

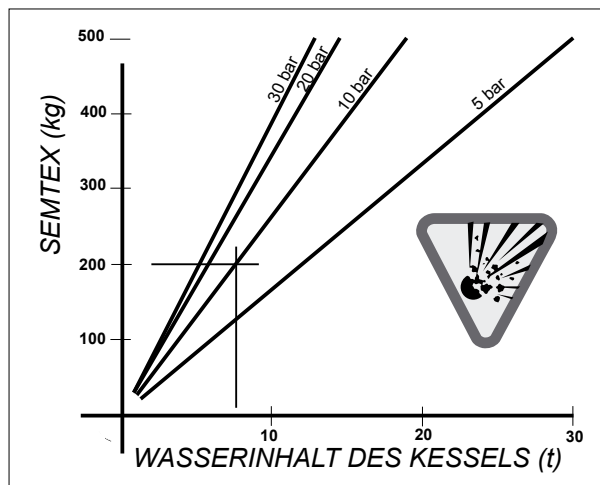
3. Die Dampferzeugung

Dampf kann in der industriellen Praxis auf verschiedene Art und Weise erzeugt werden. Der in Kapitel 1 als Beispiel genommene Teekessel veranschaulicht das grundsätzliche Prinzip. Je nach Anwendungsfall und Betriebsbedingungen sind verschiedene Konstruktionen für Dampferzeuger realisiert worden. Dieses Kapitel soll einen einfachen Überblick geben, wobei nur die für die Verfahrenstechnik gebräuchlichen Bauarten berücksichtigt werden:

- **Großraumwasserkessel**
- **Schnelldampferzeuger**
- **Reindampferzeuger**
- **Elektrisch beheizte Dampferzeuger**
- **Wärmeträger-Erhitzer**

3.1 Allgemeines

Moderne Dampfkessel erlauben heute einen problemlosen Betrieb dank ausgereifter Berechnungs- und Fertigungsverfahren und dank eines hohen Sicherheitsstandards für die Ausrüstung. Kesselexplosionen aufgrund von Wassermangel oder Verpuffungen wegen ungenügender Vorlüftung des Flammrohres können praktisch ausgeschlossen werden.

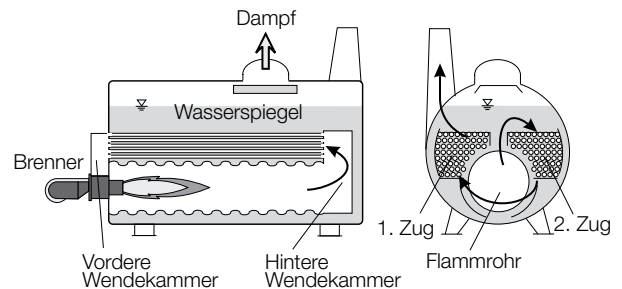


Trotzdem bedürfen Dampfkessel einer sorgfältigen Pflege und Wartung. Hier können menschliche Fehler oder Nachlässigkeiten zu einem meist verkannten Risiko werden: Ein Dampfkessel kann eine schlafende Bombe sein! Die obenstehende Abbildung soll dies verdeutlichen: Aufgetragen auf der Abszisse ist der Wasserinhalt eines Dampfkessels, auf der Ordinate die äquivalente Menge Sprengstoff SEMTEX. Parameter der einzelnen Kurven ist der Kessel druck. Als Beispiel sei ein Kessel mit einer Leistung von 5 t/h Dampf bei einem Druck von 10 bar angenommen. Der Wasserinhalt eines Großraumwasserkessels beträgt dann ca. 8 t. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, entspricht dieser Wasserinhalt unter Siedebedingungen einer Sprengkraft von 200 kg SEMTEX. Dies ist in etwa die Menge, mit der 1992 der erste Anschlag auf das World Trade Center in New York verübt

wurde. Die erschreckenden Bilder über die angerichteten Beschädigungen sind vielleicht noch in Erinnerung.

3.2 Großraumwasserkessel

Großraumwasserkessel stellen die am häufigsten verwendete Konstruktion von Dampferzeugern dar. Sie werden in dieser Form für Leistungen bis 30 t/h und 32 bar hergestellt.



Eine liegende Kesseltrommel verfügt über ein Flammrohr mit vorgeschaltetem Brenner und in der Regel über zwei Rauchgaszüge. Die heißen Rauchgase werden in der hinteren Wendekammer umgelenkt und durchströmen den ersten Rauchgaszug. Eine erneute Umlenkung erfolgt in der vorderen Wendekammer, von der die Rauchgase über den zweiten Rauchgaszug zum Schornstein gelangen.

Die Wärmezufuhr wird druckabhängig und je nach Brennerbauart einstufig, zweistufig oder kontinuierlich geregelt. Die Speisewasserzufuhr erfolgt im Intervall (Pumpe *ein-aus*) oder stetig über ein Speisewasserregelventil, wobei die Speisepumpe ständig läuft.

Bei größeren Kesselleistungen kommt auch eine Drei-Komponenten-Regelung zur Anwendung. Hierzu werden neben dem Kesselniveau auch die eingespeiste Wassermenge und die abgegebene Dampfmenge gemessen. Die Differenz dieser Mengen ist bei konstanter Last gleich Null. Bei plötzlichen Laständerungen zu höherer Last steigt das Kesselniveau durch Aufsieden, obwohl eigentlich mehr Dampf entnommen wird und der Wasserspiegel sinken sollte. Das Speisewasserventil würde durch das hohe Wasserniveau also in Schließrichtung fahren. Durch Aufschalten der Mengendifferenz auf das Niveausignal wird diesem Effekt entgegengewirkt, so dass die Speisewassermenge entsprechend der Lastanforderung erhöht wird.

Kessel-Wirkungsgrade bis 89% sind möglich. Wirkungsgradverbesserungen werden erreicht durch Vorschalten eines Economizers zum Aufwärmen des Kesselspeisewassers. Der Economizer besitzt ein von Wasser durchströmtes Rohrbündel, das hinter dem letzten Rauchgaszug in den Schornstein eingebaut wird.

Überhitzter Dampf wird erzeugt, indem der entnommene Satttdampf z. B. durch ein in der hinteren Wendekammer eingebautes Rohrbündel strömt.

Maßnahmen für den sicheren Kesselbetrieb:

Die Wärmequelle, der Brenner, wird durch den Feuerungsautomaten abgesichert. Der Feuerungsautomat ...

- sorgt vor der Zündung für eine genügende Durchlüftung des Flammrohres und der Rauchgaszüge
- überwacht das Vorhandensein der Zündflamme
- überwacht bei Gasbetrieb den Gasdruck und die Dichtigkeit der beiden Gasventile.

Bei Drucküberschreitungen sorgt zunächst der Sicherheitsdruckbegrenzer für ein Abschalten des Brenners und als letzte Sicherung tritt das Sicherheitsventil in Aktion und bläst Dampf ab.

Bei Wassermangel sorgen zwei Wasserstandbegrenzer „in besonderer Bauart“ (d.h. baumustergeprüfte und vom TÜV abgenommene Geräte) für ein sofortiges Abschalten des Brenners.

Vorteile eines Großraumwasserkessels:

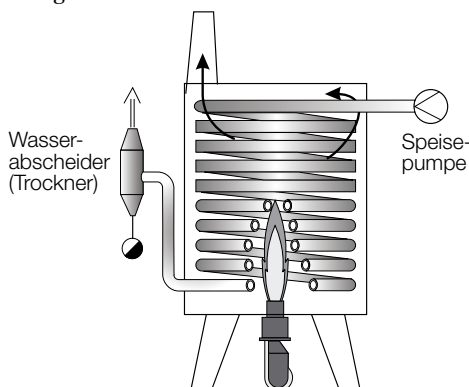
- Gutes Speichervermögen im Hinblick auf Lastschwankungen, da entsprechend viel heißes Wasser und ein großer Dampfraum zur Verfügung stehen
- trockener Dampf
- Parallelschaltung mehrerer Kessel leicht möglich
- niedrige Wartungs- und Betriebskosten.

Nachteile eines Großraumwasserkessels:

- Höherer Anschaffungspreis im Vergleich zu den anderen Dampferzeugern (s.u.)
- Baugröße
- lange Aufheizzeit
- für den Betrieb ist geschultes Personal notwendig

3.3 Schnelldampferzeuger

Ist kein Dauerbetrieb erforderlich, aber eine schnelle Betriebsbereitschaft, dann kommen Schnelldampferzeuger zur Anwendung.



Eine ständig von Wasser durchströmte Rohrschlange wird der Brennerflamme und den entstehenden Rauchgasen im Gegenstromprinzip ausgesetzt. Bedingt durch die große Fläche der Rohrschlange und die vergleichsweise kleine Wassermenge wird eine schnelle Aufheizzeit erreicht. Ebenfalls bedingt durch die kleine Wassermenge sind die Wärmeverluste durch Abstrahlung nach Abschalten des Brenners gering.

Zur Leistungsregelung wird die Wasserumlaufgeschwindigkeit der Feuerleistung angepasst. Die Speisepumpe hat die Eigenschaft, einen vorgegebenen Wasserfluss sicherzustellen, um die gewünschte Wasser-/Dampfrelation zu erhalten. Außerdem wird dadurch verhindert, dass Überhitzungen in Teilbereichen der Rohrschlange auftreten. Prinzipbedingt hat der austretende Dampf eine hohe Restfeuchte, so dass ein nachgeschalteter Wasserabscheider unbedingt notwendig ist. Das dort abgeschiedene Wasser wird entweder verworfen oder in den Speisewasserbehälter zurückgeführt. Bei Letzterem besteht jedoch die Gefahr des ständigen Aufsalzens des Speisewassers.

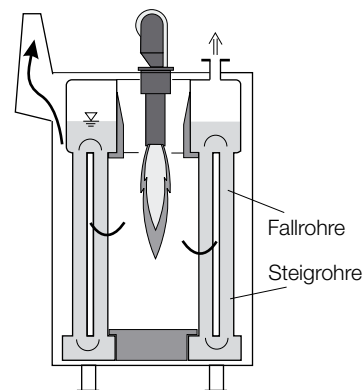
Schnelldampferzeuger sind für Leistungen bis 7 t/h und 30 bar lieferbar.

Vorteile eines Schnelldampferzeugers:

- niedrige Anschaffungskosten
- kleine Aufstellfläche
- Aufstellung auch in geschlossenen Räumen wegen des geringeren Gefährdungspotentials durch den kleinen Wasserinhalt
- höhere Kesselwasserdichten möglich durch den Wasser-Zwangsumlauf, d.h. geringere Anforderungen an die Wasseraufbereitung

Nachteile eines Schnelldampferzeugers:

- Hohe Dampffuchte
- schwankender Druck da geringes Puffervolumen
- wartungsaufwändige Kolbenspeisepumpe
- hohe Schalthäufigkeit
- Anfahrverluste durch häufiges Vorlüften
- festes Verhältnis zwischen Wasser- und Brennstoffmenge nötig.



Das obenstehende Bild zeigt die Bauart eines Schnelldampferzeugers, die die Vorteile eines Großraumwasserkessels mit denen eines oben beschriebenen Schnelldampferzeugers verbindet: Eine obere und eine untere Ringtrommel sind durch Steig- und Fallrohre miteinander verbunden. Als Wärmequelle wird ein Sturzrohrbrenner verwendet. Die Rauchgase umspülen den inneren Ring der Steigrohre, um anschließend die äußeren Fallrohre zu umspülen. Durch dieses Prinzip entsteht für das Kesselwasser ein natürlicher Umlauf.

In der oberen Ringkammer bildet sich ein großer Ausdampferraum mit definiertem Wasserspiegel, so dass einerseits eine