



## Energieeffizienz in der Hydraulik

Sparen mit dem Differential-Zylinder

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



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

**VOGEL**  
HYDRAULIK · PNEUMATIK

# VOGEL

HYDRAULIK · PNEUMATIK

Im Folgenden finden Sie Informationen zu einem Teil unseres Leistungs- und Serviceportfolios.

Sollten Sie hierzu oder zu anderen Produkten Fragen haben, treten Sie jederzeit gern in Kontakt mit uns:

Tel: 03573- 14800  
info@vogel-gruppe.de

Parker Store

Komponenten

3D-Rohrbiege-Service

Wartung und Service

Hydraulik & Pneumatik

Aggregate- und Anlagenbau

Mobiler Tag- und Nacht vor-Ort-Service

## Niederlassungen



### Hauptsitz Senftenberg

Laugfeld 21, 01968 Senftenberg Tel: 03573 14 80-0  
Bereitschaft: 0160 718 15 82 E-Mail: senftenberg@vogel-gruppe.de

### Niederlassung Dresden

Niedersedlitzer Str. 75 . 01257 Dresden Tel:0351 79 57 178  
Bereitschaft: 0160 71 81 584 E-Mail: dresden@vogel-gruppe.de

### Niederlassung Frankfurt/Oder

Wildbahn 8, 15236 Frankfurt/Oder Tel: 0335 52 15 081  
Bereitschaft: 0160 71 81 584 E-Mail: frankfurt@vogel-gruppe.de

### Niederlassung Genshagen & Rohrbiegezentrum

Seestr. 20, 14974 Genshagen Tel: 03378 87 90 67  
Bereitschaft: 0171 22 65 930 E-Mail: genshagen@vogel-gruppe.de

### Niederlassung Köln

Dr. Gottfried-Cremer-Allee 16, 50226 Frechen Tel: 02234 25 399-0  
Bereitschaft: 0151 14 65 4851 E-Mail: koeln@vogel-gruppe.de

### Niederlassung Schöneiche

August-Borsig-Ring 15, 15566 Schöneiche Tel: 030 64 93 581  
Bereitschaft: 0160 71 81 590 E-Mail: schoeneiche@vogel-gruppe.de



Industrie-Hydraulik Vogel & Partner GmbH  
Laugfeld 21, 01968 Senftenberg, Tel.: 03573 1480-0  
E-Mail: info@vogel-gruppe.de www.vogel-gruppe.de

#### **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

## Sparen mit dem Differential-Zylinder

Hydraulikzylinder werden häufig direkt mit der Maschine konstruiert. Der kompakte Differential-Zylinder mit nur einer Kolbenstange ist die erste Wahl.

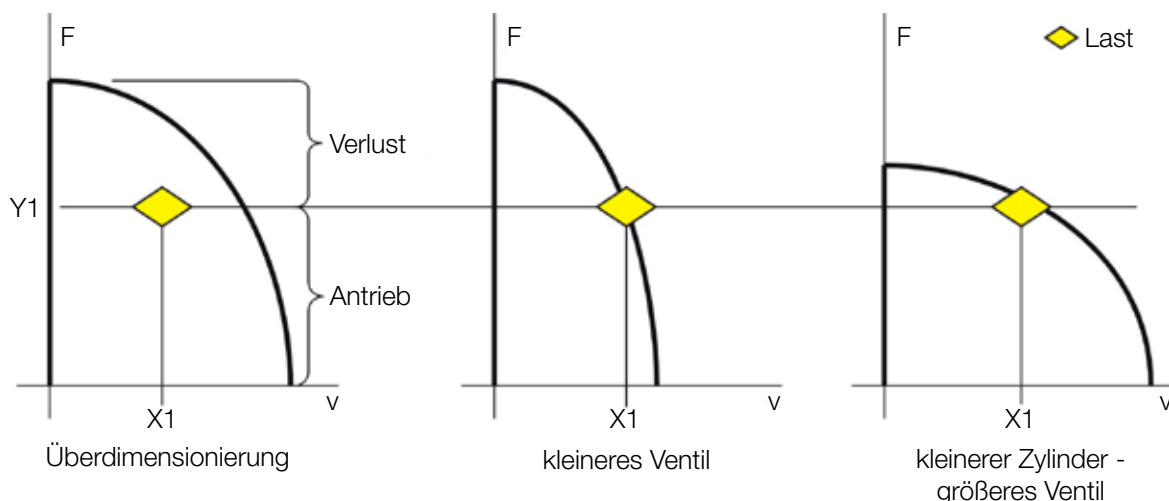
Die Anpassung an die geforderten Kräfte erfolgt bei definiertem Versorgungsdruck über die Dimensionierung der Zylinderflächen. Weiteren Einfluss auf die Kräfte kann man über die Schaltung nehmen. Bei der Standard-Schaltung werden die Zylinderseiten wechselweise mit dem Versorgungsdruck oder dem Tank verbunden. Die Rückspeise-Schaltung führt bei ausfahrendem Zylinder das Öl der Ringseite der Kolbenseite wieder zu und reduziert damit gleichzeitig die Zylinderkraft und die Entnahmemenge aus der Ölversorgung, weshalb sie auch „Spar-schaltung“ genannt wird.

Bevor es ans Sparen geht, muss man sagen, wo man sparen will. Zylinderantriebe werden entweder verdrängergesteuert oder ventilsteuert bewegt. Die Verdrängersteuerung erfordert die feste Zuordnung eines Antriebsmotors und einer Pumpe zu jedem Zylinder. Bei der Ventilsteuerung erfolgt aus Kostengründen die Druckversorgung meistens für einige Antriebe gemeinsam: mehrere Zylinder teilen sich die Kosten eines Antriebsmotors und einer Pumpe. Hier wird gespart. Bei der Verdrängersteuerung wird nur

soviel Druck und Volumenstrom erzeugt, wie der Antrieb gerade braucht. Das ist, wenn man die Investition für den separaten Antriebsmotor und die Pumpe nicht betrachtet, im Betrieb energiesparend. Die Ventilsteuerung führt dem Zylinder genau die erforderliche Energiemenge zu. Die vom Zylinder nicht benötigte Energie bei der Versorgung aus dem Konstantdrucknetz wird am Ventil durch Drosselung in Wärme umgewandelt und vom Ölstrom abgeführt. Auch hierbei kann gespart werden, aber das erfordert eine sorgfältige Auslegung.

Ein Zylinder erreicht seine Maximalkraft im Stillstand. Die Maximalkraft ist die Wirkung des Versorgungsdruckes auf die jeweilige Zylinderfläche. Sobald der Zylinder sich bewegt, reduzieren sich die Kräfte 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 „Ventil- oder Drosselsteuerung“ ein besonders großes Potential zur Verbesserung der Energieeffizienz.

Zylinder und Ventil sind möglichst optimal an die Last anzupassen. Energie wird gespart, je weniger gedrosselt wird. Es wird umso weniger gedrosselt, je besser die vom Zylinder abzugebende Kraft mit der von der Maschine geforderten übereinstimmt. Zu unterscheiden ist zwischen der Anpassung der Kraft und der Anpassung der Fahrgeschwindigkeit. Die Kraft wird angepasst durch Zylinder- und Stangendurchmesser und die Geschwindigkeit durch die Größe des Ventils. Überdimensionierung durch einen zu großen Zylinderdurchmesser führt zu überhöhtem Energieverbrauch, da zuviel Öl zugeführt wird. Eine Auslegung für eine zu große Fahrgeschwindigkeit in Form eines zu großen Ventils führt dagegen nicht zu einem erhöhten Energieverbrauch sondern vergrößert den fahrbaren Geschwindigkeitsbereich. Durch Reduzierung des Ventilhubes wird zwar die gewünschte Fahrgeschwindigkeit eingestellt aber verloren geht hierbei Auflösung des Ventilhubes, was sich nachteilig auf die Regelbarkeit auswirkt. Bei gleicher Last und einem kleineren Zylinder muss der Druckverlust am Ventil geringer sein, um die Fahrwiderstände zu überwinden. Auch bei Zylinderantrieben gilt: Volllastbetrieb ist effizienter als Teillastbetrieb.



Anpassung von Zylinder und Ventil an Last

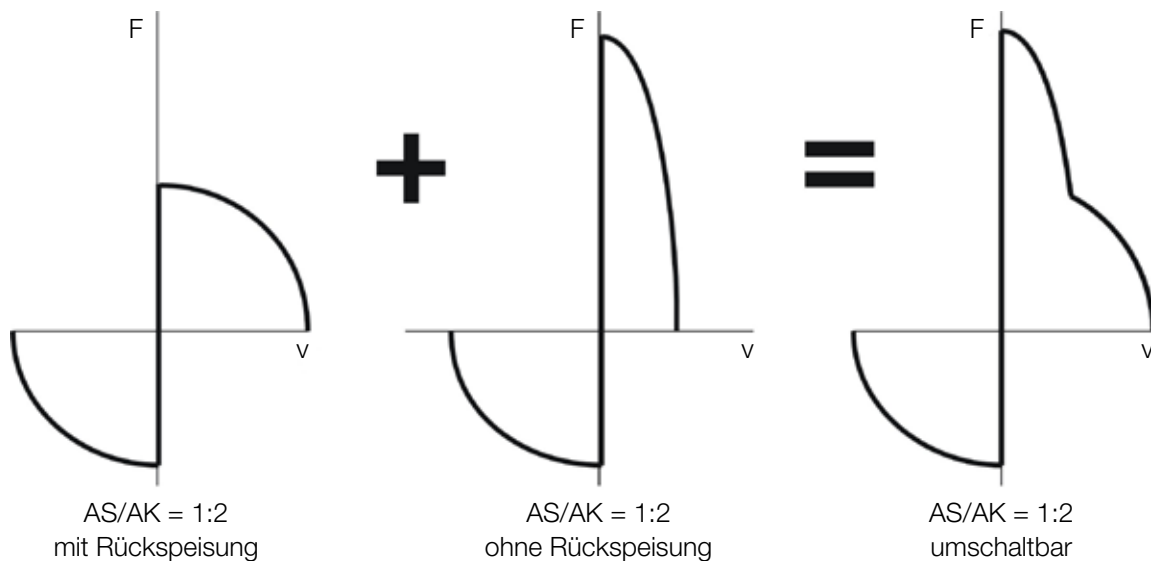
Kraft und Geschwindigkeit werden über die Energiezufuhr am Ventil geregelt. Die klassische Servolehre geht für eine gute Regelbarkeit von einem Drittel Verlustleistung am Ventil bei Maximalgeschwindigkeit aus. Bei einem Druckverhältnis  $P_{\text{last}} / P_0$  erreicht der ventilgesteuerte Zylinderantrieb seinen optimalen Wirkungsgrad. Noch heute werden deshalb Ventil-Nenndurchflüsse bei 70 bar Kreisdruckverlust für 210 bar Versorgungsdruck angegeben. Mit moderner Regelungstechnik, Hochleistungs-Ventilen und Sparschaltungen kann man die Verluste deutlich reduzieren, aber es ist ein guter Anhaltswert bei der Auslegung.

Da jeder Zylinder zwei Wirkflächen hat, sind sowohl die Kräfte an die Lasten als auch gleichermaßen die Geschwindigkeiten

über die Querschnitte an den Ventilkolben richtungsabhängig anzupassen. Das erfordert Gestaltungsraum sowohl bei der Wahl der Zylinderrohr- und Stangenabmessungen als auch der Festlegung der Querschnitte der Ventilkolben. Dies sind aber die Grundvoraussetzungen für einen sowohl energiesparenden als gut steuer- oder regelbaren Betrieb eines ventilgesteuerten Zylinderantriebes.

Neben der Dimensionierung der Zylinderflächen und der Drosselquerschnitte im Ventil kommt als dritte Größe die Schaltung zur Optimierung der Anpassung an die Lasten hinzu. Bei der Standard-Schaltung werden die Zylinderseiten wechselweise mit dem Versorgungsdruck oder dem Tank verbunden. Der Zylinder entfaltet seine volle Kraft. Die Rückspei-

se-Schaltung führt bei ausfahren dem Zylinder das Öl der Ringseite der Kolbenseite wieder zu und reduziert damit die Zylinderkraft in Ausfahrrichtung. Dies erweitert die Möglichkeiten zur Kraftanpassung an die Lasten. Sind z.B. die Lasten in beiden Fahrrichtungen gleich groß, bietet sich ein Zylinder mit Flächenverhältnis 2:1 in Kombination mit der Rückspeise-Schaltung an. Es fährt der unsymmetrische Differential-Zylinder annähernd symmetrisch, sowohl hinsichtlich der Kraft als auch der Geschwindigkeit und des Energieverbrauchs. Wird nun z.B. in der ausgefahrenen Endstellung die der gesamten Zylinderfläche entsprechende volle Kraft benötigt, erreicht man dies mit einer Umschaltung auf die Standard-schaltung.



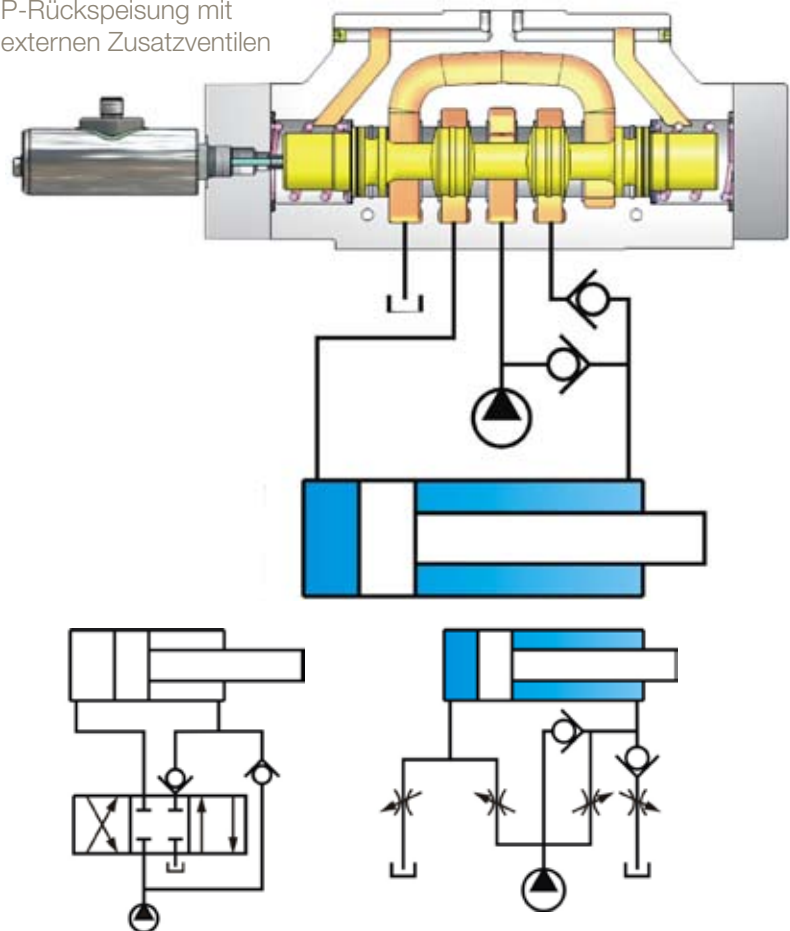
Kraftmodulation durch Kombinations-Schaltung

Durch Kombination von Zylinderflächenverhältnis, Drosselquerschnitten am Ventilkolben und Schaltung bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur optimalen Last- und Geschwindigkeitsanpassung eines Zylinders. Es kann nur wiederholt werden: je besser der Zylinderantrieb an die Lasten angepasst ist, desto geringer ist der Energiebedarf.

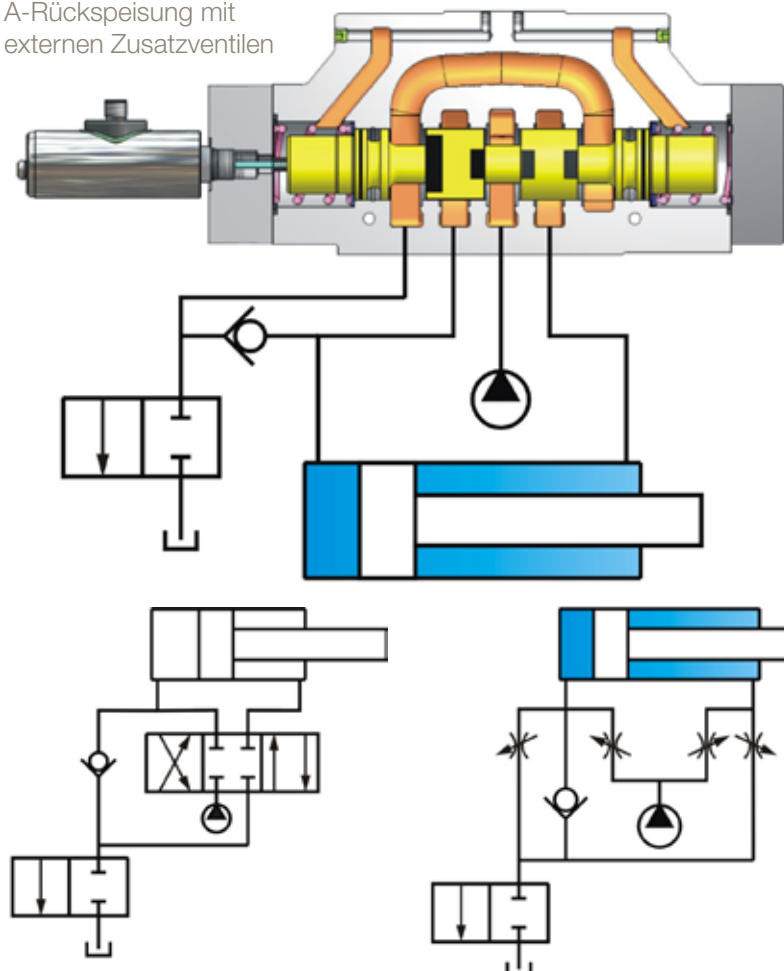
Die Standard-Schaltung ist hinlänglich bekannt. Zu erwähnen ist lediglich, dass bei größeren Zylinderflächenverhältnissen zur Verbesserung der Steuer- und Regelbarkeit die Kolbendrosselquerschnitte den Durchflussströmen anzupassen sind.

Stand der Technik bei Rückspeise-schaltungen ist die Kombination eines Norm-Wegeventils mit 2 externen Rückschlagventilen, die das Öl der Ringseite über den Pumpenanschluss ( P-Rückspeisung ) zur Kolbenseite leitet. Eine Kolbenkante wird nicht mehr durchströmt und aus der 4-Kantensteuerung

P-Rückspeisung mit externen Zusatzventilen



A-Rückspeisung mit externen Zusatzventilen



wird eine 3-Kantensteuerung mit bekannten regelungstechnischen Nachteilen. Ziehende Lasten können mit dieser Rückspeiseschaltung sehr wohl gebremst werden, jedoch wird der Druck nur auf einer Zylinderseite beeinflusst. Die Rückspeisung ist permanent wirksam.

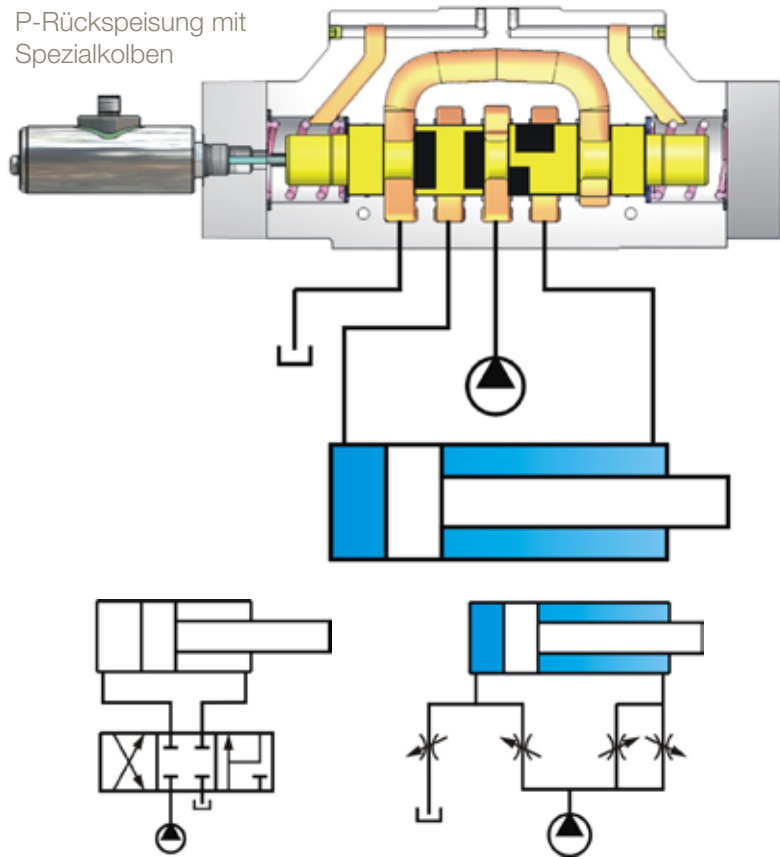
Die Kombination eines Norm-Wegeventils, einem externen Sperrventil im Tankanschluss sowie einem externen Rückschlagventil, welches das Öl der Ringseite anstatt zum Tank am Wegeventil vorbei direkt auf die Kolbenseite leitet ( A-Rückspeisung ) ermöglicht eine Rückspeisung unterhalb des Pumpendruckes.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



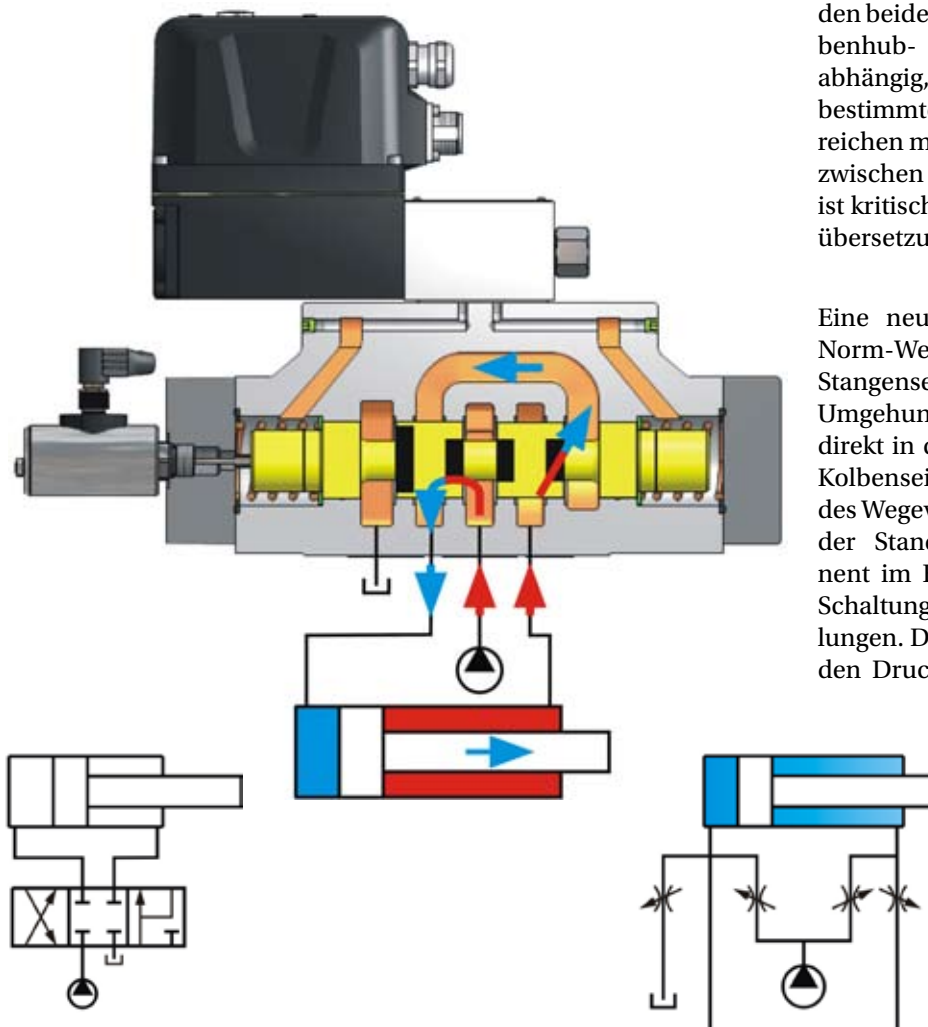
Ein Spezialkolben in einem Norm-Wegeventil ermöglicht die permanente Rückspeisung ohne externe Rückschlagventile. Das Öl der Ringseite wird ventillintern über den Pumpenanschluss ( P-Rückspeisung ) zur Kolbenseite geleitet. Da eine Drosselkante des Kolbens zwischen Zylinder und Pumpe liegt, ist der Druck 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.

Diese Bauart gibt es auch mit 4-Stellungskolben. Dabei stellt beim Ausfahren die eine Stellung die Standard-Schaltung dar und die andere die Rückspeiseschaltung. Die Umschaltung zwischen

P-Rückspeisung mit Spezialkolben



Neue A-Rückspeise-Schaltung



den beiden Modi erfolgt somit kolbenhub- oder geschwindigkeitsabhängig, womit Sparen nur in bestimmten Geschwindigkeitsbereichen möglich ist. Der Übergang zwischen den beiden Symbolen ist kritisch bzgl. möglicher Druckübersetzungen am Zylinder.

Eine neue Schaltung in einem Norm-Wegeventil speist das Öl der Stangenseite ventillintern unter Umgehung des Pumpenanschlusses direkt in den A-Anschluss auf die Kolbenseite zurück. Alle 4 Kanten des Wegeventils bleiben so wie bei der Standard-Schaltung permanent im Eingriff. Damit ist diese Schaltung prädestiniert für Regelungen. Diese Schaltung reduziert den Druck auf der Ringseite des

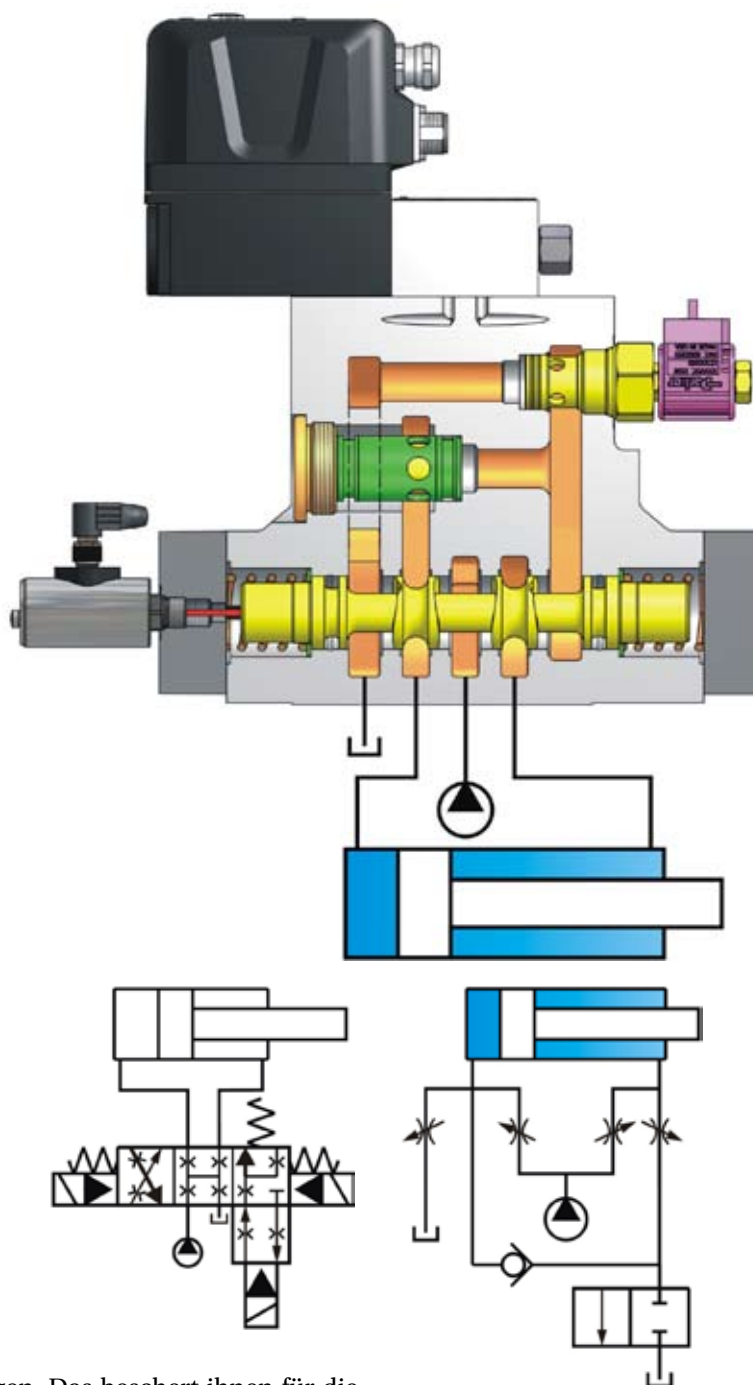
Zylinders ( maximaler Ringseiten-  
druck = Pumpendruck ) und redu-  
ziert die Umwälzverluste von der  
Stangenseite zur Kolbenseite. Da-  
mit werden Druckbelastung von  
Zylinder und Ventil reduziert und  
Energie gespart.

Zwei in das Norm-Wegeventil in-  
tegrierte Zusatzventile machen  
diese neue A-Rückspeise-Schal-  
tung auf Standard umschaltbar ( A-  
Hybrid-Schaltung). Da die Ums-  
chaltung nicht mehr kolbenhub-  
abhängig ist, können in beiden  
Schaltungs-Modi beliebige Ge-  
schwindigkeiten gefahren wer-  
den. Die Umschaltung kann z.B.  
in Abhängigkeit von der gefor-  
derten Kraft erfolgen. Reicht die  
Kraft in der Rückspeisung nicht  
aus, wird auf Standard umge-  
schaltet. Die verlustarme Rück-  
speisung eröffnet diese Schaltung  
für Zylinder mit einem weiten Be-  
reich an Flächenverhältnissen.  
Die Umschaltung kann bei jeder  
Geschwindigkeit ohne Gefahr einer  
Druckübersetzung für den Zyl-  
inder erfolgen. Die Umschaltung  
kann auch gefahrlos beliebig zwi-  
schen den beiden Schaltungs-  
Modi erfolgen: von Standard auf  
Rückspeisung oder von Rück-  
speisung auf Standard. Die jeder-  
zeit freie Umschaltbarkeit erlaubt  
die größtmögliche Energieerspar-  
nis ohne Einschränkung des Be-  
triebsbereiches.

Da die Zusatzventile auf der Ober-  
seite des Norm-Wegeventils integ-  
riert sind, behält das Ventil auf der  
Unterseite sein Norm-Anschluss-  
bild und kann so leicht gegen je-  
des andere Ventil ausgetauscht  
werden.

Im Wettbewerb stehen elektro-  
mechanische Antriebe mit ver-  
dränger- und ventilgesteuerten  
hydraulischen Antrieben. Elektro-  
mechanische Antriebe und ver-  
drängergesteuerte hydraulische  
Antriebe erzeugen Kräfte und Ge-  
schwindigkeiten richtungsun-  
abhängig. Differentialzylinder in  
Verbindung mit einem A-Hybriden  
können jetzt nicht nur das Gleiche  
sondern in einer Rich-  
tung durch freies Umschalten auf  
die volle Wirkfläche des Zylinders  
noch kraftmäßig einen Gang zu-

#### Neue A-Hybrid-Schaltung



legen. Das beschert ihnen für die  
Zukunft eine Sonderstellung un-  
ter den Linearantrieben.

Sparen mit ventilgesteuerten li-  
nearen Zylinderantrieben war  
noch nie so einfach. Ein Wegeven-  
til auf einem genormten Lochbild  
mit integrierter abschaltbarer A-  
Rückspeise-Sparschaltung redu-  
ziert den Ölbedarf zum Verfahren  
teilbelasteter Differential-Zylin-  
der. Zwischen Energiesparen bei  
Teillast in Spar- und hohem Ener-  
gieverbrauch bei Volllast in  
Standard-Schaltung wird kolben-  
hubunabhängig beliebig umge-  
schaltet.

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



# 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 2899 5000

**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)

