

Pumpenanlagen präzise und druckstoßfrei regeln mit drehzahlveränderbaren Stellantrieben

Ob in der Trinkwasseraufbereitung, Abwasserbehandlung, Wasserrückgewinnung oder allgemein bei der Wasserverteilung, überall werden die Abläufe zunehmend automatisiert.

In den in diesem Beitrag betrachteten Pumpstationen sorgen beispielsweise moderne Pumpen zusammen mit Klappen, Kugelhähnen und weiteren Armaturen für einen zuverlässigen und ausgeregelten Wasserdurchfluss. Die Optimierung eines solchen Systems hinsichtlich Druckstoßvermeidung wird durch drehzahlveränderbare Stellantriebe wie den SIPOS 5 möglich.

OTTMAR KÖGEL

Auch für Stellantriebe gelten in der Wasserwirtschaft einige erhöhte Anforderungen:

- An erster Stelle, auch weil Mängel hier sofort ersichtlich sind, steht die Korrosionsbeständigkeit. Rostet ein Antrieb schon, kann man sich auf dessen einwandfreie Funktion nicht mehr ganz verlassen.
- Häufig muss extremen Witterungsbedingungen getrotzt werden.
- Bei Anlagen im Wasserbereich heißt es oft „Land unter“. Schutzart IP 68 wird daher nicht selten verlangt.
- Nicht zuletzt werden Wasserarmaturen immer größer, was auch entsprechend höhere Drehmomente der Stellantriebe erfordert.

All dies erfüllen natürlich auch die in diesem Beitrag vorgestellten Antriebe von SIPOS Aktorik.

Ein weiterer besonderer Aspekt im Wasserbereich ist die Vermeidung von Druckstößen, die für ein Anlagen- und Leitungssystem zur echten Gefahr werden können. Mit der grundlegenden Drehzahlveränderbarkeit sowie direkt in der Gerätefirmware integrierter Funktionen, eignen sich SIPOS 5-Stellantriebe ideal, um durch eine intelligente Regelung von Pumpen-

und Druckausgleichsventilen solche Wasserschläge zu vermeiden oder wenigstens einzudämmen.

WEG-STELLZEIT-FUNKTION

Die freie Wahl der Drehzahl ist die Basis der SIPOS-Technologie. Dies wird durch Ansteuerung über den integrierten Frequenzumrichter (FU) erreicht. Softwareintelligenz im Antrieb steuert nicht nur den Motor, sondern stellt unter anderem die speziell hier eingesetzte Weg-Stellzeit-Funktion zur Verfügung.

Die Auslegung einer Armatur erfolgt üblicherweise in Stellzeiten. Die Armatur soll in einer bestimmten Zeit öffnen bzw. schließen, danach richtet sich grundsätzlich die einzustellende Drehzahl. Läuft der Antrieb jedoch ausschließlich mit der aus der Gesamtzeit ermittelten Drehzahl, ist bei den meisten Armaturen im Wasserbereich (Klappen, Hähne) schon kurz nach dem Öffnen bei wenigen %-AUF der Durchfluss auf 50 % und nach einem Drittel des Weg praktisch bei 100 %.

HALBE VERFAHRZEIT GLEICH HALBER DURCHFLUSS – LINEARISIERUNG DER VENTILKENNLINIE

Über die Drehzahl bekommt man diese Forderungen schwierig in Griff. Die Auslegung basiert in der Regel

auf der Armaturenkenlinie des Herstellers, die den gemessenen Mediendurchfluss über der Ventilstellung (bezogen auf weitere Parameter wie dem Druckgradienten) dokumentiert. Die Abhängigkeit des Flusses von der Stellung der Armatur ist meist stark nicht-linear.

Bild 1 zeigt die Durchfluss-Kennlinie für den im unten beschriebenen Projekt „KIVA“ eingesetzten Kugelhahn. Kugelhähne sind einfach aufgebaut und verfügen über einen hohen Volumendurchsatz. Zudem ist die Druckdifferenz im geöffneten Hahn sehr gering – Eigenschaften, die ideal für den Einsatz im Wasserbereich sind. Ihre Regelcharakteristik ist, wie mit ein paar Werten oben schon erläutert, jedoch sehr ungünstig.

Um die stark verzerrte Kennlinie zu kompensieren gehen Armaturenausleger meist in mehreren Schritten vor. Schließlich wird die für eine (Zeit-) Linearisierung des Medienflusses erforderliche Verfahrkurve des Antriebes ermittelt: Als %-AUF-Position in Abhängigkeit der Laufzeit.

Schon die Fixierung am Punkt „50 % Durchfluss“ zur halben Gesamtverfahrzeit (für den Kugelhahn aus Bild 1 wären dies 13,8 m³/min bei 6,2 % AUF) würde die Kennlinie grob linearisieren. Für die Festlegung weiterer Punkte, bietet der SIPOS 5 mit der Weg-Stellzeit-Funktion eine Parametrierhilfe:

Es können mit bis zu zehn Wertepaaren (Position; Stellzeit) die am Prozess angelehnten erforderlichen Stellzeiten direkt eingestellt werden. Bei der Ersteingabe basierend auf den Hersteller-Kennlinien ist die Nutzung der Antriebsparametriertsoftware COM-SIPOS sehr zu empfehlen. Dort wird nämlich die aufsum-

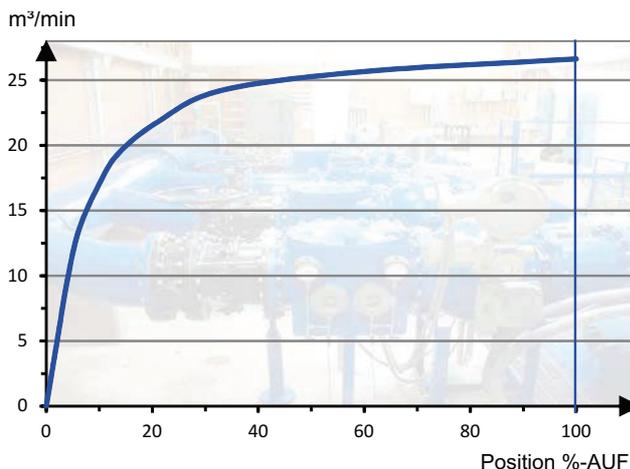


Bild 1: Durchflusskennlinie eines typischen Kugelhahns. Bei gut 6 % AUF beträgt der Durchfluss bereits 50 %

mierte Laufzeit der bis dorthin eingegebenen Wertepaare angezeigt. Ein ganz wichtiger Anhaltspunkt, der dem Inbetriebnehmer erst eine gute Vorstellung der Kurve ermöglicht, die die Nichtlinearität der Armatur kompensieren soll.

Es können separate Verfahrkurven für das Öffnen bzw. Schließen der Armatur vorgegeben werden. COM-SIPOS stellt die eingegebenen Werte anschaulich als Grafik dar (**Bild 2**), was eine einfache Kontrolle auf Richtigkeit der sonst nackten Zahlen ermöglicht. Der parametrisierte badewannenförmige Verlauf kompensiert die hier betrachtete Kennlinie eines Kugelhahns. Beim unkritischeren Öffnen wird dabei etwas schneller losgefahren. **Bild 3** zeigt die resultierende linearisierte Kennlinie des Kugelhahns aus Bild 1, Projekt KIVA (s. auch weiter unten). Resultat ist ein für den Anwender sehr praktischer linearer Zusammenhang von Laufzeit und Durchfluss.

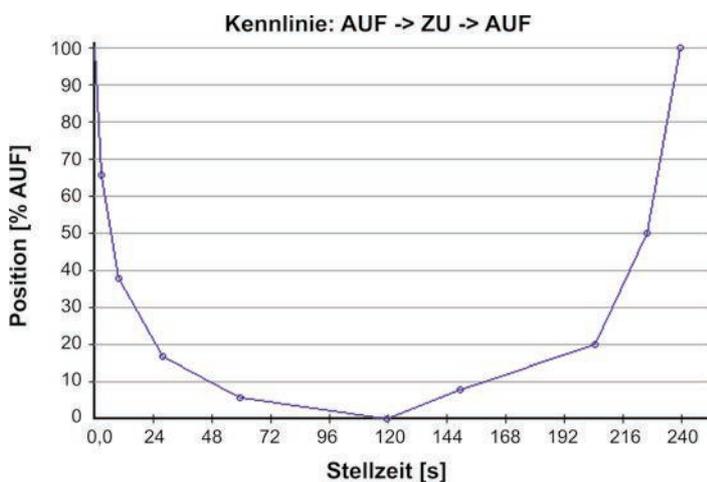


Bild 2: Beispiel einer Weg-Stellzeit-Funktion für den SIPOS 5-Stellantrieb. Der parametrisierte badewannenförmige Verlauf kompensiert die hier betrachtete Kennlinie eines Kugelhahns. Schnelle Fahrt im Bereich auf, ab etwa der halben Schließzeit mit deutlich reduzierter Drehzahl.

ANWENDUNG/PROBLEMATIK

Pipestone Equipment ist Lieferant von Komponenten für Pumpanlagen für den kommunalen Bereich und die Industrie. Die Firma aus Colorado/USA macht hydraulische Analysen und übernimmt auch das Engineering der Anlagen und der direkt verbundenen Regelarmaturen, sonstiger (Absperr-) Armaturen und Luftventilen oder Druckausgleichsbehälter. Ein wichtiger Aspekt solcher Pumpstationen wie KIVA, Albuquerque/Neu Mexiko (**Bild 4**) oder der North Water-Brauchwasserstation, Erie/Colorado, ist die Reduzierung von Druckstößen und Wasserschlägen.

DRUCKSTÖSSE VERMEIDEN

Druckstöße entstehen meist durch zu schnell öffnende Ventile bei gleichzeitig zu hoher Druckdifferenz vor und nach dem Ventil. Bekannt sind auch Druckspit-

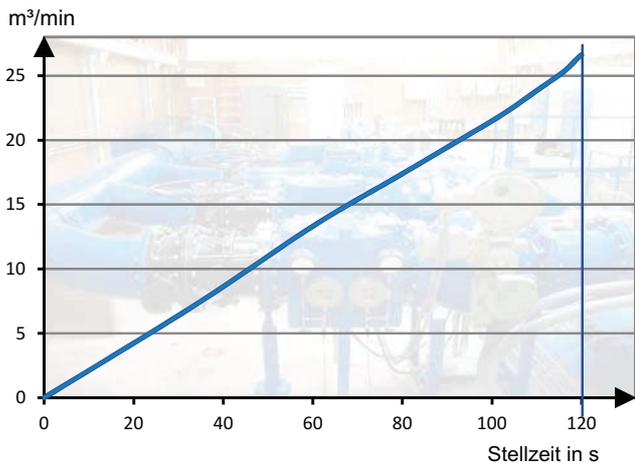


Bild 3: Dank SIPOS 5 linearisierte Kennlinie des Kugelhahns

zen durch gleichzeitiges Schließen mehrerer Ventile in geschlossenen Systemen. Das strömende Medium kommt plötzlich zum Stillstand und seine Bewegungsenergie wird in Druckenergie umgewandelt.

Eine weitere Ursache kann das zu schnelle Anlaufen einer starken Pumpe sein. Diese auch Wasserschläge genannten Über- oder auch Unterdrucke lassen sich durch die hier beschriebene Kombination aus eventuell zusätzlich anlaufgeregelter Pumpe und einem Kugelhahn mit drehzahlveränderbarem Stellantrieb eindämmen. Überstrom-/Überdruckventile und

entsprechende Druckauffangbehälter oder Windkessel sorgen ebenfalls für Ausgleich.

Sehr gravierend sind die Auswirkungen eines Pumpenausfalls, zum Beispiel bei Stromausfall. Siehe dazu auch die Anmerkungen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) weiter unten.

Auch Leitungsbrüche können Druckstöße auslösen und zu weiteren Schäden im gesamten System führen.

Bei Gasen und Dämpfen werden die Druckstöße durch die Komprimierbarkeit des Mediums teilweise absorbiert. Wasserschläge treten, wie der Name schon sagt, bevorzugt und intensiver bei flüssigen Medien auf, wo sich die Druck- bzw. Unterdruckwelle mit einer typischen Geschwindigkeit im Rohrleitungssystem ausbreitet. Diese ergibt sich aus der Schallgeschwindigkeit im fließenden Medium und den Rohreigenschaften und beträgt für Wasser in einer duktilen Stahlrohrleitung ca. 1000 m/s. Solche Druckspitzen innerhalb einer Verrohrung können große Schäden an Pumpen, Rohren (Rohrwandungen, Flansche) und Armaturen zur Folge haben.

Firmen wie Pipestone Equipment sehen sich täglich mit der Problematik der Drucküberhöhungen verbunden mit Wasserschlägen konfrontiert. Die genaue Untersuchung, wie sich das System aus Pumpen, (Absperr-) Ventilen und den Leitungen mit Wasser verhält, gehört daher zu den zentralen Kompetenzen. Ausgangspunkt aller Überlegungen sind oft Messungen und Simulationen wie der in **Bild 5** rot dargestellte Druckverlauf.

Bild 4: Pumpstation KIVA der Kommune Albuquerque. Zu sehen sind SIPOS 5-Stellantriebe zur Ansteuerung von 16“-Kugelhähnen. Die Antriebe sorgen dank linearer Durchflusskontrolle für einen reibungslosen Pumpbetrieb



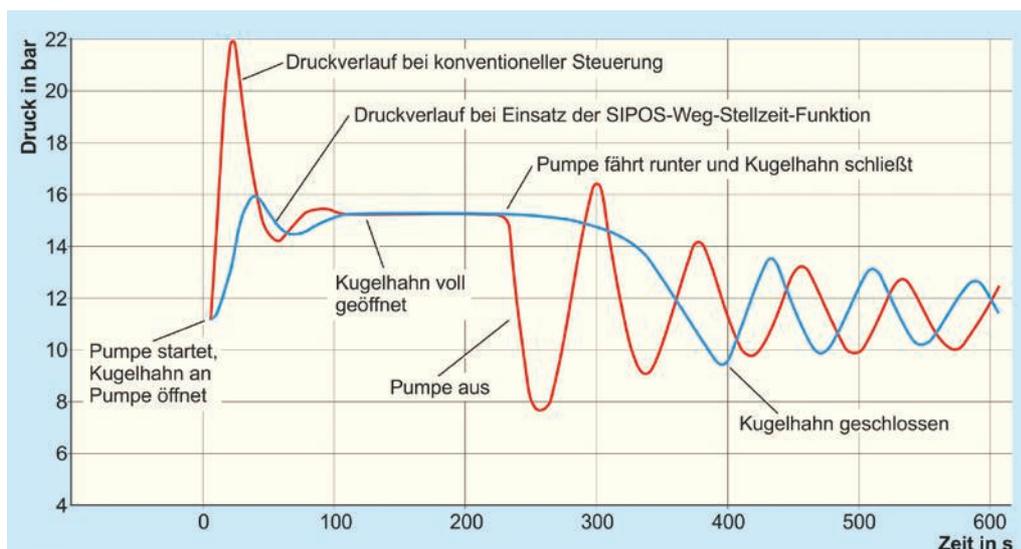


Bild 5: Typischer Druckverlauf gemessen an der Pumpe bzw. hinter der Pumpenarmatur (Kugelhahn) für das Anfahren bzw. Herunterfahren einer Pumpstation. Die blaue Kurve zeigt deutlich die Eindämmung der Druckstöße bei Einsatz der SIPOS 5-Weg-Stellzeit-Funktion.

Die hinter dem Pumpenkugelhahn gemessenen Ausschläge am zeigen deutliche Druckstöße. Alternativ oder zusätzlich zu dann kleiner dimensionierten mechanisch-hydraulischen Maßnahmen können Druckwellen auch durch eine intelligente Regelung der Pumpenarmatur gemindert werden. Die blaue Kurve zeigt die deutlich sanfteren Druckschwankungen bei Einsatz der SIPOS 5-Weg-Stellzeit-Funktion.

„KIVA PUMP STATION“, ALBUQUERQUE

Die KIVA Pumpstation (s. Bild 3) ist an einen bestehenden Teil der Wasserversorgung von Albuquerque/Neu Mexiko angeschlossen. Aufgrund des steigenden Bedarfs musste die Kapazität erheblich erweitert werden. Die im Bild dargestellten Einheiten aus Kugelhahn und Regelantrieb sollen die hydraulischen Stöße bei Pumpenanlauf und -abschaltung weitgehend unterdrücken. Für die lineare Steuerung des Wasserdurchflusses im Normalbetrieb sorgt die oben näher erläuterte Weg-Stellzeit-Funktion im SIPOS 5-Antrieb.

Bild 3 zeigt rechts den nahezu linearen Anstieg des Durchflusses (m³/min) mit der Stellzeit (0... 120 s). Erreicht wird dies durch die Kompensation der Ventilkennlinie aus Bild 1 mit der in Bild 2 dargestellten, im Antrieb hinterlegten Weg-Stellzeit-Kurve.

STROMAUSFALL – DIE KRITISCHSTE SITUATION

Eine extreme Situation für das gesamte System aus Leitungen, Pumpen und Armaturen stellt ein plötzlicher Stromausfall dar. Bei kleinem Massenträgheitsmoment

der Pumpe kommt diese schlagartig zum Stillstand und wirkt daher wie ein plötzlich schließender Schieber. Infolge der großen Massenträgheit reißt die Flüssigkeitssäule am Pumpenausgang ab und es bildet sich ein Hohlraum von Wasserdampf und ausgegaster Luft. Beim späteren Zurückfließen und Wiederzusammenschlagen der Wassermassen entstehen hohe Drücke (Kavitation). Druckabfall führt somit auch zu Stößen in der Anlage. Fällt er wie hier rapide auf null, sind diese äußerst heftig und stellen sogar die größte Gefahr für das System dar.

Druckbehälter mit Gaspolster zwischen einigen und mehreren hundert Kubikmetern Volumen sind das übliche Mittel, solche zerstörerische Kavitation abzufangen. Können noch Hähne und Klappen trotz Stromausfall schnell und nach einer definierten Kurve geschlossen werden, können die auf die Rohrwandungen wirkenden Kräfte eventuell schon mit geringer dimensionierten Maßnahmen beherrscht werden.

In den hier erwähnten KIVA- und Northwater-Pumpstationen wie in zahlreichen ähnlichen Anlagen sind die SIPOS 5-Antriebe daher mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung gepuffert, die bei Stromausfall die entsprechende Energie für die Notfahrten bereitstellt.

BRAUCHWASSERSTATION „NORTH WATER“

Die direkte Nutzung von geklärtem Abwasser aus Kläranlagen ist hoch im Trend. Wertvolle Ressourcen können so effizient genutzt werden. Dies ist vor allem



Bild 6: Das North Water-Rückgewinnungsprojekt der Kommune Erie ist eine der neuesten Anlagen, die von der Fachkompetenz bei der Projektabwicklung durch Pipestone Equipment zeugt – auch was den intelligenten Einsatz der SIPOS-Stellantriebe angeht.

bei sehr trockenen Klimaverhältnissen wie in Colorado/USA wichtig. Hier ist es zum Beispiel üblich, Brauchwasser für die Bewässerung zu nutzen, damit wertvolles Trinkwasser für Haushalte eingespart wird.

Die Stadt Erie, Colorado, installierte für das Füllen des Speicherbehälters North Water mit aufbereitetem Wasser eine neue Pumpstation (**Bild 6**). Pipestone Equipment lieferte dazu neben Pumpen auch die Regel- und Absperrarmaturen, ausgestattet mit SIPOS 5-Stellantrieben.

Technisch bedeutsam für die North Water-Anlage ist die Kombination aus ausgereifter Pumpensteuerung und Regelventilen, wodurch hydraulische Schwankungen vermieden und Druckstößen vorgebeugt wird.

Wie auch im Fall KIVA Pumpstation wird die im SIPOS 5 integrierte Weg-Stellzeit-Funktion zur Linearisierung der Ventil-Kennlinien genutzt. Dank einer vorgesehenen USV ist bei Spannungsausfall das kontrollierte Schließen der Armaturen sicher gestellt.

OPTIMIERTES ANLAGENKONZEPT

Angespornt durch den Erfolg mit seinen Pumpstationen arbeitet Pipestone Equipment in enger Abstimmung mit SIPOS Aktorik bereits an einem weiter optimierten Anlagenkonzept.

Fußten die bisherigen vielversprechenden Ergebnisse noch ausschließlich auf der Optimierung der Regelung des Pumpen-Kugelhahns, ist das erweiterte Konzept eine Einheit aus drehzahl geregelter Pumpe mit (Regel-) Kugelhahn und anschließender Klappe sowie zwei SIPOS 5-Regelantrieben. Die-

se vereinen nun zwei Funktionalitäten: integrierter Prozessregler und Weg-Stellzeit-Kurve, zwischen denen, je nach Prozessanforderungen umgeschaltet wird. Der gesamte Prozess wird von einer speicherprogrammierbaren Steuerung SPS kontrolliert (**Bild 7**).

Das **Hochfahren der Pumpe**, die Regelung des Durchflusses und das Schließen und Abschalten der Anlagen läuft im störungsfreien Zustand folgendermaßen ab:

- Die Pumpe erhält das Start-Signal
- Die Pumpe läuft an und entwickelt schnell einen Druck von ca. 10 bar. An diesem sogenannten „dead head“ kommt der Mediumfluss bis die Ventile öffnen kurz zum Stillstand (ähnlich dem Druckverlauf links in Bild 5).
- Die SIPOS-Antriebe erhalten von der SPS die jeweiligen Druck-Sollwerte, auf den das System eingeregelt werden soll. Die Antriebe nutzen hierfür direkt die Signale der Druck-Messumformer und den im Antrieb integrierten Prozessregler.
- Dabei öffnet zunächst der Kugelhahn, um den Anströmdruck (Druckmesser #1) gemäß Sollwertvorgabe zu mindern.
- Gleich nach dem Öffnen des Kugelhahns fährt auch die Klappe nach AUF und regelt sich so ein, dass der Druck am Messpunkt #2 ca. 2,7 bar beträgt.
- Beide Antriebe fahren die Armaturen weiter auf und regeln die Druckwerte entsprechend den Sollwert-Vorgaben aus.

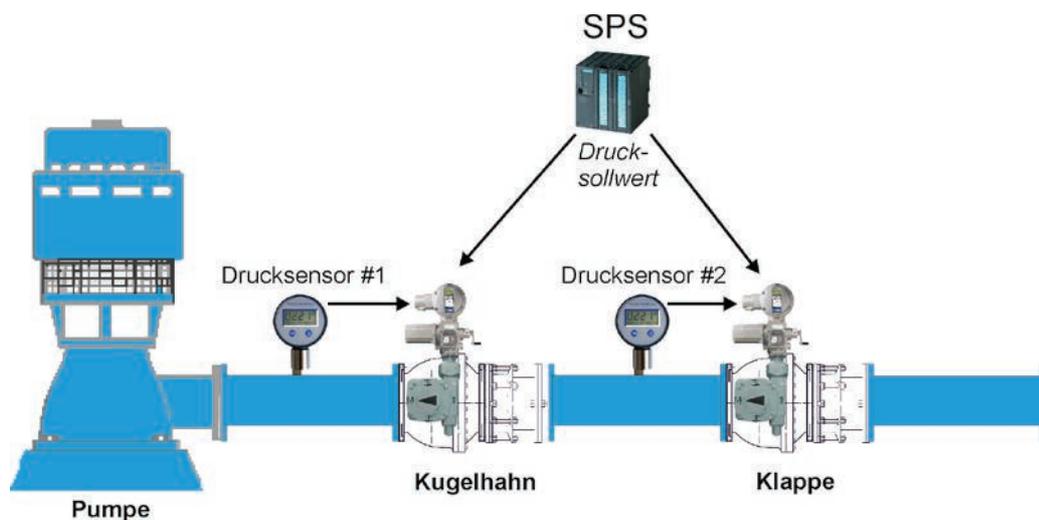


Bild 7: Prinzipieller Aufbau der zentralen Einheit einer Pumpstation mit intelligenter zweistufiger Druck- bzw. Durchflussregelung. Die SIPOS 5-Antriebe nutzen einen integrierten Prozessregler und die beschriebene Weg-Stellzeit-Funktion.

Auf folgende Weise wird die **Pumpstation sicher heruntergefahren:**

- Das Stopp-Signal geht an die Pumpe, die Steuerung nimmt auch die p-Sollwerte an den SIPOS-Antrieben weg, schaltet die Antriebe von Prozessregler-Funktion auf Weg-Stellzeit-Funktion um und schickt nun ZU-Befehle an die Antriebe auf Kugelhahn und Klappe.
- Der Antrieb auf dem Kugelhahn fährt nun gemäß der auf den Herunterfahr-Prozess abgestimmten und in seiner Firmware hinterlegten Weg-Stellzeitkennlinie nach ZU (s. Bild 2, linker Ast).
- Die Klappe wird ebenfalls nach einer definierten Weg-Stellzeitkennlinie geschlossen, mit einer allerdings viel längeren Schließzeit. Hier genügt die einfache Variante mit identischem Kurvenverlauf für die AUF- und ZU-Richtung.
- Ist der Kugelhahn vollständig geschlossen, meldet dies der Antrieb weiter und die SPS schaltet die Pumpe sofort ab.
- Danach schließt auch die Klappe und meldet dies ebenfalls an die SPS.

Notfahrt dank USV Bei einer „regulären“ Störung (Ausfall der Versorgungsspannung, Motortemperatur der Pumpe zu hoch o. ä.) erhalten beide Antriebe über die Steuerung einen Notbefehl und beide Ventile werden mit der Notfahrt-Drehzahl gemäß einer ebenfalls einprogrammierten Verfahrenskurve geschlossen.

Kommt es zu einem plötzlichen Stromausfall, werden die Stellantriebe und über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung USV gepuffert. Wie weiter

oben beschrieben können die Armaturen schnell aber ohne Schaden für das gesamte System geschlossen werden. Für das eben skizzierte optimierte Anlagenkonzept ist eine USV also sehr sinnvoll.

WEITERE VORTEILE MIT SIPOS 5

Die dank FU-Technologie praktisch freie Wahl der Abtriebsdrehzahl ist die Basis für die oben ausgeführte Weg-Stellzeit-Funktion. Die Drehzahlveränderbarkeit bringt für den Wasserbereich weitere Vorteile:

- Anfahren – langsam aber kraftvoll und sicher: Anfahren aus der Endlage mit reduzierter Drehzahl ist für einen turbulenzfreien Druckausgleich notwendig. Dank Frequenzumrichter-Steuerung startet der SIPOS 5 auch bei kleineren Drehzahlen mit kräftigem Anzugsmoment.
- Losbrechen mit erhöhtem Drehmoment: Ähnlich dem „kraftvollen Anfahren“ kann die Spannungsreserve auch für das Losbrechen eingesetzt werden
- Sanft in die Endlagen: Während für den Stellweg verschiedene Drehzahlen innerhalb des jeweiligen Drehzahlbereiches gewählt werden können, senkt der Antrieb die Geschwindigkeit in den Endlagenbereichen auf einen fixen kleinen Wert ab (Schutz die Armatur).
- Kompensation von Netzschwankungen: Die Toleranz gegenüber Netzschwankungen ist schließlich für die hier besprochenen Anwendungen im Pumpenbereich von besonderem Interesse. Das An- bzw. Ausschalten größerer Verbraucher wie eben Pumpen sorgt für Auf und Ab in der Netzversorgung: Die SIPOS 5-Elektronik toleriert Überspannungen bis zu +20 % des angegebenen Bereiches.

Bis zu -30 % Unterspannung sind kurzzeitig möglich. Entscheidend dabei: Das Drehmoment an der Abtriebswelle bleibt konstant.

- Schnell aus den Endlagen: Insbesondere bei Klappen treten sofort mit dem Öffnen sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten auf, die das Material auf Dauer schädigen. Da aber praktisch kein Medium fließt, kann dieser Bereich von je nach Bauart zwischen 10 und 15 % schnell durchfahren werden. Mit der SIPOS 5-Zusatzfunktion „Schnell aus Endlagen“ lässt sich dies parametrieren. Im anschließenden hydraulisch wirksamen Bereich bis zum Beispiel 30 % wird geregelt langsamer verfahren. Danach kann wieder schnell bis 100 % geöffnet werden.

ENGINEERING-ANTEIL NICHT UNERHEBLICH

Die hier betrachtete Problematik der Druckstoßreduzierung zeigt, dass der Engineering-Anteil bei solchen Projekten nicht unerheblich ist und künftig noch weiter ansteigen wird. Der Einsatz leistungsfähiger Auslegungswerkzeuge mit genau auf die Anwendung abgestimmter Funktionalität und mehr Bedienkomfort wirkt diesem Trend entgegen.

Was den Stellantrieb und das unmittelbare Umfeld angeht, unterstützt auch SIPOS zum Beispiel mit der Weg-Stellzeit-Funktion die Entwicklung branchenspezifischer Lösungen, die auf Industriestandards aufsetzen und in der Wahl der Mittel überschaubar bleiben und. So hat der Kunde die Gewissheit, dass er seine Applikation jederzeit zu begrenzten Kosten anpassen und erweitern kann.

LITERATUR

Zur Thematik Dekantersteuerung:

- [1] Kögel, O.; Köhler, S.: Drehzahlveränderbare Stellantriebe optimieren SBR-Abwasserreinigungsverfahren. Industriearmaturen, Heft 1/2008

Zur Technologie der Drehzahlveränderbarkeit:

- [2] Kögel, O.: Unterstützung für die Armaturen-Auslegung bei Verwendung drehzahlveränderlicher Stellantriebe. Industriearmaturen, Heft 4/2007

DANKSAGUNG

Der Autor dankt Herrn Steffen Köhler, International Sales Manager SIPOS Aktorik, für seine Unterstützung.

WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2013

Halle 4.2, Stand 422

AUTOR



OTTMAR KÖGEL

Produktmanagement/Dokumentation
SIPOS Aktorik GmbH
90518 Altdorf
ottmar.koegel@sipos.de