



Energieeffizienz in der Hydraulik

Sparpotentiale bei ventilgesteuerten Linearantrieben

aerospace
climate control
electromechanical
filtration
fluid & gas handling
hydraulics
pneumatics
process control
sealing & shielding



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

Hinweis

Die in diesem Katalog oder in Form anderer Informationen durch die Parker Hannifin GmbH & Co. KG, ihre Niederlassungen, Vertriebsbüros oder ihre autorisierten Werksvertretungen gemachten Angaben sind für Anwender mit Sachkenntnissen bestimmt. Vom Anwender ist eine Überprüfung der über das ausgewählte Produkt gemachten Angaben auf Eignung für die geforderten Funktionen erforderlich. Bedingt durch die unterschiedlichen Aufgaben und Arbeitsabläufe in einem System muss der Anwender prüfen und sicherstellen, dass durch die Eigenschaften des Produkts alle Forderungen hinsichtlich Funktion und Sicherheit des Systems erfüllt werden.

Energieeffizienz in der Hydraulik

Sparpotentiale bei ventilgesteuerten Linearantrieben

Der Begriff „Hydraulischer Antrieb“ ist irreführend. Ein hydraulischer Antrieb ist nicht mehr und nicht weniger als ein Getriebe. Um die Hydraulik zu einem „Antrieb“ zu machen, bedarf es eines Energieträgers. Der Energieträger ist meistens Dieselöl oder elektrischer Strom. Dieselöl (Primärenergie) wird über eine Verbrennungskraftmaschine und elektrischer Strom (Sekundärenergie) über einen Elektromotor in Drehbewegung gewandelt.

Die Drehbewegung wird hydraulisch entweder wieder in eine Drehbewegung mit anderer Drehzahl oder in eine Linearbewegung gewandelt. Der Wirkungsgrad des hydraulischen Getriebes soll so hoch wie möglich sein. Dabei ist nicht nur die Effizienz des hydraulischen Getriebes zu betrachten, sondern die Effizienz der gesamten Wandlungskette vom Energieträger bis zum Abtrieb.

Der Wirkungsgrad ist der Quotient aus Abtriebsleistung zu Antriebsleistung. Verluste im hydraulischen Getriebe entstehen z.B. durch den Strömungswiderstand der Flüssigkeit, Leckagen in Pumpe, Motor und Ventil, mechanischen Reibungsverlust in Lagern, Ölbedarf für hydrostatischen Druckausgleich oder die Vorsteuerung von Ventil und Pumpe etc. Der Antriebsmotor (Diesel, E-Motor) des hydraulischen Getriebes benötigt Antriebsenergie und hat ein bauartspezifisches Wirkungsgradkennfeld.

Energiebedarf und Wirkungsgrad des Antriebsmotors werden von der Auslegung des hydraulischen Getriebes beeinflusst. Das hydraulische Getriebe geht in die Festlegung der Größe des Antriebsmotors (installierte Leistung) mit ein und beeinflusst seinen Betriebspunkt. Effiziente Energienutzung in der Hydraulik erfordert deshalb einen ganzheitlichen Ansatz: Der gesamte „Hydraulische Antrieb“, bestehend aus Antriebsmotor und



Parker Industrieventil Serie TDP, proportionales Stromventil mit integrierter Regelelektronik

hydraulischem Getriebe, muss gut aufeinander abgestimmt sein, und beide müssen möglichst verlustfrei arbeiten.

Der Energieeffizienz von hydraulischen Antrieben für Drehbewegungen wurde bereits viel Aufmerksamkeit gewidmet. Es gibt zahlreiche Untersuchungen über Wirkungsgrade der verschiedenen Pumpen- und Motorbauarten. Ganz aktuell erzeugt der hydro-

statische Fahrtrieb für schwere Diesel-Fahrzeuge im Stop- and Go-Betrieb großes Interesse. Zurückgewonnene Bremsenergie kann außergewöhnlich gut in leichten hydraulischen Kolbenspeichern aufgenommen und wiederverwendet werden. Der Vorteil der hohen Leistungsdichte der Hydraulik gilt auch für den Kolbenspeicher: Er kann größere Energiemengen in kürzerer Zeit aufnehmen als z.B. Batterien oder Kondensatoren und wiegt dabei noch weniger.

Auch die Wandlung der Drehbewegung in eine hydraulische Linearbewegung ist eine Getriebefunktion. Rotierende Zahnradgetriebe haben praktisch keine Leistungsgrenze. Mechanische Lineargetriebe kommen früh an ihre Grenzen durch die hohe Belastung der Spindel-Mutter-Werkstoffe. Die Hydraulik dominiert hier mit dem verschleißarmen Zylinderantrieb. Hydraulische Zylinderantriebe werden verdränger- oder ventilgesteuert. Der ventilgesteuerte Zylinderantrieb ist die kostengünstigere Variante, weit verbreitet und wird meistens aus einer zentralen Hydraulik-Versorgungsstation gespeist, weil das die Kosten für

Parker Industrieventil Serie D1FP Generation III, neues Regelventil zu sehen auf der Hannover Messe 2009 (Halle 23, Stand A50)



die Wandlung vom Energieträger in hydraulische Energie auf mehrere Antriebe verteilt. Der ventilgesteuerte Linearantrieb ist wegen seiner „Drosselsteuerung“ weniger energieeffizient als der verdränger-gesteuerte.

Bei dem ventilgesteuerten Linearantrieb ist das Potential zur Verbesserung der Energieeffizienz besonders groß. Folgende Möglichkeiten der Getriebeoptimierung werden hier betrachtet:

- Leistungssteigerung elektrisch betätigter Ventile
- Optimierung der Vorsteuerung hydraulisch betätigter Ventile
- Optimierung der Ventilsteuerung für die Zylinder-Spar-schaltung

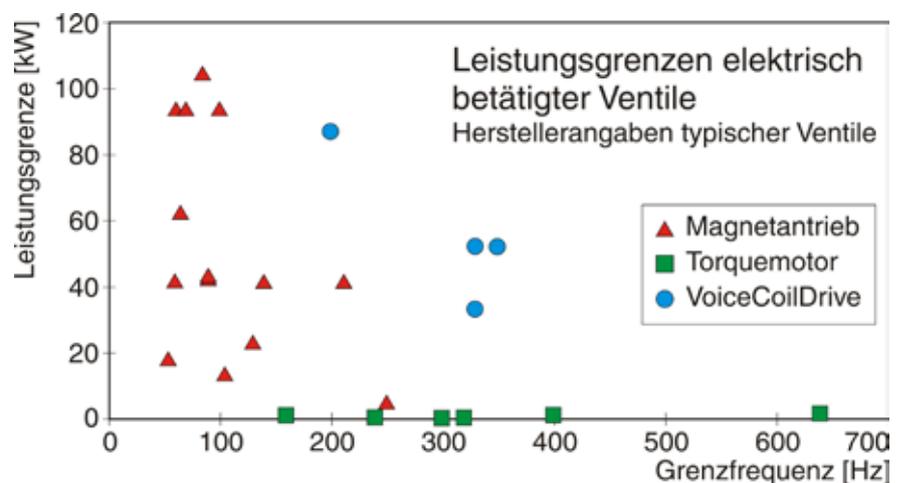
Leistungssteigerung elektrisch betätigter Ventile

Bis zu ca. 1MW Hydraulikleistung steuert ein hydraulisch vorgesteuertes Ventil Nenngröße 100. Nur ca. 100W elektrische Ansteuerleistung benötigt das elektrisch betätigte Vorsteuerventil. Der elektrische Leistungsbedarf zum Betätigen der Hydraulik ist vernachlässigbar gegenüber der hydraulischen Antriebsleistung. Reicht die elektrische Kraft zum direkten Betätigen von Ventilen nicht mehr aus, nutzt die Hydraulik ihre eigene Stärke und steuert hydraulisch vorge-steuert.

Vorgesteuerte „Schaltventile“ verbrauchen nicht viel Energie, um hohe Betätigungskräfte zu erzeugen. Nach dem Schaltvorgang verharren die Ventile in ihren Mittel- oder Endstellungen. Mit dem Einzug der Regelventile änderte sich das unbemerkt, aber gravierend. Regelventile verharren nicht in Endstellungen, sondern sind ständig in Bewegung, auch wenn die Bewegungen noch so klein sind. Kein Regelkreis würde ohne ständiges Nachregeln funktionieren. Die Vorsteuerventile lassen ständig Öl abwechselnd in die bei-

den gegenüberliegenden Hauptstufen-Kolbenkammern strömen. Dadurch entsteht ein permanenter Förderstrombedarf. Dieser Ölstrom wird entweder aus dem Hauptstrom entnommen oder aus einem separaten Steuerkreislauf gespeist. Der maximal erforderliche Vorsteuer-Volumenstrom ist stets bereitzustellen. Jederzeit kann eine schnelle Ventillbewegung gefordert werden. Die Kolben von Regel-Vorsteuerventilen haben für eine hohe Regelgüte sogenannte „Null-schnitte“. Das generiert zusätzliche Lecköldurchflüsse.

lautet deshalb die Frage nicht: Wieviel elektrische Leistung benötigt das Ventil, sondern: Wieviel hydraulische Leistung kann das direktbetätigte Ventil steuern? Je höher seine hydraulische Leistungsgrenze ist, umso länger kann man auf die hydraulische Vorsteuerung verzichten. Vorgesteuerte Ventile sind üblicherweise Baukastenprodukte. Das direktbetätigte Ventil wird als Vorsteuerung für vorgesteuerte Ventile eingesetzt. Die Fragestellung bleibt die Gleiche: Wieviel hydraulische Leistung kann das Ventil steuern? Reicht das aus für ein gro-



Leistungsgrenze elektrisch betätigter Ventile

Stand der Technik zur Betätigung vom direktbetätigten Regelventil ist heute der Proportional-Magnet. Vorbei sind die Zeiten, in denen über die höhere elektrische Ansteuerleistung im Vergleich zu torquemotorbetätigten Düse-Prallplatten- oder Jet-Pipe-Systemen geklagt wurde. Die Klage war unter Energiegesichtspunkten nie berechtigt. Piezoaktoren könnten die Diskussion erneut beleben. Ihre Leistung reicht zum Direktantrieb (noch) nicht aus, und es muss wie beim Torquemotor hydraulisch verstärkt werden. Ca. 1kW hydraulische Leistung würde die hydraulische Betätigung des kleinen Kolbens eines magnetisch direktbetätigten Ventils erfordern. Die Höhe des Leistungsbedarfs hängt immer ab vom vorzusteuern den Kolbendurchmesser, seinem Hub und der geforderten Dynamik. Der hydraulische Leistungsbedarf ist erheblich höher als der des elektrischen Direktantriebes. Unter Energieeffizienz-Gesichtspunkten

bes vorgesteuertes Ventil? Der hydraulische Leistungsbedarf zur Vorsteuerung großer vorgesteuerter Ventile kann sehr groß sein und bei einem schnellen Ventil bis zu mehreren 100kW betragen! Reicht dazu die Leistungsgrenze eines direktbetätigten Ventils nicht aus, werden entweder mehrere parallel geschaltet oder eine weitere Vorsteuerstufe dazwischen geschaltet und das große Ventil 3-stufig betrieben. Beide Maßnahmen gilt es zu vermeiden, da sie den Energiebedarf erhöhen.

In Hydraulikanlagen werden oft eine große Anzahl Ventile verwendet, und diese laufen oft lange im Standby-Betrieb, auch wenn der Hauptkreis nicht aktiv ist z.B. aus Sicherheitsgründen. Die Steuerleistung muss dazu ständig bereit gestellt werden. Der Unterschied in der Energiebilanz zwischen elektrisch angetriebenem Ventil und hydraulisch vorgesteuertem Ventil kommt von der Art der

Energiebereitstellung. Die elektrische Leistung wird vom Betreiber des Stromnetzes vorgehalten, und die Ventilelektronik kann sie „on demand“ abrufen. Die hydraulische Leistung zur Vorsteuerung muss erst hydraulisch installiert und dann in einem verlustreichen Bereitstellungsbetrieb vorgehalten werden.

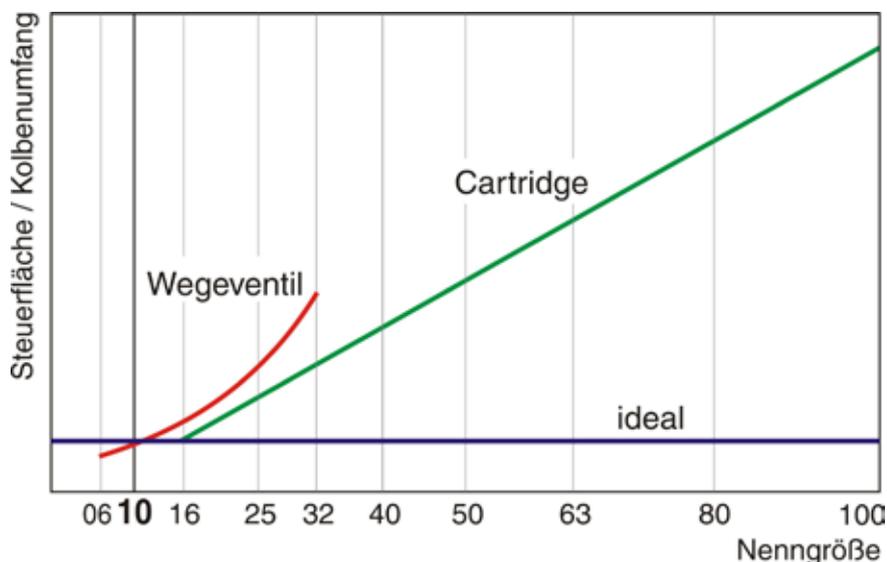
Sowohl der höhere Energieverbrauch von hydraulisch vorgesteuerten Ventilen als auch die größeren Verluste bei der Bereitstellung bieten Potential zur Verbesserung der Energieeffizienz: Leistungsgesteigerte elektrisch betätigte Ventile können hydraulisch vorgesteuerte Ventile ersetzen.

tätigten Ventilen und die Kraft von starken Hubmagneten kombinieren. Damit verschiebt sich die Leistungsgrenze von direktbetätigten hochdynamischen Ventilen weiter zu höheren Drücken und größeren Volumenströmen. Auch wenn das Sparpotential mit ca. 1kW pro Ventil nicht hoch erscheinen mag, kann das Potential für die gesamte Hydraulikanlage wegen der großen verwendeten Anzahl von diesem Ventiltypus und der nichterforderlichen Energiebereitstellung hoch sein.

Betätigungsfläche bedarfsgerecht der benötigten Betätigungskraft an, wird viel hydraulische Steuerenergie eingespart. Der konstruktiv durch die Nenngroße vorgegebene Kolbendurchmesser muss nicht auf seiner vollen Fläche hydraulisch beaufschlagt werden.

Z.B. hat ein vorgesteuertes NG10 Norm-Wegeventil keine hydraulische Leistungsgrenze. Bei der Vergrößerung eines NG10 Ventils mit dem Storchenschnabel auf ein NG100 Ventil hat es einen ca. 5-fach größeren Kolbendurchmesser und damit eine 25-mal größere Kolbenfläche. Die Stellkraft pro Kolbenumfangs-Inkrement ist um den Faktor 5 höher. Diese Überdimensionierung führt zu einem 5-fach größeren Vorsteuerventil und einem 5-fach höheren Steuer-Energieverbrauch. Die Folgen sind Parallelschalten von mehreren Vorsteuerungen oder eine 3-stufige Bauweise.

Energieeffiziente Konstruktionen arbeiten mit so kleinen Steuerflächen, dass auch ein Ventil großer Nenngroße von nur einem leistungsfähigen Ventil mit elektrischem Antrieb vorgesteuert werden kann. Die Anzahl vorgesteuerter Ventile je Anlage ist meistens geringer als die direktbetätigter Ventile. Dafür ist das Potential zum Energiesparen je Ventil wesentlich größer. Zwischen 1 und 100kW je vorgesteuertem Ventil sind einzusparen.



Dimensionierung der Steuerfläche vorgesteuerter Ventile

Beim Bau immer leistungsfähiger elektrisch angetriebener Regelventile ist die Hubmagnettechnik an ihre physikalische Grenze gestoßen. Größere Magnetkräfte erfordern größere Spulenwicklungen. Größere Spulen haben höhere Induktivitäten. Höhere Induktivität reduziert die Dynamik. Mit dem aus dem Lautsprecher für gute Dynamik bekannten elektrodynamischen Aktorprinzip (Voice-CoilDrive) lässt sich das Verhältnis von Kraft zu Dynamik verbessern. Reiht man mehrere Antriebsspulen in Magnetfeldern hintereinander, addieren sich deren Kräfte ohne die Dynamik in gleichem Maße zu begrenzen. Mit einem solchen elektromechanischen Wandler lassen sich Antriebe bauen, die die Dynamik von kleinen torquemotorbe-

Optimierung der Vorsteuerung hydraulisch betätigter Ventile

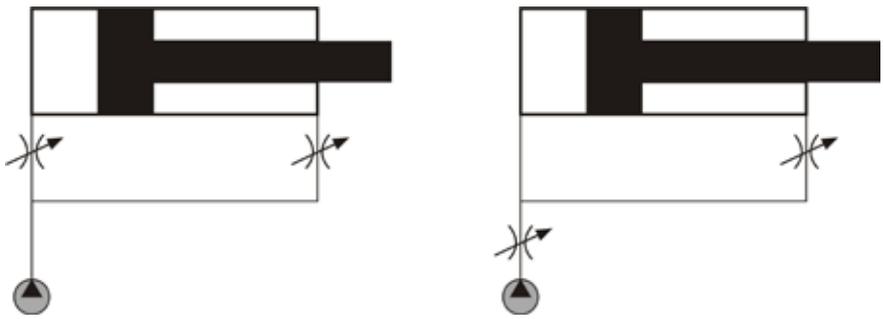
Reicht die Kraft des elektrischen Direktantriebes nicht mehr aus, Beschleunigungskräfte, Federrückstellkräfte und Strömungskräfte zu überwinden, wird der Ventilkolben mit Hilfe eines Vorsteuerventiles hydraulisch betätigt. Die druckbeaufschlagte Hauptkolbenstirnseite eines Norm-Wegeventils ergibt sich aus seinen Kolbenabmessungen.

Zahllose Strömungskraftuntersuchungen an Ventilen haben gezeigt, dass Strömungskräfte mehr vom Kolbendurchmesser abhängen als von der Kolbenfläche. Vergrößert man vorgesteuerte Ventile nicht mit dem „Storchenschnabel“, sondern passt die druckbeaufschlagte

Optimierung der Ventilsteuerung für die Zylinder-Sparschaltung

Der Maschinenkonstrukteur sieht in Zylindern oft mehr ein Maschinenbauteil als eine Hydraulikkomponente. Wegen seiner mechanischen Einfachheit ist die mit großem Abstand am häufigsten verwendete Bauform der Differentialzylinder. Er besteht aus nur einer Kolbenstange und zwei verschieden großen Betätigungsflächen. Zur Anpassung des Zylinders bei gegebenem Versorgungsdruck (Eine gemeinsame Versorgung für mehrere Antriebe sei entsprechend der gängigen Praxis vorausgesetzt.) an die Bedürfnisse der Anlage gibt es nur zwei Möglichkeiten. Die erste ist die Festlegung der Zylinderflächen unter Einbeziehung der Kolbenstangenfläche. Die zweite ist die Wahl zwischen zwei hydraulischen Schaltungen. Die Standard-Schaltung arbeitet mit allen Zylinder-Flächenverhältnissen und verbindet wechselweise die Zylinderseiten mit dem Versorgungsdruck oder dem Tank. Die Rückspeiseschaltung arbeitet effektiv nur ab einem Zylinder-Flächenverhältnis von ca. 2 : 1 (Fläche Kolbenseite : Fläche Stangenseite), führt bei ausfahrendem Zylinder das Öl der Ringseite der Kolbenseite wieder zu und reduziert damit die Entnahmemenge aus der Ölversorgung, weshalb sie auch „Sparschaltung“ genannt wird. Zu berücksichtigen ist bei der Zylinderauslegung, dass ein Zylinder seine Maximalkraft nur im Stillstand erreicht. Sobald er sich bewegt, reduziert sich die Kraft um den Teil vom Versorgungsdruck, der durch Drosselung als Druckverlust am Ventil abfällt. Bei maximaler Geschwindigkeit eines unbelasteten Zylinders wird nahezu die gesamte zugeführte Energie in Form von Drosselverlusten am Ventil in Wärme umgesetzt. Gerade wegen ihres Funktionsprinzips des Regels der Energiezufuhr durch Drosselung bietet die „Drosselsteuerung“ ein besonders großes Potential zur Verbesserung der Energieeffizienz.

Im Folgenden werden 3 häufig vorkommende, typische Zylinder-Auslegungen auf ihr Potential zur Ver-



Vergleich P-Rückspeisung und A-Rückspeisung

besserung der Energieeffizienz untersucht.

Fall 1: Eine Anlage erfordert unterschiedliche Kräfte beim Aus- und Einfahren des Zylinders. Die Kraft beim Ausfahren ist größer als die Kraft beim Einfahren. Es kann ein Zylinder mit einem Flächenverhältnis gefunden werden, das genau dem Verhältnis der gewünschten Kräfte entspricht. Die verbleibende Kolbenstange kann ohne Knickgefahr die Schubkraft in die Anlage einleiten. Die Druckverluste im Norm-Wegeventil mit Standard-Schaltung bei maximaler Zylinderfahr-geschwindigkeit lassen dem Zylinder ausreichend Kraft, um die Fahrwiderstände der Anlage zu überwinden. Zylinder und Schaltung sind optimal aufeinander abgestimmt, und es besteht keine Möglichkeit die Energieeffizienz zu verbessern.

Fall 2: Eine Anlage erfordert gleiche Kräfte beim Aus- und Einfahren des Zylinders. Zwei Kombinationen stehen zur Wahl. Version 1: ein Zylinder mit dünner Kolbenstange und Flächenverhältnis von 4 : 3 und einem Norm-Wegeventil in Standard-Schaltung. Version 2: ein Zylinder mit Flächenverhältnis 2 : 1 und Rückspeiseschaltung. Version 2 benötigt einen ca. 20% größeren Zylinderdurchmesser als Version 1, um die gleichen Kräfte zu erreichen. Die installierte Pumpenleistung kann auf 75% reduziert werden, und es kann 14% Energie bei einem Hin- und Rückhub gespart werden.

Fall 3: Eine Anlage erfordert unterschiedliche Kräfte beim Aus- und Einfahren des Zylinders. Die Kraft beim Ausfahren ist doppelt so groß wie die Kraft beim Einfahren, aber sie wird in voller Höhe nur in aus-

gefahrener Endposition benötigt. Zwei Kombinationen stehen zur Wahl. Version 1: ein Zylinder mit einem Flächenverhältnis von 2 : 1 und einem Norm-Wegeventil in Standard-Schaltung. Version 2: ein Zylinder mit Flächenverhältnis 2 : 1 und einer Rückspeiseschaltung die in ausgefahrener Endposition in eine Standard-Schaltung umschaltet. Version 2 verwendet den gleichen Zylinder wie Version 1. Die installierte Pumpenleistung kann auf 50% reduziert werden, und es kann über 30% Energie bei einem Hin- und Rückhub gespart werden.

14% bzw. 30% Energie-Einsparung sind möglich, und die Rückspeiseschaltung ist lange bekannt. Warum sieht man sie in der Praxis nicht häufiger? Die Suche nach geeigneten Komponenten in den Katalogen der Hersteller ist meistens vergebens, sie endet bei Warnhinweisen oder führt zum Umständlichen „Do it yourself“.

Stand der Technik ist die Kombination eines Norm-Wegeventils und 2 externen Rückschlagventilen, die das Öl der Ringseite über den Pumpenanschluss (P-Rückspeisung) zur Kolbenseite leitet (Cartridgeventil-Schaltungen werden wegen der Vielzahl der Möglichkeiten hier nicht behandelt). Eine Kolbenkante wird nicht mehr durchströmt, und aus der 4-Kantensteuerung wird eine 3-Kantensteuerung mit bekannten regelungstechnischen Nachteilen. Ziehende Lasten können nur bedingt gebremst werden, da die Ringseite immer mit der Pumpe verbunden ist. Die Rückspeisung ist permanent wirksam.

Die Kombination eines Regelventils mit vier Kolbenstellungen und einem externen Rückschlagventil erlaubt es, die Verbindung zwischen Ringseite und Tank hubgesteuert zu unterbrechen und das Öl der Ringseite über den Pumpenanschluss (P-Rückspeisung) zur Kolbenseite zu leiten. Es gibt zwei Varianten. Variante 1: Bei kleinem Hub wird ohne Rückspeisung gefahren, und bei großem Hub mit Rückspeisung. Variante 2: Bei kleinem Hub wird mit Rückspeisung gefahren und bei großem Hub ohne Rückspeisung.

Ein Spezialkolben in einem Norm-Wegeventil ermöglicht die permanente Rückspeisung ohne externe Rückschlagventile. Das Öl der Ringseite wird ventilintern über den Pumpenanschluss (P-Rückspeisung) zur Kolbenseite geleitet. Da eine Drosselkante des Kolbens zwischen Zylinder und Pumpe liegt, ist der Druck der Stangenseite immer höher als der der Pumpe. Durch belastungsabhängige Druckübersetzung können die Stangenseite des Zylinders und das Wegeventil dem doppelten Pumpendruck ausgesetzt sein. Für die Praxis bedeutet das aus Gründen der Sicherheit erhebliche Einschränkungen bei der Ausnutzung des zugelassenen Druckes der Komponenten.

Ein Spezialkolben in einem Regelventil mit vier Kolbenstellungen erlaubt es, die Verbindung zwischen Ringseite und Tank hubgesteuert zu unterbrechen und das Öl der Ringseite ventilintern über den Pumpenanschluss (P-Rückspeisung) zur Kolbenseite zu leiten. Auch hier gibt es wieder 2 Varianten, die in einer Vertauschung der Reihenfolge bestehen. Die Problematik der Druckübersetzung ist bei dieser Version mit mehr Kolbenstellungen noch kritischer zu bewerten, da kein unterbrechungsfreies Kolben-design möglich ist.

Die Kombination von einem Norm-Wegeventil, einem externen Sperrventil im Tankanschluss sowie einem externen Rückschlagventil, welches das Öl der Ringseite anstatt zum Tank am Wegeventil vorbei direkt auf die Kolbenseite leitet (A-Rückspeisung), ermöglicht eine Rückspeisung unterhalb des Pumpendruckes. Die Anordnung ist für Regelungen nur bedingt brauchbar, da das Sperrventil bei jedem Richtungswechsel betätigt werden muss. Bei geöffnetem Tankanschluss wird nicht zurückgespeist.

Alle Lösungen nach dem Stand der Technik erfordern externe Zusatzventile zum Norm-Wegeventil, können zu unerwünschten Drucküberhöhungen im Zylinder führen oder speisen geschwindigkeitsabhängig zurück, obwohl Energie bei jeder Geschwindigkeit zu sparen ist.

Ein neues Ventilkonzept vermeidet alle diese Nachteile und ermöglicht auf einfache Weise, ein großes Sparpotential beim ventilgesteuerten Linearantrieb zu erschließen. Ein Norm-Wegeventil ohne externe Zusatzventile speist das Öl der Stangenseite über den A-Anschluss auf die Kolbenseite zurück. Es gibt das Ventil als Schaltventil und als Proportional- oder Regelventil mit hochwirksamer 4-Kantensteuerung. Zwei Varianten werden angeboten: Die eine speist ausschließlich permanent zurück und die andere ist von einem elektrischen Signal gesteuert umschaltbar zwischen Rückspeisung und Standard-Schaltung. In beiden Schaltungsmodi können beliebige Geschwindigkeiten gefahren werden. Die Umschaltung kann z.B. in Abhängigkeit von der geforderten Kraft erfolgen. Reicht die Kraft in der Rückspeisung nicht aus, wird auf Standard umgeschaltet. Das erlaubt die größtmögliche Energieersparnis. Bei Linearantrieben können so pro Zylinder zwischen 10 und 1000kW gespart werden.

In ventilgesteuerten hydraulischen Zylinderantrieben besteht erhebliches Sparpotential bei allen seinen Komponenten:

- Leistungsgesteigerte elektrisch betätigte Ventile ersetzen hydraulisch vorgesteuerte Ventile. Sparpotential ca. 1kW pro Antrieb.
- Große hydraulisch betätigte Ventile reduzieren durch die Optimierung der Vorsteuerung drastisch ihren hydraulischen Vorsteuer-Leistungsbedarf. Ein leistungsgesteigertes elektrisch betätigtes Ventil reicht zur Vorsteuerung auch des größten vorgesteuerten Ventils aus. Sparpotential zwischen 1 und 100kW pro Antrieb.
- Der Ölbedarf zum Verfahren teilbelasteter Zylinder wird mit einem Norm-Wegeventil mit integrierter A-Rückspeise-Sparschaltung reduziert. Zwischen Energiesparen bei Teillast in Spar- und hohem Energieverbrauch bei Vollast in Normal-Schaltung wird kolbenhubunabhängig beliebig umgeschaltet. Sparpotential zwischen 10 und 1000kW pro Antrieb.

Autor: Dr.-Ing. G. Scheffel,
General Manager der Hydraulic Controls Division und Geschäftsführer von Parker Hannifin Deutschland

Parker weltweit

AE – Vereinigte Arabische Emirate, Dubai
Tel: +971 4 8127100
parker.me@parker.com

AR – Argentinien, Buenos Aires
Tel: +54 3327 44 4129

AT – Österreich, Wiener Neustadt
Tel: +43 (0)2622 23501-0
parker.austria@parker.com

AT – Österreich, Wiener Neustadt (Osteuropa)
Tel: +43 (0)2622 23501 900
parker.easteurope@parker.com

AU – Australien, Castle Hill
Tel: +61 (0)2-9634 7777

AZ – Aserbaidtschan, Baku
Tel: +994 50 2233 458
parker.azerbaijan@parker.com

BE/LU – Belgien, Nivelles
Tel: +32 (0)67 280 900
parker.belgium@parker.com

BR – Brasilien, Cachoeirinha RS
Tel: +55 51 3470 9144

BY – Weißrussland, Minsk
Tel: +375 17 209 9399
parker.belarus@parker.com

CA – Kanada, Milton, Ontario
Tel: +1 905 693 3000

CH – Schweiz, Etoy,
Tel: +41 (0) 21 821 02 30
parker.switzerland@parker.com

CL – Chile, Santiago
Tel: +56 2 623 1216

CN – China, Schanghai
Tel: +86 21 5031 2525

CZ – Tschechische Republik, Klecany
Tel: +420 284 083 111
parker.czechrepublic@parker.com

DE – Deutschland, Kaarst
Tel: +49 (0)2131 4016 0
parker.germany@parker.com

DK – Dänemark, Ballerup
Tel: +45 43 56 04 00
parker.denmark@parker.com

ES – Spanien, Madrid
Tel: +34 902 33 00 01
parker.spain@parker.com

FI – Finnland, Vantaa
Tel: +358 (0)20 753 2500
parker.finland@parker.com

FR – Frankreich, Contamine-sur-Arve
Tel: +33 (0)4 50 25 80 25
parker.france@parker.com

GR – Griechenland, Athen
Tel: +30 210 933 6450
parker.greece@parker.com

HK – Hong Kong
Tel: +852 2428 8008

HU – Ungarn, Budapest
Tel: +36 1 220 4155
parker.hungary@parker.com

IE – Irland, Dublin
Tel: +353 (0)1 466 6370
parker.ireland@parker.com

IN – Indien, Mumbai
Tel: +91 22 6513 7081-85

IT – Italien, Corsico (MI)
Tel: +39 02 45 19 21
parker.italy@parker.com

JP – Japan, Fujisawa
Tel: +(81) 4 6635 3050

KR – Korea, Seoul
Tel: +82 2 559 0400

KZ – Kasachstan, Almaty
Tel: +7 7272 505 800
parker.easteurope@parker.com

LV – Lettland, Riga
Tel: +371 6 745 2601
parker.latvia@parker.com

MX – Mexico, Apodaca
Tel: +52 81 8156 6000

MY – Malaysia, Shah Alam
Tel: +60 3 7849 0800

NL – Niederlande, Oldenzaal
Tel: +31 (0)541 585 000
parker.nl@parker.com

NO – Norwegen, Ski
Tel: +47 64 91 10 00
parker.norway@parker.com

NZ – Neuseeland, Mt Wellington
Tel: +64 9 574 1744

PL – Polen, Warschau
Tel: +48 (0)22 573 24 00
parker.poland@parker.com

PT – Portugal, Leca da Palmeira
Tel: +351 22 999 7360
parker.portugal@parker.com

RO – Rumänien, Bukarest
Tel: +40 21 252 1382
parker.romania@parker.com

RU – Russland, Moskau
Tel: +7 495 645-2156
parker.russia@parker.com

SE – Schweden, Spånga
Tel: +46 (0)8 59 79 50 00
parker.sweden@parker.com

SG – Singapur
Tel: +65 6887 6300

SK – Slowakei, Banská Bystrica
Tel: +421 484 162 252
parker.slovakia@parker.com

SL – Slowenien, Novo Mesto
Tel: +386 7 337 6650
parker.slovenia@parker.com

TH – Thailand, Bangkok
Tel: +662 717 8140

TR – Türkei, Istanbul
Tel: +90 216 4997081
parker.turkey@parker.com

TW – Taiwan, Taipei
Tel: +886 2 2298 8987

UA – Ukraine, Kiew
Tel: +380 44 494 2731
parker.ukraine@parker.com

UK – Großbritannien, Warwick
Tel: +44 (0)1926 317 878
parker.uk@parker.com

US – USA, Cleveland (Industrieanwendungen)
Tel: +1 216 896 3000

US – USA, Lincolnshire (Mobilanwendungen)
Tel: +1 847 821 1500

VE – Venezuela, Caracas
Tel: +58 212 238 5422

ZA – Republik Südafrika, Kempton Park
Tel: +27 (0)11 961 0700
parker.southafrica@parker.com

Europäisches Produktinformationszentrum
Kostenlose Rufnummer: 00 800 27 27 5374
(von AT, BE, CH, CZ, DE, EE, ES, FI, FR, IE, IT, PT, SE, SK, UK)

