

# Prozeß- und Energiemanagement von Stellventilen und Rohreinbauten mit CONVAL 5 für Windows™

## Process and energy management for control valves and pipe internals using CONVAL for Windows

Der Beitrag beschreibt das Programm CONVAL 5 für Windows, das nun nach mehrjähriger Entwicklung seine Markteinführung erlebt. Dazu werden zunächst Probleme der zeitkritischen Anlagenplanung aufgezeigt mit besonderem Blick auf den Anlagen- und Stellgeräteparameter Ventilautorität  $dp_{100}/dp_0$  und einer stetigen Ventilkennlinie zwischen linear und gleichprozentig. Mit der Software CONVAL wird aus ganzheitlicher Sicht das Zusammenwirken der beiden Blöcke „Regeleinrichtung“ und „geregeltes System/Regelstrecke“ optimiert und im übertragenden Sinn auch für eine ausgewogene Balance der Investitionen in beiden Systemen gesorgt, so daß die Anlagenplanung den Differenzdruckbedarf von Stellventilen trotz Kostendruck besser berücksichtigen kann. Abschließend zeigt die komplette Auslegung und Optimierung einer Teilanlage, daß mit Hilfe des herstellerunabhängigen Tools mit geringem Zeitaufwand für „Engineering“ über 50 % Energiekosten gespart werden können.

This article describes the CONVAL 5 for Windows program, which is to be launched in the near future following several years of development time. Problems of time-critical system planning are firstly examined, with particular attention to the Valve Authority  $dp_{100}/dp_0$  system and regulating device parameter, and a constant valve characteristic curve between linear and equal-percentage. The CONVAL software optimizes on a holistic basis the interaction of the two „Control and Regulation System“ and „Controlled System/Controlled Element“ entities and, in the non-physical sphere, also ensures a harmonious balance of investments in both systems, with the result that system planning is better able, despite cost pressures, to take account of the differential-pressure needs of control valves. In conclusion, the complete design and optimization processes of a sub-system demonstrate that more than 50 % of energy costs can be saved using this non-manufacturer-tied tool with only a low „Engineering“ time input.

Zur Anlagenplanung und Optimierung stehen heute rechnergestützte Expertensysteme zur Verfügung, die eine energieeinsparende Auslegung aller Anlagenkomponenten ermöglichen.

Das Expertensystem CONVAL® – vor 15 Jahren im Markt als herstellerunabhängiger Industriestandard eingeführt – wurde von Experten der Großchemie, von sachkundigen Geräteherstellern sowie von Spezialisten aus der Anlagenplanung entwickelt, um in der Planung von Neuanlagen und Modernisierung von bestehenden Anlagen bei der Auslegung und beim Einsatz von Stellgliedern, Durchflußmessern und Rohrleitungskomponenten wie Autoklaven, Loch-

scheiben und Pumpen alle Ressourcen der Kosteneinsparung zu nutzen.

Ressourcen sind zum Beispiel:

- ▷ Kürzere Bearbeitungszeiten in der Planung und im allgemeinen Engineering
- ▷ Kostengünstigere Wahl optimaler Gerätetypen ohne „Over-engineering“, optimale Führung der Prozeßparameter, das heißt Verbesserung von Produktqualität- und Quantität der Produktion.
- ▷ Vermeidung von Auslegungs-, und Planungsfehlern durch eine ganzheitliche Betrachtung des Anlagensystems.

### Dipl.-Ing. Holger Siemers



Ludwigsburg;  
Tel. 07141-890333  
oder 0172-29389643

- ▷ Energiemanagement von der Quelle (Pumpe, Strömungsmaschine) bis zur Produktionsstätte (Verbraucher, Fertigung, Prozeß)

CONVAL 5.0 für Windows erlebt zur INTERKAMA 1999 die lang erwartete Markteinführung. Die gewohnten Bedienungs- und Anwenderphilosophien der Vorgängerversionen sind nochmals verbessert komplett implementiert und mit den Möglichkeiten von Windows™ erweitert.

Der Erfolg des Softwarepaketes, das mit allen Eigenschaften eines Mehrplatzsystems für Netzwerkbetrieb ausgestattet ist, läßt sich auf die besondere Anpassung des unter Zeitdruck arbeitenden Ingenieurs zurückführen:

- ▷ Realisierung eines möglichst papierfreien Arbeitsplatzes.
- ▷ Kein Lesen aufwendiger Bedienungsanleitungen erforderlich.
- ▷ Durch gegen null reduzierte Suchzeiten stehen neue Freiräume für kreatives Engineering zur Verfügung.
- ▷ Kontextbezogenes Hilfesystem für Material- und Gerätedaten sowie Expertenwissen zu Berechnungen.
- ▷ Druck- und temperaturabhängige Stoffdatenberechnung für ca. 1000 Chemikalien nach den bestmöglichen Näherungsmethoden, für Wasser wasserdampftafelgenau.
- ▷ Stoffdaten von Gemischen, z. B. Wärmeträgerölen, sind als Funktionen gespeichert und frei eingebbar.

▷ Sämtliche technischen Einheiten können frei definiert, gespeichert, ausgewählt und kundenspezifisch ausgedruckt werden.

Die Software versteht sich als vorge-schaltetes Expertensystem zu weiteren Programmen wie firmeninternen CAE Systemen, Geräteauslegungs- und Angebotsprogrammen. Alle Daten können über definierte Standardschnittstellen (Microsoft™ COM) mit Fremdsystemen in beiden Richtungen ausgetauscht werden.

Dadurch können z. B. auch Stellgeräte aus den Herstellerdatenbanken mit durch die Software optimierten Betriebskennlinien des Durchfluß-, und Schallverhaltens direkt an die Ventilsoftware der Hersteller übergeben werden, so daß herstellerspezifische Aufgaben im Bereich Antriebsauslegung, Preisfindung, Auftragsbearbeitung und Fertigung erledigt werden und wiederum Änderungen mit dem Expertensystem abgeglichen werden können.

Das Programm unterstützt die Qualitätssicherung nach ISO 9000 Modul [QS Element 4.3 Vertrieb] der technischen Berechnungen und überprüft sämtliche Grunddaten der Auslegung von Meß- und Regelgeräten, Rohrleitungen und deren Einbauten auf Plausibilität, so daß nicht logische Eingaben von Geräte-, Material-, oder Stoffdaten automatisch gemeldet und erst nach Richtigestellung der Berechnung zugeführt werden.

Im Rahmen des QS-Elements 4.18 – ISO 9001 – eignet sich das Programm ebenso für die Schulung von Meß- und Regeltechnik als auch für das „Trouble Shooting“ der allgemeinen Anlagenbetreuung und Wartung (Maintenance).

Die Berechnungen erlauben eine komplette Rückdokumentation aller verfahrenstechnischen Daten einer ganzheitlichen Geräte- und Rohrleitungsoptimierung eines Prozesses.

Die Gerätedatenbanken sind so aufgebaut, daß die für die Auslegung erforderlichen Kenngrößen den Datentypen der DIN V 19259 (bei Stellventilen DIN V 19259-2) Ausgabe Juni 1999; Gerätedokumentation – Datentypen mit Klassifikationsschema für Stellventile – entsprechen.

Dieses zukunftsweisende Normenvorhaben der Gerätedokumentation wird ein schnelles Auffinden über Suchmaschinen bestimmter Geräteeigenschaften der Hersteller auch im Internet ermöglichen. Eine Schnittstelle sorgt für die unhändige Übernahme der lastabhängigen Ventilkenngrößen.

Produktionsqualität und Quantität werden entscheidend von den rege-

lungstechnischen Parametern der Regel- und Stelleinrichtung mitbestimmt.

In einer modernen Anlagenplanung werden große Investitionsmittel für Prozeßleitsysteme bewilligt, um eine verbesserte Prozeßführung zu erreichen. Bei den Feldgeräten, besonders bei den Regelventilen kann man sich eine gleichgewichtete Behandlung nur wünschen.

Bei vorgegebenem festen Kosten- und Zeitrahmen müssen häufig Kosten und Zeit bei den notwendigen Feldinstrumentierungen eingespart werden, so daß die Risiken von Fehlplanungen und unbefriedigendem Betriebsergebnis steigen.

Heute ist in der Regel von zeitkritischen Abläufen in der Planung, Angebotsphase und Auftragsabwicklung zu sprechen mit dadurch zunehmenden Verlust an ingenieurmäßiger Einzelbetrachtung bei Verlagerung von Verantwortung an den Hersteller. Diese Verantwortung ist aber, in Ingenieurstunden ausgedrückt, ein nicht unerheblicher Kostenfaktor, der nicht in den Preislisten der Standardgeräte steht.

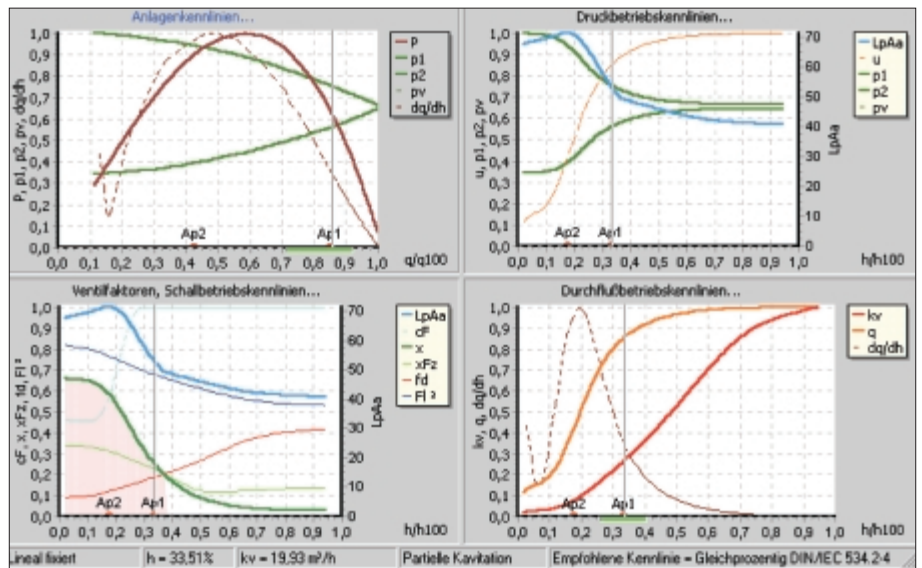
Bezeichnend für zeitkritisch ist, daß selbst bei Großprojekten lieber ein Anteil von Regelventilen beim Anfahren „werkstattreif“ gefahren wird, um Pönalen zu vermeiden, als durch vernünftige Inbetriebnahmen mit traditioneller Anlagenspülung – auch mit Passtücken bei kritischen Ventilen – ein störungsfreies Anfahren zu gewährleisten. Stellen sich erst jetzt Fehlplanungen durch zu grob angenommene Prozeßbedingungen oder durch zu „schnell“ ausgewählte Ventile heraus, kann ein Problem von vor größter Tragweite vorliegen.

Der Kostendruck kann zum Einsatz von Pumpen ohne Sicherheitsreserven, von preiswerteren jedoch engeren Rohrleitungen, von billigeren Absperr- und Regelarmaturen, Blenden, Kompensatoren, Krümmern und Verzweigungen führen und die Qualität der Regelung gefährden, wenn dem Stellgerät im Arbeitspunkt ein zu geringer Differenzdruckanteil des gesamten Anlagendruckes zur Verfügung steht.

Durch die graphische Darstellung aller Durchfluß- und Druckbetriebskennlinien und deren Verstärkungen wird dem planenden Ingenieur gezeigt (**Bild 1**), daß jetzt jede Überdimensionierung des Ventils „regelungstechnisch tödlich“ sein kann und eventuell erst bei Verzicht auf die spezifiziertere maximale Menge eine Unterdimensionierung die Regelfähigkeit wieder herstellt.

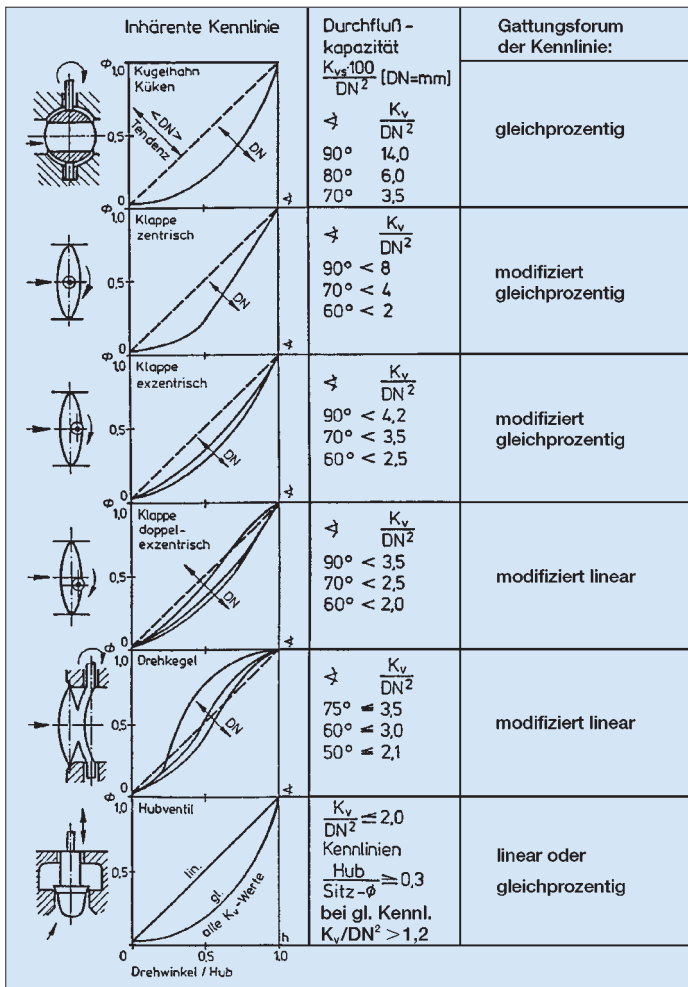
Die als Ventilautorität bekannte berechnete Anlagenkenngröße  $V = dp100/dp0$  führt neben anderen Regelkreisbewertungskriterien zur Empfehlung einer optimalen Ventilkennlinie (s. Bild 1): z. B. bei der Durchflußregelung mit durchflußproportionaler Messung:

- $1 > dp100/dp0 > 0,5$   
Kennlinie linear
- $0,5 > dp100/dp0 > 0,3$   
Kennlinie modifiziert linear
- $0,3 > dp100/dp0 > 0,15$   
Kennlinie modifiziert gleichprozentig
- $0,15 > dp100/dp0 > 0,1$   
Kennlinie gleichprozentig bis Hub = 80 %
- $0,1 > dp100/dp0$   
Kennlinie gleichprozentig



**Bild 1:** Beispiel für mit CONVAL berechnete Betriebskennlinien

**Fig. 1:** Example of operating characteristics curves computed using CONVAL



**Bild 2:** Typische Kennliniengrundformen von Armaturen

**Fig. 2:** Typical basic valve characteristic curve forms

bauart von größerer Bedeutung als die strikte Einhaltung von Idealformen theoretischer Ventilkennlinien:

Allerdings können besonders bei teuren Produkten oder Produktionsprozessen wie z. B. der Insulinherstellung, der Flächendickenregelung der Papierbahnen in der Papierindustrie oder das Verhindern von Strömungsabriß an den Leitschaufeln einer teuren Strömungsmaschine (Pumpgrenzregelung) die statischen und dynamischen Eigenschaften der Stellgeräte als „Schlüsselfunktionen“ direkt für die Produktqualität und -quantität verantwortlich sein, so daß spezifische Qualitätsressourcen von Ventilen zu nutzen sind.

Die heute gewichtsoptimierten Hubventile in Guß- und Schmiedetechnik (**Bild 3**) und besonders die bei großen Nennweiten preiswerten Drehstellventile und Stellklappen haben einen Siegeszug über die nationalen Grenzen hinaus angetreten und arbeiten erfolgreich, weil umfangreiche Prüffelduntersuchungen genaue Einsatzgrenzen festlegen, so daß z. B. ihr Durchfluß- und Schallverhalten mit großer Genauigkeit für alle Betriebsbedingungen vorausberechnet werden kann.

Das Programm ermöglicht die Simulation von Störgrößen wie Stoffdatenänderungen, Veränderungen von Vor- und Nachdrücken sowie den Vergleich der Stelleingriffe bei unterschiedlichen Ventilparametern oder Ventilbauarten.

Die Vollgraphik der Anlagen- und Betriebskennlinien kann in filmischer Darstellung den Stelleingriff auf beliebige Störgrößen darstellen, dabei auch dyna-



**Bild 3:** Ventil in Schmiedetechnik, wirtschaftlich optimiert für hohe sicherheitstechnische Beanspruchung, z. B. Druckbehälterverordnung TRB 801 Nr. 45 (Samson AG)

**Fig. 3:** Forged valve economically optimized for high safety-relevant applications, e.g. the TRB801 Pressure Vessel Ordinance, No. 45 (Samson AG)

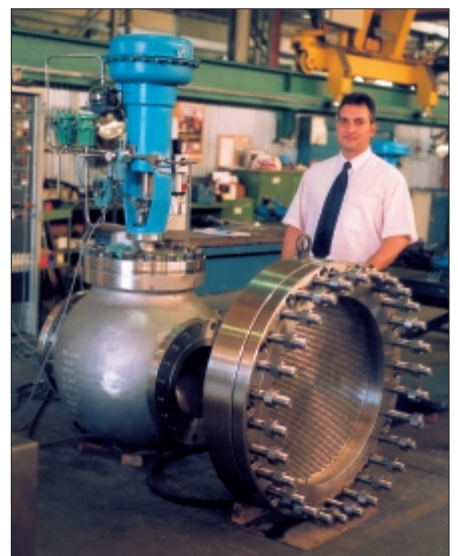
Die im Dialog mit dem Anwender eingegebenen weiteren Anlagenparameter ergeben Empfehlungen für die bessere Ventilgrundkennlinie (**Bild 2**) für Standardapplikationen der Regelgrößen Durchfluß, Behälterstand, Druck und Temperatur.

Die Praxis zeigt, daß mit allen Kennlinien zwischen linear und gleichprozentig bei annähernd passender Applikation gute Regelergebnisse erzielt werden können und selbstverständlich auch Kennlinien im übergreifenden Bereich eingesetzt werden, wenn die optimale Einstellung der Reglerparameter bei untergeordneten Regelkreisen nicht von höchster Priorität ist.

Bei der Kennlinienentwicklung nur auf dem Reißbrett, ohne prüffeldbegleitende Korrekturen auf den Gehäusedruckverlust des Ventils, lassen sich in bestimmten Fällen unliebsame Überraschungen in Form von Instabilität und schlechter Prozeßführung nicht ausschließen.

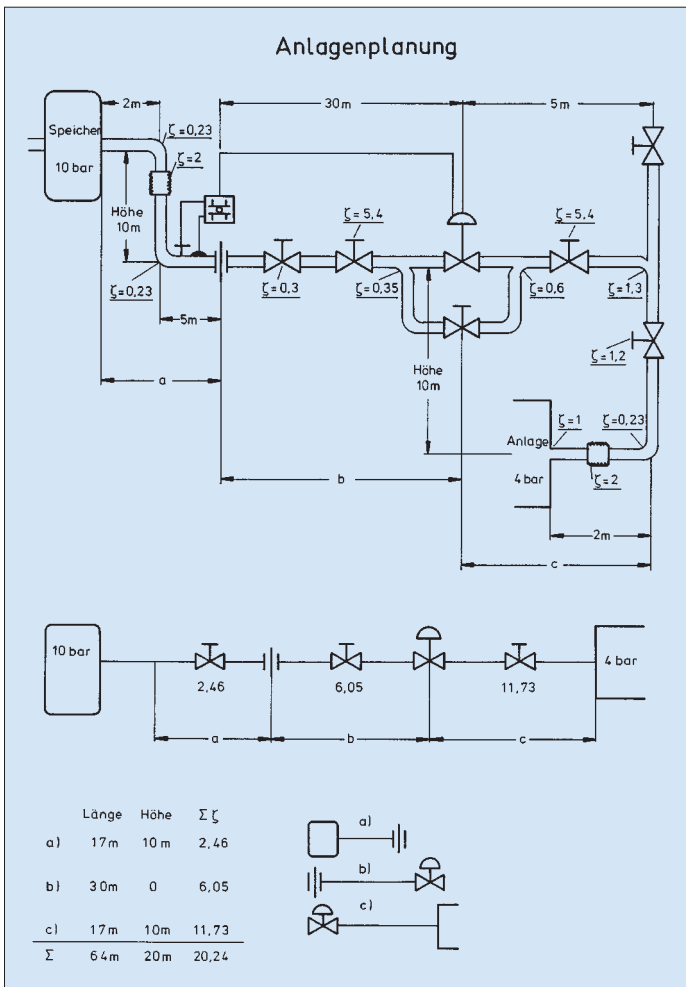
„Eine stetige modifizierte Kennlinie ist immer einer unstetigen gleichprozentigen Kennlinie vorzuziehen“

Bei den häufigsten Anwendungen ist die Wahl der wirtschaftlicheren Ventil-



**Bild 4:** ValControl Anfahrventil mit Silencer (Foxboro Control Valves GmbH)

**Fig. 4:** ValControl start-up valve with silencer (Foxboro Control Valves GmbH)



**Bild 5:** Fallbeispiel Anlagenplanung: Medium: Luft 100 °C

**Fig. 5:** A case example in system planning (Fluid: Air at 100 °C)

mische Probleme aufzeigen, um dann durch Verändern der Ventil- oder Anlagenparameter die Regelkreisverstärkung so zu optimieren, daß eine kraftvollere Regelung im gesamten oder interessierenden Lastbereich erfolgen kann.

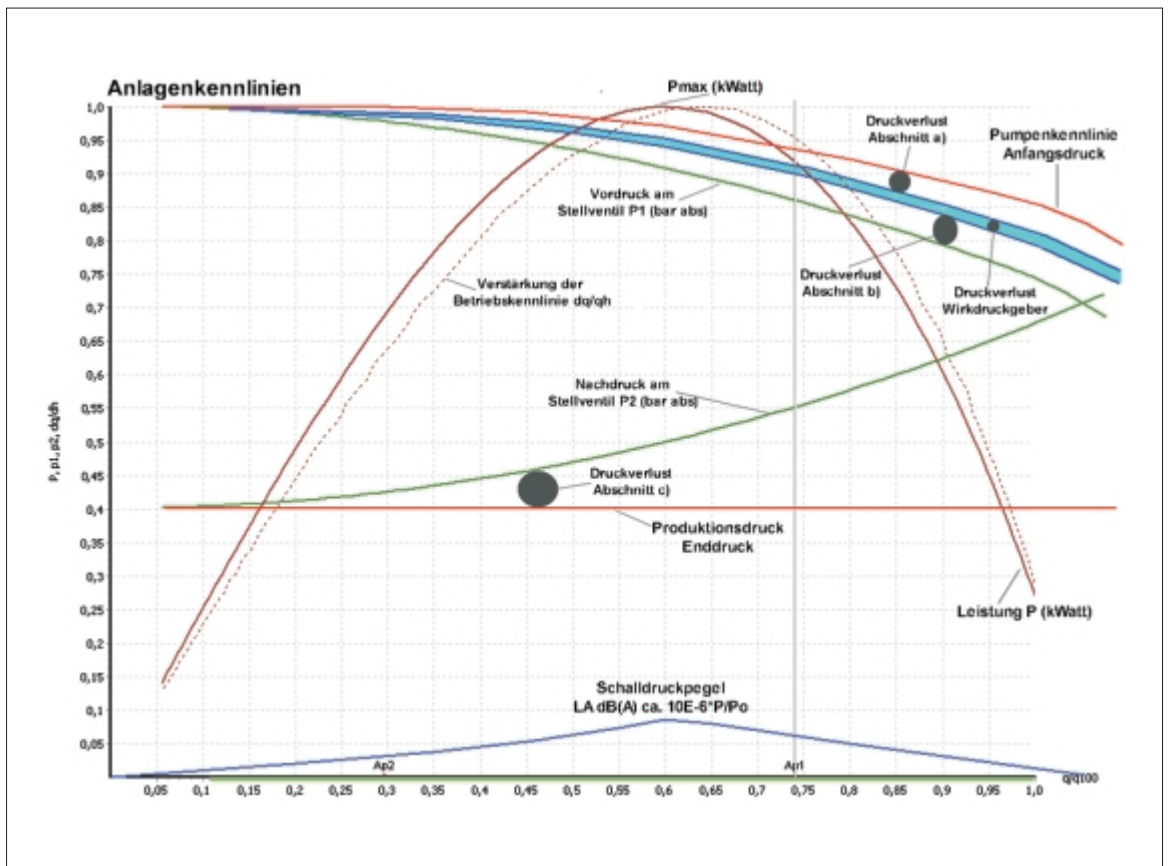
Die graphikunterstützte Berechnung mit ihren Vergleichsmöglichkeiten weist den Anlagenplaner besonders darauf hin, daß eine preiswerte Baureihe – als Hubventil, Drehkegelventil, Stellklappe oder Kugelhahn der Applikation voll genügt und führt nur bei kritischeren Betriebsdaten stufenweise zur nächsten auch preislich höheren Ventilbauart bis zum einem „engineerten“ Ventil, z. B. eine mit dem Programmteil „Nachdruckanhebung“ optimierte Viellochplattenstruktur, auch als Silencer bekannt (Bild 4).

Maintenance- und Ersatzteilkosten können während der geplanten Betriebszeit ein Vielfaches der Investitionskosten ausmachen, wenn eine Auslegung nach Faustregeln erfolgt, deren Gültigkeitsbereich man nicht kennt.

Ventile werden häufig in Teillastgebieten stark beansprucht, zeigen Kavitationsgeräusche, Resonanzschwingungen und mechanischen Schaden, wenn die umgesetzte Leistung ( $dp \cdot qv$  [kW]) einen Maximalwert erreicht, für den die gewählte Bauart nicht geeignet ist.

**Bild 6:** Rohrleitungswiderstandsdiagramm zur Ermittlung der erforderlichen Ventildaten. In dieser Darstellung ist der Anfangsdruck als Pumpenkennlinie nicht konstant.

**Fig. 6:** Pipeline resistance diagram for determination of the necessary valve data. The initial pressure is not constant as a pump characteristics curve in this view.



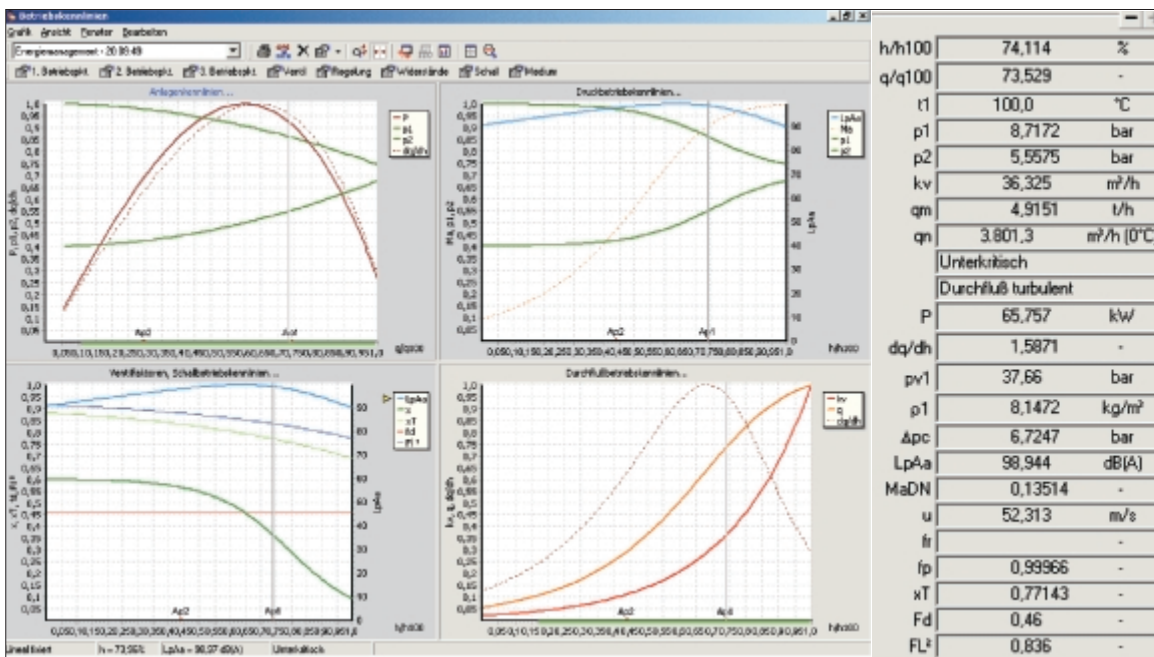
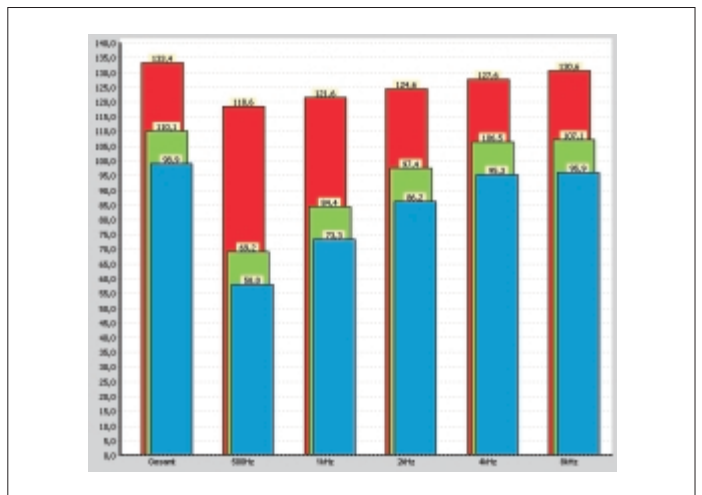
Stellarmaturen können, da sie am Energieumwandlungsprozeß unmittelbar beteiligt sind, bei optimaler Auslegung die Energiebilanz wesentlich verbessern, zur optimalen Prozeßführung beitragen und die Geräuschemission senken. Nur eine ganzheitliche Betrachtung über die Besitzkosten „Costs of Ownership“ ermöglicht eine wirtschaftliche Instrumentierung aller Rohreinbauten.

Leider fehlten bisher durchgängige Planungswerkzeuge mit hohem Wirkungsgrad an Zeitersparnis für die Berechnung und Simulation eines verfahrenstechnischen Regelkreises.

Das Programm ermöglicht nun eine

**Bild 7:** Frequenzabhängige Schallberechnung

**Fig. 7:** Frequency-dependent noise computation

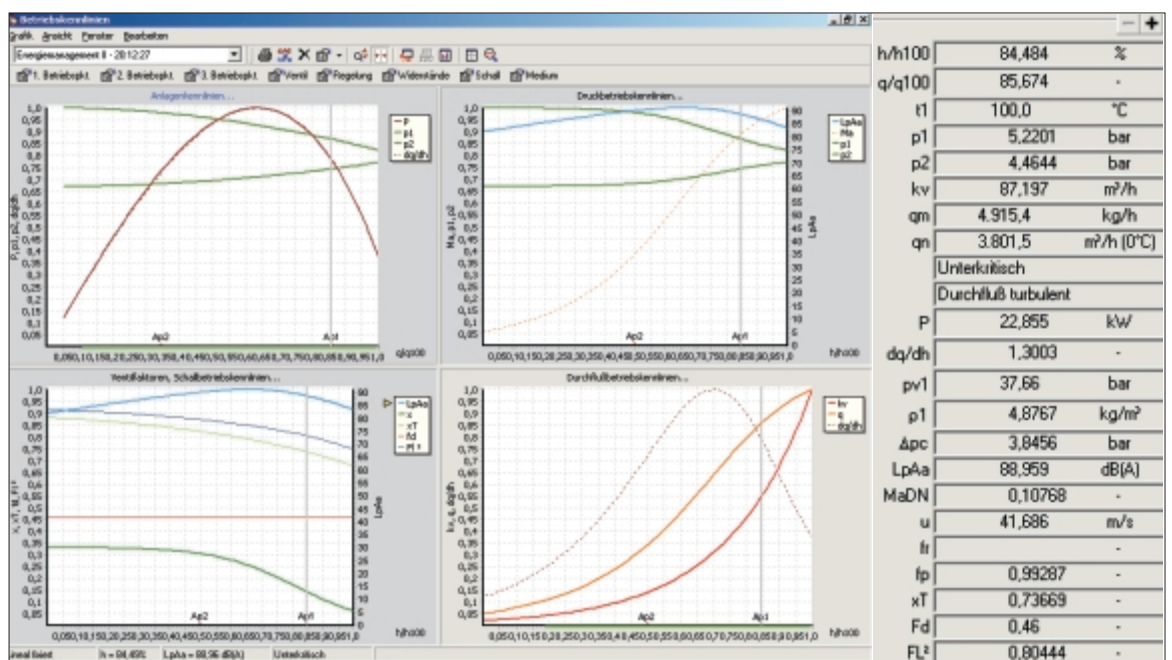


**Bild 8:** Complete calculation with initial pressure of 10 bar and the resulting two working points for economic valve optimization

**Fig. 8:** Complete calculation with an initial pressure of 10 bar and the two resulting working points for economic valve optimization

**Bild 9:** Energieersparende Auslegung mit Anfangsdruck 6 bar in Anlage nach Bild 5

**Fig. 9:** Energy-saving design with an initial pressure of 6 bar in the system discussed in Fig. 5



**Tab. 1:** Ventilauslegung aus ganzheitlicher Sicht**Table 1:** Holistic view of valve design

	Durchfluß	Q <sub>norm</sub>	Q <sub>max</sub>
	Druck/Leistung [kg/h]	2000	5000
<b>Druckverlustberechnung von Rohrleitungen</b>			
Abschnitt a)	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	10	10
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,937	9,65
	Leistung [kW]	0,3664	5,005
<b>Optimierung von Wirkdruckgebern</b>			
	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,937	9,65
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,894	9,374
	Leistung [kW]	0,242	4,21
<b>Druckverlustberechnung von Rohrleitungen</b>			
Abschnitt b)	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,894	9,374
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,879	8,668
	Leistung [kW]	0,584	10,83
<b>Ermittlung des Differenzdruckes am Regelventil: p<sub>2</sub> Abschnitt b) – p<sub>1</sub> Abschnitt c)</b>			
	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	4,3	5,61
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	3,999	4,02
	Leistung [kW]	3,9	45
<b>Regelventilbetriebsdaten</b>			
	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,879	8,668
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	4,3	5,61
<b>Regelventilberechnung und Optimierung</b>			
	k <sub>v</sub> - Wert	10,76	35
	Schalldruckpegel dB(A)	97	98
	Leistung [kW]	45,4	59,3
<b>Leistungs- und Energiebilanz mit jährlichen Verbrauchskosten</b>			
	Leistung [kW]	50,49	124,34
	Energie [kWh/a]	403936	994770
* ohne elektrischen Wirkungsgrad der Strömungsmaschine	<b>jährliche Energiekosten* [DM]</b>	<b>34034,-</b>	<b>149220,-</b>

Druckverlustberechnung für verschiedene Arbeitspunkte der Rohrleitung und ihrer Einbauten zur wirtschaftlichen Auswahl der Stelleinrichtung.

Es werden auch schwierige Gebiete der Armaturenauslegung behandelt wie Geräuschminderung durch Nachdruckanhebung, Split-range Optimierung, Mischphasenberechnung, Einfluß von kleinen Reynoldszahlen und Viskosität, und/oder von Reduzierstücken sowie von Pulp- oder Papierstoff auf die Betriebskennlinien.

Abschließend soll ein Fallbeispiel zeigen, daß mit CONVAL® 5 für Windows™ bei der Planung von Neuanlagen oder

Umrüstung von Altanlagen schnelle wirksame Berechnungsmöglichkeiten für Leistungs- und Energiebilanzen mit erheblichen Sparpotentialen zur Verfügung stehen, die in den nachfolgenden Updates weiter optimiert werden:

### Fallbeispiel Anlagenplanung

**Bild 5** zeigt als Beispiel eine Anlage mit dem Medium Luft mit einer Temperatur von 100 °C. Zwei Berechnungen werden durchgeführt:

1. Rohrleitung DN 80; PN 40, Länge 64 m, Stellventil DN 80; k<sub>VS</sub> = 100
2. Rohrleitung DN 100; PN 40, Länge 64 m, Stellventil DN 100; k<sub>VS</sub> = 160

Zunächst wird die Anlage in drei Abschnitte a, b und c aufgeteilt und mit den Programmteilen Druckverlustberechnung und Wirkdruckgeber nach **Bild 6** eine Druck- und Leistungsbilanz erstellt.

In **Bild 8** wird eine komplette Berechnung mit einem Anfangsdruck von 10 bar (s. Bild 5) und den resultierenden zwei Arbeitspunkten für eine wirtschaftliche Ventiloptimierung gezeigt.

Dazu wird eine frequenzabhängige Schallberechnung angewählt (**Bild 7**) nach VDMA 24422 Ausgabe 1989. Berechnungen und Vergleiche mit VDMA 24422 Ausgabe 1979 oder IEC 534-8 Teil 3 oder IEC 534-8 Teil 4 (bei Flüssigkeiten) sind möglich.

Jede Hubstellung in der Graphik kann „dynamisch“ mit dem Linealfenster (Bild 8 rechts) als Wertetabelle gezeigt werden.

Alle Ergebnisse einer Berechnung mit dem Anfangsdruck 10 bar sind in **Tabelle 1** zusammengefaßt. Der Vor- und Rückdruck ist hier konstant angenommen, z. B. Windkessel.

Es ergeben sich jährliche Verbrauchskosten von 149 220,- DM bei überwiegender Fahrweise von q<sub>max</sub>.

Da für einen geübten Anwender der Software eine derartige Optimierung in etwa 30 Minuten mit allen Ausdrucken erledigt werden kann, läßt sich eine zweite Berechnung mit einem reduzierten Anfangsdruck von 6 bar anstelle von 10 bar wesentlich schneller durchführen, da nur die Druckänderung eingegeben werden muß (**Bild 9, Tabelle 2**).

Die jährlichen Einsparungen von 82 228,- DM müßten einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen werden, da sich höhere einmalige Investitionskosten für eine von DN 80 auf DN 100 vergrößerte Rohrleitung und deren Einbauten sowie für eine andere Strömungsmaschine ergeben können.

Mit einbezogen werden sollten Einsparungen durch geringere oder nicht mehr notwendige Maßnahmen zur Schallverringern und geringere Wartungskosten der Anlage, da z. B. das Regelventil weniger als 50 % Leistung umwandeln muß und mit anderen Rohreinbauten geringerem Verschleiß ausgesetzt ist.

In anders gelagerten Fällen kann das Ergebnis dazu führen, daß die Stellglieder mit größerem k<sub>VS</sub>-Wert trotzdem preiswerter werden, weil bei der Leistungsverringern preiswertere Hubventile, Drehkegelventile oder Stellklappen eingesetzt werden können.

Wenn man aus dieser Betrachtung Rückschlüsse zieht auf das gesamte Einsparpotential bei verbesserter und leistungsoptimierter Anlagenplanung, muß man einen Artikel von H. Baumann

**Tab. 2:** Leistungs- und Energieoptimierung einer Anlage (Berechnungsergebnisse bei einem Anfangsdruck 10 oder 6 bar)

**Table 2:** Performance and energy optimization of a system (calculation results for an initial pressure of 10 and 6 bar)

Durchfluß		Q <sub>norm</sub>		Q <sub>max</sub>	
Druck/Leistung [kg/h]		2000		5000	
<b>Druckverlustberechnung v. Rohrleitungen</b>		<b>Fall a) Fall b)</b>		<b>Fall a) Fall b)</b>	
Abschnitt a)	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	10	6	10	6
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,937	5,973	9,65	5,866
	Leistung [kW]	0,3664	0,257	5,005	3,253
<b>Optimierung von Wirkdruckgebern</b>					
	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,937	5,973	9,65	5,866
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,894	5,916	9,374	5,479
	Leistung [kW]	0,242	0,541	4,21	9,59
<b>Druckverlustberechnung von Rohrleitungen</b>					
Abschnitt b)	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,894	5,916	9,374	5,479
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,879	5,873	8,668	5,193
	Leistung [kW]	0,584	0,401	10,83	7,436
<b>Ermittlung des Differenzdruckes am Regelventil: p<sub>2</sub> Abschnitt b) – p<sub>1</sub> Abschnitt c)</b>					
	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	4,3	4,09	5,61	4,48
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	3,999	4,0	4,02	4
	Leistung [kW]	3,9	1,134	45	15,33
<b>Regelventilbetriebsdaten</b>					
	p <sub>1</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	9,879	5,873	8,668	5,193
	p <sub>2</sub> [bar <sub>abs</sub> ]	4,3	4,09	5,61	4,48
<b>Regelventilberechnung und Optimierung</b>					
	k <sub>v</sub> -Wert	10,76	21,36	35	87,2
	Schalldruckpegel dB(A)	97	90	98	89
	Leistung [kW]	45,4	19,8	59,3	20,3
<b>Totale Leistungs- und Energiebilanz mit jährlichen Verbrauchskosten</b>					
	Leistung [kW]	50,49	22,1	124,34	55,91
	Energie [kWh/a]	403936	177040	994770	447280
*ohne elektrischen Wirkungsgrad der Strömungsmaschine	<b>jährliche Energiekosten* DM</b>	<b>34034,- 26556,-</b>		<b>149220,- 67092,-</b>	
				<b>Einsparung: 82228,-/Jahr</b>	

zitierten, der in seinem Buch „Valve Primer“ [1] folgende Zahlen nur für die deutsche und amerikanische Großchemie abschätzt:

„In einer Veröffentlichung (Energieökonomie bei der Anwendung von Regelventilen. rtp, 4/1991) stellt Hans O. Engel heraus, daß in den drei größten deutschen Chemiekonzernen ca. 120000 Pumpen mit einem mittleren Leistungsbedarf von 3 kW mit 200000 Regelventilen kooperieren. Wenn alle diese Ventile rationeller ausgelegt würden – wie hier gezeigt – könnte annähernd 50 % Leistung, d. h. 180 MW elektrische Leistung eingespart werden. Das läßt sich übersetzen in eine jährliche Energieeinsparung von 1,5 Millionen MWh.

Man darf annehmen, daß die amerikanische chemische Industrie etwa der dreifachen Größe der deutschen entspricht. Das bedeutet mögliche jährliche Einsparungen von 4 bis 5 Millionen MWh in den USA.“

Nach mehrjähriger Programmierarbeit steht dem Anwender nun ein Werkzeug mit Windows™-Oberfläche zur Verfügung, das in 15 Jahren als DOS-Version reifen und sich vielen Kundenwünschen anpassen konnte.

Der Ingenieurteil ist für jedes Berechnungsprogramm in zwei Stufen bedienbar: (-) schnellste Standardberechnung durch Nutzung von „Defaultwerten“ und Ausblenden von Detailangaben. (+) komplette Eingabemöglichkeit und Ausgabe aller Kenngrößen, Herstellerwahl usw. (+ -) ist auch Absatzweise zu nutzen.

Darüber hinaus verhilft die Software mit unzähligen Bausteinen zum Aufbau persönlicher Kompetenz, Glaubwürdigkeit, Kreativität, Sicherheit und Überschaubarkeit sowie zum Abbau von Zeit- und Kostendruck, sowie von Streßfaktoren und anderen negativen Abhängigkeiten.

**Literatur**

[1] Baumann H.: Control Valve Primer, A User's guide ISA, Appendix A -Saving Energy- ISBN 1-55617-323-7, ISH Verlag