

Hydraulische Systeme von Hänchen

Energieeffizienz sicherstellen

Die energetisch effiziente Auslegung von Hydraulikzylindern

KLAUS G. WAGNER

Hydralische Systeme – Komponenten und mehr ist der Titel des Buchs von Klaus G. Wagner. Der Bereichsleiter Forschung und Innovation beim Unternehmen Herbert Hänchen beschreibt systematisch den Einsatz und die Auslegung von hydraulischen Systemen. So etwa, was es bezüglich der Maschinenrichtlinie zu beachten gibt. Darüber hinaus gibt Klaus G. Wagner in seinem Buch viele Tipps.

„Der Druck sollte so hoch wie möglich gewählt werden. Dadurch wird der Vorteil der Energiedichte besser ausgenutzt.“

Klaus G. Wagner,
Bereichsleiter Forschung und
Innovation bei Hänchen

Energieeffizienz

Die Technologie der Hydraulik zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass Energie einfach gespeichert werden kann. Dadurch können hydraulische Antriebe sehr energieeffizient ausgelegt werden.

Aber auch in den Komponenten liegt Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz. Durch die Wahl des geeigneten, reibungsarmen Dichtungssystems oder durch die Wahl des geeigneten Werkstoffes kann

ein Antrieb mit einem besseren Wirkungsgrad gestaltet werden.

Energieeffizienz durch Auswahl der Zylindergröße...

Die Auswahl der Zylindergröße erfolgt durch Berechnung der Kräfte und Geschwindigkeiten in Abhängigkeit des Druckes und Durchflusses. Aber auch externe Einflüsse wie zum Beispiel Querkkräfte oder Knickung haben Einfluss auf die Zylindergröße, insbesondere auf den Durchmesser der Kolbenstange. Um einen Zylinder energieeffizient auszulegen, sind folgende Zusammenhänge zu beachten und zu prüfen: Der Druck sollte so hoch wie möglich gewählt werden. Dadurch wird der Vorteil der Energiedichte besser ausgenutzt. Durch höhere Drücke ergeben sich kleinere Wirkflächen und damit kleinere Durchflüsse. Komponenten wie Ventile oder Leitungen können kleiner gewählt werden und somit energieeffizienter arbeiten.

Die Wirkflächen der Zylinder bestimmen die Kraft und den Durchfluss des Zylinders. Eine Optimierung der Wirkfläche hin zur maximal benötigten Kraft als Obergrenze ist dahingehend energieeffizient, dass kleinere Flächen auch kleinere Volumenströme benötigen, so dass die Leistung optimiert wird.

Dies kann zum Beispiel durch eine Millimetergenaue Auslegung des Kolbens bei Zylindern der Reihe 320 realisiert werden. Wie im Diagramm I als Beispiel dargestellt, kann für eine gewünschte Nennkraft von 10 kN ein Zylinder mit Kolbenstangendurchmesser 40 mm und der Standard-Kolbenabmessung 60 mm verwendet werden. Um mit diesem Zylinder die Geschwindigkeit von 1 m/s zu erreichen ist ein Durchfluss von circa 94 l/min erforderlich, die hydraulische Leistung berechnet sich zu 33 kW.

Allerdings ist diese Standardgröße für die geforderte Kraft zu groß. Eine Optimierung hin zur Kraft von 10 kN ergibt einen Kolbendurchmesser von 47 mm. So erzeugt der Zylinder genau die erforderliche Kraft von 10 kN bei 210 bar. Mit dieser verkleinerten Wirkfläche reduziert sich der Volumenstrom auf 29 l/min und die hydraulische Leistung auf 10 kW.

...kleinerer Komponenten und der Auswahl der Wirkungsart

Neben dieser Energieeinsparung können dadurch kleinere Komponenten wie zum Beispiel Ventile der Nenngröße 40 l/min statt 100 l/min verwendet werden. Aber

auch durch die Auswahl der Wirkungsart des Zylinders kann der Antrieb mit Standardabmessungen energieeffizient ausgelegt werden. Wird nur eine definierte Druckkraft benötigt, kann mit einem Differentialzylinder gearbeitet werden. Die nicht relevante Zugkraft ist dann entsprechend dem Flächenverhältnis kleiner.

Wenn aber eine definierte Zugkraft erforderlich ist, ist der Einsatz eines Gleichlaufzylinders mit durchgehender Kolbenstange energieeffizienter, da dann beim Rückhub nicht der große Volumenstrom der großen Zylinderfläche aufgebracht werden muss. Und auch wenn symmetrische Kräfte aufgebracht werden müssen empfiehlt sich aus energetischer Sicht ein Gleichlaufzylinder.

Energieeffizienz durch Einsatz von Speichern

Mit Hilfe von Hydraulikspeichern kann eine Hydraulikflüssigkeit unter Druck in einem mit Gas gefüllten Druckbehälter gepresst werden. Die Hydraulikflüssigkeit komprimiert das Gas und steht unbegrenzt als gespeicherte Energie zur Verfügung.

Durch den Einsatz von Speichern ist somit eine Steigerung des Wirkungsgrades von hydraulischen Antrieben möglich, indem zum Beispiel das Hydraulikaggregat nur für einen Durchschnittsbedarf auslegt wird, Spitzenleistungen aber aus einem Speichersystem entnimmt. Der Speicher wird danach in einem Zeitraum aufgeladen, in dem weniger Energie verbraucht wird. ▶

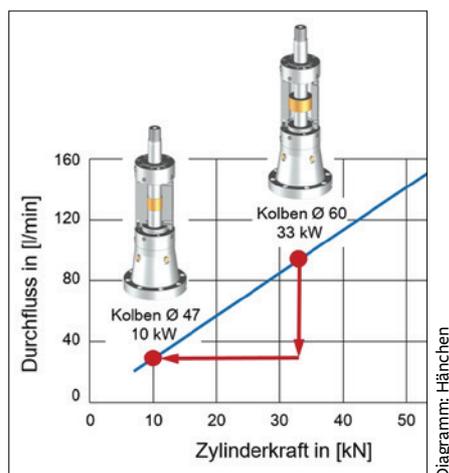
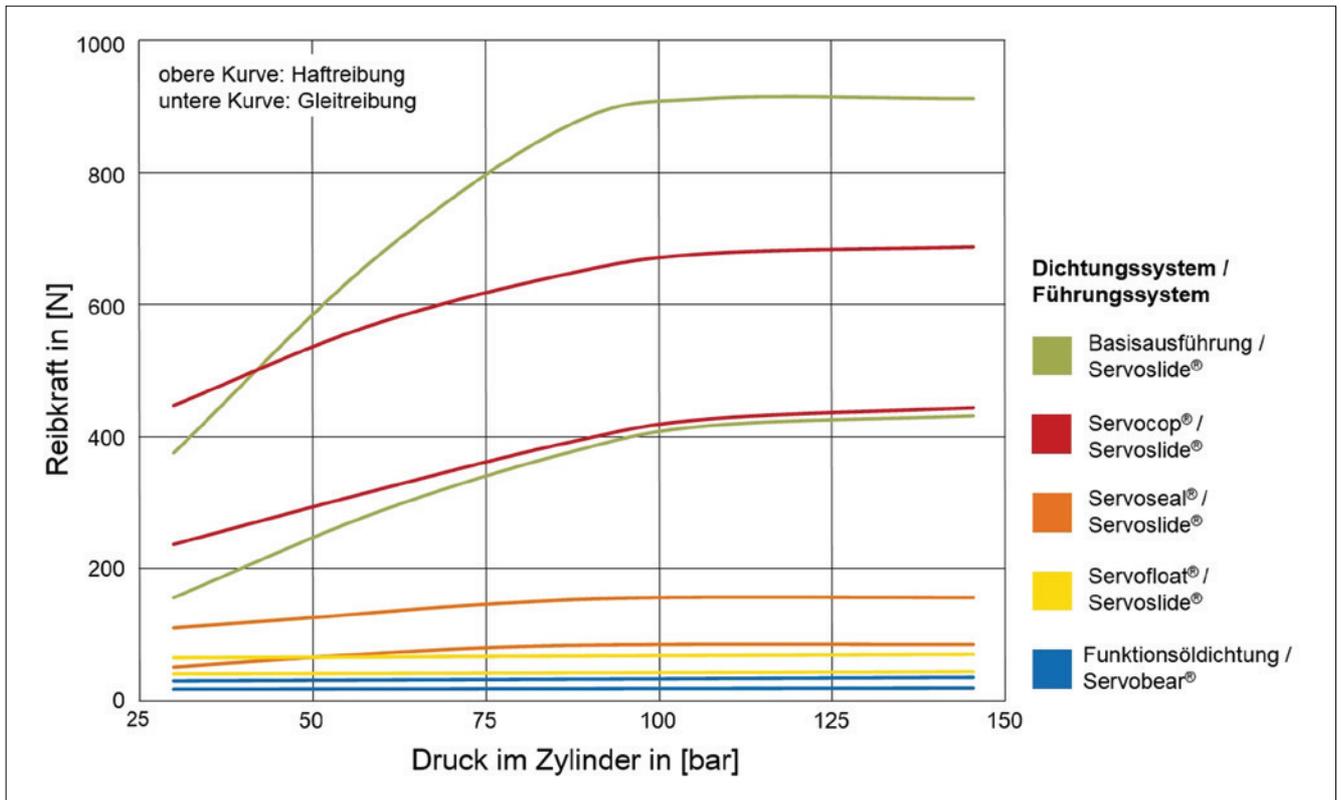


Diagramm I: Zylinderkraft und Volumenstrom: Beispiel für Kolbenstangen Ø 40 mm, Geschwindigkeit $v = 1$ m/s



Grafik: Hänchen

Reibkraftvergleich verschiedener Verschlussvarianten

Einzelne Speicher werden zu Speicherbatterien zusammengeschaltet, um eine sehr große Energiemenge zu speichern. So sind viele hundert Liter Speichervolumen erreichbar. Diese gespeicherte Energie steht auch im Notbetrieb zur Verfügung, wenn keine Antriebsenergie mehr verfügbar ist.

Reibung von Zylindern

Die Reibkraft an Hydraulikzylindern ist ein Kriterium zur Beurteilung der Leichtgängigkeit. Insbesondere im servodynamischen Einsatz sind stick-slip-arme und leichtgängige Hydraulikzylinder erforderlich. Je nach Bewegungsart, abhängig von Geschwindigkeit, Temperatur und Druck im Zylinder zeigt der Hydraulikzylinder ein unterschiedliches Reibverhalten. Diese Faktoren sind bei der Beurteilung des Zylinders stets zu berücksichtigen.

Der Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad η ist allgemein das Verhältnis von abgegebener Leistung zu zugeführter Leistung. Beim Hydraulikzylinder ist

„Die Reibkraft an Hydraulikzylindern ist ein Kriterium zur Beurteilung der Leichtgängigkeit.“

Hänchen

der Wirkungsgrad das Produkt aus mechanischem und hydraulischem Wirkungsgrad ($\eta = \eta_M \cdot \eta_H$). Die Reibung des Hydraulikzylinders ist verantwortlich für den mechanischen Wirkungsgrad η_M des Zylinders. Dieser ist als Verlust bei der Auslegung des Zylinders auf Kraft und Druck zu berücksichtigen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Reibungsverlust des Hydraulikzylinders maßgeblich von der Größe und Beschaffenheit der Kolbenstange abhängt. Der Kolben selbst trägt zur Reibkraft wenig bei.

Leckagen innerhalb des Zylinders oder nach außen hin sind verantwortlich für den hydraulischen Wirkungsgrad η_H . Dieser ist als Verlust bei der Auslegung des Zylinders auf Geschwindigkeit und Durchfluss zu berücksichtigen. Der Gesamtwirkungsgrad η ist bei der Bestimmung der hydraulischen Leistung zu berücksichtigen.

Haft- und Gleitreibung

Die Reibkraft an Hydraulikzylindern wird nach VDMA 24577 über Differenzdruckmessung im elektrohydraulischen Regelkreis

bestimmt. Hierzu wird die Kolbenstange des Hydrozylinders mit entsprechendem Stetigventil und Wegmesssystem im Lageregelkreis verfahren. In beide Zylinderkammern wird ein geeigneter Druckmessaufnehmer eingebaut und die Druckdifferenz ohne Last ermittelt. Diese Druckdifferenz wird über die Wirkflächen in eine Reibkraft umgerechnet. Abhängig von der Geschwindigkeit werden unterschiedliche Reibwerte ermittelt. Diese Festkörperreibung, auch Coulombsche Reibung genannt, wird unterteilt in Haftreibung, also Reibung in der Ruhe, sowie Gleitreibung, also Reibung an den Kontaktflächen zwischen Körpern, die sich relativ zueinander bewegen. Diese treten nicht immer voneinander getrennt auf, sondern können zugleich oder abwechselnd auftreten.

Zum Beispiel ist der stick-slip-Effekt im Hydraulikzylinder ein ständig wechselnder Übergang zwischen Haft- und Gleitreibung. Bei der Auswahl eines stick-slip-armen Zylinders ist also nicht unbedingt ein sehr niedriges Grundreibungsniveau erforderlich, sondern insbesondere ein geringer Unterschied zwischen Haft- und Gleitreibung.

Reibkraftvergleich

Der Reibkraftvergleich in Diagramm I zeigt am Gleichlaufzylinder mit Kolbenstangendurchmesser 40 mm beispielhaft gemessene Reibwerte. Die Werte gelten für einen Verschluss und sind für einen Gleichlaufzylinder

„Die berührungsfreien Verschlussvarianten Servofloat und Servobear besitzen ein extrem niedriges Reibungsniveau.“

Hänchen

der zu verdoppeln. Der Kolbendurchmesser 46mm ist über Drosselspalt abgedichtet. Die Werte wurden nach VDMA 24577 im Sinusbetrieb bei 50 °C mit HLPD 46 ermittelt.

Wichtig beim Vergleich der verschiedenen Verschlussvarianten sind folgende Eigenschaften: Die Gleitreibung der Verschlussvarianten Servoslid und Servocop mit berührenden Dichtungen sind auf einem sehr geringen Reibungsniveau. Bei beiden Varianten steigt die Reibung mit dem Kammerdruck. Durch den Stufenring aus PTFE bei Servocop wird die Haftreibung gegenüber Servoslid noch weiter reduziert. Je geringer die Differenz zwischen Haft- und Gleitreibung ist, desto weniger neigt der Zylinder zu Stick-Slip-Effekten.

Die berührungsfreien Verschlussvarianten Servofloat und Servobear besitzen ein

extrem niedriges Reibungsniveau. Haft- und Gleitreibung sind nahezu identisch. Das Reibungsniveau dieser berührungsfreien Verschlussvarianten ist unabhängig vom Kammerdruck und damit auch bei ständig wechselndem Druck konstant.

Der Servoseal reiht sich in die bekannten Dichtungs- und Führungssysteme im unteren Reibkraftbereich ein. Die Druckabhängigkeit der Reibung bei Servoseal ist sehr gering.

Weitere Informationen zum Energie-Einsparpotential durch Klemmungen oder die richtige Wahl des Werkstoffes sowie Elemente und Ausstattungsmerkmale, elektrische und elektronische Integration von Sensoren und andere Sicherheitsthemen im Zusammenhang mit Hydraulikzylindern stehen im Fokus des Buchs „Hydraulische Systeme – Komponenten und mehr“.

Das von der Herbert Hänchen GmbH & Co. KG herausgegebene Buch ist unter der ISBN 978-3-9821291-0-5 im Buchhandel und in gut sortierten Online-Buchhandlungen wie osiander.de erhältlich. Inhaltsverzeichnis und Auszüge stehen unter www.haenchen.de/media/pdf/de/de_vorschau-buch-hydraulische-systeme.pdf zur Verfügung und sind im ebenfalls im Downloadbereich von haenchen.de zu finden. ■

» Web-Wegweiser:
www.haenchen.de