

Industrie armaturen

The Industrial Valve Journal

<http://www.industriearmaturen.de>

Regelventile für den Wasser-Dampf- Kreislauf in thermischen Anlagen

Control valves for the water/steam circuit in thermal plants

Dipl.-Ing. Achim Daume, Björn Carstensen
Daume Regelarmaturen GmbH, Isernhagen

erschienen in Industriearmaturen Heft 2, Juni 2007

Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Ansprechpartner: W. Mönning Tel. 0201/82002-25, E-Mail: w.moenning@vulkan-verlag.de

Regelventile für den Wasser-Dampf-Kreislauf in thermischen Anlagen

Control valves for the water/steam circuit in thermal plants

Von Achim Daume und Björn Carstensen

Regelventile kommen sehr häufig in Kraftwerken und Industrieanlagen als Stellglieder in Temperatur-, Druck- und Niveauregelkreisen sowie in Volumenregelsystemen zum Einsatz. Da es sich beim Wasser-Dampf-Kreislauf im Kraftwerk oder in Industrieanlagen um keinen dauerhaft stationären Prozess handelt, werden zum Schutz einiger Komponenten, zur Regelung des Prozesses und zur Leistungssteigerung der Anlage Regelventile in die Rohrleitungen eingebaut. Hierbei werden die Regelventile mit ihrer Aufgabe bezeichnet wie zum Beispiel beim Mindestmengen-Regelventil, das eine Mindestmenge für die Kreiselpumpe kontrolliert. Bild 1 mit dem Schema eines solchen Kreislaufes zeigt die Position der in diesem Beitrag beschriebenen Regelventile.

Control valves are very frequently used in power-generating and other industrial plants as regulating elements in temperature, pressure and level control circuits, and also in volume regulation systems. Since the water/steam circuit in a power-generating or other industrial plant is not a permanently steady-state process, control valves are installed in lines in order to protect specific components, to permit control of the process and to increase performance. These control valves are identified in this context by their particular function, as in the case, for example, of minimum-flow valves, which regulate a minimum flow for the centrifugal pump. Figure 1, showing a diagram of such a circuit, illustrates the positioning of the control valves examined in this article.

In **Bild 1** ist der Wasser-Dampf-Kreislauf eines konventionellen Kraftwerks schematisch dargestellt. Dabei sind die blauen Linien der Speisewasser- und Kondensatbereich und die roten Linien der Dampfbereich.

Weitere Regelventile zum An- und Abfahren bzw. Anwärmen sind nicht dargestellt. Dies gilt auch für Entwässerungs- und Entlüftungsventile. Im Weiteren wird detaillierter auf das Mindestmengen-Regelventil, auf das Speisewasser-Regelventil und das Ablauf-Regelventil eingegangen.

Mindestmengen-Regelventile für Kraftwerke und Industrieanlagen

Da bei Kesselspeisewasserpumpen und Kondensatpumpen eine bestimmte Min-

destfördermenge nicht unterschritten werden darf, werden Mindestmengen-Regelventile eingesetzt. Das Unterschreiten dieser Menge würde zu einer Erwärmung des Speisewassers bzw. Kondensats innerhalb der Pumpe führen, wodurch Kavitation einsetzen würde und somit es zu Schäden innerhalb der Pumpe kommt.

Bei besonderen Fahrweisen des Kessels – Anfahren, Gleitdruckbetrieb oder Schwachlastbetrieb – liegt die Bedarfsmenge jedoch unter der Mindestfördermenge der Pumpe. Durch Abfahren der Mengendifferenz zurück in den Speisewasserbehälter oder Kondensator über ein Pumpen-Bypass-System, der Mindestmengenanlage mit dem Mindestmengenventil, wird der notwendige Pumpenschutz erreicht. Das Mindestmengenventil erfüllt also die Aufgabe eines Pumpen-Sicherheitsventils.

Steuerung und Regelung

Zur Ansteuerung sind hauptsächlich zwei unterschiedliche Regelsysteme vorgesehen:

- **Auf-Zu-Steuerung:** Unterschreitet die Bedarfsmenge die erforderliche Mindestmenge, wird das Mindestmengenventil voll geöffnet und eine gewisse Menge abgeführt. Regelgröße ist also die Menge, die mindestens erforderlich wäre, die Pumpe zu schützen, auch wenn die Bedarfsmenge der Anlage null wäre. Fördermenge ist also Mindestmenge und Bedarfsmenge. Die dazu erforderliche einfache und preisgünstige Auf-Zu-Steuerung wird bei kleinen Anlagen bis ca. 200 MW bevorzugt.
- **Stetige Regelung:** Unterschreitet die Bedarfsmenge die erforderliche Mindestmenge, wird das Mindestmen-

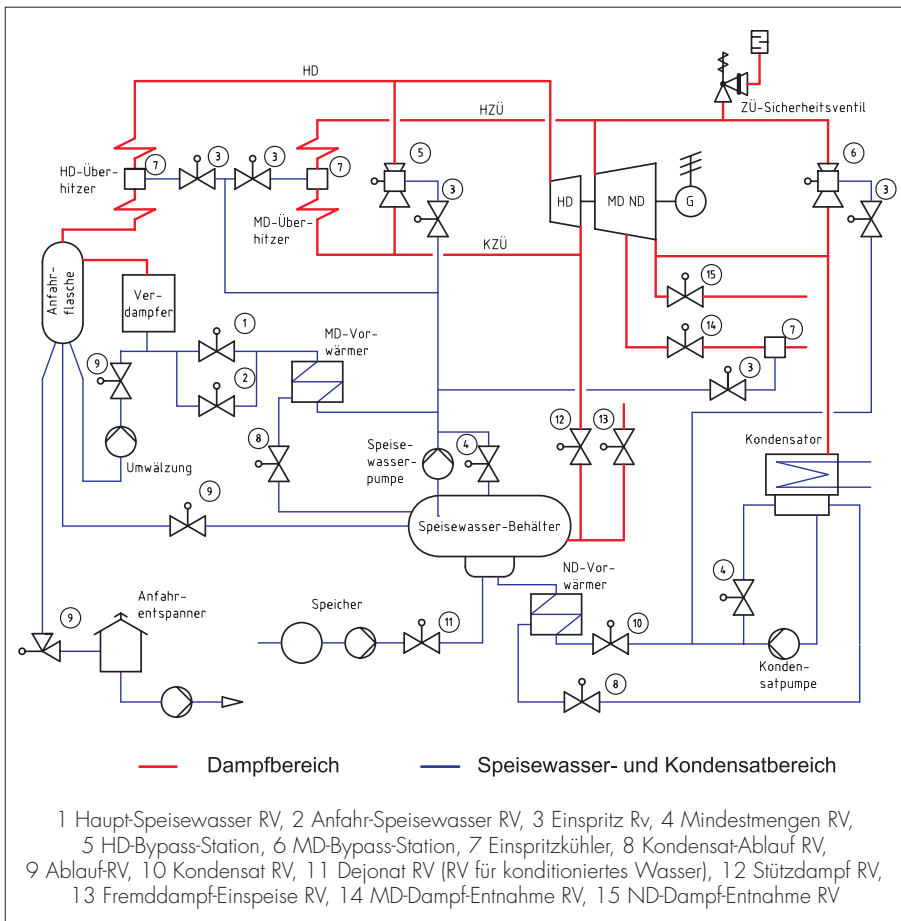


Bild 1: Regelarmaturen von Daume im Wasser-Dampf-Kreislaufes

Fig. 1: Daume control valves in the water/steam circuit

gen-Regelventil so weit geöffnet, bis eine Menge abgeführt wird, die zusammen mit der Bedarfsmenge eine Größe erreicht, die der Mindestmenge entspricht. Regelgröße ist demnach die gesamte Fördermenge. Bei großen Anlagen mit bis zu 1300 MW ergibt sich durch die stetige, von der Pumpenanzahl abgenommene Regelung trotz der aufwendigeren und damit teureren Regelanlage eine erhebliche Energie- und Kostensparnis.

Notfall und Störung

Bei Ausfall der Netzspannung öffnet das Mindestmengenventil in jedem Fall ohne Hilfsenergie auf Vollhub.

Konstruktion und Wirkungsweise

Die Drosselwirkung wird in dem in **Bild 2** gezeigten Ventil von Daume Regelarmaturen mit dem mehrstufigen Drosselkörper erreicht. Die Strömung wird mit Hilfe eines Lochkörpers zu einer Auflösung des Dralls und konzentri-

scher Ausrichtung auf den Ventilsitz in allen Ventilöffnungsstellungen durch eine hochwirksame Strömungsbremsstrecke geführt. Damit erfolgt der Druckabbau nicht in Stufensprüngen mit starken Geschwindigkeitsunterschieden, sondern kontinuierlich in einer fast geraden von hohen zu niedrigen Drücken verlaufenden Bremslinie. Das wird über dem gesamten Hubbereich beibehalten. Je nach Gesamtdruckgefälle kommen entsprechend viele Stufen zum Einsatz. Es werden in der Praxis maximal 5-stufige parabolische Drosselkörper eingesetzt.

Bei den Ventilen hat sich der Einsatz von Lochkörpern bewährt, die den Drosselkörper umgeben, denn durch diese Lochkörper wird der Drosselkörper gleichmäßig am Umfang verteilt angeströmt und somit wirkt der Lochkörper als Strömungsgleichrichter. Durch diese Eigenschaften werden Schwingungen vermieden und die Druckreduzierung erfolgt schwingungsarm. Weitere Vorteile sind die Geräuschdämpfung und die Kavitationsfreiheit.

Alle Einbauteile sind leicht auswechselbar. Mittels selbstdichtendem Deckelverschluss erfolgt der druckdichte Abschluss nach außen. Die Spindel wird

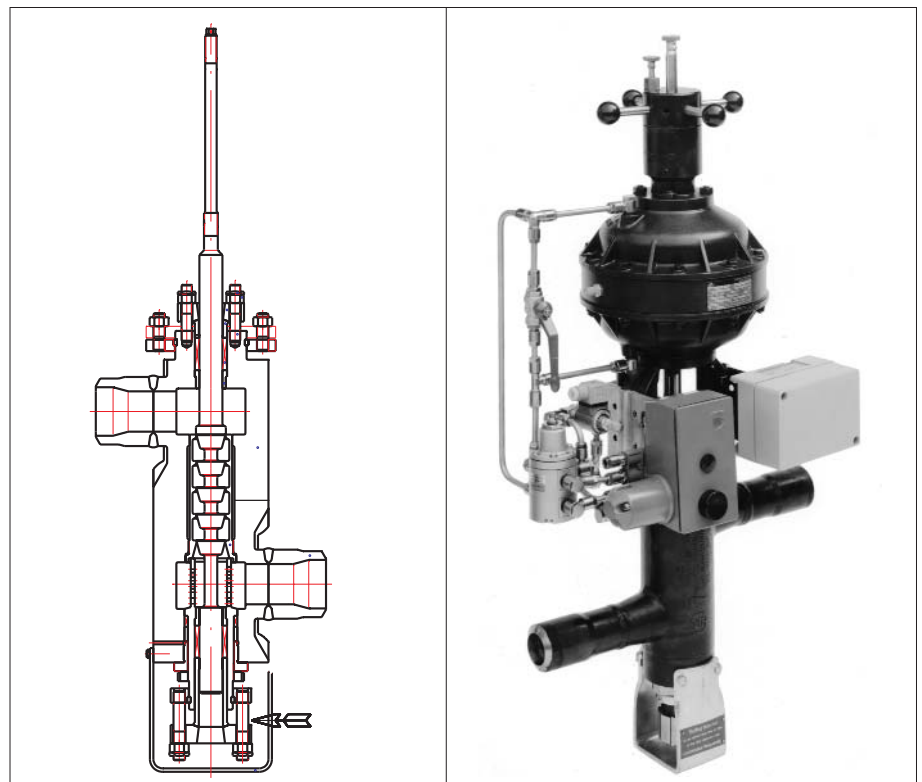


Bild 2: Mindestmengen-Regelventil

Fig. 2: Minimum-flow control valve

durch eine Spezial-Stopfbuchse abgedichtet. Die Drosselkörper werden aus einem langjährig erprobten Werkstoff von Daume Regelarmaturen gefertigt und garantieren lange Lebensdauer und hohe Verfügbarkeit. Dieser Werkstoff wurde für die schwierigen Betriebsbedingungen entwickelt. Diese Armaturen befinden sich in vielen Kraftwerksanlagen.

Speisewasser-Regelventile für Kraftwerke und Industrieanlagen

Speisewasser-Regelventile regeln den Speisewasserzufluss zum Dampferzeuger. Da hier verschiedene Ausführungen vorliegen können, sind auch die Konzepte unterschiedlich.

Volllast-Regelventile

Sie sind im Hauptspeisewasserstrang angeordnet. Sie werden für die Gesamtspeisewassermenge des Dampferzeugers ausgelegt und sollen im Volllastfall ein möglichst geringes Druckgefälle erzeugen. Die entsprechende Auslegung des Ventils ergibt einen relativ großen Sitzdurchmesser.

Da in Strömrichtung hinter dem Speisewasser-Regelventil immer ein Absperrschieber eingebaut sein muss, ist ein absoluter Dichtabschluss am Speisewasser-Regelventil nicht erforderlich. Die Ventile können daher mit einem Druckentlastungskolben ausgerüstet sein. Das vermeidet übergroße Stellkräfte und führt damit wirtschaftlich zu kleineren Stellantrieben. Aufgrund der geringen Stellkräfte können auch kostengünstige pneumatische Antriebe eingesetzt werden.

Der einstufige Lochdrosselkörper übernimmt sicher für die vorgesehenen Betriebsfälle ($< 30 \text{ bar } \Delta p$) das Einstellen der Bedarfsmenge. Eine logarithmische Öffnungskennlinie hat sich dabei als sinnvoll erwiesen. Der Drosselkörper kann auch als Zwei- bis Drei-Stufenausführung ausgeführt werden, dabei sollte die Druckdifferenz pro Stufe aber nicht größer 30 bar sein.

Durch Einbau eines Lochkörpers bei Ventilen von Daume Regelarmaturen werden Schwingungen im Ventil verrin-

gert, da dieser als Strömungsgleichrichter fungiert. Bei diesen Ventilen kommen außerdem spezielle Werkstoffe zum Einsatz, die bei den hohen Beanspruchungen geringen Verschleiß aufweisen.

Bei Trommelkesseln kommt den Ventilen eine Wasserstandsregelung für die Trommel oder/und bei drehzahlregelten Speisewasserpumpen eine Differenzdruckregelung zu.

Bei Zwangsdurchlaufkesseln ist die Mengenregelung vor allem für den unteren Mengenbereich erforderlich, wenn die Speisewasserpumpen nicht weiter heruntergefahren werden können.

Zum An- und Abfahren sowie für Schwachlastbetrieb sind dagegen hohe Druckdifferenzen bei kleinen Speisewasserströmen zu beherrschen. Im Bypass zu den Volllast-Regelventilen werden hier Schwachlast- oder Anfahr-Regelventile eingesetzt.

Schwachlast- oder Anfahr-Regelventile

Als Maximalmenge werden 30- oder 50 Prozent der Hauptspeisewassermengen für die Auslegung angesetzt. Diese Mengen ergeben zusammen mit höheren Druckgefällen wesentlich kleinere Sitzdurchmesser. Damit wird die Feinregelung auch kleinster Speisewassermengen möglich. Beim Einsatz von zwei Schwachlastventilen im Bypass zum Volllast-Regelventil erlauben diese im Notfall den Weiterbetrieb der Anlage auch bei eventuellen Störungen am Hauptventil.

Anfahren und Schwachlastbetrieb

Die Druckregelung erfolgt mit den Elektro-Speisepumpen, die jedoch nicht beliebig weit heruntergeregelt werden können. Die Regelung des Speisewasserdurchflusses erfolgt daher durch Anfahr-Regelventile. Während dieser Phase muss der Wasserstand in der Anfahrflasche über das Umwälz-Regelventil geregelt werden.

Volllastbetrieb

Nach Anfahren und dem Schwachlastbetrieb erfolgt die Umschaltung auf die Volllast-Turbo-Pumpe. Das Hauptspeisewasser-Regelventil übernimmt von einer bestimmten Mindestlast an die weitere Einstellung der Speisewassermenge entsprechend der steigenden Leistung der

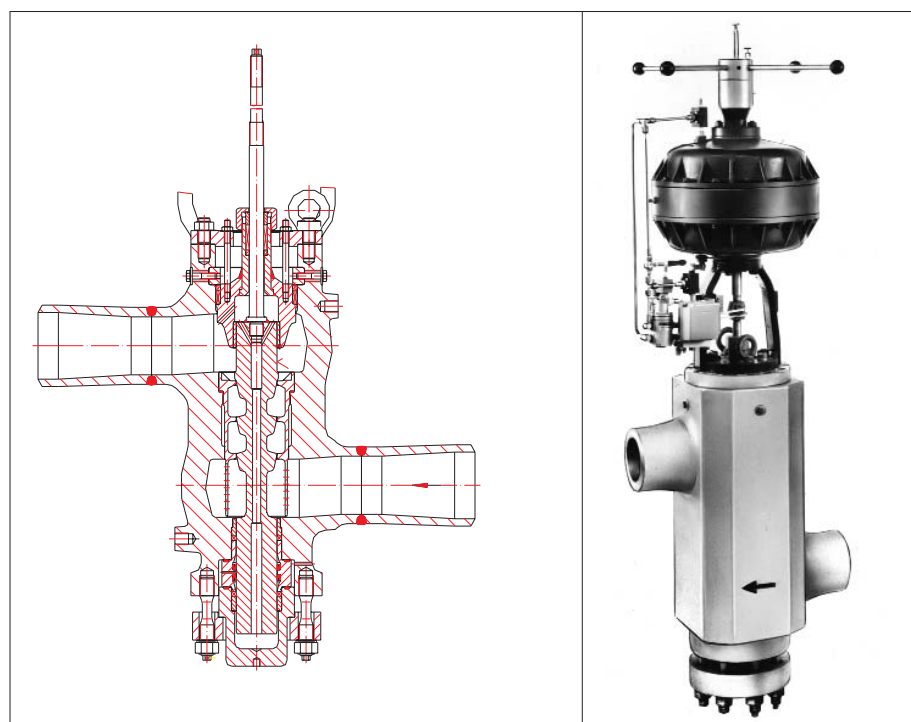


Bild 3: Speisewasser-Regelventil in Z-Form
Fig. 3: Feedwater control valve in Z-shape

Anlage. Die Schaltung erfolgt völlig stoßfrei durch abgestimmte Spezialkennlinien der Ventile. Danach öffnet das Hauptspeisewasser-Regelventil nach und nach voll, um den Druckabfall an dieser Stelle bei Volllast möglichst gering zu halten. Der Speisewasser-durchfluss wird nun von der drehzahlge-regelten Volllastspeisewasserpumpe ein-gestellt. Dabei bleibt das Hauptspei-se-wasser-ventil regeltechnisch voll im Eingriff und kann eventuell notwendige Korrekturen sofort durchführen.

In Altanlagen bis einschließlich 300 MW kommen folgende Komponenten zur Speisewasserregelung zum Einsatz:

- für Halbblast-E-Pumpen:
2 Anfahr-Regelventile für 40 bis 50 % Last
- für Volllast-Turbo-Pumpe:
1 Volllast-Regelventil für 100 % Last.
- für eine Umwälzpumpe:
1 Umwälz-Regelventil (nicht erforder-lich bei einem Dampferzeuger mit Trommel)

Bei moderneren Anlagen werden Teil-lastpumpen mit je 40 % Leistung und eine Volllastspeisepumpe mit 100 % Lei-stung eingesetzt. Diese Pumpen fördern in eine gemeinsame Druckleitung. In dieser Druckleitung befindet sich der Kesselabsperrschieber und im Bypass je ein Haupt- und Anfahrregelventil.

Nach dem Füllen und Entlüften des Kes-sels sind diese Armaturen alle geschlos-sen. Die Speisewasser-Pumpen laufen

in der Mindestmenge. Die Kesselum-wälzpumpe wird eingeschaltet und der Wasserstand in der Anfahrflasche wird über das Ablauf-RV eingestellt. Nach dem Kesselzünden und mit steigenden Temperaturen geht Dampf in dem HD-Überhitzer weiter zur HD-Bypassstation. Diese fehlende Wassermenge wird nun über das Anfahrventil nachgeführt. Mit steigender Feuerleistung übernimmt das Hauptspeisewasserregelventil diese Aufgabe.

Nachdem aus dem Verdampfer nur noch Dampf austritt und somit die An-fahrflasche trocken wird, muss die Kes-selumwälzpumpe abgeschaltet wer-den. Wenn die Druckdifferenz über das Hauptspeisewasserregelventil klein ge-nug ist, kann der Kesselabsperrschieber geöffnet werden und die Mengenre-gelung wird nur noch von den/der Spei-sewasserpumpe übernommen.

Aufbau und Konstruktion

Speisewasser-Regelventile in Kraftwer-ken sind Hochdruckventile und werden aus Schmiedestahl oder Stahlguss ge-fertigt, bei Industrieanlagen mit gerin-gen Betriebsdrücken ist dagegen Stahl-guss wirtschaftlicher.

Der Lochdrosselkörper und der stan-dardmäßig auswechselbare Sitz bilden das Herzstück der Konstruktion.

Die Ventilkennlinien werden auf die Haupt- und Randbedingungen des Re-

gelkonzeptes abgestimmt. Der druck-dichte Abschluss des Gehäuses nach außen erfolgt über den Deckelver-schluss, die Abdichtung des Spindel-schaftes über die Stopfbuchse. Bei Ven-tilen ab etwa DN 100 ist ein Druckent-lastungskolben eingebaut, um unnötig hohe Stellkräfte zu vermeiden und kos-tengünstige kleinere Stellantriebe ver-wenden zu können. Schwachlast-Regel-ventile mit kleineren Sitzdurchmessern können eventuell auf diese Entlastung verzichten.

Jede Armatur erhält Einschweißenden entsprechend dem Rohrleitungswerk-stoff.

Baugrößen und Bauformen

Hauptspeisewasser-Regelventile aus Schmiedestahl oder Stahlguss werden in Z-, Eck- oder Durchgangsform herge-stellt. In **Bild 3** ist ein Speisewasser-Re-gelventil in Z-Form und **Bild 4** ein Spei-sewasser-Regelventil in Durchgangs-form abgebildet. Baugrößen bis DN 250 sind gängig, wobei die Abstufun-gen den Nennweiten entsprechen. Die sicherheitstechnische Berechnung er-folgt nach festigkeitsmäßiger Auslegung (Druck/Temperatur/Prüfdruck).

In Sonderfällen, zum Beispiel nicht drehzahlgeregelten Speisewasserpum-pen können dauernd hohe Druckgefälle auftreten. Hier empfiehlt sich die Eck-form mit mehrstufigem Lochdrosselkör-per, die in **Bild 5** dargestellt ist. Um-

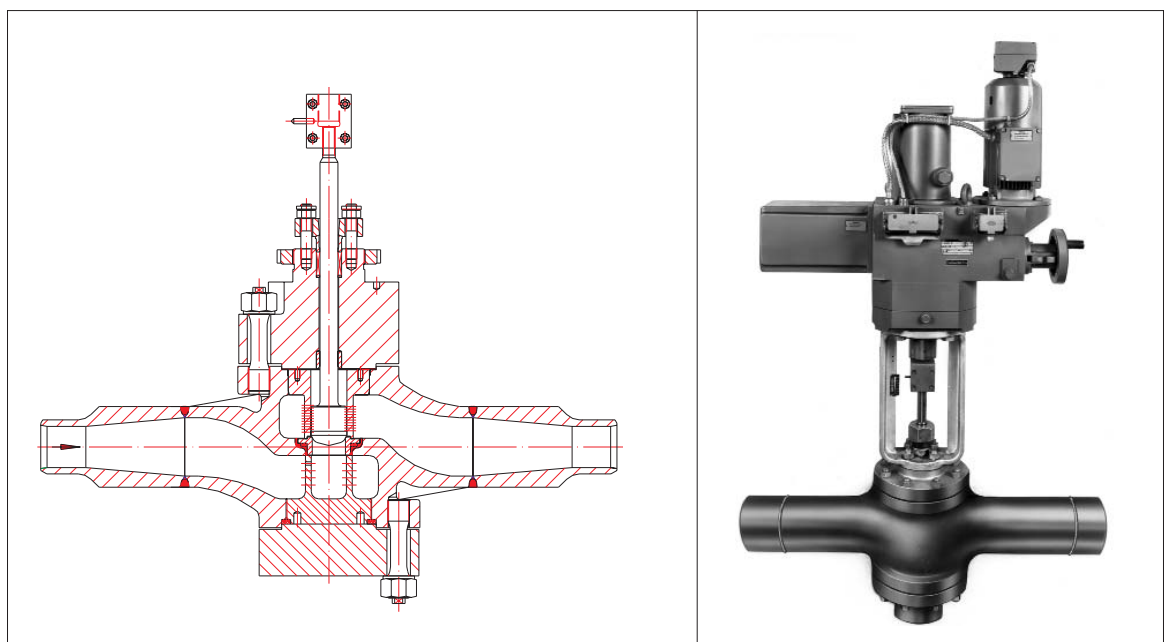


Bild 4:
Speisewasser-Regel-ventil in Durchgangs-form

Fig. 4:
Straight through feedwater control valve

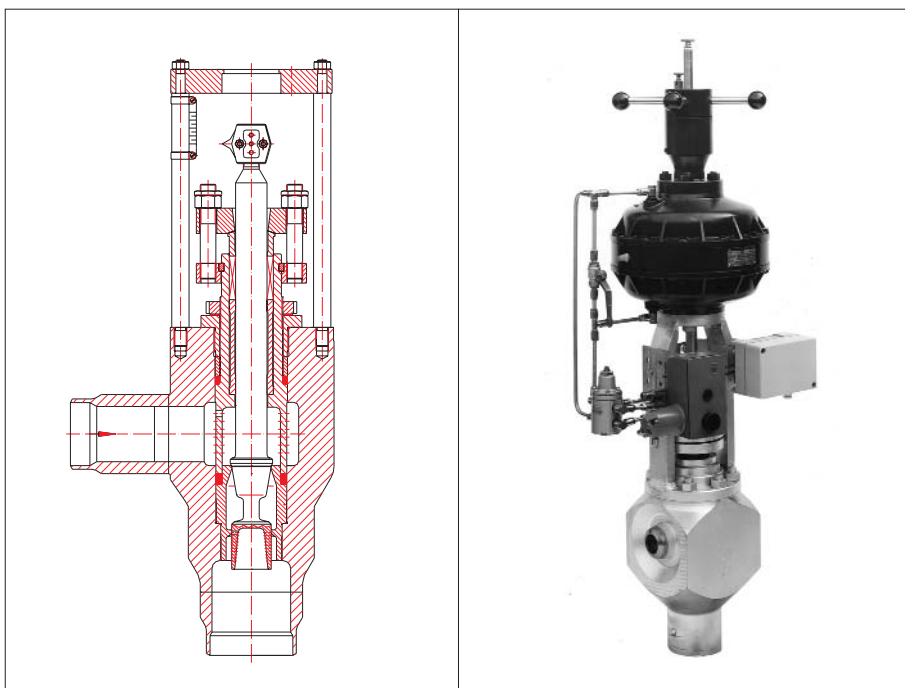


Bild 5: Speisewasser-Regelventil in Eckform
Fig. 5: Angle feedwater control valve

walz-Regelventile entsprechen konstruktiv den Schwachlast-Speisewasser-Regelventilen.

Ablauf-Regelventile

Ablaufregelventile dienen dazu, das im

Anfahr- oder Schwachlastbetrieb anfallende Wasser oder Siedewasser aus der Kesselflasche abzuführen. Bei einem Bensonkessel dient das Regelventil als Anfahrventil, um das Niveau des Wassers (Siedewassers) in der Anfahrflasche konstant zu halten.

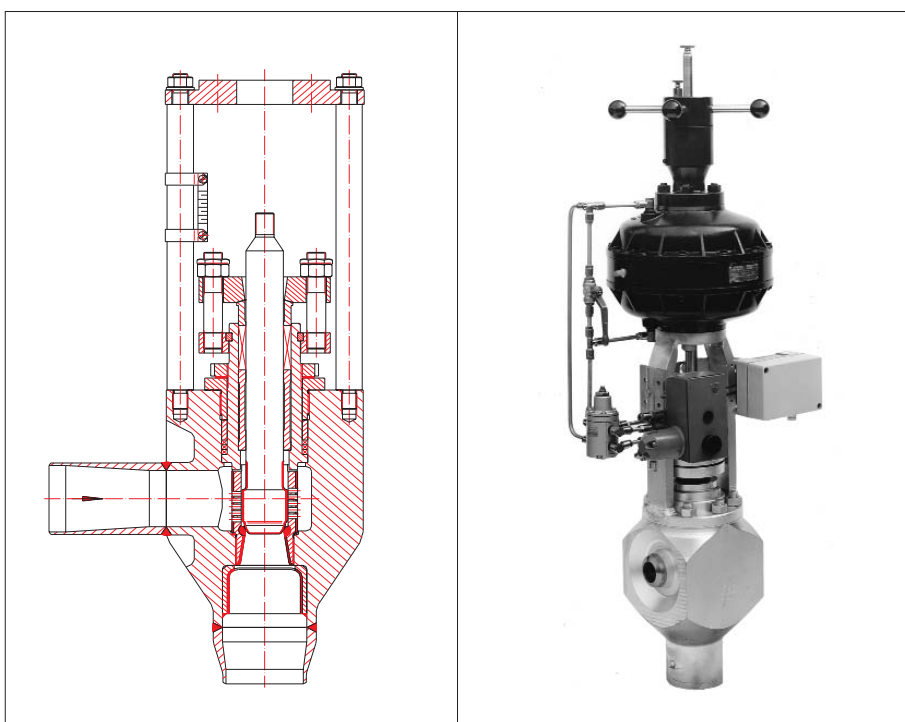


Bild 6: Ablauf-Regelventil in Eck-Form
Fig. 6: Angle drain control valve

Bauformen

Bei den Ablauf-Regelventilen hat sich eine geschmiedete oder gegossene Eck-Ausführung bewährt. Der Austritt ist dabei zwei bis drei Nennweiten-Stufen größer als der Eintritt. Grund dafür ist, dass es in diesem Regelventil zu Ausdampfungen kommt. In **Bild 6** ist ein Ablauf-Regelventil von Daume Regelarmaturen in Eck-Form abgebildet. Bei diesem Regelventil wird bei Daume Regelarmaturen der Sitz und der Kegel standardmäßig gehärtet ausgeführt, um die Bauteile vor Erosion zu schützen und somit längere Standzeiten zu erreichen. Die Innenteile sind wie bei den anderen Regelventilen austauschbar, damit Wartungsfreundlichkeit gegeben ist.

Stellantriebe

Alle Ventile können mit elektrischen Drehantrieben, pneumatischen, hydraulischen Schubantrieben oder hydraulischen Stellzylindern mit getrennten Hydrauliksystem ausgerüstet werden. Im Fall von Drehantrieben übernimmt die eingebaute Spindelmutter die Umsetzung des Drehmoments in axiale Schubkraft.

Die in diesem Beitrag beschriebenen Ventile fallen unter die Druckgerätereichlinie und dürfen nur durch zertifizierte Unternehmen gefertigt werden. Daume Regelarmaturen gehört zu diesen zertifizierten Unternehmen und kann außerdem auf jahrzehntelange Erfahrung in der Herstellung von Hochdruckarmaturen verweisen.



Dipl.-Ing. Achim Daume
 Daume Regelarmaturen GmbH
 Isernhagen
 mail@daume-regelarmaturen.de



Björn Carstensen
 Daume Regelarmaturen GmbH
 Isernhagen
 mail@daume-regelarmaturen.de