

Bestimmung von Eisen

Für die Bestimmung des Gehaltes an gelöstem Eisen (Fe) sind Schnelltests erhältlich. Die Bestimmung wird entsprechend den Herstellerangaben durchgeführt.

Hinweis: Der Messbereich beträgt 0,01 - 5 mg/l.

Bestimmung von Kupfer

Für die Bestimmung von Kupfer im gewünschten Messbereich sind derzeit keine geeigneten Schnelltests für das Kesselhauspersonal verfügbar. Diese Messung sollte daher in einem Labor mit entsprechender Ausrüstung (z.B. Atomabsorptionsspektroskopie) erfolgen.

Bestimmung von Chlorid

Für die Bestimmung von Chlorid (Cl^-) sind Schnelltests erhältlich. Die Bestimmung wird entsprechend den Herstellerangaben durchgeführt.

Hinweis: Die Auswahl des Schnelltests erfolgt entsprechend dem erforderlichen Messbereich (siehe 6.1.1 bis 6.1.3).

Überreicht durch
