

Armaturen für anspruchsvolle Volumenstromregelungen

Valves for challenging flow rate control

Von Sebastian Lindemann und Kerstin Schlelein

Regelarmaturen werden in allen Industriebereichen eingesetzt, wo fließfähige Stoffe (hauptsächlich Flüssigkeiten und Gase) in Rohrleitungssystemen transportiert werden müssen, d.h. beim Regeln von Volumenströmen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über Möglichkeiten zur Volumenstromregelung von Flüssigkeiten und Gasen, und zeigt an Hand von ausgesuchten Beispielen anspruchsvolle technische Lösungen auf.

Control valves are used in all areas of industry, where capable of flow substances (mainly liquids and gases) have to be transported in piping systems, i.e. for control of flow rates. This article gives an overview about opportunities to control flow rates of liquids and gases, and shows challenging technical solutions.

Was versteht man unter Regelung?

Die DIN-Norm 19226 definiert den Begriff Regelung wie folgt: Regelung ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend die zu regelnde Größe (Regelgröße) erfasst, mit einer anderen Größe (Führungsgröße) verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird. Kennzeichen für das Regeln ist der geschlossene Wirkungsablauf, bei dem die Regelgröße im Wirkungsweg des Regelkreises (**Bild 1**) fortlaufend sich selbst beeinflusst.

▷ w = Führungsgröße (Sollwert)

- ▷ x = Regelgröße (Größe die geregelt wird)
- ▷ r = Rückführungsgröße (Größe, die aus der Messung der Regelgröße hervorgeht)
- ▷ e = Regeldifferenz (Differenz zwischen Führungsgröße und Rückführungsgröße)
- ▷ z = Störgröße (beeinflusst die Regelgröße in unerwünschter Weise)

Wie im dargestellten Regelkreis (Bild 1) ist die Regelgröße immer rückgekoppelt. Die Rückführungsgröße wird von der Führungsgröße abgezogen und die entstehende Regeldifferenz wird zur Ansteuerung der Regeleinrichtung genutzt.

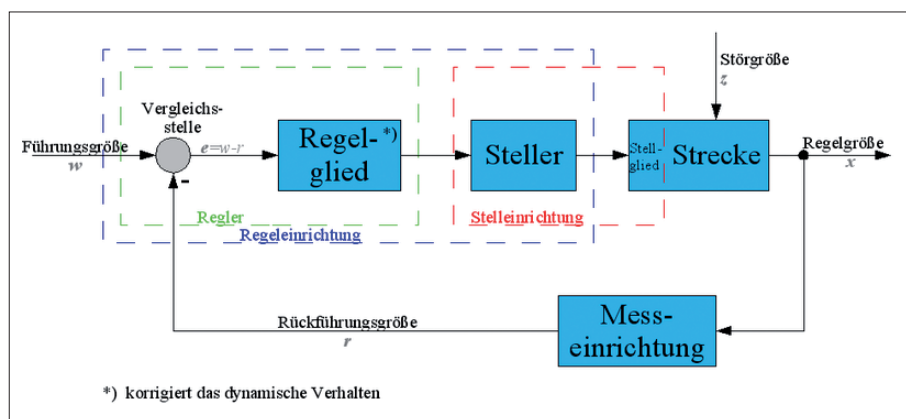


Bild 1: Regelkreis

Fig. 1: Control cycle

Regelung ist in allen Lebensbereichen anzutreffen, vom Stoffwechsel im menschlichen Organismus bis zur Verbrennung in Raketentriebwerken. In der Industrie wird oft in Rohrleitungssystemen eine Volumenstromregelung benötigt, um kontrollierte Prozessabläufe zu gewährleisten.

Die Regelung von Volumenströmen

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Möglichkeiten der Regelung von Volumenströmen:

- ▷ durch Regelventile
- ▷ durch Regelarmaturen

Regelpumpen

Herkömmliche Pumpen arbeiten bei einem bestimmten Arbeitspunkt oder in einem bestimmten Arbeitsbereich mit 100 % Leistung und fördern dabei einen kontinuierlichen maximalen Volumenstrom. Liegt der Bedarf des abzunehmenden Volumenstroms unter dem bei diesem Arbeitspunkt zu fördernden maximalen Volumenstrom, muss der überschüssige Volumenstrom über einen Bypass zurückgeführt oder über eine dementsprechende Regelarmatur gedrosselt werden. Dadurch ist der Energiebedarf höher als eigentlich notwendig, um den abzunehmenden Volumenstrom zu fördern.

Regelpumpen arbeiten effizienter als herkömmliche Pumpen, da sie auch mit Zwischenlasten gefahren werden können. Sie bieten den Vorteil einer kompletten Durchflussregelung mit Hilfe einer angepassten Steuerung (Frequenzrichter). Durch ein „sanftes“ An- und Abfahren der Regelpumpe können Druckschläge verhindert und der mechanische Verschleiß minimiert werden. Regelpumpen können vorteilhaft eingesetzt werden, wo allein der Volumenstrom der Hauptleitung zu regeln ist.

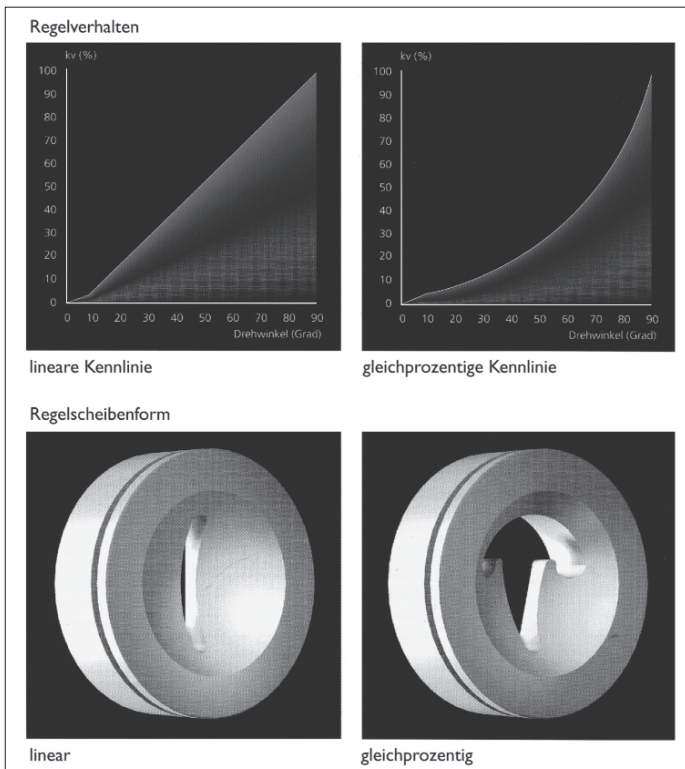


Bild 2: Regelscheiben und zugehörige Regelkennlinien (nach [1])

Fig. 2: Control discs and appurtenant characteristics curves

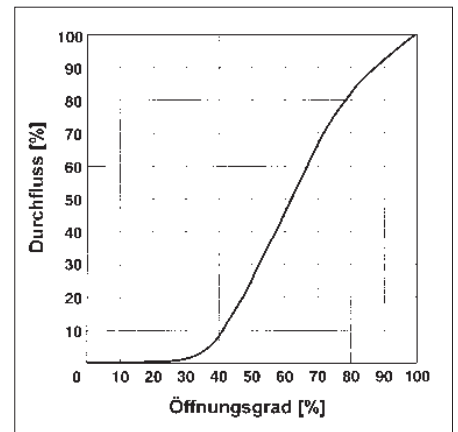


Bild 4: Beispiel einer Kennlinie von Absperrklappen

Fig. 4: Sample characteristics curve for butterfly valves

Regelarmaturen

Die zweite Möglichkeit einer Volumenstromregelung besteht im Einsatz von Regelarmaturen. Dabei kann zwischen folgenden Grundbauarten unterschieden werden:

- ▷ Regelkugelhähne
- ▷ Absperrklappen
- ▷ Membranventile
- ▷ Kegel-Sitz-Ventile

Alle hier aufgeführten Bauarten sind aus metallischen Werkstoffen und zum größten Teil auch aus Kunststoff erhältlich.

Regelkugelhähne

Herkömmliche Kugelhähne weisen eine Durchgangsbohrung auf, die einen großen Volumenstrom ermöglicht; sie sind jedoch für eine Regelung des Volumenstroms nur bedingt geeignet. Um mit einem Kugelhahn regeln zu können, sind entsprechende Modifizierungen erforderlich:

- ▷ nachgeschaltete Regelscheibe (**Bild 2**) oder
- ▷ spezielle Bohrungsgeometrie der Kugel/des Kükens

Bei beiden Ausführungen ist die Herstellung der Sonderkonturen sehr aufwendig und kostenintensiv. Bauartbedingt lassen sich bei Kugelhähnen Toträume nicht vollständig vermeiden. Toträume

sind Bereiche, in denen das Medium oder Verschmutzungen eingeschlossen bzw. festgehalten werden, oder nicht vollständig durch Spülmaßnahmen entfernt werden können. Um bei den für Regelarmaturen typischen, kurzen Lastwechseln eine frühzeitige Ermüdung bzw. Verschleiß zu verhindern, wird für Chemikalien und kontaminierte flüssige Medien vorrangig mit speziellen abrasionsfesten metallischen oder keramischen Werkstoffen gearbeitet.

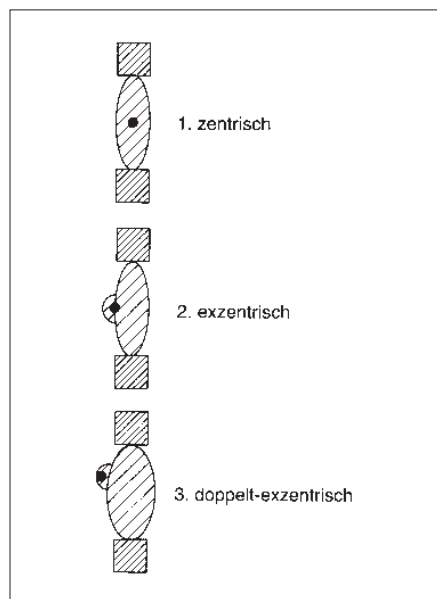


Bild 3: Bauformen von Absperrklappen

Fig. 3: Types of butterfly valves

Absperrklappen

Absperrklappen werden bauartbedingt vor allem bei mittleren bis großen Nennweiten eingesetzt. Durch ihre vergleichsweise geringen Abmessungen (Baulänge, Bauhöhe) können Absperraufgaben preiswert umgesetzt werden. Je nach Anwendungsgebiet werden zentrische, einfach exzentrische oder doppelt exzentrische Absperrklappen eingesetzt (**Bild 3**). Durch die exzentrische Bauform lässt sich das Bewegungsmoment deutlich reduzieren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Gegensatz zur zentrischen Bauform die Klappenscheibe nur in unmittelbarer Nähe der Geschlossenstellung Kontakt mit dem Dichtelement bzw. mit dem Gehäuse hat. Bei zentrischer Bauform hat die Klappenscheibe in Wellennähe permanent Kontakt mit der Dichtung bzw. mit dem Gehäuse, was zu entsprechender Reibung über den gesamten Betätigungsweg führt. Bedingt durch ihre Konstruktion sind Absperrklappen nur eingeschränkt für Regelaufgaben geeignet, was sich auch in ihrer Durchflusskennlinie widerspiegelt (**Bild 4**).

Membranventile

Membranventile eignen sich auf Grund ihrer Formgebung gut zur Mengenregulierung von Flüssigkeiten und Gasen. Da nur das Gehäuseunterteil und die Membran medienberührt sind, eignen sie sich sehr gut auch für aggressive Medien wie Säuren oder Laugen.

Membranventile lassen sich gut reinigen und sterilisieren und sind daher oft in aseptischen Anwendungen zu finden,

unter anderem in der pharmazeutischen und biotechnischen Chemie. Aufgrund der Elastizität der Membran stellen sich in Abhängigkeit von Druck und Fließgeschwindigkeit unterschiedliche geometrische Verhältnisse ein, was eine Regelung mit engen Toleranzen erschwert. Dieser Ventiltyp findet jedoch dank seiner Robustheit und der oben beschriebenen Eigenschaften oft Verwendung, wenn nicht höchste Anforderungen an die Regelgenauigkeit gestellt sind.

Kegel-Sitz-Ventile

Kegel-Sitz-Ventile gehören wie Membranventile zu den Hubventilen. Ihr Herzstück ist die Regelgarnitur, bestehend aus Ventilsitz und Regelkegel, mit der für die jeweilige Nennweite verschiedene Kvs-Werte und Kennlinien (Bild 5) realisiert werden können.

Bild 6 zeigt eine Regelgarnitur aus Kunststoff. Die Spindelabdichtung in Kegel-Sitz-Ventilen wird üblicherweise mit Hilfe eines Faltenbalges oder einer Stopfbuchse realisiert. Oft eingesetzte Stopfbuchsenmaterialien sind unter anderem PTFE oder Graphit. Faltenbälge werden meist aus Metall oder PTFE eingesetzt. Durch optimierte Herstellungsverfahren sind sie besonders langlebig, realisieren hohe Standzeiten trotz ständiger Lastwechsel und gelten als nahezu wartungsfrei, da sie keinen reibungsbedingten Verschleiß haben.

Bei Kegel-Sitz-Ventilen aus Kunststoff ist der Kegelsitz in das Kunststoffgehäuse eingeschraubt. Das hat den Vorteil,

dass auch noch nach der Inbetriebnahme die Regelgarnitur ausgetauscht werden kann. Dadurch können verschiedene Regelkennlinien und unterschiedliche Kvs-Werte realisiert werden. Ein weiterer Vorteil von Kegel-Sitz-Ventilen aus Kunststoff ist die gute Korrosionsbeständigkeit innen gegenüber aggressiven Medien und außen gegenüber aggressiver Umgebungsluft, wie sie in Industrieanlagen häufig vorkommt. Sie zeichnen sich auch durch vergleichsweise geringe Gewichte aus.

Nach welchen Kriterien wird eine Regelarmatur ausgewählt?

Die Regelarmatur muss ebenso wie die Rohrleitung für den jeweiligen Einsatzzweck ausgelegt sein. Um eine gute Wirtschaftlichkeit zu erzielen, sind vor allem eine lange Lebensdauer und große Wartungsintervalle gefordert.

Technische Auswahlkriterien für Regelarmaturen:

- ▷ Kennlinie
- ▷ Medium
- ▷ Druck und Temperatur
- ▷ Durchflussmenge/Nennweite
- ▷ Einbaumgebung
- ▷ Antriebsarten

Nachfolgend werden diese Auswahlkriterien näher beschrieben.

Armaturen-Kennlinien

Unter der Kennlinie einer Regelarmatur versteht man die Abhängigkeit des Durchflusses vom Stellweg. Eine Durch-



Bild 6: Regelgarnitur aus PVDF mit Faltenbalg aus PTFE

Fig. 6: Control trim set from PVDF with bellows from PTFE

flussänderung wird durch Veränderung des Drosselquerschnittes erreicht. Der Kv-Wert ist der gemessene Durchfluss Q von Wasser (5 bis 30 °C) in m³/h bei einem Druckverlust von 1 bar und dem jeweiligen Öffnungsgrad der Regelarmatur.

Man unterscheidet zwischen linearer und gleichprozentiger Kennlinie (s. Beispiel eines Kegel-Sitz-Ventils in Bild 5). Bei der linearen Kennlinie entspricht der Hub in Prozenten gleich dem Durchfluss in Prozenten, das heißt bei einem Hub von 50 % ist auch der Durchfluss 50 % des maximal möglichen Durchflusses.

Anders verhält es sich bei der gleichprozentigen Kennlinie. Hier wird der freie Querschnitt am Anfang sehr gering gehalten, erst ab einem Hub von ca. 50 % steigt der Öffnungsquerschnitt signifikant. Die gleichprozentige Kennlinie ist dadurch gekennzeichnet, dass bei jeder beliebigen Ventilstellung für eine gleiche Hubänderung eine gleiche prozentuale Änderung des Querschnitts erfolgt, bezogen auf den jeweiligen Ausgangsquerschnitt. Dadurch kann man sowohl bei geöffneter Armatur einen großen Durchflusswert als auch im fast geschlossenen Zustand des Ventils eine Feinregelung realisieren.

Medium

Aggressive Medien wie zum Beispiel Säuren/Laugen und Chlorverbindungen stellen hohe Anforderungen an den

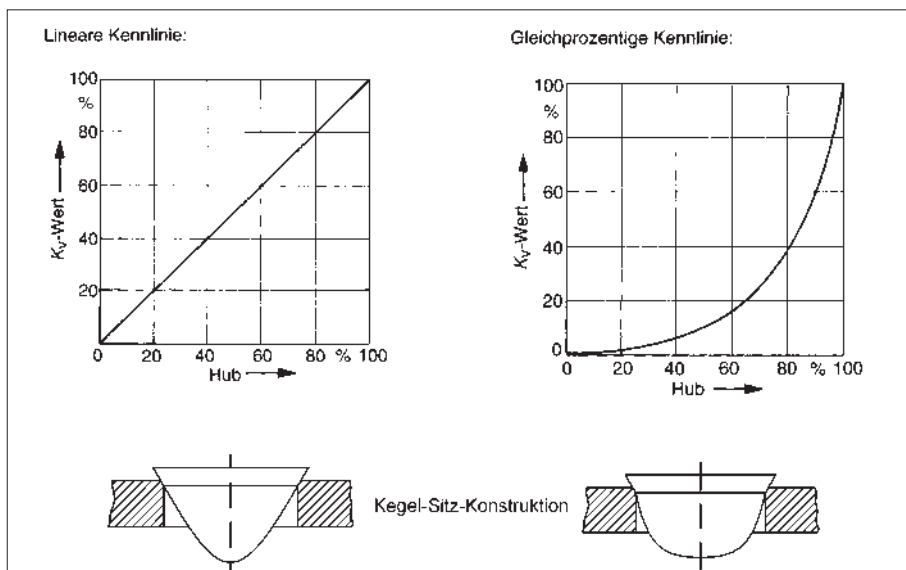


Bild 5: Kennlinien am Beispiel von Kegel-Sitz-Ventilen

Fig. 5: Characteristics curves, example of global control valve

Werkstoff der Regelarmatur. Um eine dauerhafte Funktionalität der Regelarmatur sicherzustellen, dürfen die verwendeten Materialien nicht vom Medium angegriffen werden. Dies gilt nicht nur für die medienberührten Bauteile, auch die nicht direkt medienberührten Teile müssen chemisch beständig sein, da in Industrieanlagen oft aggressive Umgebungsluft anzutreffen ist. Kunststoffe weisen in vielen Fällen eine bessere chemische Beständigkeit als metallische Standardwerkstoffe auf und bieten eine attraktive Alternative zu extrem teuren metallischen Sonderwerkstoffen, wie zum Beispiel Hastelloy und Titan.

Druck und Temperatur

Während sich die mechanischen Eigenschaften der metallischen Werkstoffe im Allgemeinen unter 300 °C nur unwesentlich verändern, weisen üblicherweise in Rohrleitungen eingesetzte Kunststoffe eine temperaturabhängige mechanische Festigkeit auf. Je nach eingesetztem Werkstoff lassen sich mit Kunststoffen Einsatzbereiche von -40 bis 140 °C realisieren. Bei der Auswahl von Regelarmaturen aus Kunststoff muss beachtet werden, dass mit steigender Einsatz- bzw. Medientemperatur der zulässige Betriebsüberdruck geringer wird.

Durchflussmenge/Nennweite

Entscheidendes Kriterium für die Festlegung der Armaturen-Nennweite (DN) ist der erforderliche Durchflussmengenbereich. Charakteristische Kenngröße einer Armatur ist der Kvs-Wert, dieser Wert stellt den Kv-Wert bei voll geöffneter Armatur dar. Der erforderliche Kv-Wert für eine Volumenstrom-Regelung errechnet sich aus dem maximal zu regelnden Durchfluss, der Dichte des Durchflussmediums und dem Differenzdruck (absoluter Druck vor der Armatur minus absoluter Druck nach der Armatur). Üblicherweise wird der Kvs-Wert der Regelarmatur um einen Faktor 1,3...1,5 größer als der errechnete maximale Kv-Wert gewählt.

Weiterhin sollte sich die Nennweite der Regelarmatur an der Nennweite der Anschlussleitung orientieren. Je nach Bauart sind Regelarmaturen gleicher Nennweite mit verschiedenen Kvs-Werten erhältlich. Somit kann eine optimale Anpassung der Regelarmatur an die Nennweite der Rohrleitung sowie an die maximale Durchflussmenge vorgenom-

Tabelle 1: Kvs/DN Kombinationen von Exner-Regelventilen

Table 1: Kvs/DN combinations for Exner globe control valves

Kvs	DN									
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	
0,01	•	•	•							
0,1	•	•	•							
0,2	•	•	•							
0,4	•	•	•							
0,6	•	•	•							
1,0	•	•	•	•						
1,5	•	•	•	•						
2,2	•	•	•	•						
3,5		•	•	•						
5,2		•	•	•	•					
9,0			•	•	•	•				
12,0				•	•	•	•			
16,0				•	•	•	•	•		
25,0					•	•	•	•	•	
34,0						•	•	•	•	
45,0							•	•	•	
60,0								•	•	
80,0									•	
90,0										•

men werden. **Tabelle 1** zeigt am Beispiel von Exner-Regelventilen aus PVDF/PTFE die möglichen Kvs/DN-Kombinationen.

Einbauumgebung

Werden Rohrleitungssysteme im Freien betrieben, müssen die Außentemperaturen und die von Jahres- und Tageszeit abhängigen Temperaturschwankungen beachtet werden. Speziell in den Wintermonaten kann zum Beispiel in Russland extreme Kälte herrschen, während in arabischen Ländern am Tag sehr hohe Temperaturen auftreten können. Bei direkter Sonneneinstrahlung muss zusätzlich die UV-Stabilität gewährleistet sein. Umweltauflagen insbesondere in trinkwassergeschützten Gebieten müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Explosionsgefährdete Bereiche, zum Beispiel in Industrieanlagen, erfordern auch in Bezug auf Regelarmaturen spezielle Anforderungen.

Antriebsarten

Antriebe haben die Aufgabe, die Regelarmatur in jede gewünschte Position zu bringen. In der Verfahrenstechnik werden hauptsächlich elektrische und pneumatische Antriebe verwendet. Die Auswahl erfolgt meist durch die vor Ort vorgegebene Hilfsenergie.

Pneumatische Antriebe haben den Vorteil der Sicherheitsstellung, das heißt sie fahren bei Ausfall der Druckluft automatisch, bedingt durch ihre Federrückstellung, in die Hubendlage und die Regelarmatur schließt. Pneumatische Antriebe sind in der Regel ohne weitere Modifikation für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet.

Elektrische Antriebe werden oftmals dann eingesetzt, wenn keine Druckluftversorgung vorhanden ist bzw. auf eine Sicherheitsstellung der Armatur verzichtet werden kann. Sie bieten den Vorteil, dass Zusatzoptionen wie Stellungsregler und Positionsrückmeldung einfach und platzsparend im Antriebsgehäuse integriert werden können. Bei aggressiven Umgebungsbedingungen ist ein konsequenter Korrosionsschutz aller elektrischen Bauelemente des Antriebs erforderlich. Explosionsschutzforderungen stellen besondere Ansprüche an die Ausstattung der elektrischen Antriebe.

Um eine Regelung zu realisieren, werden Antriebe häufig mit einem Stellungsregler ausgestattet. Der Stellungsregler vergleicht den ihm vorgegebenen Sollwert mit dem ermittelten Istwert und sorgt selbsttätig dafür, dass der Antrieb die Signale erhält, um die erforderliche Stellungsänderung umzusetzen. Außerdem können Stellungsregler optional eine

Rückmeldung zur tatsächlichen Armaturstellung geben (Stellungsrückmeldung). Man unterscheidet je nach Antriebsart und der erforderlichen Hilfsenergie zwischen pneumatischen, elektrischen und elektro-pneumatischen Stellungsreglern. Intelligente Stellungsregler können zwar nicht Instabilitäten in Bezug auf das Regelverhalten der Armatur ausgleichen, bieten aber die Möglichkeit Unregelmäßigkeiten in der Öffnungskennlinie der Armatur durch eine entsprechende Kennlinienkorrektur zu optimieren.

Beispiele technischer Umsetzung anspruchsvoller Volumenstromregelungen

Beispiel 1: Einsatz von Kegel-Sitz-Ventilen in Blechveredelungsanlagen (Verzinnung)

Um Bleche verzinnen zu können, zum Beispiel für die Getränkedosenindustrie, durchlaufen Blechbänder nach der Entfettung eine Beizstrecke mit anschließenden Spülungen. **Bild 7** zeigt eine schematische Darstellung des Beizvorganges. Der Beizvorgang läuft in einem Beizbecken mit Schwefelsäure als Beizflüssigkeit ab, durch welches das zu behandelnde Blechband geführt wird. Bevor das Blechband das Beizbecken verlässt, wird es mit Flüssigkeit aus dem ersten Spülvorgang besprüht und durchläuft Gummiwalzen (6), um die anhaftende Schwefelsäure im Quetschverfahren von dem Blechband zu entfernen.

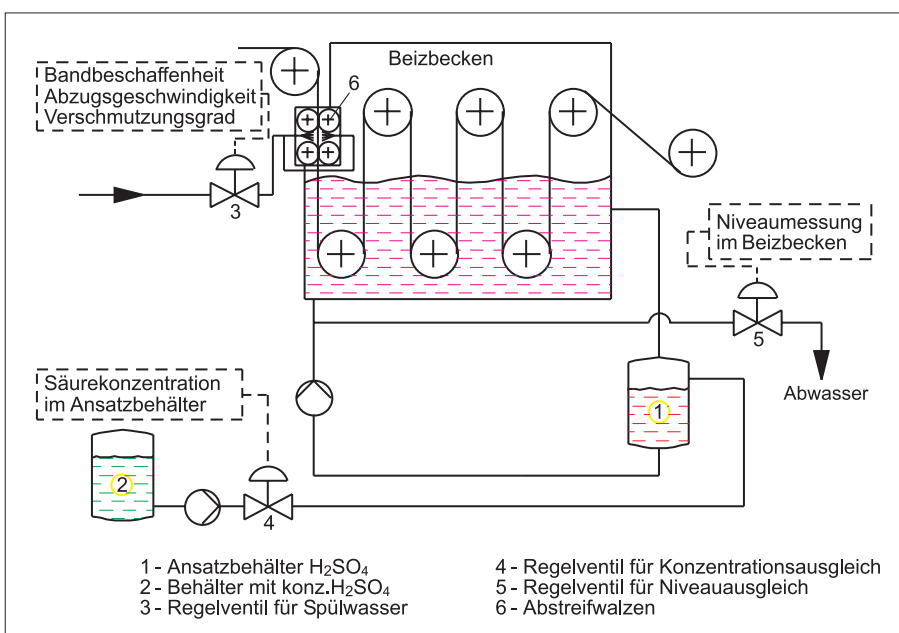


Bild 7: Schematische Darstellung Beizbecken
Fig. 7: Schematic illustration for pickling basin

Die Schwefelsäure durchlebt einen kontinuierlichen Kreislauf. Aus einem Ansatzbehälter (1) wird Schwefelsäure (z. B. 15 %) in das Beizbecken gepumpt, vermischt sich dort mit der Sprühflüssigkeit und läuft in den Ansatzbehälter zurück. Durch den Beizvorgang wird die Schwefelsäure verschmutzt (Verschlammung) und durch die Sprühflüssigkeit verdünnt. Um ein konstantes Niveau im Beizbecken zu erzielen, wird aus dem Kreislauf mit Hilfe eines Regelventils (5) verschmutzte und verdünnte Schwefelsäure entnommen und dem Abwasserkanal zugeführt. In den Ansatzbehälter (1) wird konzentrierte Schwefelsäure gepumpt, um die Konzentration der Schwefelsäure im Beizbecken auf einem konstanten Wert zu halten. Das Regelventil (5) wird in Abhängigkeit vom Füllstand im Beizbecken angesteuert. Weitere Regelventile sind in der Zuleitung der konzentrierten Schwefelsäure (4) sowie im Zulauf für die Besprühung (3) eingesetzt.

Für diese Anwendung werden Regelarmaturen verwendet, die ein gutes Regelverhalten aufweisen und eine chemische Beständigkeit gegenüber den hier eingesetzten Medien haben. Wegen der hohen Temperaturen (maximal 95 °C) kommen Exner-Regelventile aus PVDF zum Einsatz, die mit pneumatischem Antrieb und Stellungsregler ausgestattet sind (**Bild 8**). Die Abdichtung der Ventilspindel erfolgt über einen wartungsfreien PTFE-Faltenbalg, die Regelgarnitur be-



Bild 8: Kegel-Sitz-Ventil

Fig. 8: Globe control valve

steht ebenso wie das Gehäuse aus PVDF.

Beispiel 2: Einsatz von Kalkmilchregelventilen in der Wasseraufbereitung

Eine Spezialanwendung für Kegel-Sitzventile stellen Kalkmilchregelventile für die Trinkwasseraufbereitung dar. Saures, aggressives Wasser verursacht Probleme im Leitungsnetz und löst verschiedene Inhaltsstoffe auf dem Weg zum Abnehmer. Eine Variante der chemischen Entsäuerung ist die dosierte Zugabe von Kalkmilch $Ca(OH)_2$ um die überschüssige Kohlensäure zu entfernen.

Calciumhydrogencarbonat $Ca(HCO_3)_2$ ist die Ursache von Kalkausfällungen und Kesselsteinbildungen in der Warmwasseraufbereitung. Hier wird, ebenfalls mit Hilfe von Kalkmilch, eine Wasserenthärtung vorgenommen. Neben einer guten chemischen Beständigkeit gegenüber der stark basischen Kalkmilch liegt die Hauptanforderung an das Regelventil in der Abrasivität und der Verstopfungsneigung des Mediums. Das speziell für diese Anwendung entwickelte Kalkmilch-Regelventil erfüllt all diese Anforderungen. Durch den Einbau als Eckventil (**Bild 9**) beugt es Verstopfungen vor und minimiert den Verschleiß an Sitz und Ke-



Bild 9:
Kalkmilch-Regelventil DN 65
in der Papierindustrie

Fig. 9:
Milk of lime control valve
DN 65 for paper industry

gel. Gegen die Abrasion ist die Regelgarnitur des Edelstahl-Ventils mit einer CrN-Beschichtung ausgerüstet, die im PVD-Verfahren aufgetragen wird. Die Abdichtung der Spindel erfolgt über eine PTFE-Stopfbuchse, die sich in der Praxis bestens bewährt hat. Kalkmilch-Regelventile werden nicht nur in der Trinkwasseraufbereitung, sondern auch in der Wasseraufbereitung für Kraftwerke und in der Papierindustrie eingesetzt.

Zusammenfassung

Die Vielfalt verfügbarer Bauarten und Ausführungsdetails ermöglicht eine gezielte Auswahl von geeigneten Regelarmaturen für jede spezielle Anwendung. Ob Volumenstromregelungen mit Hubventilen, Klappen oder Kugelhähnen realisiert werden, hängt in erster Linie von der charakteristischen Kennlinie des Armaturentyps ab. Hingegen wird die Ma-

terialauswahl hauptsächlich aufgrund des zu regelnden Mediums in Verbindung mit den Druck- und Temperaturbedingungen getroffen.

Literatur

- [1] Jäckel, H.: Verschleißminimierung durch Keramik in Regelkugelhähnen. Industriearmaturen 3/1997, Vulkan Verlag
- [2] www.wikipedia.de
- [3] Produktbroschüre Kunststoff-Regelventile, Frank GmbH
- [4] Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer-Verlag, ISBN 3-540-62467-8
- [5] Wagner, Regelarmaturen, Januar 1996, Vogel Buchverlag: ISBN 3-8023-1564-2

ACHEMA 2006:
Halle 8, Stand K2-L4



Dipl.-Ing.
Sebastian Lindemann
Frank GmbH,
Mörfelden-Walldorf
s.lindemann@
frank-gmbh.de



Dipl.-Ing. (FH)
Kerstin Schlehlein
Frank GmbH,
Mörfelden-Walldorf
k.schlehlein@
frank-gmbh.de