

Industrie armaturen

The Industrial Valve Journal

<http://www.industriearmaturen.de>

Optimierte Auslegung und Auswahl von Ventilen mit einem Regelgüteindex

Optimized design and selection of valves using a regulation
quality index

Henk Hinssen, iHandl Engineering, Tel. +32 (9) 3440232, henk.hinssen@gmail.com

erschienen in Industriearmaturen Heft 3, September 2009

Vulkan-Verlag GmbH, Essen

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

Optimierte Auslegung und Auswahl von Ventilen mit einem Regelgüteindex

Optimized design and selection of valves using a regulation quality index

Henk Hinszen

Zuletzt war die Regelgütevorschau in Fachkreisen immer wieder Gegenstand von Diskussionen und Debatten, und es ist davon auszugehen, dass im weiteren Verlauf des Jahres eine praktische und objektive Anwendungsrichtlinie zur Regelgüte vorgestellt wird, die sich an den Bedürfnissen des Endnutzers orientiert. Im Hinblick auf eine effiziente Suche nach der optimalen Ventilkonfiguration während der ersten Phase der Auslegung und Auswahl von Ventilen wurde in CONVAL® 8.0 – dem führenden Auslegungs- und Simulations-Tool der Branche – ein statischer Regelgüteindex vorgestellt [5] und implementiert.

Prediction of regulation quality has recently repeatedly been the subject of discussion and debates, and it can be assumed that a practical and objective application guideline for regulation quality, orientated around the end-user's needs, will be presented during the further course of this year. With a view to efficient determination of the optimum valve configuration during the initial phase of design and valve selection, a static regulation quality index [5] has been unveiled and implemented in CONVAL® 8.0, the industry's leading design and simulation tool.

Für die Entscheidung, mit welcher Ventilauswahl eine bessere Regelgüte erzielt werden kann, mussten in der Vergangenheit viele, teilweise nicht zugängliche Einflussfaktoren im Detail berücksichtigt werden, um zu einer vergleichbaren Bewertung zu kommen. Mit dem Regelgüteindex erlaubt CONVAL® 8.0 heute, den Vergleich auf einen einzigen Bewertungsindex CI zu reduzieren, der dabei auch jede Art von modifizierten Grundkenlinien berücksichtigt. Damit ist eine Grauzone in der Ventilkennlinien- und der K_{vs} -Auswahl praktisch beseitigt.

Die *Regelgütevorschau* wird mittlerweile als nächster logischer Schritt bei

der Verbesserung der Qualität der Prozessregelung angesehen. 2008 kam ein Diskussionspapier zur Regelgütevorschau von Ventilen heraus. Dieses Papier wurde anlässlich der Valve World 2008 Conference diskutiert und erörtert. Seitens der Endnutzer gibt es starke Bestrebungen hin zur Entwicklung eines praktischen und objektiven Leitfadens zur Regelgüte von Regelventilen bis Ende 2009 zu erstellen. Ein Schlüsselaspekt ist die Verbesserung der Regelgüteanalyse während des Auslegungs- und Auswahlverfahrens.

Der vorgeschlagene Index wurde im letzten Release von CONVAL® implementiert, einem umfassenden Enginee-

ring-Tool für die Mess- und Verfahrenstechnik. Die Auslegung und Auswahl von Ventilen, einschließlich einer graphischen Simulation, ist ein wichtiger Aspekt dieses Tools. Es ist nun mittlerweile schon seit zwanzig Jahren auf dem Markt und wird von einer weltweiten Gemeinde von Endnutzern, Herstellern und Ventillieferanten eingesetzt.

Aspekte der Regelgüte

Selbstverständlich ist die Regelgütevorschau viel mehr als nur ein statischer Index. Um sämtliche Aspekte in Zusammenhang mit der Regelgüte zu berücksichtigen, sollte man das Diskussionspapier zur Regelgütevorschau lesen,

Tabelle 1: Rangliste der Bewertungskriterien für die Regelgüte

Table 1: Ranking of evaluation criteria for regulation quality

1	Ventilkennlinie	z. B. gleichprozentig, linear, modifiziert
2	Ventilautorität	dynamisches Differenzdruckverhältnis des gesamten Ventilstellbereichs
3	Ventiltyp	z. B. Hubregelventil, Drehkegelventil, Regelklappe
4	Ventilgröße/Cv-Wert	z. B. 6 Zoll, $Cv_{100} = 125$
5	Größe der Antriebskraft	
6	inhärenter Ventilregelbereich	z. B. Cv_{100} bis Cv_{min}
7	Eigenschaften des Mediums	z. B. Durchflusseigenschaften turbulent bis laminar; Phänomene wie Kavitation, Durchflussbegrenzung

das im vergangenen Jahr bei der Vorbereitung der Brainstorming Session bei der Valve World Conference 2008 [1] herausgegeben wurde.

Der Umstand, dass es international keine anerkannte Definition der Regelgüte gibt, macht es noch schwieriger, sich auf eine gemeinsame Sicht dieses Themas zu verständigen. Das Diskussionspapier bemühte sich jedoch, die Fakto-

ren zu benennen, die grundlegend die Regelgüte beeinflussen. Dabei wurden sogar eine Reihe neuer Parameter eingeführt. Behandelt wurden sowohl statische als auch dynamische Aspekte. Für die Auslegungs- und Auswahlphase, die dem Zweck dient, das bestmögliche Regelventil für eine bestimmte Regelanwendung eines Verfahrens zu finden, stellte es in tabellarischer Form die wichtigsten Daten zusammen, die ge-

prüft werden müssen, um sicherzustellen, dass das ausgewählte Ventil innerhalb einer akzeptablen Bandbreite der Regelgüte funktioniert. Die im Papier vorgeschlagene Methode fasst die wichtigsten Daten zur Regelgüte in einem einzigen Index zusammen. Durch den Vergleich dieses Index für eine Reihe möglicher Konfigurationen erhält man in effizienterer Weise die optimale Ventilkonfiguration.

Die Brainstorming Session bei der Valve World Conference 2008 ergab die in **Tabelle 1** wiedergegebene Rangliste der Bewertungskriterien für die Regelgüte, die im Verlauf des Verfahrens zur Auslegung und Auswahl zu optimieren ist.

Mit Ausnahme der Größe der Antriebskraft fasst die vorgeschlagene Methode diese Parameter in einem einzigen Index zusammen.

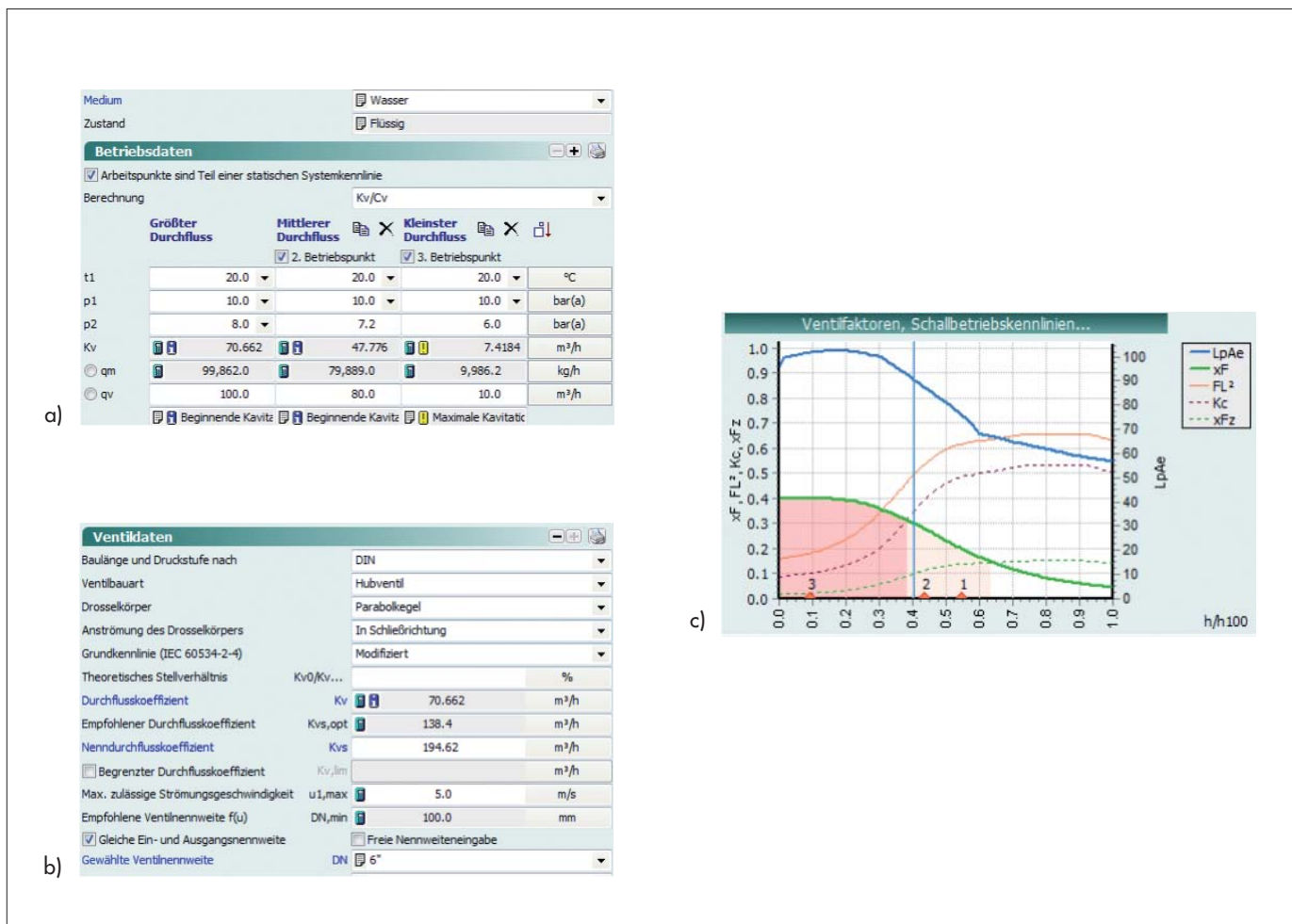


Bild 1: Prozessdaten a) und Ventildaten b) des Beispiels, c) Durchflussbegrenzung

Fig. 1: Process data a) and valve data b) for the example, c) flow limitation

Methode des Regelgüteindex

Die folgende Methode des Regelgüteindex wurde vorgeschlagen:

1. Ein statischer Index, der die in Tabelle 1 angeführten Parameter zusammenfasst und während des Auslegungs- und Auswahlverfahrens optimiert wird.
2. Ein spezifischer Index für die Durchfluss-, Druck- (vor und nach dem Ventil) oder Differenzdruckregelung.
3. Ein spezifischer Index für den kompletten Bereich (Folgeregelung), den Volllast-Bereich (Festwertregelung) oder den Teillast-Bereich (Anfahrregelung).
4. Ein Regelgüteindex CI, der wie folgt berechnet wird:

$$CI = \sum_{\min}^{\max} \frac{r}{n} \quad (1)$$

wenn $\frac{dx}{ds} > 1$

$$\text{dann } r = \frac{dx}{ds} - 1 \quad (2)$$

wenn $\frac{dx}{ds} < 1$

$$\text{dann } r = \frac{1}{\frac{dx}{ds}} - 1 \quad (3)$$

x = geregelte Größe
 s = Ventilhub, Ventilöffnung
 r = Verhältnis der Steigungen
 n = Anzahl der Datenpunkte, die für den Index verwendet werden
 min/max

Bereich	Regelung	Min	Max
Gesamter Arbeitsbereich	Folgeregelung	min*	100
Volllast-Bereich	Festwertregelung	50	100
Teillast-Bereich	Anfahrregelung	min*	50

min* = kleinster stabiler Wert der geregelten Größe

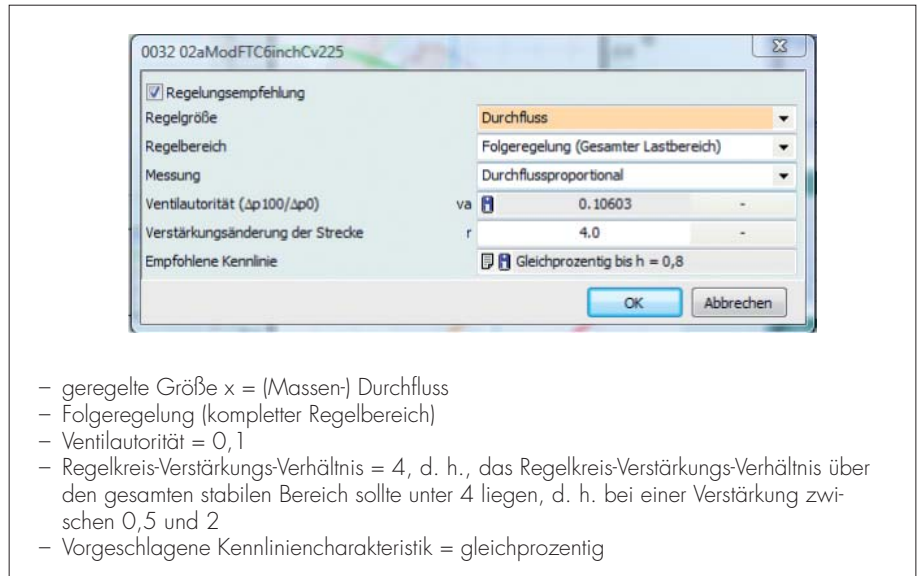


Bild 2: Dialog-Fenster der Regelparameter

Fig. 2: Control-parameter dialog window

- geregelte Größe x = (Massen-) Durchfluss
- Folgeregelung (kompletter Regelbereich)
- Ventilautorität = 0,1
- Regelkreis-Verstärkungs-Verhältnis = 4, d. h., das Regelkreis-Verstärkungs-Verhältnis über den gesamten stabilen Bereich sollte unter 4 liegen, d. h. bei einer Verstärkung zwischen 0,5 und 2
- Vorgeschlagene Kennliniencharakteristik = gleichprozentig

5. Ein Index, der zwischen 0 (das heißt dem idealen Sollregelwert) und einem Höchstwert schwankt. Der Maximalwert ist bei den verschiedenen Regelverfahren nicht unbedingt der gleiche, liegt jedoch für sämtliche befriedigende Fälle der Durchflussregelung unter 2.

nommen. Die endgültige Darstellung kann sich dabei noch ändern.

Prozessdaten/Ventildaten/Phänomene

Bild 1a und b zeigt die Prozess- und die Ventildaten des Prozessbeispiels, Bild 1c die Durchflussbegrenzung im Beispiel.

Regelparameter

Bei Ansicht des Betriebskennlinienfensters mit seinen vier Grafiken erscheint nach Anklicken der „Regelung“-Taste ein Dialog-Fenster (Bild 2).

Symbolleiste der Ventilmerkmale/Regelgüteindex

Bild 3 zeigt die Symbolleiste für die Ventilmerkmale.

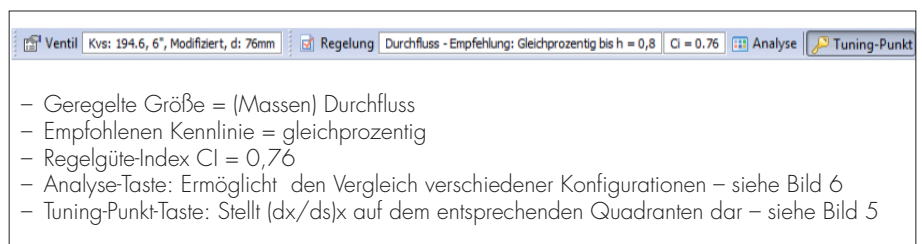


Bild 3: Symbolleiste der Ventilmerkmale

Fig. 3: Symbol bar for valve features

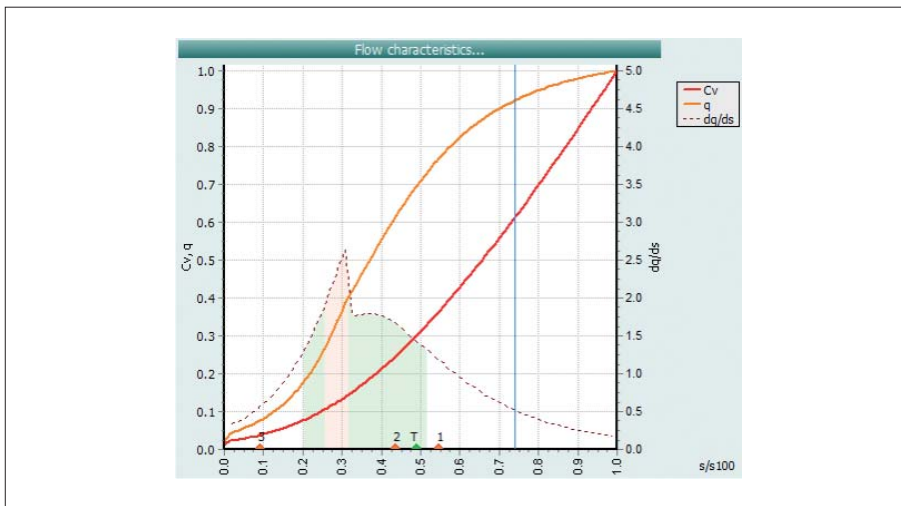


Bild 4: Fenster der Durchflusskennlinien

Fig. 4: Flow-characteristics curve window

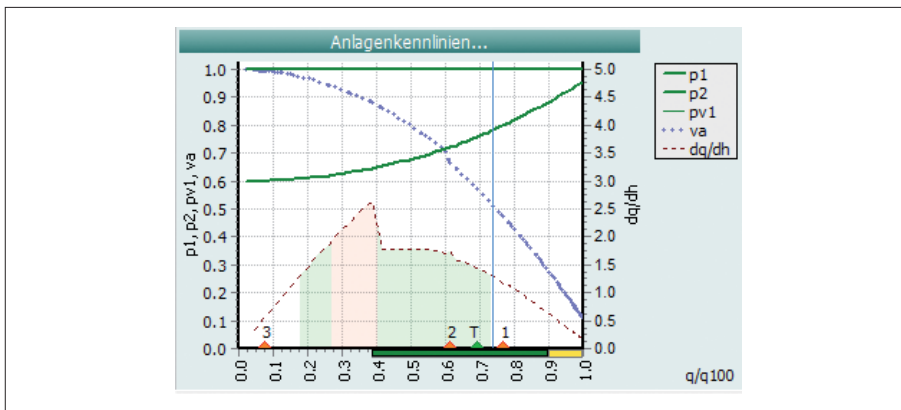


Bild 5: Fenster der Anlagenkennlinien

Fig. 5: System characteristics curve window

Verstärkungskurven

Durchflusskennlinien

Bild 4 zeigt als Screenshot das Fenster der Durchflusskennlinien. Man erkennt die Darstellung von drei Graphiken:

- a) inhärente Ventilkennlinie C_v ,
- b) installierte Durchflussbetriebskennlinie q sowie
- c) tatsächliche Verstärkung dq/ds , alle über dem Hub (Öffnung) $s/s100$ dargestellt.

Angegeben werden drei Betriebspunkte: maximaler (1), normaler (2) und minimaler Durchfluss (3). Ebenfalls angezeigt wird der optimale Tuning-Punkt T zur Einstellung der Regeleinrichtung, so dass der Regelkreis am besten auf einen stabilen Arbeitsbereich abgestimmt ist. Der Bereich, in dem das Verstärkungsverhältnis im gesamten stabilen Bereich unter dem angegebenen Wert liegt, wird farbig angezeigt (siehe auch Bild 2). Grün bedeutet: Die Verstärkung

sich befindet sich innerhalb der spezifizierten Grenzwerte für stabile Regelung. Rot: Die Verstärkung befindet sich innerhalb der spezifizierten Grenzwerte (Risiko von Instabilität).

Anlagenkennlinien

Bild 5 zeigt das Fenster der Anlagenkennlinien.

Die Verstärkungskurve wird dargestellt, wenn die Tuning-Punkt-Taste gedrückt wird (siehe a. Bild 3 oben). Wenn der Cursor sich am Tuning-Punkt befindet, deckt die dunkelgrüne Leiste unterhalb der Graphik alle drei Arbeitspunkte ab.

Die Kurve wird verwendet, um den Regelgüteindex zu berechnen – wie in der Grundlage der CI-Berechnung vorgegeben. In farbiger Schattierung wird der Bereich dargestellt, in dem das Verstärkungsverhältnis im gesamten stabilen Bereich unter dem im Bild 2 angegebenen Wert liegt.

Kreuztabelle zum Regelgüteindex

Bild 6 zeigt die Kennliniencharakteristik gegenüber den Regelbereichen für dieses Beispiel. Man kann sie aufrufen durch Anklicken der Analyse-Taste auf der Ventil-Symboleiste (siehe Bild 3).

Wie zu sehen ist, schwankt der Index für den gesamten Arbeitsbereich zwischen 0,58 bei der gleichprozentigen Kennlinie und 1,42 bei der linearen Kennlinie. Im vorliegenden Fall sind die Abweichungen bei den Volllast- und Teillastbereichen vergleichbar.

Es kann auch die Regelbarkeit verschiedener Fälle analysiert werden.

Beispiele für Optimierung

Mit Hilfe von CONVAL® 8.0 wurde eine Reihe von Prozessbeispielen für Regelventile analysiert und optimiert. Nachfolgend werden einige Optimierungsbeispiele zusammengefasst.

Ein Fall befasst sich beispielhaft mit verschiedenen Konfigurationen – sowohl Hubventilen als auch Drehkegelventilen unterschiedlicher Hersteller – in einem einfachen Prozessbeispiel. In **Tabelle 2** werden die Ergebnisse des vollständigen

Regelgröße: Durchfluss			
Name	Gesamt	Volllast	Teillast
Name : 0032 02aModFTC6inchCv225 [Kvs: 194.6, 6", Modifiziert, d: 76mm]			
Gleichprozentig	0.58	0.45	0.72
Modifiziert	0.76	0.70	0.82
Linear	1.42	1.06	1.83

Bild 6: Kreuztabelle zum Regelgüteindex

Fig. 6: Cross-reference table for regulation quality index

Tabelle 2: Ergebnisse des vollständigen Regelbereichs für die Durchflussregelung und für die Differenzdruckregelung

Table 2: Results of complete regulation range for flow regulation and differential-pressure regulation

VENTILKONFIGURATION OPTIMIERUNGSTABELLE							
Beispiel 0601 > Nicht kritische Anwendung > Wasser, 20 Deg C > p1 3.1 bis 3.0 bara > p2 3.2 bis 2.8 bara > q 200 bis 50 t/h	Prozess		Ventil			Statischer Regelgüteindex Gesamter Stellbereich	
	Wichtige Regelgüteparameter ---->	Ventil Authority	Ventil Bauart	Gewählte Ventillinnenweite	Ventilkoeffizient		
		3	4	5	nl		
		va		DN	kvs		
			[in]				
Hubstellventil typisch	0601	0.069	globe	12	1502	0.46	0.77
Hubstellventil - Firma X	0602	0.050	globe	12	1776	0.46	0.80
Hubstellventil - Firma X	0603	0.050	globe	12	1790	1.50	1.30
Hubstellventil - Firma X	0604	0.032	globe	12	2250	0.77	0.85
Hubstellventil - Firma X	0606	0.064	globe	12	1570	0.44	0.48
Hubstellventil - Firma X	0607	0.050	globe	12	1790	1.20	1.40
Drehstellventil - Firma X	0608	0.075	rotary	8	1440	0.57	0.63
Drehstellventil - Firma X	0609	0.054	ball	8	1710	0.48	0.53
Drehstellventil - Firma X	0610	0.058	bfly	8	1650	0.56	0.57
Drehstellventil - Firma X	0611	0.073	rotary	16	1460	1.10	0.81
Drehstellventil - Firma X	0612	0.061	bfly	8	1610	0.69	0.60
Drehstellventil - Firma X	0613	0.044	rotary	12	1896	0.95	0.88

gen Regelbereichs für die Durchflussregelung und für die Differenzdruckregelung dargestellt.

Der Index schwankt zwischen 0,44 und 1,50 bei der Durchflussregelung und weist etwa die gleichen Werte bei der Differenzdruckregelung auf. Die Farbunterscheidung basiert auf einer re-

lativen Bewertung in der Bandbreite der zu vergleichenden Werte, das heißt Grün ist die beste Regelgüte, rot die schlechteste Regelgüte für diesen Vergleichsfall.

Um das Ganze noch weiter zu optimieren, sollte neben der Regelgüte auch

die Zuverlässigkeit analysiert werden. Der Autor arbeitet gegenwärtig mit dem CONVAL-Team zusammen, um ein Modell für einen Zuverlässigkeitsindex zu erstellen.

In einem weiteren Prozessbeispiel wird in einer Kreuztabelle die Abhängigkeit des Regelgüteindex von der Ventilkennlinie und vom Nenndurchflusskoeffizienten Cv100 für die Durchfluss-, Druck- und Differenzdruckregelung zusammengefasst. In diesem Prozessbeispiel unterschieden sich die optimalen Werte für die drei Regelmodi signifikant – **Tabelle 3**.

In den Screenshots in **Bild 7** werden die Verstärkungskurven für die Durchflussregelung vor und nach der Optimierung verglichen.

Schlussfolgerung

In CONVAL® 8.0 wurde ein statischer Regelgüteindex entwickelt, implementiert und validiert, um die Ventilkonfiguration während der Auslegungs- und Auswahlphase zu optimieren. Es wurden zahlreiche Prozessbeispiele herangezogen, um sicherzustellen, dass der Index zuverlässig die Regelgüte bei der Durchfluss-, Druck- und Differenzdruckregelung vorhersagt. Mit Ausnahme der Kapazität der Antriebskraft wurden sämtliche wichtigen Parameter für die Optimierung der statischen Regelgüte herangezogen.

Dieser Index muss als eine Art Aus-

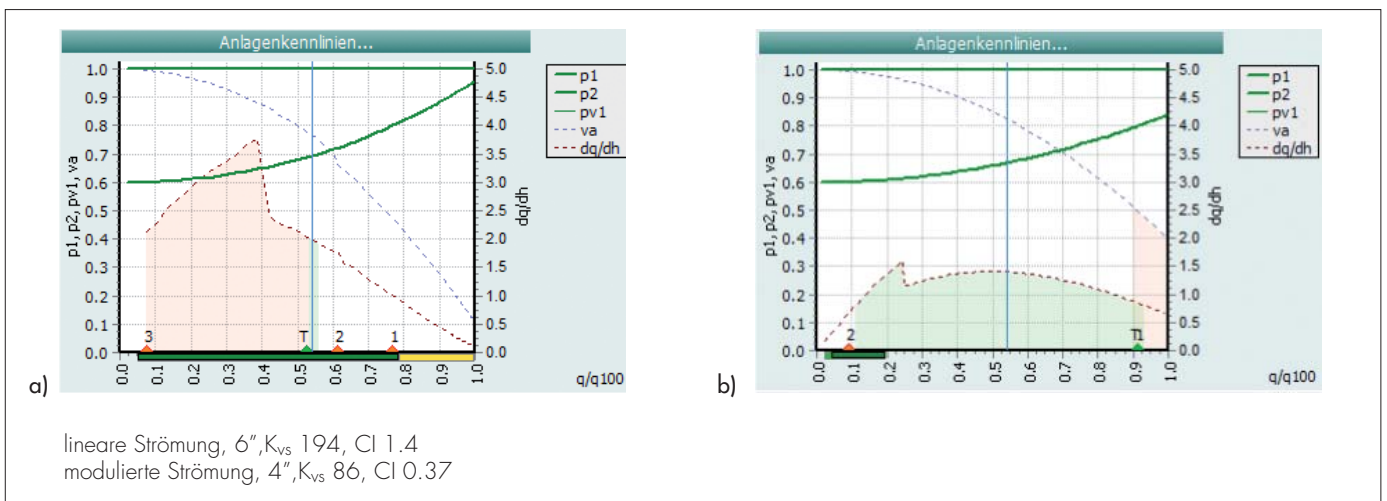


Bild 7: Verstärkungskurven für die Durchflussregelung: a) vor und b) nach der Optimierung

Fig. 7: Amplification curves for flow regulation: a) prior to and b) after optimization

Tabelle 3: Abhängigkeit des Regelgüteindex von der Art der Regelung
Table 3: The regulation quality index as a function of regulation mode

Beispiel 0032																
> p1 konstant 10 bara, Wasser 20 Deg C, "choked flow" Kondition, maximale Kavitation																
REGELQUETTEINDEX KREUZTABELLE																
Durchflussregelung					p2 Nachdruckregelung					Differenzdruckregelung						
Kvs					Kvs					Kvs						
char.	86	108	129	194	char.	86	108	129	194	char.	86	108	129	194		
lin.	0.4	0.6	0.75	1.4	lin.	2.25	2.05	1.9	1.35	lin.	0.55	0.4	0.35	1.0		
mod.	0.35	0.35	0.45	0.75	mod.	1.75	1.85	1.7	1.0	mod.	0.35	0.45	0.45	0.7		
gl.%	0.8	0.7	0.6	0.6	gl.%	1.25	1.6	1.5	0.6	gl.%	0.95	1.05	1.0	0.85		

gangspunkt für die Vorhersage der Regelgüte von Regelventilen angesehen werden. Man ist gegenwärtig auch dabei, einen Index zur Vorhersage der Betriebszuverlässigkeit zu erarbeiten und zu implementieren.

Detaillierte Informationen und Anleitungen erhält der interessierte Leser in den Conval College Controllability Videos [3].

Literatur

- [1] Control Valve Controllability Prediction Workshop Discussion Paper – 12 pages – 05 June 2008 – WIB Control Valve Workgroup
- [2] CONVAL® College Controllability Overview video/screencast – July 2009
- [3] CONVAL® College Videos – Mastering valve controllability chapter 11 - 7 videos – September 2009
- [4] CONVAL® Cases Databank – September 2009

[5] Valve World presentation in Suzhou, China – September 2009

Danksagung

Der Autor möchte seinen besonderen Dank Dirk Hackländer und Andreas Vogt von der F. I. R. S. T. GmbH für die rasche Implementierung dieser Methode in CONVAL® 8.0 aussprechen sowie Holger Siemers für die Prüfung einer Vielzahl von CONVAL®-Beispielen, um sicherzustellen, dass die Index-Vorhersagen den aktuellen Regelbarkeitserfahrungen gemäß der Conval Cases Databank entsprechen.



Henk Hinssen
 iHandl Engineering
 Tel. +32 (9) 3440232
 henk.hinssen@gmail.com



CD gewünscht?

Bitte wenden Sie sich an sales@firstgmbh.de
 oder besuchen Sie die Internetseite www.conval.de