

Minimierung und Monitoring des Energieverbrauches bei Stellventilen

Die Diskussion um die Verknappung der fossilen Brennstoffe und die steigenden Energiepreise haben den Fokus wieder auf die langfristig effektivste Maßnahme, die Reduktion des Energieverbrauchs, gelenkt. Laut ZVEI können durch die richtige Automatisierungstechnik allein in den Anlagen der deutschen Industrie 10 bis 25 % Energieeinsparung erreicht werden.

Bei der Optimierung der technischen Infrastruktur helfen Zustandserfassung, Zustandserhaltung und Optimierung der Infrastruktur, zusätzlichen Energieverbrauch durch Anlagenausfall und dadurch bedingte An- und Abfahrvorgänge sowie Fehlproduktionen zu vermeiden. Auch bei der Optimierung des Produktionsprozesses kann man drei Schwerpunkte identifizieren: Prozessauslegung, Prozessinformation und Prozessführung.

In diesem Beitrag geht es um den Aktor Stellventil, der bei optimal eingestellter Funktion zur Energieminimierung beitragen kann. Außerdem ermöglichen moderne Asset Management-Konzepte auf Basis von smarten Stellungsreglern das Energiemonitoring und die Anzeige von eventuellem Energieeinsparungspotential durch eine energieoptimierte Fahrweise

JÖRG KIESBAUER, DOMAGOJ VNUCEC

FLUIDSYSTEM PUMPE-STELLVENTIL-ANLAGE

In verfahrenstechnischen Anlagen fließen Stoffströme bzw. Fluidströme durch verfahrenstechnische Apparate. Diese Ströme werden so geregelt, dass bestimmte Reaktionstemperaturen oder -drücke an verschiedenen Anlagenstellen erreicht werden. Grundsätzlich besteht das Fluidsystem im einfachsten Fall aus einer Pumpe bzw. einem Verdichter, einem Stellventil und Anlagenkomponenten wie Rohrleitungen, Apparaten und Tanks etc. (**Bild 1**).

Aufgrund von Reaktionsdrücken und Anlagenverlusten ist eine Pumpe bzw. ein Verdichter notwendig, um Fluidströme per Differenzdruck überhaupt zu bewegen. Das Stellventil arbeitet als Aktor zum Beeinflussen von Prozessgrößen wie Druck, Temperatur oder Durchflussrate. Es wird von dem Prozessleitsystem für die jeweilige Prozessregelaufgabe geführt und greift letztlich durch Veränderung des Stoffstromes in das System ein. Dabei schließt es die Lücke zwischen dem jeweils mit dem Volumenstrom Q verän-

derlichen Pumpen- und dem Anlagendruck (p_1 und p_2). Ohne Stellventil ergibt sich der Volumenstrom in Punkt A aus **Bild 2**.

Bei kleineren Volumenströmen als Q_A sind p_1 und p_2 nicht gleich. Bei einem bestimmten Volumenstrom Q ist p_1 durch die Pumpenkennlinie und p_2 durch die Anlagenkennlinie bestimmt. Das Ventil muss dafür in seiner Drosselwirkung durch den veränderlichen k_v -Wert als Maß für die Durchflusskapazität per zugehöriger Ventilöffnung angepasst werden.

Die oft zitierte Meinung „Das Stellventil ist ein Energiefresser“ ist nicht zutreffend. Eine „geeig-

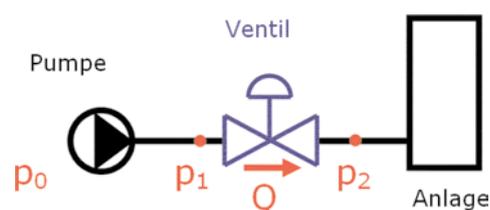


Bild 1: Fluidsystem Pumpe-Ventil-Anlage

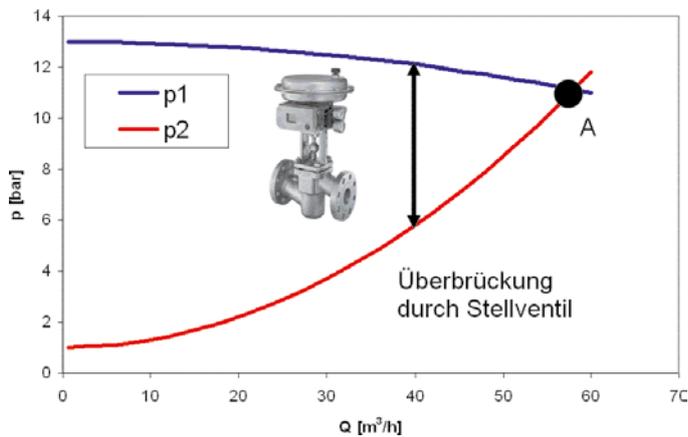


Bild 2: Pumpen-Anlagencharakteristik

netere“ Pumpenkennlinie mit fallendem Druck p_1 bei fallendem Volumenstrom Q würde einen kleineren Druckunterschied $p_1 - p_2$ über dem Volumenstrom bedeuten, im Idealfall einen konstanten Differenzdruck über den ganzen Bereich. Diesen Nachteil einer eigentlich „falschen“ Pumpenkennliniencharakteristik können die Pumpenhersteller nur mit einem zusätzlichen Frequenzumrichter zur Reduzierung der Drehzahl kompensieren. Letztlich „vernichtet“ das Stellventil nur die Druckenergie, die von Pumpe und Anlage vorgegeben wird.

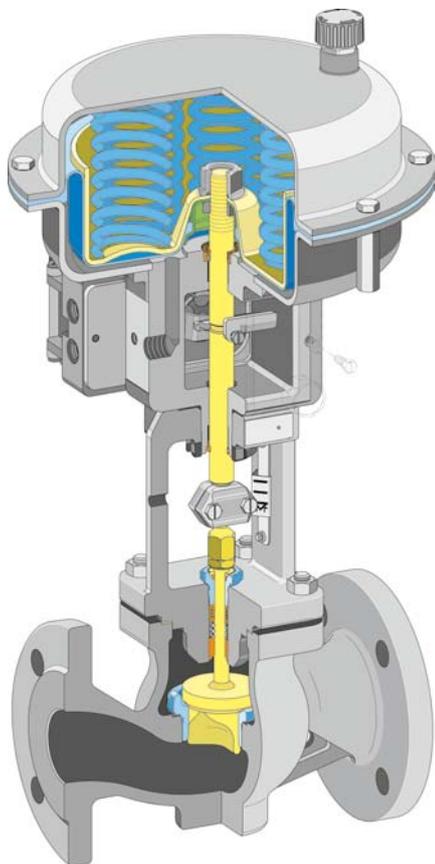


Bild 3: Pneumatischer Stellantrieb mit Sicherheitsstellung „Feder schließt“

ENERGIEVERBRAUCH UND ENERGIEBILANZ VON STELLGERÄTEN

Das Stellventil der Prozessautomatisierung besteht heute in der Regel aus dem Regelventil in Form von verschiedenen Bauarten wie Hubventil, Klappe, Drehkegelventil etc., dem pneumatischen Stellantrieb mit Federrückstellung für den Sicherheitsfall bei Luftausfall und dem elektronischen, smarten Stellungsregler. Bei Auf-/Zu-Armaturen tritt noch meist ein Magnetventil an die Stelle des Stellungsreglers. Zunehmend werden heute auch digitale Stellungsregler für Sicherheitsabschaltungen eingesetzt.

Der Stellungsregler wird konventionell mit 4 ... 20 mA oder per Feldbus angesteuert. Der Sollwert w gibt die gewünschte Ventilöffnung vor, die der Stellungsregler durch Anpassen des Stelldruckes im Stellantrieb ausregelt. Er nutzt dafür die vorhandene Druckluftenergie des Luftnetzes, das üblicherweise bei Luftdrücken zwischen 3 und 6 bar betrieben wird.

Übergeordnet läuft im Prozessleitsystem der Prozessregelkreis zum Beispiel für Druck oder Temperatur, der den Sollwert für den Stellungsregler ständig nachführt. Daher werden im Stellventil folgende Energiearten verbraucht:

- elektrische Energie für den Stellungsregler oder das Magnetventil
- pneumatische Druckluftenergie aus dem Luftnetz
- Druckabbau-Energie des Fluidstromes

Diese Energien sollen im Folgenden nun genauer analysiert werden:

Elektrischer Energieverbrauch Der elektrische Energieverbrauch ist sehr gering. Sowohl bei HART-Geräten als auch bei Feldbusgeräten ist allein wegen des Explosionsschutzes der elektrische Strom begrenzt und daher vernachlässigbar. Typische Werte liegen unterhalb 0,15 W.

Pneumatischer Energieverbrauch In **Bild 3** ist ein typischer pneumatischer Stellantrieb dargestellt. Durch Luftzufuhr werden die Federn zusammengedrückt und die Antriebsstange eingefahren. Dadurch entnimmt der Stellungsregler Luft aus dem Druckluftnetz, die vom Kompressor nachgespeist werden muss, denn beim nächsten Luftablassen zum Ausfahren der Stange entweicht die Luft irreversibel in die Umgebung über den Stellungsregler.

Ändert sich der Sollwert w für die Ventilstellung und folgt die Ventilstellung exakt dieser Vorgabe, dann ergibt sich für das vom Luftnetz bereitzustellende Luftvolumen pro Zeit bei einem Nennhub H_{Nenn} des Ventils und bei einem Antrieb mit dem Druckbereich p_{A0} bis p_{A100} , einer Wirkfläche A_W und einem Totvolumen V_{A0} (Luftnormdichte p_N und Bezugsdruck p_N

=1,0132 bar) im Falle einer sprungartigen Änderung von w_{Anfang} auf w_{Ende} :

$$\bar{Q}_N = N_{SZ} \cdot \frac{1}{p_N} \cdot (p_{A100} - p_{A0}) \cdot H_{Nenn} \cdot A_W \cdot \left(w_{\text{Anfang}} + w_{\text{Ende}} + \frac{V_{A0}}{H_{Nenn} \cdot A_W} + \frac{p_{A0}}{p_{A100} - p_{A0}} \right) \cdot (w_{\text{Ende}} - w_{\text{Anfang}})$$

Darin bedeutet N_{SZ} die Anzahl der Schaltungen oder Zyklen pro Jahr (1/a).

Laut [1] beträgt der Energieverlust in kWh für 1 l/s ca. 0,27 kWh. Die Kosten wären dann ungefähr 128 €/a. **Bild 4** zeigt für zwei Federbereichswerte $p_{A100} - p_{A0}$ die zu erwartenden Kosten pro Jahr in Abhängigkeit von $H_{Nenn} \cdot A_W$. Es wurde angenommen, dass das Totvolumen V_{A0} ca. 10 % von diesem Volumen ausmacht. Es wurde ein Produkt $(w_{\text{Anfang}} - w_{\text{Ende}}) / 100 \cdot N_{SZ}$ von 10^5 angenommen, bei 1 % also 10^7 Zyklen und bei 100 % 10^5 Zyklen.

Der Eigenluftverbrauch ist bei modernen Stellungsreglern vernachlässigbar, für die Betriebssicherheit aber notwendig. Ein typischer Wert ist zum Beispiel 100 l/h, was ungefähr 3,5 €/a entspricht. Grundsätzlich ist der Luftverbrauch bei der Antriebsbelüftung umso größer

- je größer der Nennhub H_{Nenn} ist
 - je größer die Amplitude die Sprunggröße Sprung $w_{\text{Ende}} - w_{\text{Anfang}}$ ist
 - je größer die Antriebswirkfläche A_W ist
 - je größer das Totvolumen V_{A0} ist
 - je höher die Antriebssteifigkeit in Form von $p_{A100} - p_{A0}$ ist
 - Je höher der Anfangswert p_{A0} ist
- Der Anfangswert p_{A0} ist umso größer
- je größer die Strömungskraft im Ventil ist
 - je größer die geforderte Dichtkraft am Ventilkegel (Leckageklasse!) ist
 - je höher die Reibkräfte sind.

Die umgesetzte Luftleistung ist deutlich größer bei hohen Netzdrücken und vielen Schaltungen bzw. Zyklen. Die Luftleistung erhöht sich bei Schaltungen, wenn der Antrieb bei Schließstellung komplett entlüftet ist, weil die Aufladung des Totvolumens V_{A0} in der zuvor aufgeführten Gleichung nicht berücksichtigt wurde.

Hydraulischer Energieverbrauch Durch den Drosselvorgang im Stellventil wird dem Stoffstrom Energie entzogen. Bei Flüssigkeiten gilt die einfache Beziehung:

$$P_{\text{Drossel}} = Q \cdot (p_1 - p_2)$$

Bei Gasen ergibt sich (κ = Adiabatenexponent, cr:

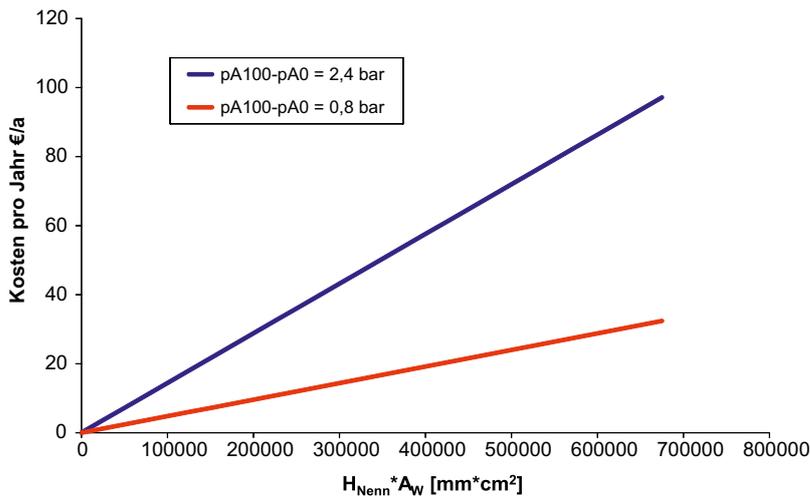


Bild 4: Kosten Luftverbrauch bei (w_{Ende} - w_{Anfang})
 $N_{SZ} = 100.000$

Druckverhältnis beginnende Schallgeschwindigkeit an der Drosselstelle, bei Hubventilen ungefähr 0,5):

$$p_{Drossel} = W \cdot \frac{p_1}{\rho_1} \cdot \frac{\kappa}{\kappa + 1} \cdot \frac{\lg(p_2 / p_1)}{\lg(p_2 / p_1)_{cr}}$$

In der Regel greift das Stellventil durch Veränderung des Durchflusses in einem festen Bereich Q_{min} bis Q_{max} ein. Je kleiner die Druckdifferenz ist, desto weniger Energie wird dem System entnommen. Nachteilig ist hier die systembedingte nicht konstante Druckdifferenz wegen der gegensätzlichen Tendenz von Pumpen- und Anlagenkennlinie (s. Bild 2).

Die Bilder **Bild 5a und b** zeigen den Vergleich der Leistungen bei typisch mit dem Volumenstrom abnehmender Druckdifferenz und außerdem bei konstanter Druckdifferenz. Dieses Bild unterstreicht noch einmal den Nachteil der eigentlich „falsch verlaufenden“ Pumpenkennlinie.

Die Kosten pro kWh liegen bei etwa 0,20 bis 0,25 €. Pro kWh und Jahr liegen die Kosten bei ca. 1750 bis 2200 €/a, also deutlich höher als die elektrischen Energieverbrauchskosten des Stellungsreglers und die Luftverbrauchskosten.

BEDINGUNGEN UND MASSNAHMEN ZUR REDUZIERUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS VON STELLGERÄTEN

Das Potenzial liegt zum einen in der optimalen Auslegung des gesamten Stellgerätes als auch im Einsatz hocheffizienter Gerätekomponenten. Dies bedeutet aber auch exakte Betriebsdaten für die Auslegung ohne die üblich hohen Sicherheitszuschläge.

Folgende Maßnahmen lassen bei den Stellgeräten die größten Einsparungseffekte erwarten:

- Auswahl kompakter Antriebe unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer sowie regelungstechnischer Gesichtspunkte (Ein Maß für die Überdimensionierung von Antrieben ist ein zu großes Verhältnis zwischen der erforderlichen und der tatsächlichen Antriebskraft)
- Vermeidung von Ventilen mit überdimensionierten Ventildurchflusskapazitätswerten K_{vs} (Eine zu hoch gewählte Sicherheit hinsichtlich des K_{vs} -Wertes hat eine Überdimensionierung des Antriebes zur Folge)
- Bedarfsgerechte Auswahl von Anbaugeräten (Überprüfung der tatsächlich geforderten Stellzeiten und entsprechende Anpassung eventuell vorhandener Luftleistungsverstärker)
- Verwendung von möglichst leakagearmen Antrieben
- Verwendung von reibungsarmen Dichtungen bzw. Balgabdichtungen
- Vermeidung von stark reibungsbehafteten Druckentlastungen und Stangenabdichtungen
- Nutzung von smarten Stellungsreglern, die pneumatische Leckagen detektieren und anzeigen können
- Optimierung des Stellungsregelkreises (Vermeidung von instabiler Regelung in Form von Über- oder Dauerschwingungen)
- Optimierung der übergeordneten Prozessregelkreise (Teilweise liegen nicht automatisierte bzw. regelungstechnisch schlecht eingestellte Stellventile vor)

MONITORING UND DIAGNOSE HINSICHTLICH DES ENERGIEVERBRAUCHS VON STELLGERÄTEN MIT HILFE SMARTER STELLUNGSREGLER

Smarte Stellungsregler sollten heute autark Online-Daten sammeln und bewerten können. Die Basisauswertung sollte Statusinformationen zur Performance des Gesamtgerätes ermöglichen, die die NAMUR-Empfehlung NE 107 (Selbstüberwachung und Diagnose von Feldgeräten) berücksichtigen und diese gemäß NAMUR NE 105 (Anforderungen an die Integration von Feldbusgeräten in Engineering-Tools für Feldgeräte) über genormte Kommunikationswege (HART, PROFIBUS-PA, Foundation Fieldbus) und Integrationswege (EDDL, FDT/DTM und zukünftig FDI) weitermelden zu können.

Für die Performanceüberprüfung sollte die komplexe Struktur eines Stellgerätes im Speicher des Stellungsreglers vorliegen. Dies bezieht sich auf die einzelnen Komponenten wie Stellventil, Stellantrieb, Stellungsregler, weitere Anbaugeräte wie Magnetventil, Luftleistungsverstärker etc. aber auch auf die Auslegungs-Betriebsdaten wie Zuluftdruck und Differenzdruck, Durchfluss etc.

Statistische Informationen Smarte digitale Stellungsregler können heute online statistische Daten in Form der wesentlichen Betriebsdaten der Stellungsregelung zu erfassen. Diese sind im Wesentlichen der Sollwert w , die Ventilstellung x und die stationäre Regelabweichung $e=w-x$. Daraus lassen sich grundsätzliche Auswertungen wie Histogramme und Zyklenzähler durchführen.

Histogramme für w oder x geben Aufschluss über die typischen Ventilstellungs-Arbeitsbereiche des Stellventils. Arbeitet danach ein Stellventil über längere Zeit beispielsweise nur im Bereich von 30 bis 50 %, dann ist die real benötigte Drosselwirkung des Stellventils stärker als erwartet und das Ventil vom k_{vs} -Wert her zu groß ausgelegt. Der wahrscheinlichste Grund in diesem Fall: Die Anlagenverluste wurden zu groß bemessen und die Pumpe von der Förderhöhe her zu groß gewählt. Gleiche Durchflusswerte wären bei kleineren Druckdifferenzen möglich, wenn die Pumpe nicht zu viel Druckenergie in das System „pumpen“ würde und nicht zu große Sicherheiten der Anlagenverlustbestimmung zugrunde lägen.

Andererseits benötigt ein zu großer k_{vs} -Wert eine zu große Sitzbohrung mit der Folge, dass schließlich auch der Antrieb zu groß wird. Dadurch muss mehr Luftvolumen umgesetzt werden als notwendig, was den Verbrauch pneumatischer Energie erhöht.

Die im vorigen Kapitel angegebene Gleichung für den Luftverbrauch bei sprunghaften Sollwertänderungen ist zur Sprunghöhe direkt proportional. Je größer die Anzahl der Zyklen, desto größer ist der sich ergebende Luftverbrauch.

Über die aktuellen Bedingungen geben der im Stellungsregler ablaufende *Zyklenzähler* und das Histogramm für die Regelabweichung e im stationären Zustand Auskunft.

Das *Zyklenzählerhistogramm* enthält die Anzahl der Richtungswechsel in Abhängigkeit der Amplitudenhöhe.

Das e -Histogramm sollte vorwiegend im Bereich -1 % bis 1 % Werte aufweisen. Findet man auch Werte außerhalb dieses Bandes, dann muss der Stellungsregler häufiger nachregeln und dabei wieder Luft verbrauchen.

Sind bei nahezu konstanten Sollwerten trotzdem viele Ventilstellungszyklen zu beobachten, dann verläuft die Stellungsregelung nicht optimal oder die Prozessstörungen in Form von Druckschwankungen sind signifikant.

Genauer kann die Regelperformance mit den Performance-Test-Verfahren im folgenden Abschnitt untersucht werden.

Gezielte Tests zur dynamischen und statischen Regelperformance Die *statische Performance* be-

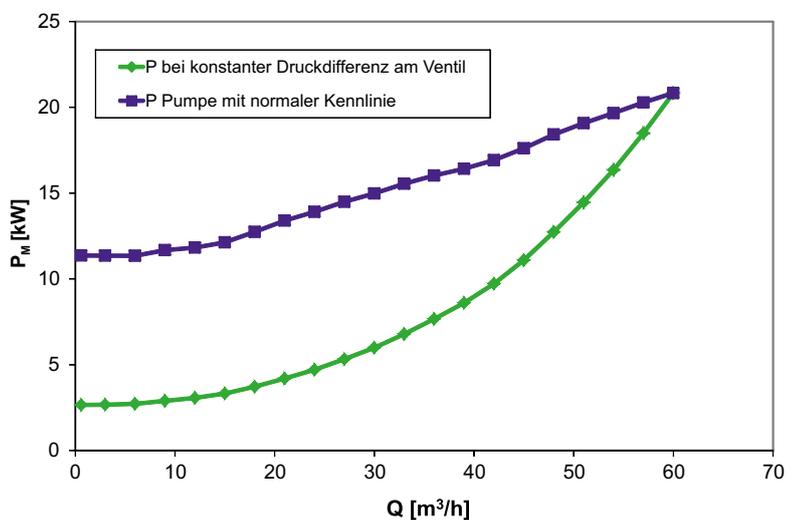
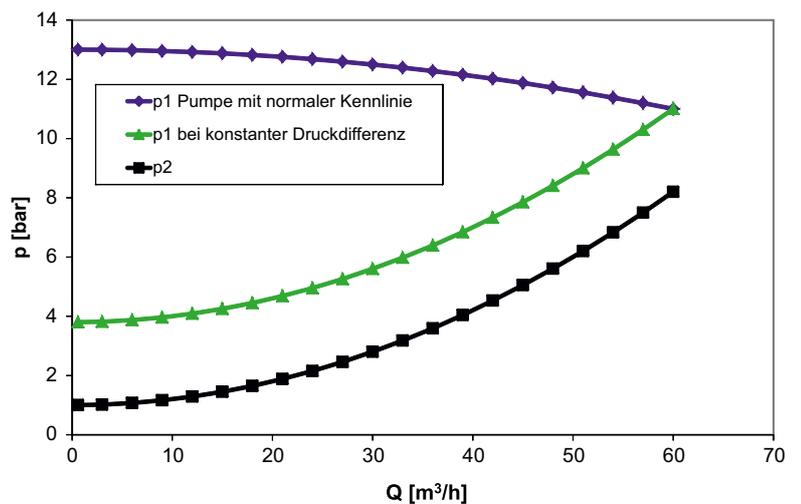


Bild 5: Leistungsvergleich der Drosselleistung vom Stellventil bei nicht konstantem und konstantem p_1-p_2

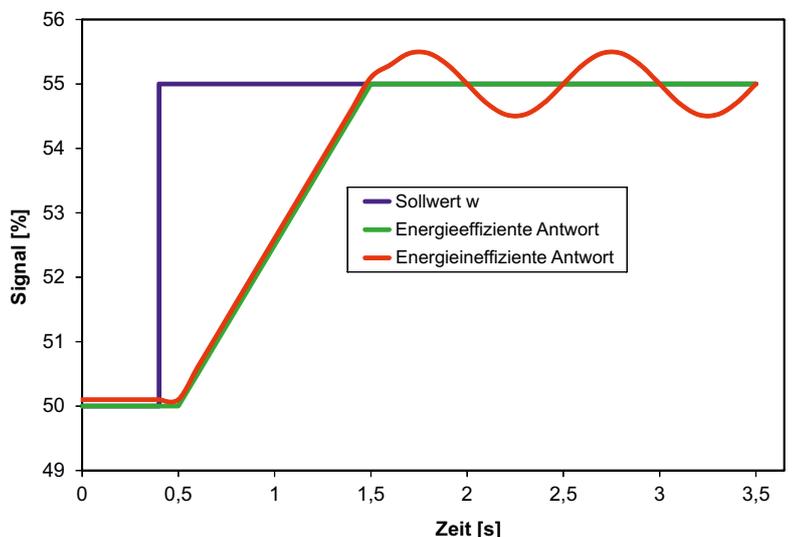


Bild 6: Energieeffizienz bei Dynamik, hier Sprungantwort

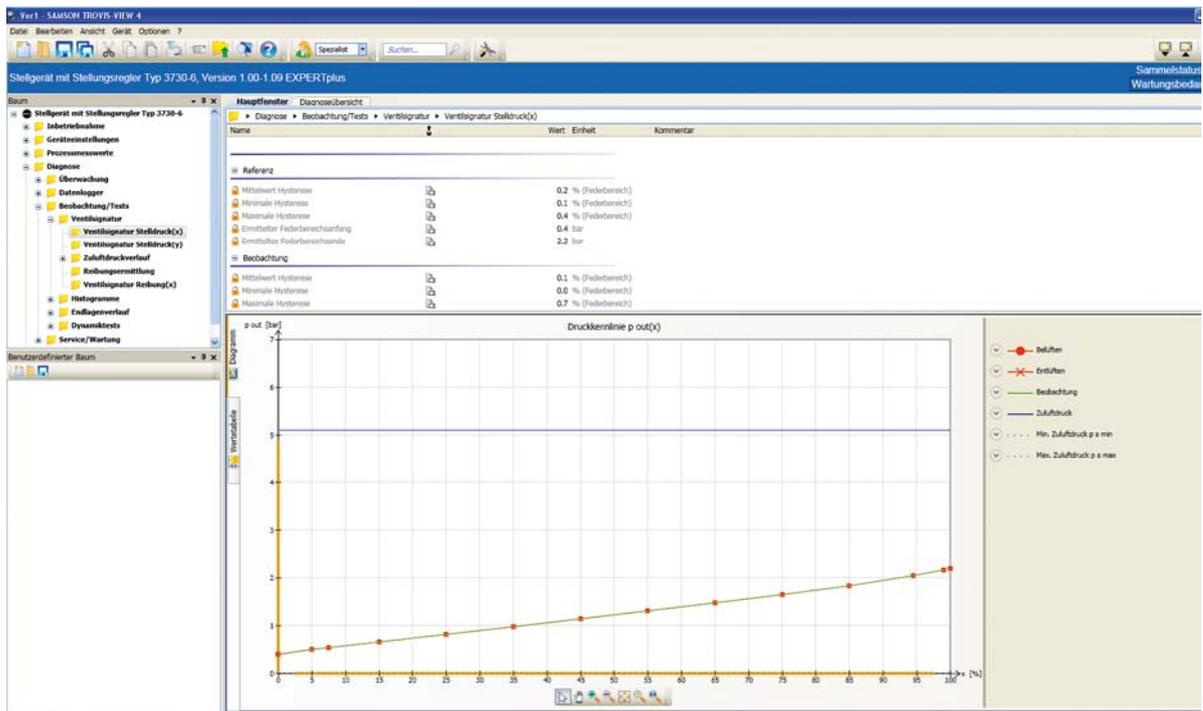


Bild 7: Ausgangsdruck am Stellungsregler (Antrieb) in Abhängigkeit der Ventilöffnung (Signatur)

zieht sich auf die stationäre Genauigkeit, die vor allem infolge zu hoher Werte von Totband und Hysterese negativ beeinflusst werden kann.

Diese statische Performance kann gezielt mit dem sogenannten Stellungsregler-internen „Deadband & Hysterese“-Test überprüft werden, bei dem der Stellungsregler in sehr kleinen Schritten (unter 1 %) den Sollwert intern verändert und anschließend nach einer definierten Wartezeit den Istwert registriert. Zweckmäßig werden jeweils der Sollwert und der sich

einstellende Istwert in einem Diagramm eingetragen. Die sich ergebenden Punkte werden verbunden. Dies erfolgt in einem vorgebbaren Sollwertbereich. Wenn der Endwert erreicht ist, wird wieder zum Anfangswert gleichermaßen zurückgefahren. Der Abstand der beiden nahezu parallelen Kurven sollte minimal sein.

Die *dynamische Performance* wäre am besten, wenn die Ventilstellung exakt dem vorgegebenen Sollwert vom Leitsystem folgen würde. In der Realität kann dies aber nicht funktionieren, weil die Ventilstellung verzögert nachfolgt. Zusätzlich kann es zum Überschwingen mit einigen Nachschwingungen kommen. Energietechnisch ist die nachzufüllende Luft im Stellantrieb beim Belüften bis zum Endwert vorgegeben. Die Überschwinger führen aber nur zu unnötigen Verlusten, so dass diese möglichst klein zu halten oder zu vermeiden sind.

Diese dynamische Performance kann mit einem Sprungantworttest (**Bild 6**) überprüft werden. Ohne gezielte Testanregung kann ein im Stellungsregler integrierter Datenlogger Sollwert und Istwert in Abhängigkeit der Zeit aufzeichnen. Hierdurch sind eventuell auftretende Überschwinger im Online-Betrieb erkennbar.

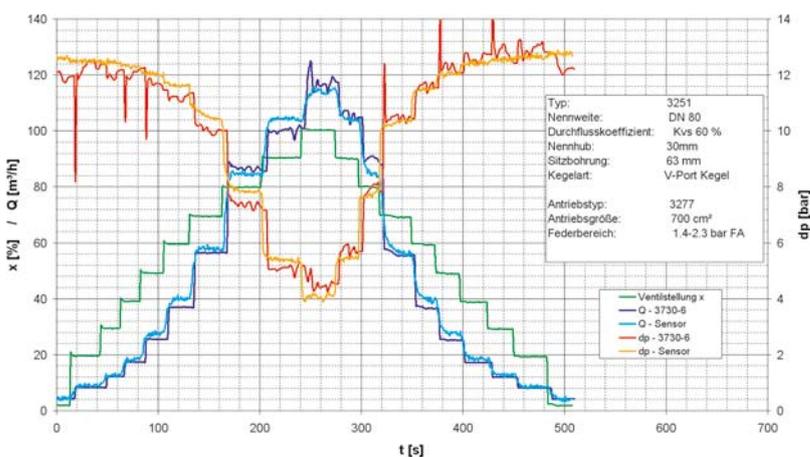


Bild 8: Differenzdruck- und Durchflusswerte über der Zeit bei Veränderung des Hubs (Q und $dp = p_1 - p_2$ gemessen mit Sensor, indirekte Ermittlung im Stellungsregler (SAMSON Stellungsregler Typ 3730-6))

Gezielte Analyse der Druckinformationen im Stellantrieb Moderne smarte Stellungsregler erfassen aber nicht nur den Soll- und Istwert. Sie nehmen auch interne Signale wie das Strom-Eingangssignal

des i/p-Wandlers und die Drucksignale für Zuluft und Stellungs Ausgangsdruck auf. Zwei Zusammenhänge und deren Veränderung sind hierbei wichtig:

- Der Stellausgangdruck in Abhängigkeit der Ventilstellung (**Bild 7**)
- Der Stellausgangdruck in Abhängigkeit des Strom-Eingangssignals

Diese sind als Referenzkurven (R1,R2) zu betrachten, aber auch als aktuelle Werte in Teilabschnitten (A1, A2):

- Die Erfassung der Druckverhältnisse im pneumatischen Stellantrieb ohne Strömung durch das Ventil, die durch die Vorspannung der Antriebsfedern bestimmt sind (Antriebs-Drucksignatur R1)
- Die Erfassung der Druckverhältnisse im pneumatischen Stellantrieb in Abhängigkeit des i/p-Wandler-Stromes i (Wandlerkennlinie R2)
- Die Erfassung der aktuellen Druckverhältnisse im pneumatischen Stellantrieb bei Prozessbetrieb mit Strömung und deren Differenz gegenüber der Referenz Drucksignatur (A1)

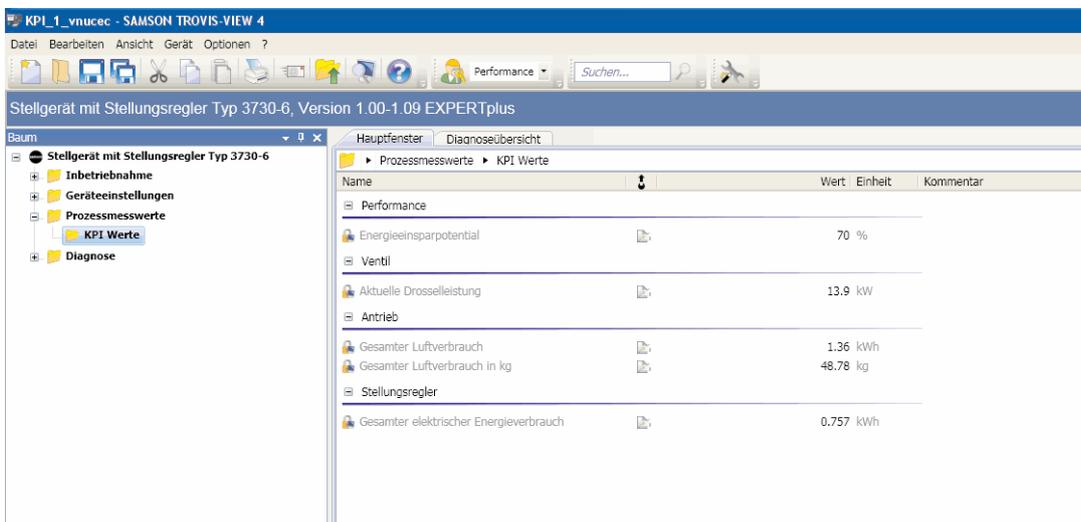
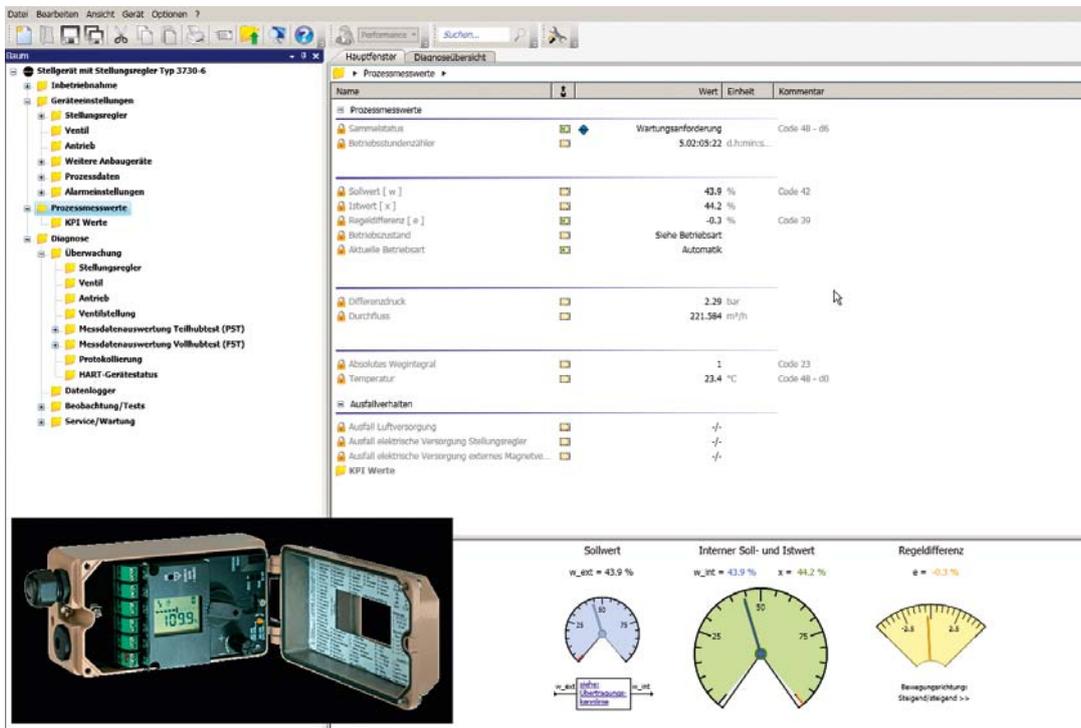


Bild 9: Energierelevante Key Performance Indikatoren bei Stellventilen ermittelt durch smarten Stellungsregler (SAMSON Stellungsregler Typ 3730-6))

- Eine eventuelle Veränderung der Wandlerkennlinie (A2), auch bei Prozessbetrieb mit Strömung

Daraus lassen sich eine ganze Reihe wichtiger Parameter aufnehmen, die für die Diagnose und letztlich auch für die Energiebetrachtung wichtig sind:

- Der Federbereich des Antriebes (Bench Set)
- Zu hohe Reibung infolge der Stangenabdichtung oder der Druckentlastungsabdichtung
- Der Leckagestrom bei Undichtigkeiten im pneumatischen System aus Antrieb, Fittings der Anschlüsse etc., auch als Bezug zur maximalen Stellungsreglerbelüftungsleistung
- Auf Basis eines patentierten Verfahrens nun auch die indirekte Ermittlung des anliegenden Differenzdruckes am Ventil über die Stellantriebs-Druckmessung mittels der Drucksensoren im Stellungsregler (**Bild 8**, SAMSON Stellungsregler Typ 3730-6)
- Ein stark unterschiedlicher Differenzdruck bei Ventilhubänderung am Ventil anstatt eines besseren konstanten, möglichst kleinen Wertes (dazu s.a. Bild 5)
- Der Durchfluss durch das Ventil (s. Bild 8, SAMSON Stellungsregler Typ 3730-6)

In Bild 8 liegt eine zeitabhängige Messung zugrunde, wobei das Ventil erst schrittweise aufgefahren und dann wieder zugefahren wurde (grüne Kurve). Dabei änderte sich der Differenzdruck entsprechend der orangenen Kurve und der Durchfluss durch das Ventil gemäß der hellblauen Kurve. Im Stellungsregler wurde anhand seiner internen Drucksensoren mit einem patentierten Verfahren der Differenzdruck am Ventil indirekt ermittelt. Das Ergebnis entspricht der roten Kurve. Die Übereinstimmung ist ausreichend genau. Auf Basis der im Stellungsregler-Speicher abgelegten k_v -Kennlinie kann zudem der Durchfluss Q abgeschätzt werden. Dies entspricht der dunkelblauen Kurve. Hier wird ebenfalls eine gute Abschätzungsgenauigkeit erreicht.

Energiemonitoring und Bewertung Aufgrund der beschriebenen Analysen aus den vorherigen Abschnitten lassen sich dann Key Performance Indikatoren (KPI) für den Energieverbrauch wie in **Bild 9** von Stellventilen ermitteln und anzeigen. Diese KPIs sind:

- das strömungstechnische Energieeinsparungspotential
- die aktuelle Ventildrosselleistung des Ventils
- der pneumatische Luftverbrauch (umgerechnet in elektrischer Leistung oder als Luftmasse)
- gesamter elektrischer Energieverbrauch des Stellungsreglers

ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausschöpfung aller Möglichkeiten der an Energieeffizienz orientierten Ventilauslegung und Auswahl auf Basis von möglichst exakten Prozessdaten lässt ein Stellventil energieeffizienter arbeiten. Das Ventil setzt dann die hydraulische Leistung durch irreversible Drosselung um, die durch Pumpe und Anlage vorgegeben sind.

Durch eine zusätzliche regelungstechnische Optimierung des Ventilstellungsregel- und Prozessregelkreises können Schwingungen des Regelkreises und damit unnötiger Luftverbrauch vermieden werden.

Im laufenden Betrieb können smarte Ventilstellungsregler ein umfassendes Monitoring aller energierelevanten Key Performance Indikatoren (KPI) ermöglichen. Demzufolge können smarte Stellgeräte heute zum Energiemonitoring in prozessautomatisierten Anlagen ihren Beitrag leisten.

LITERATUR

- [1] ZVEI – Broschüre: Mit Hightech für Umwelt- und Klimaschutz: Der vielfältige Beitrag der Prozessautomation zur Energieeffizienz, Juni 2009

ACHEMA 2012

Halle 11.1, Stand C75



AUTOREN



DR. JÖRG KIESBAUER

Mitglied des Vorstands
SAMSON AG
Frankfurt am Main
Tel.: +49 69 4009-0
drjkiesbauer@samson.de



DOMAGOJ VNUCEC

Leiter der Abteilung
„Entwicklungsprüfstand“
SAMSON AG
Frankfurt am Main
Tel.: +49 69 4009-1796
dvnucec@samson.de