

GESTRA Steam Systems

GESTRA Information A 1.3

Wasserschläge

Allgemein versteht man unter einem Wasserschlag in Rohren oder Apparaten eine plötzliche Drucksteigerung (Druckstoß), die oft weit über die normale betriebliche Beanspruchung hinausgeht. Der Druckstoß wandert mit Schallgeschwindigkeit weiter; er kann die elastische Verformung oder sogar den Bruch von Anlagenteilen verursachen. Wasserschläge erkennt man gemeinhin an harten Knallgeräuschen.

Es gibt zwei Arten von Wasserschlägen:

1. Hydraulische Wasserschläge in Anlagen mit kalten Flüssigkeiten;
2. thermische Wasserschläge in Dampf-/Kondensat-anlagen bzw. Heißwassernetzen.

In Anlagen mit heißen Flüssigkeiten können durchaus auch beide Arten von Wasserschlägen auftreten.

Entstehung von hydraulischen Wasserschlägen

Bei plötzlichem Absperrern einer Leitung, zum Beispiel durch Schnellschluss, wird die Bewegung der Flüssigkeitssäule schlagartig vor dem Absperrorgan verzögert. Infolge der Massekraft entsteht ein Druckstoß. Da Flüssigkeit nahezu inkompressibel ist, setzt sich der Druckstoß nach allen Richtungen fort.

Hinter der Absperrung kommt die Strömungsbewegung ebenfalls wegen der Massekräfte nicht sofort zur Ruhe und es bildet sich ein Unterdruck. Dadurch wird die Flüssigkeit zurückgezogen, sie prallt gegen die Absperrung und erzeugt eine Druckwelle. Die Druckwelle kann – in ihrer Stärke langsam abnehmend – hin und her wandern.

Entstehung von thermischen Wasserschlägen

Thermische Wasserschläge entstehen, wenn mitgerissene oder durch Entspannung von Kondensat entstandene Dampfblasen in Leitungsteile gelangen, in denen sich Kondensat geringerer Temperatur befindet. Dabei fällt die Dampfblase schlagartig zusammen und es entsteht ein Vakuum. Das umgebende Kondensat strömt schnell von allen Seiten gleichzeitig ein und prallt zusammen (Implosion).

Diese Wasserschläge sind in erster Linie auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- a) Unzweckmäßige Installation von Armaturen und Apparaten sowie schlechte Verlegung der Rohrleitungen;
- b) unsachgemäße Bedienung der Armaturen;
- c) ungeeignete Geräte oder falsche Gerätegrößen;
- d) fehlerhafte Geräte.

Die Stärke der Wasserschläge ist abhängig von der Größe der Berührungsfläche zwischen Dampf und Wasser, von der Geschwindigkeit des Wassers bzw. des Dampfes und von dem Temperaturunterschied zwischen Wasser und Dampf.

Wasserschläge können auch in ungenügend entwässerten Dampfleitungen auftreten. Dampf strömt mit wesentlich höherer Geschwindigkeit als Wasser. Wird das Wasser vom Dampf erfasst und trifft es dann auf einen Widerstand, so tritt eine plötzliche Drucksteigerung auf, die dem Zusammenprall zweier Wassersäulen beim Auffüllen eines durch Kondensation entstandenen Vakuums ähnlich ist. Die Gefährlichkeit dieser Wasserschläge wird sichtbar an Erosionen, die u.a. an Turbinenschaufeln hinlänglich bekannt sind.

Eine weitere Art von Schlägen kann durch plötzliches Verschieben von eingeschlossenen Luft- oder Gaspolstern (zum Beispiel in Erdöl-Pipelines) entstehen.

Maßnahmen gegen Wasserschläge

Druckstöße in Flüssigkeitsrohrleitungen, die sich bei plötzlicher Absperrung bilden, lassen sich berechnen oder durch grafische Methoden bestimmen. Dabei können der Einfluss von Reibungskräften und die Elastizitätsmodulen der verwendeten Werkstoffe und der Flüssigkeit berücksichtigt werden. Durch entsprechende Dimensionierung der Leitungen und Armaturen lassen sich diese Druckstöße auffangen. Eine Abschwächung der Druckstöße ist durch Einschalten von sogenannten Windkesseln möglich, wie sie zum Beispiel hinter Flüssigkeits-Kolbenpumpen üblich sind.

Die Druckstöße bei thermischen Wasserschlägen lassen sich nicht exakt berechnen. Beim Bau und auch beim Betrieb einer Anlage muss dieser Tatsache Rechnung getragen werden. Nur bei richtiger Auslegung und Anordnung der Anlagenteile sowie bei einwandfreier Bedienung sind Wasserschläge zu vermeiden. Es ist also anzustreben, eine Anlage so zu bauen, dass von vornherein keine Wasserschläge entstehen können. Wo dies nicht möglich ist, sind Einrichtungen zu verwenden, die die Wasserschläge dämpfen.

Die folgenden Beispiele sind in der Praxis häufig anzutreffen.

Die Bilder **a)** zeigen Anlagenteile, in denen Wasserschläge auftreten können.

Die Bilder **b)** zeigen Verbesserungen, die dazu beitragen, Wasserschläge zu vermeiden bzw. zu dämpfen.

Fig. 1

Vermeidung von Wasserschlägen in Dampfleitungen

- a) Nach jedem Schließen des Absperrventils kondensiert der in der Leitung noch vorhandene Dampf. Das Kondensat sammelt sich im unteren Teil der Leitung und kühlt ab. Beim Öffnen des Absperrventils kommt der einströmende Dampf mit dem kalten Kondensat in Berührung. Es entstehen Wasserschläge.
- b) Ist eine Änderung der Leitungsführung nicht möglich, so sollte die Leitung entwässert werden, auch wenn sie relativ kurz ist. Bei längeren Dampfleitungen sind Entwässerungen in bestimmten Abständen, grundsätzlich vor jeder Steigerung und am Ende vorzusehen.

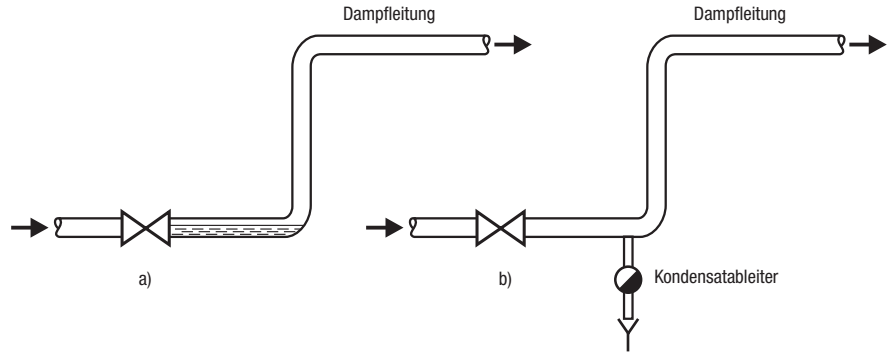


Fig. 1

Fig. 2

Vermeidung von Wasserschlägen in Kondensatleitungen

- a) Das Kondensat der weit entfernt liegenden Verbraucher kühlt auf dem Weg zum Sammelbehälter stark ab. Das Kondensat mit dem Entspannungsdampf aus den nahe gelegenen Verbrauchern trifft auf jenes kältere Kondensat. Es kommt zu Wasserschlägen, weil der Entspannungsdampf schlagartig kondensiert.
 - b) Wasserschläge werden vermieden, wenn das Kondensat getrennt zum Sammelbehälter geführt wird.
- Auch Kondensat von Verbraucher verschiedener Nenndrücke sollte nicht in einer gemeinsamen Sammelleitung, sondern getrennt dem Behälter zugeleitet werden.

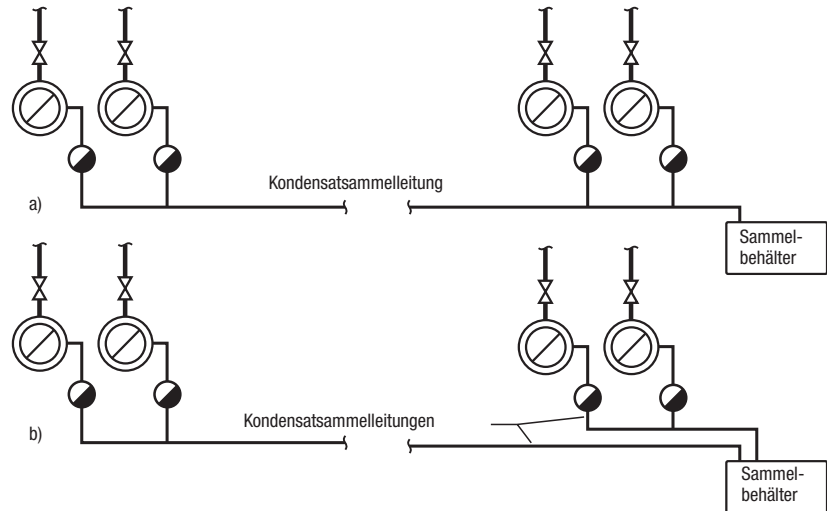


Fig. 2

Fig. 3

Dämpfung von Wasserschlägen bei Kondensatleitungen

- a) Wasserschläge treten besonders leicht dann auf, wenn Kondensat gehoben werden muss. Hierbei lassen sie sich schaltungstechnisch kaum völlig vermeiden.
- b) Durch Einschalten eines Kompensators werden Wasserschläge unschädlich. Der Kompensator wirkt als Puffer, der die Schläge wie ein Windkessel abfängt. Trotz aufsteigender Rohrleitung wird das Kondensat störungsfrei und geräuschlos abgeleitet.

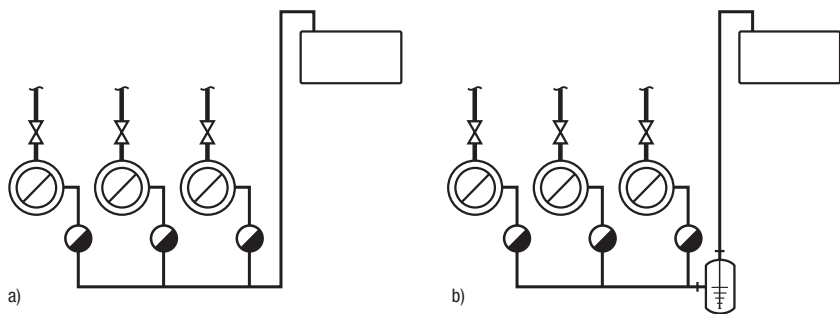


Fig. 3

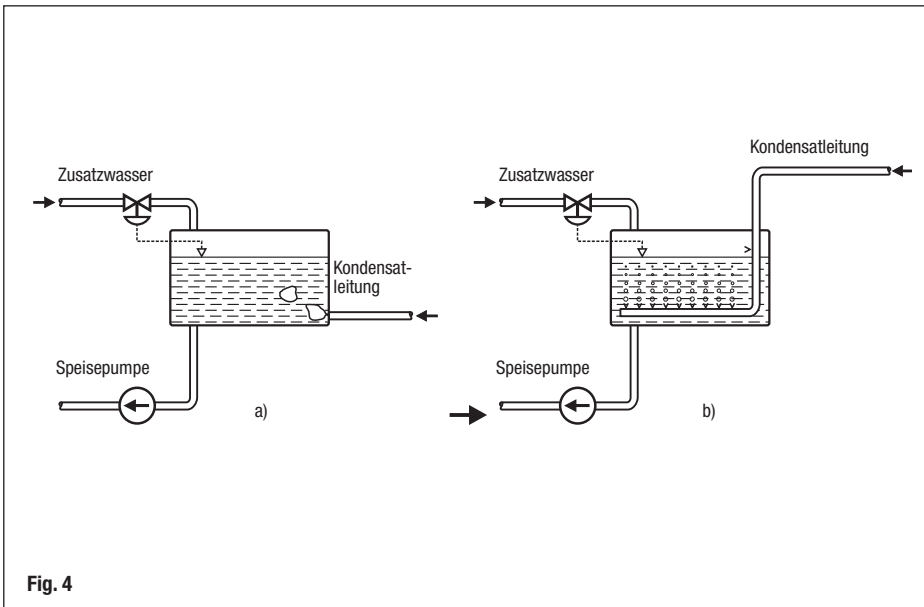


Fig. 4

Fig. 4
Vermeidung von Wasserschlägen bei Einführung von Kondensat in Speisewasserbehälter

- a) Hinter den Kondensatableitern entsteht normalerweise Entspannungsdampf. Damit er nicht verlorengeht, kann das Kondensat mit dem Entspannungsdampf unter Niveau in den Behälter geführt werden. Hier trifft der Entspannungsdampf jedoch mit relativ kaltem Wasser zusammen. Beim Eintritt in den Behälter bilden sich große Dampfblasen, die schnell kondensieren. Dadurch entstehen Wasserschläge mit starken Geräuschen.
- Bei abgeschalteten Dampfverbrauchern kann Wasser rückwärts in die Kondensatleitung gelangen. Beim Anfahren der Verbraucher liegt die Gefahr von Wasserschlägen in der Leitung sehr nahe.
- b) Durch die vielen kleinen Bohrungen können sich keine großen Dampfblasen bilden. Merkbare Wasserschläge und Geräusche werden dadurch vermieden.
- Die Führung der Kondensatleitung von oben in den Behälter und die kleine Bohrung knapp oberhalb des Niveaus verhindern normalerweise das Zurückströmen des Wassers, wenn die Dampfverbraucher abgeschaltet sind.

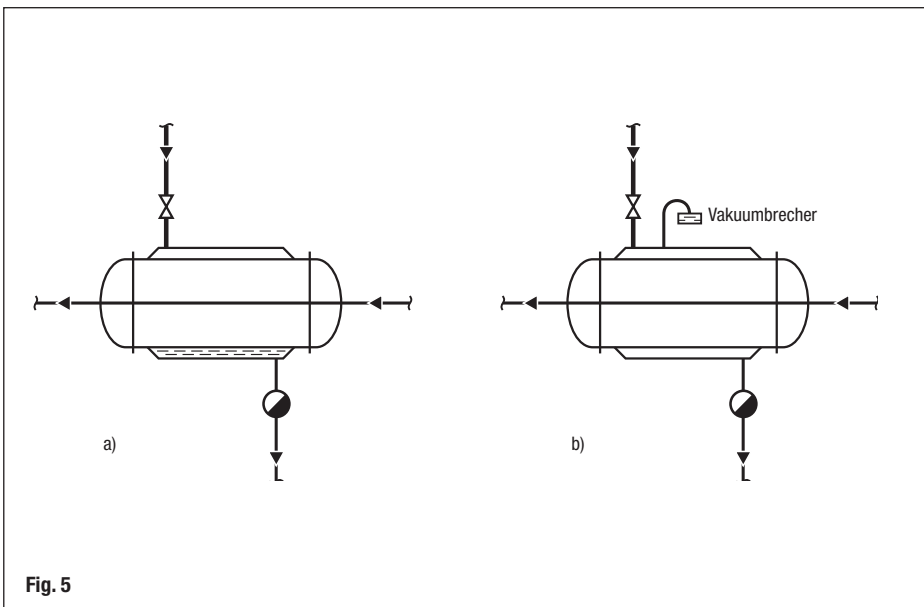


Fig. 5

Fig. 5
Vermeidung von Wasserschlägen in Wärmetauschern, in denen sich durch Vakuum Kondensat ansammelt

- a) In abgestellten Anlagen entsteht ein Vakuum, wenn der Restdampf kondensiert. Damit droht Gefahr, dass das Kondensat in die Heizfläche zurückgesaugt wird bzw. das Restkondensat aus der Heizfläche nicht abläuft (zu schweigen von der Gefahr einer bleibenden Verformung des Wärmetauschers).
- Wenn die Anlage wieder angestellt wird, dann strömt Dampf über die Wasserfläche, kondensiert schlagartig und verursacht Wasserschläge.
- b) Der Einbau eines Disco-Rückschlagventils als Vakuumbrecher verhindert Vakuumbildung. Kondensat kann nicht zurückgesaugt werden, und das Restkondensat kann abfließen. Es entstehen keine Wasserschläge mehr.

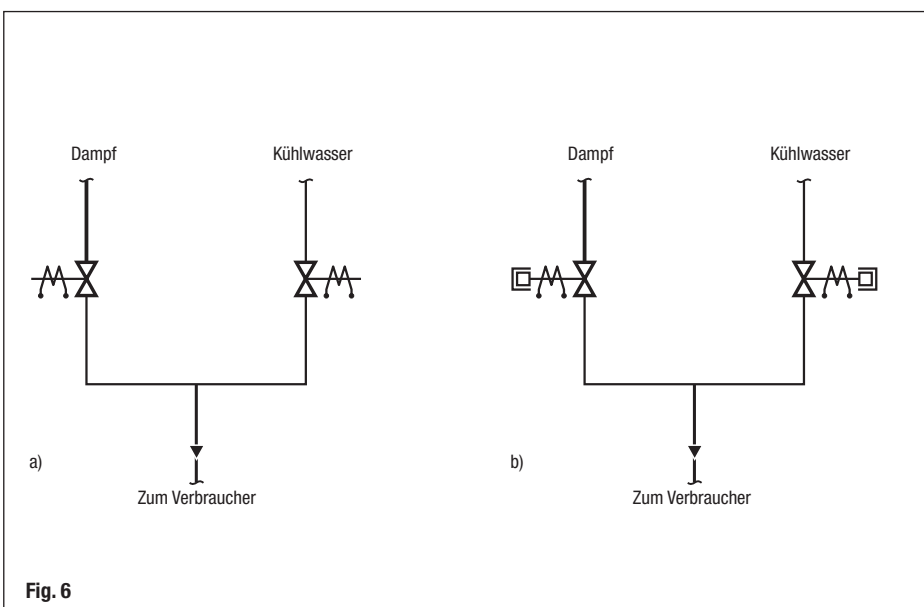


Fig. 6

Fig. 6
Verminderung von Wasserschlägen bei Anlagen, in denen geheizt und gekühlt wird

- a) Durch das schnelle Öffnen bzw. Schließen der Magnetventile beim Umschalten von Heizen auf Kühlen oder umgekehrt kommt es zu hydraulischen und thermischen Wasserschlägen.
- b) Durch langsames Öffnen und Schließen der Umschaltventile können Wasserschläge weitgehend vermieden werden. Zweckmäßig sind entweder Magnetventile mit hydraulischer Dämpfung oder Motorventile.

Fig. 7

Vermeidung von Wasserschlägen in dampfseitig geregelten liegenden Wärmetauschern

a) Wasserschläge können entstehen, weil Kondensat in die Heizschlangen zurückstaut, vornehmlich bei Teillast. Der Dampf strömt mit relativ hoher Geschwindigkeit über die Wasseroberfläche. Das führt zum Einschluss von Dampfblasen, die im kälteren Kondensat fast schlagartig kondensieren.

Ursache für Rückstau in die Heizfläche ist:

- Falsches Ableiterprinzip.
- Zu kleine oder defekte Ableiter.
- Zu geringer Differenzdruck für den Ableiter, weil zum Beispiel das Kondensat hinter dem Ableiter gehoben werden muss oder weil der Druck in der Kondensatsammelleitung zu hoch ist.
- Zu niedriger Dampfdruck in der Heizfläche, weil zum Beispiel die Heizfläche zu groß ist.
- Zu starker Druckabfall in der Heizfläche bei Teillast. Je stärker der Regler auf der Dampfseite drosselt, je weiter fällt der Druck. Ist die Temperatur des aufzuheizenden Mediums niedriger als 100 °C, kann Vakuum in der Heizfläche entstehen (negatives Druckgefälle für den Ableiter). Eine Entwässerung ist nicht mehr möglich. Aus der Kondensatsammelleitung her kann sich sogar die Heizfläche rückwärts mit Kondensat auffüllen.

b) Voraussetzung zur Vermeidung von Wasserschlägen ist es, die Heizfläche in jeder Betriebsphase staufrei zu fahren.

Folgende Maßnahmen können dazu führen:

1. Zur Entwässerung sollten Kugelschwimmerableiter mit automatischer Entlüftung verwendet werden. Alle anderen Ableitersysteme reagieren nicht schnell genug auf veränderte Betriebsbedingungen.
2. Ableiter kontrollieren, ob zu klein oder defekt.
3. Mindestdruck in der Heizfläche aufrechterhalten durch Regler, der nicht zu stark drosselt.
4. Lastschwankungen verringern.
5. Absenken des Gegendruckes P_2 , falls vorhanden. Eventuell frei entwässern.
6. Ableiter tiefer anordnen, um durch die geodätische Höhe der Wassersäule vor dem Ableiter den Differenzdruck (Δp) zu erhöhen.
7. Leitung vor dem Ableiter verlängern und größere Nennweiten wählen, um Reservoir zu schaffen, damit bei gedrosseltem Regler Kondensat aus der Heizfläche ablaufen kann.
8. Wenn 7. nicht möglich, Auffangbehälter vor den Ableiter schalten.
9. Vakuumbildung verhindern durch Vakuumbrecher.
10. Rückwärtiges Auffüllen der Heizfläche durch Rückschlagventil hinter dem Ableiter vermeiden.
11. Wärmetauscher mit kleinerer Heizfläche verwenden, dafür mit höherem Dampfdruck fahren.

Führen alle diese Maßnahmen nicht zur Beseitigung der Wasserschläge, verbleibt nur noch eine Möglichkeit, und zwar

12. Wärmetauscher mit senkrechter Heizfläche verwenden.

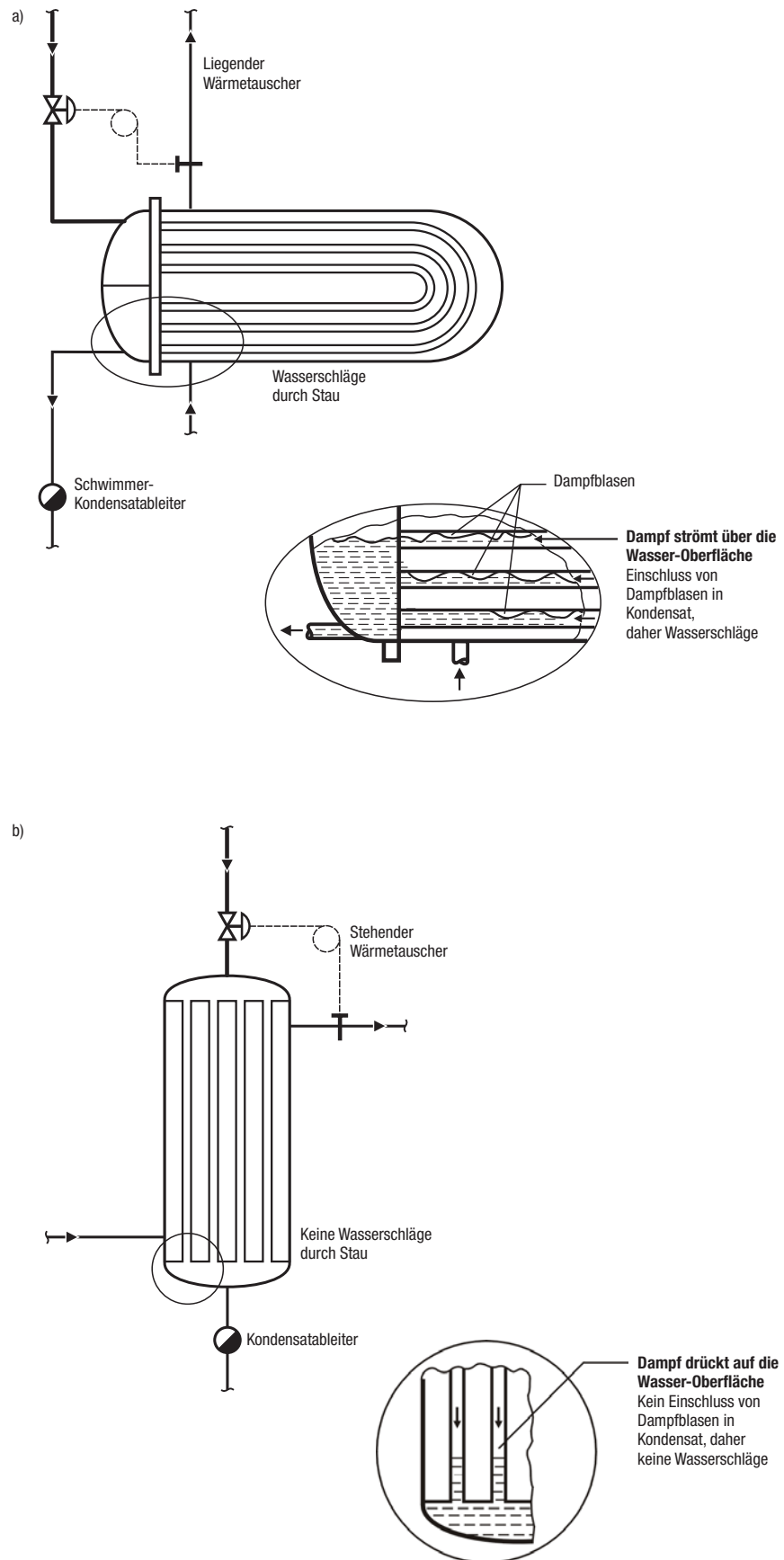


Fig. 7

GESTRA AG

Postfach 10 54 60, D-28054 Bremen

Münchener Str. 77, D-28215 Bremen

Telefon +49 (0) 421 35 03 -0, Telefax +49 (0) 421 35 03-393

E-Mail gestra.ag@flowserve.com, Internet www.gestra.de

FLOWSERVE

GESTRA