



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Hinweise	2
2	Wirkungsgrad	3
3	Auswahl Zylindertyp	4
4	Druckverhältnisse	6
5	Kolbengeschwindigkeit.....	7
6	Endlagendämpfung	8
7	Hydraulikmedien	11
8	Dichtungskonzepte.....	14
9	Entlüftung.....	19
10	Leckage.....	22
11	Abfragemöglichkeiten	24
12	Knickfestigkeit	30
13	Betriebs- und Wartungsanweisung.....	32
14	Montage / Dichtungswechsel.....	35
15	ATEX.....	36
16	Glossar	36
17	Formelsammlung.....	37



1 Allgemeine Hinweise

Hydraulikzylinder sind grundsätzlich dazu entworfen, Kraft in linearer Richtung aufzubringen. Auf den Zylinder einwirkende Seitenkräfte sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Lässt sich eine signifikante Seitenbelastung der Kolbenstange nicht verhindern, kann dieser durch Einsatz eines speziellen Zylinders (stärkere Kolbenstange, längere Führung und Stützweitenverlängerung) begegnet werden. Diese Maßnahmen müssen auch in Betracht gezogen werden, wenn große Hubbewegungen horizontal ausgeführt werden.

Für eine einwandfreie Funktion des Zylinders bzw. der Dichtungen ist in der Regel ein minimaler Betriebsdruck von 10 bar (Richtwert) notwendig.

HEB-Zylinder sind grundsätzlich brüniert. Abweichend davon können sie auch unbehandelt, vernickelt (Sonderausstattung S3) oder in RAL lackiert geliefert werden.

Empfohlen werden Hydrauliköle der Type H, HL oder HLP nach DIN 51524 / 51525.

Hydraulische Zylinder arbeiten bei korrekter Anwendung und richtigem Einbau langjährig und störungsfrei, die einzigen echten Verschleißteile sind Dichtungen, die in regelmäßigem Abstand erneuert werden müssen.

2 Wirkungsgrad

Unterschieden wird zwischen volumetrischem und hydraulisch-mechanischem Wirkungsgrad. Anzunehmen ist, dass mit zunehmender Betriebszeit der volumetrische Wirkungsgrad ab- und der hydraulisch-mechanische Wirkungsgrad zunimmt. Im Folgenden wird letztgenannter näher betrachtet.

Der hydraulisch-mechanische Wirkungsgrad resultiert im Wesentlichen aus den Reibungsverlusten von Dichtungen und Führungen, deren Größe bauart-, werkstoff- und oft auch druckabhängig ist. Einige von weiteren Faktoren sind Schmierungszustand, Eigenschaften des Hydraulikmediums und Temperatur. In der Praxis können möglicherweise Störeinflüsse wie Verschmutzung der Dicht- und Gleitflächen, Widerstände durch Verkanten, Schwerpunktversatz bzw. Fluchtungsfehler zwischen Zylinder und Lastachse hinzukommen.

Reibungskräfte spielen eher bei kleinen Kolbendurchmessern eine Rolle, da ihre Höhe mit größer werdendem Kolbendurchmesser in Relation zu den Kräften des Zylinders überproportional abnimmt. Konkrete bzw. mit Belegen gesicherte Werte lassen sich nicht finden. Angegeben werden Faktoren für den Wirkungsgrad eines Hydraulikzylinders von 0,86 bis 0,98 oder von 0,8 beim Kolbendurchmesser von 20 und von 0,98 beim Durchmesser 100, so dass man die Reibungsverluste bei größeren Kolbendurchmessern vernachlässigen kann.

Minimale Reibungskräfte in einem Hydraulikzylinder werden mit dem Einsatz einer Ringspalt-Dichtung und einer hydrostatischer Stangenführung erreicht, wobei dann wiederum der volumetrische Wirkungsgrad schlechter als bei einem herkömmlichen Zylinder ist.



3 Auswahl Zylindertyp

Zylinder des HEB-Programms und ihre wesentlichen Merkmale.

Rundzylinder Z100 – Z350

Rundzylinder für lange Hübe, mit geschraubtem Kopf und Boden und wählbarer radialer Lage der Anschlüsse, Näherungsinitiatoren, Entlüftungs- und Dämpfungsschrauben.

Z100	bis 100bar, auch pneumatisch betreibbar
Z140	bis 140bar, standardmäßige Entlüftung
Z160	bis 160bar, standardmäßige Entlüftung, kopfseitig bedienbare Dichtungsverschraubung (für einfachen Stangendichtungswechsel), redundantes Stangendichtungssystem, doppelte Stangenführung
Z250	bis 250bar, redundantes Stangendichtungssystem
Z350	bis 350bar, äußere Abmaße entsprechend Bosch CDH3

Als **ZNI101**, **ZNI141**, **ZNI161**, **ZNI251** und **ZNI351** mit induktiver interner Abfrage bis 120°C.

Als **ZMS100**, **ZMS160** mit variabler externer magnetischer Abfrage bis 130°C.

Blockzylinder

Blockzylinder in kompakter, rechteckiger Bauform in einer hohen Variantenvielfalt besonders für den Werkzeug- und Formenbau.

BLZ400	bis 400bar, mit kurzen Gehäuselängen
BLZ401	bis 400bar, mit kurzen Gehäuselängen für Kolbendurchmesser ab 125mm
BLZ250	bis 250bar für lange Hübe, regelbare Dämpfung
BLZNE400	bis 400bar, variable induktive externe Abfrage bis 90°C an der Seite basierend auf dem BLZ400
BLZRE400	bis 400bar variable mechanische externe Abfrage bis 180°C an der Seite basierend auf dem BLZ400
BLZDKS400	bis 400bar, variable induktive externe Abfrage bis 120°C an durchgehender Kolbenstange basierend auf dem BLZ400
BLZMS251	bis 250bar, variable magnetische externe Abfrage bis 130°C an der Seite
SBZ250	bis 250bar, speziell für Stanz/Niet-Anwendungen oder Anwendungen mit sehr hohen Anforderungen
MZ250	bis 250bar, zusätzliche klar definierte Zwischenstellung
BAV250	bis 250bar, mit kleinen Gehäuselängen und einer variablen Systemanschlusseinheit

Als **BLZNI400**, **BLZNI401**, **BLZNI250**, **SBZNI250**, **MZNI250** und **BAVNI250** mit induktiver interner Abfrage bis 120°C.



Flanschzylinder

Flanschzylinder mit beiden hydraulischen Anschlüssen an der Seite des Flanschs.

KRZ250 bis 250bar, mit kurzen Gehäuselängen

DRZ250 bis 250bar, für lange Hübe

Einschraubzylinder

Einschraubzylinder für den Einbau bei geringsten Platzverhältnissen.

E200 bis 200bar, direkter Anschluss über Zuleitungen im Gegenstück

ZG160 bis 160bar, normale Anschlüsse

Normzylinder

Normzylinder mit Befestigungsmaßen gemäß angeführter Normen.

NOZ161 bis 160bar, gemäß ISO 6020/1 und CETOP R 58H, standardmäßige Entlüftung

NOZ251 bis 250bar, gemäß DIN 24333, ISO 6022 und CETOP RP78, standardmäßige Entlüftung

DIN24554 bis 160bar, gemäß DIN24554, ISO 6020/2

Als **NOZNI161** und **NOZNI251** mit induktiver interner Abfrage bis 120°C.

Schiebereinheit

Schiebereinheit zur Aufnahme von Seitenkräften.

VE250 bis 250bar, mit 2 oder 4 Führungssäulen

Als **VE250RE** mit externer mechanischer Abfrage bis 180°C.

Verriegelungen

Verriegelungen zur Arretierung der Kolbenstange in zwei unterschiedlichen Prinzipien.

KH kraftschlüssige Arretierung der Kolbenstange bei beliebigem Hub

VZS251 bis 250bar, formschlüssige Verriegelung in vorderer Endlage

VBZ250 bis 250bar, formschlüssige Verriegelung in vorderer Endlage, mit kurzen Gehäuselängen

Als **VZS251NI** und **VBZNI250** mit induktiver interner Abfrage der Endlagen und der Stellung der Verriegelung bis 120°C.



Wegmesszylinder

Wegmesszylinder zur genauen Abfrage der Kolbenstangenposition.

WMZ161 bis 160bar, basierend auf dem **NOZ161**, mit internem magnetorestriktiven Wegmesssystem

Grundsätzlich können nach konstruktiver Prüfung alle Zylinder mit einem Wegmesssystem ausgerüstet werden.

Spezifikation

Die Spezifikation zur Bestimmung bzw. Bestellung eines Zylinders ist durch einen immer gleichartigen Bestellcode gewährleistet.

Beispiel:

Z250-103-80/50/100-206/B1/S5

Z250: Zylindertyp mit Betriebsdruck

103 : Bauform

80 : Kolbendurchmesser

50 : Kolbenstangendurchmesser

100 : Hub

206 : Betriebsart

B1 : Kolbenstangenende

S5 : Sonderausstattung

4 Druckverhältnisse

Die Zylinder sind für einen maximal zulässigen Betriebsdruck ausgelegt und halten einem bestimmten statischen Prüfdruck stand, in der Regel das 1,5-fache des maximalen Betriebsdruckes. In der Praxis treten mitunter Druckspitzen mit Werten über dem zulässigen Betriebsdruck auf – sind diese zu hoch, kommt es zu Schäden am Zylinder. Ebenso problematisch ist eine Druckübersetzung, die aus hohen Kolbengeschwindigkeiten bei gleichzeitiger Ablaufdrosselung oder Endlagendämpfung resultieren kann.

Unter ungünstigen Bedingungen (bspw. Vibrationen) kann es zu Schleppdruck¹ kommen. Hierbei verdichtet sich das Öl in engen Spalten durch ständige Hubbewegungen, bis sehr hohe Kräfte ein Klemmen der Kolbenstange bewirken.

¹ Der Rundzylinder Z160 hat eine Führungsbuchse mit Drallnut, um möglichem Schleppdruck oder Druckübersetzung entgegenzuwirken.

5 Kolbengeschwindigkeit

Die zulässige maximale Kolbengeschwindigkeit wird durch die Dichtungen, die bewegte Masse bzw. die kinetische Energie und die Größe der Anschlüsse begrenzt. Die meisten Dichtungen sind für sehr hohe Geschwindigkeiten ausgelegt, so dass i.d.R. der beschränkende Faktor die Anschlussgröße des Zylinders ist. Mit steigender Ölgeschwindigkeit kommt es zunehmend zu Verwirbelungen (turbulente Strömung), gerade auch an den Engstellen² in den Anschlüssen. Dies erfordert eine Einstellung der Geschwindigkeit des Volumenstroms in Abhängigkeit des Betriebsdrucks. Bei schnellen Hubbewegungen können die Zylinder auch mit größeren Anschlüssen (Sonderausstattung S9) ausgestattet werden.

Leitungsart	Betriebsdruck	max. Strömungsgeschwindigkeit
Druckleitung	bis 50bar	3 - 4m/s
	50 – 100bar	4 – 5m/s
	100 – 200bar	5 – 6 m/s
	200 – 300bar	6 – 10m/s
Abflussleitung		2 – 4m/s
Saugleitung		0,5 – 0,8m/s

Diese Angaben sind als Richtwerte anzusehen – die tatsächlich maximal zulässige Strömungsgeschwindigkeit hängt immer von der jeweiligen Anwendung (Ölviskosität, Leitungsbeschaffenheit u.a.) ab.

Bei hohen Kolbengeschwindigkeiten (Richtwert $v > 0,1\text{m/s}$) darf die Bewegung von Kolben und Kolbenstange nicht in den Anschlägen der Endlage des Zylinders abgefangen werden, sondern durch eine äußere Begrenzung oder eine Endlagendämpfung.

² So sind bspw. bei Blockzylindern die tatsächlichen Größen der Anschlussbohrung noch einmal kleiner als der Innendurchmesser der Anschlussverschraubung.

6 Endlagendämpfung

Bei schnellen Hubbewegungen (Richtwert $v > 0,1\text{m/s}$) und/oder bei der Bewegung großer Massen ist eine Endlagendämpfung im Hydraulikzylinder notwendig, deren Ziel es ist, die Geschwindigkeit der bewegten Masse kontinuierlich abzubremsten und mit möglichst geringer Geschwindigkeit auf den mechanischen Anschlag im Zylinder aufzutreffen und somit Beschädigungen im Zylinder bzw. Überlastungen an der Kolbenstange, die zum Bruch führen können, zu vermeiden. Bei einem gedämpften Zylinder wird das Druckmedium kurz vor Erreichen der Endlage mittels eines Dämpfungskolbens über eine Bypass-Bohrung abgeleitet, wodurch sich der so genannte Dämpfungsdruck aufbaut und den Zylinder kontinuierlich abbremst. Im Gegensatz zu den Blockzylindern³ ist die Stärke der Dämpfung bei den Rundzylindern einstellbar. Durch die besondere Gestaltung des Dämpfungskolbens entsteht ein linearer Dämpfungsverlauf, der die ansonsten auftretenden Druckspitzen verhindern soll.

³ Eine Ausnahme bildet hier der BLZ250/BLZNI250.

Berechnung der Endlagendämpfung

Die zur Berechnung notwendigen Parameter sind dem jeweiligen Zylinder-Prospekt unter Technischen Daten auf Seite 4 zu entnehmen.

Die Entscheidung über den Einsatz einer Endlagendämpfung kann mit dem folgenden Ansatz getroffen werden:

Ermittlung des Energie-Eintrages

Horizontale Anordnung:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

E = Energie-Eintrag (Nm)

m = Masse (kg)

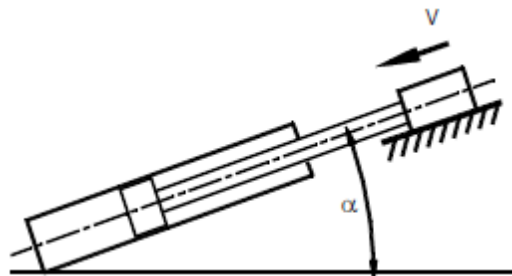
v = Hubgeschwindigkeit (m/s)

Vertikale Anordnung:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + / - m \cdot g \cdot s \cdot \sin \alpha$$

g = Erdbeschleunigung (m/s²)

s = Dämpfungslänge (m)



Der Wert dieser Energie wird mit dem Arbeitsvermögen des Zylinders gleichgesetzt; E=W,

Bestimmung des Dämpfungsdruckes

$$p_D = \frac{W}{A_D \cdot s} + \frac{p \cdot A_1}{A_D}$$

p_D = mittlerer Dämpfungsdruck (N/cm²)

W = Arbeitsvermögen = E (Nm)

A_D = wirksame Dämpfungsfläche (cm²)

A₁ = wirksame Kolbenfläche (cm²)

p = Systemdruck (N/cm²)

s = Dämpfungslänge (m)



Ergebnis:

Liegt der Wert p_D über dem zulässigen Prüfdruck des Zylinders, muss ein größerer Kolbendurchmesser, ein Zylinder mit einem höheren zulässigen Betriebsdruck eingesetzt oder der Betriebsdruck des Zylinders verringert werden.

Als weitere Möglichkeiten steht noch die Verlängerung des Dämpfungswegs (Sonderkonstruktion) zur Verfügung⁴, was aber möglichst zu vermeiden ist, da dies i.d.R. eine Sonderkonstruktion des Zylinders zur Folge hätte.

⁴ Außerdem würde eine Verringerung der bewegten Masse ebenfalls zu einer Minderung des Dämpfungsdruckes führen, allerdings dürfte das bei den meisten Anwendungen praktisch keine Option sein.

7 Hydraulikmedien

7.1 Hydraulikmedium Öl

Das hauptsächlich verwendete Druckmedium Mineralöl wird in vier Klassifizierungen eingeteilt. Zur Erzielung spezifischer Eigenschaften werden dem Öl verschiedenen Additive (bspw. hinsichtlich Korrosionsschutz, Alterungsbeständigkeit, Viskositätsindex, Luftabscheidevermögen, Filtrierbarkeit) beigemischt. Es gibt eine Vielzahl von Additiven, deren Anteil je nach Hersteller des Öls innerhalb einer Klassifikation schwanken kann.

Auf Mineralölbasis:

HL: mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes und der Alterungsbeständigkeit (auch HL nach DIN 51524 / Teil 1)

HM: mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes, der Alterungsbeständigkeit und zur Verminderung des Fressverschleißes im Mischreibungsgebiet (auch HLP nach DIN 51524 / Teil 2)

HV: mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes, der Alterungsbeständigkeit, der Verminderung des Fressverschleißes im Mischreibungsgebiet und zur Verbesserung des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens (auch HLP nach DIN 51524 / Teil 3)

HLPD: mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes, der Alterungsbeständigkeit und detergierenden⁵ Zusätzen

Zinkfreies Öl:

Das Additiv Zinkdithiophosphat vermindert im Mischreibungsbereich die Reibung zwischen metallischen Gleitpartnern. Bei der Verwendung von zinkfreiem Öl kann es unter bestimmten Umständen zu Schäden im Hydraulikzylinder kommen; gerade in den Endlagen können die eventuell im Dichtungsmaterial enthaltenen Bronzepartikel durch starke Reibung mit dem Stahl des Zylinders zu hohen Temperaturen und starkem Verschleiß führen. HEB bietet bei Verwendung von zinkfreien Ölen spezielle Verschleißteilsätze an (Sonderausstattung **S5.5**).

Schwer entflammare Flüssigkeiten:

HFAE: Öl in Wasser Emulsionen

der Wassergehalt liegt über 80% und ist gemischt mit einem Konzentrat auf Mineralölbasis oder auf Basis von löslichen Polyglykolen,

⁵ Detergentien lösen Verschmutzungen in feine Partikel und wirken der Bildung von Ablagerungen und Schlamm entgegen. Dispergatoren halten diese gelösten Verschmutzungen in Schwebe und sorgen dafür, dass sie keine neuen Ablagerungen bilden können. Sie hüllen die Schmutzpartikel förmlich ein und ermöglichen ihren Transport zum Filter.



Möglichkeit der Entmischung der Emulsion

schwer entflammbar, einsetzbar für Temperaturen zwischen +5°C bis +55°C

HFAS: In Wasser gelöste synthetische Konzentrate

Keine Gefahr der Entmischung, da es sich um echte Lösungen handelt

HFB: Wasser in Öl Emulsionen

der Wassergehalt liegt über 40% und ist gemischt mit Mineralöl. Spielt in der heutigen Zeit kaum noch eine Rolle. In Deutschland wegen schlechter Brandschutzeigenschaften mittlerweile nicht mehr zugelassen

schwer entflammbar, einsetzbar für Temperaturen zwischen +5°C bis +55°C

HFC: Wasserglykole

der Wassergehalt liegt über 35% und ist gemischt mit einer Polymerlösung.

Schwer entflammbar, einsetzbar für Temperaturen von -20°C - +60°C und Betriebsdrücken bis max. 250bar.

HFD: Synthetische, schwer entflammbare Flüssigkeiten

Dabei handelt es sich je nach Hauptbestandteil um folgende Typen:

- **HFD-R:** Phosphorsäureester
- **HFD-S:** wasserfreie chlorierte Kohlenwasserstoffe
- **HFD-T:** Mischung aus HFD-R und HFD-S
- **HFD-U:** wasserfreie andere Zusammensetzung (Fettsäureester oder Polyglykole)

Biologisch schnell abbaubare Hydraulikflüssigkeiten:

- **HETG** (Basis Triglyceride= pflanzliche Öle): Diese Fluide sind biologisch sehr gut abbaubar und in der Regel nicht wassergefährdend. Gegenüber Mineralölen besitzen sie eine geringere Alterungsbeständigkeit und können nur eingeschränkt unter Temperaturbelastung eingesetzt werden.
- **HEPG** (Basis Polyglykole): Polyglycole werden aus Mineralöl hergestellt, sie sind biologisch sehr gut abbaubar und nicht wassergefährdend. Ihre Eigenschaften sind mit denen von Mineralölen vergleichbar, sie sind wasserlöslich und nicht mit Mineralölen oder Pflanzenölen mischbar.



- **HEES** (Basis synthetische Ester): Synthetische Ester können sowohl auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen als auch auf Basis von Mineralöl produziert werden. Sie sind biologisch sehr gut abbaubar und nicht wassergefährdend oder erfüllen die Wassergefährdungsklasse 1. Sie besitzen eine hohe Alterungsbeständigkeit und sind gegenüber extremen Arbeitstemperaturen unempfindlich.
- **HEPR** (andere Basisflüssigkeiten, in erster Linie Poly-alpha-olefine).

7.2 Ölalterung

Mineralöle altern, d.h. zersetzen sich unter dem Einfluss von hohen Temperaturen, Sauerstoff und katalytisch wirkenden Metallen. Dadurch treten neben den ölfremden Stoffen auch Oxidations- und Polymerisationsprodukte auf und es können sich harzige oder klebrige Rückstände bilden. Die Additive können im Zeitablauf zerfallen, wodurch deren gewünschte Eigenschaft fehlt. Für Mineralöl gilt die Faustregel, dass sich oberhalb von 50°C der Alterungsprozess des Öles alle 10°C verdoppelt. Durch diese Abbauprodukte können die Dichtungen in Hydraulikzylindern angegriffen werden.

8 Dichtungskonzepte

Wechselwirkungen im Dichtungssystem

Das tribologische System einer Hydraulikdichtung besteht aus den Gleitpartnern, der Dichtung und dem Betriebsmedium. Zum Erhalt eines funktionssicheren Dichtungssystems ist die Überbrückung mehrerer kontrovers zueinander stehende Parameter notwendig.

Für eine minimale Reibung sollte der Schmierfilm gut ausgebildet sein – in diesem Fall würde aber Leakage prohibitiv hoch sein. Das andere Extrem wäre ein nahezu vollständig abgestreifter Schmierfilm – hier wäre die Reibung der Dichtung unpraktikabel hoch. Der sog. Mischreibungsbereich stellt einen sinnvollen Kompromiss zwischen beiden Extremen dar. In diesem Bereich hat die Dichtung eine sehr gute Abstreifwirkung bei gleichzeitig langer Lebensdauer, die durch das Vorhandensein eines minimalen Schmierfilms gewährleistet wird.

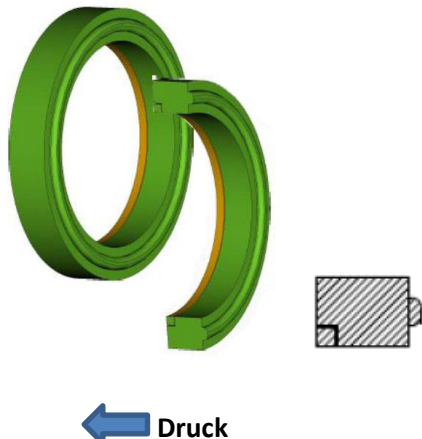
Zum Teil unter ähnlich kontrovers zueinander stehenden Faktoren werden weitere Eigenschaften der Dichtung festgelegt, bspw. Härte, Werkstoff, Dichtungsform, Druck und Bewegungsrichtung.

So begünstigt ein weicher Werkstoff die Ausbildung eines Schmierfilms bei niedriger Geschwindigkeit. Bei hoher Geschwindigkeit fördert dagegen der harte Werkstoff die Ausbildung eines Schmierfilms, während der weiche durch zu starkes Anliegen an der Lauffläche stört. Zu den genannten Größen kommen noch weitere Einflussfaktoren hinzu wie Werkstoff, Dichtungsform, Druck und Bewegungsrichtung.

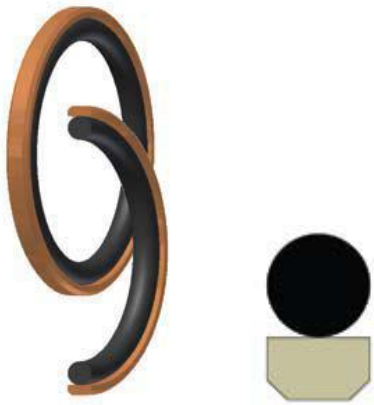
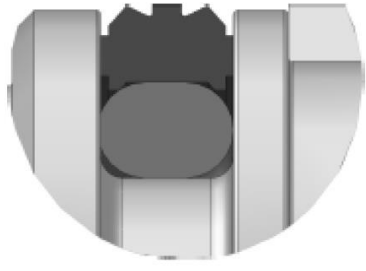
Dichtungsmaterialien

Material	Spezifische Eigenschaften
NBR (Nitril-Butadien-Kautschuk)	+ sehr gute Beständigkeit gegen Benzine und Öle + gute mechanische Festigkeit + geringe bleibende Verformung unter Druck - schlechte Beständigkeit gegenüber Aromaten und polaren Lösemitteln, mäßige Witterungsbeständigkeit Handelsname: Perbunan® Einsatzbereich: -20°C bis 80°C
PU (Polyurethan)	+ sehr gute Alterungs- und Witterungsbeständigkeit + sehr hohe Reiß-, Abrieb- und Kerbfestigkeit - hydrophil - bleibende Verformung bei höheren Temperaturen, brennbar Einsatzbereich: -40°C bis 110°C
PTFE (Polytetrafluorethylen)	+ sehr gute, nahezu universelle Beständigkeit gegen fast alle Chemikalien + sehr gute Gleiteigenschaften, geringer Verschleiß - mäßige Festigkeit unter Druck Einsatzbereich: -100°C bis 250°C
FPM (Fluor-Kautschuk)	+ hervorragende Alterungs- und Witterungsbeständigkeit + sehr guter Druckverformungsrest + sehr gute Chemikalienbeständigkeit + sehr hohe Hitzebeständigkeit; - empfindlich gegen die Einwirkung von Heißwasser oder Dampf, organischen Säuren und polaren Lösemitteln Handelsname: Viton® Einsatzbereich: -20°C bis 220°C
EPDM Ethylen-Propylenkautschuk	+ sehr gute Beständigkeit gegen aggressive wässrige Chemikalien, Heißwasser und Bremsflüssigkeit + gute mechanische Festigkeit, geringe bleibende Verformung unter Druck - schlechte Beständigkeit gegenüber Öl, Benzin, Aromaten und polaren Lösemitteln Einsatzbereich: -40°C bis 120°C (140°C)

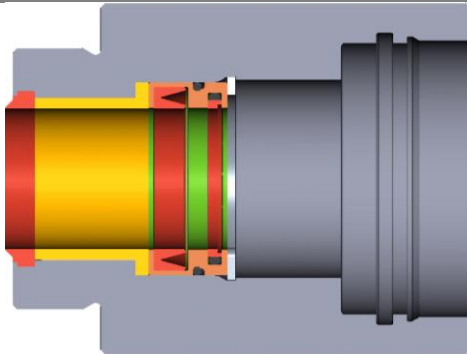
Stangendichtungen (einfachwirkend)

	Nutring Der Nutring besteht aus NBR oder PU und wird als einfache Stangendichtung eingesetzt. Im Verbund mit einer weiteren Dichtung (Stepseal) findet er als unser S34 Dichtungskonzept Anwendung. Aufgrund eines vergleichsweise höheren Reibbeiwerts ist er nur für relativ geringe Geschwindigkeiten zugelassen. $v \leq 0,5\text{m/s}$ $t - 20^\circ\text{C bis } + 80^\circ\text{C}$
	Nutring temperaturfest Die temperaturfeste Variante des Nutringes besteht aus FPM und hat einen Stützring aus V3664 Aufgrund eines vergleichsweise höheren Reibbeiwerts ist er nur für relativ geringe Geschwindigkeiten zugelassen. $v \leq 0,5\text{m/s}$ $t + 80^\circ\text{C bis } + 200^\circ\text{C}$
	Stepseal® Die Stepseal® besteht aus PTFE + Legierungszusatz und hat als Vorspannelement einen O-Ring (entweder aus NBR oder bei hohen Temperaturen aus FPM). Im Verbund mit einer weiteren Dichtung, wie dem Nutring wird sie als unser S34-Dichtungskonzept oder in Tandemanordnung als S37-Dichtungskonzept bzw. S37.1 usw. eingesetzt. Aufgrund ihres vergleichweisen niedrigen Reibbeiwerts eignet sie sich sowohl sehr gut für hohe, als auch für geringe Geschwindigkeiten, ohne dass dabei die Gefahr von Ruckgleiten (Stick-Slip-Effekt) gegeben ist. $v \text{ bis } 15\text{m/s}$ $t - 30^\circ\text{C bis } + 200^\circ\text{C}$

Kolbendichtungen (doppeltwirkend)

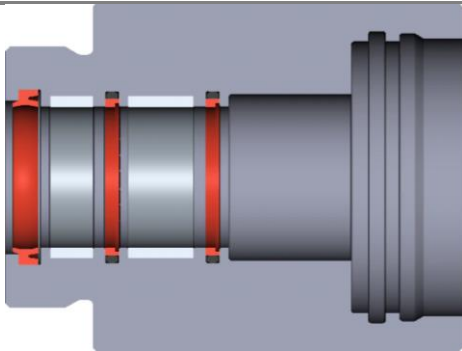
	Glydring® Der Glydring® besteht aus PTFE mit Legierungszusatz zur Erhöhung der Beständigkeit bei gleichzeitig niedrigem Reibungsbeiwert. Er hat als Vorspannelement einen O-Ring (entweder aus NBR oder bei hohen Temperaturen aus FPM). Der Glydring® hat eine geringe Leckage zur Erhöhung der Lebensdauer der Dichtung. v bis 15m/s t - 30°C bis + 200°C
	AQ-Seal® mit Quadring® Bei gewünschter sog. Lasthaltefunktion (Sonderausstattung S35) oder Trennung 2er Medien wird diese Dichtungskombination mit einem O-Ring als Vorspannelement verwendet. Die Gestaltung der Dichtung verhindert ein Überströmen an der Dichtlippe.
	S35.1 Dieser Dichtungstyp (Sonderausstattung S35.1) erfüllt ebenfalls die Lasthaltefunktion und stellt eine Variante zur AQ-Seal® mit Quadring® dar. Sie wird bei kleinen Kolbendurchmessern im normalen Temperaturbereich eingesetzt.

Dichtungskombinationen



Dichtungskombination PU-Nutring und PTFE-Stepseal (Sonderausstattung S34)

Die Kombination dieser Dichtungen wird standardmäßig in den Rundzylindern der Baureihe Z160 eingesetzt. In ihrer Wirkung ergänzen sich die beiden Dichtungen optimal; während die PTFE-Stepseal® als Primärdichtung den Systemdruck abdichtet, verhindert der Nutring als sekundäre Dichtung den Weitertransport des auf der Kolbenstange verbleibenden Schmierfilms, der dann beim Einfahren der Kolbenstange wieder unter dem PTFE-Ring in den Zylinder transportiert wird.



Dichtungskombination Stepseal in Tandem-Anordnung (Sonderausstattung S37)

Eine Kombination aus zwei PTFE-Stepseal® (S37) wird eingesetzt, wenn das Dichtungssystem eine möglichst geringe Reibung haben soll (bspw. für den Einsatz in sehr langsam fahrenden Zylindern zur Vermeidung von Stick-slip-Effekten) oder auch bei sehr schnellen Kolbengeschwindigkeiten, weil ein Nutring hierfür nicht verwendet werden kann. Diese Dichtungsvariante wird standardmäßig in der Baureihe Z250 eingesetzt. Da die Dichtungen zwar ein Ölrückfördervermögen besitzen, trotzdem aber auch einen gewissen Schmierfilm zulassen, wird zusätzlich ein Doppelabstreifer verbaut.

Bei besonderen Anwendungen werden anwendungsspezifische Dichtungssysteme entworfen.

Beispiele:

Leckölabführung: bei besonders strengen Anforderungen in der Lebensmittel- und Medizintechnik werden Zylinder mit speziellen Dichtungen und einer zusätzlichen Leckölabführung ausgestattet

Metallabstreifer: wenn zu erwarten ist, dass sich klebrige oder feste Massen auf der Stange absetzen, wird ein Metallabstreifer eingesetzt

Faltenbalg: in staubiger Umgebung wird die Kolbenstange mit einem Faltenbalg geschützt

9 Entlüftung

Luft im System

Unter Druck können sich enorme Mengen Luft im Öl lösen. Während gelöste Luft praktisch keine Probleme verursacht, kann Luft, die aufgrund wechselnder Druckverhältnisse aus dem Medium ausperlt, Ursache vielfältiger Schadensbilder sein;

Schaden an der Dichtungen: unter hohem Druck können Luftbläschen in Dichtungsmaterialien diffundieren, wo sie bei Druckentlastung expandieren und dabei das Dichtungsmaterial zerstören

Schaden im Dichtungsspalt: gelangen gelöste Luftbläschen im Dichtungsspalt an den druckentlasteten Teil der Dichtung, expandieren sie und verursachen durch mitgerissene Flüssigkeitsteilchen Schäden an der Dichtung und dem metallischen Gleitpartner

Dieseleffekt: durch schnelle Kompression von Luftbläschen kommt es zu einer starken Erhöhung der Temperatur bis zur Selbstzündung, Druckspitzen bis zum 5 – 6 fachen des Betriebsdruckes und in der Folge zu einer vor-schnellen Ölalterung

Vergrößerung der Kompressibilität: durch Luft im Medium vergrößert sich dessen Kompressibilität, so dass die Gefahr von Stick-slip-Effekten steigt

Schaden durch Luftblasenimplosion: implodieren Luftblasen unter Druckeinwirkung, können in unmittelbarer Nähe sogar Metalloberflächen zerstört werden

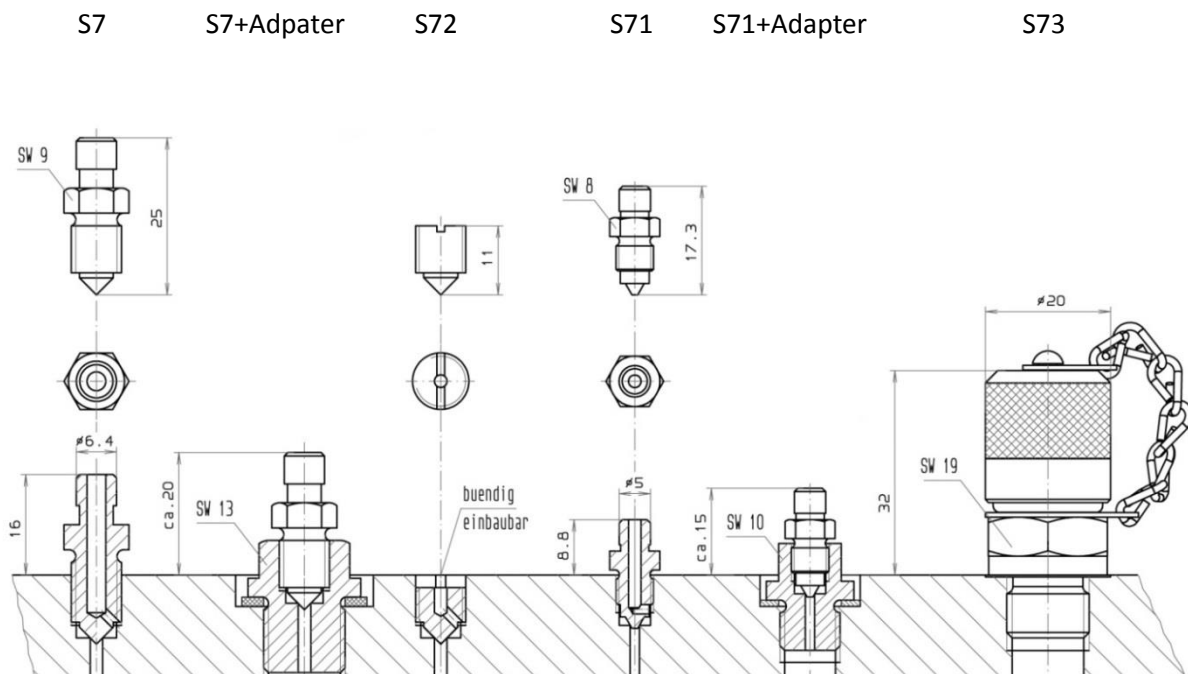
Ungleiche Hubbewegungen mehrerer Zylinder: bei ungleichem Ausfahren mehrerer gleicher Zylinder unter gleicher Belastung kann eine Ursache unterschiedlich verteilte Luft im System sein

Um solche Schäden zu vermeiden, wird das System zweckmäßigerweise direkt am Zylinder entlüftet, da dort vorhandene Luft praktisch sonst kaum entfernt werden kann.

Ausstattung der Zylinder mit Entlüftungsschrauben

Die Rundzylinder Z140 und Z160 werden standardmäßig mit Entlüftungsschrauben ausgestattet. Als Sonderausstattung S7 können grundsätzlich alle Typen von Zylindern mit Entlüftungsschrauben versehen werden. Dabei wird dann vorrangig die Variante „Entlüftungsschraube - lang“ eingesetzt, bei der ein Kunststoffschlauch auf die Entlüftungsschraube aufgesetzt wird, so dass das austretende Öl darüber in den Tank abgeleitet werden kann. Eine platzsparende Variante ist die „Entlüftungsschraube – kurz, ohne Schaft für einen Kunststoffschlauch“. Nachteil ist hier das freie Austreten des Öles in die Atmosphäre mit der damit verbundenen Verschmutzung der Umgebung. Eine zusätzliche Alternative ist die Entlüftung über eine am Zylinder angebrachte Minimesekupplung, die bei großen Kolbendurchmessern standardmäßig ($>\varnothing 100$) vorgesehen ist.

Darstellung Entlüftungsvarianten



Entlüftungsvarianten als Sonderausstattung

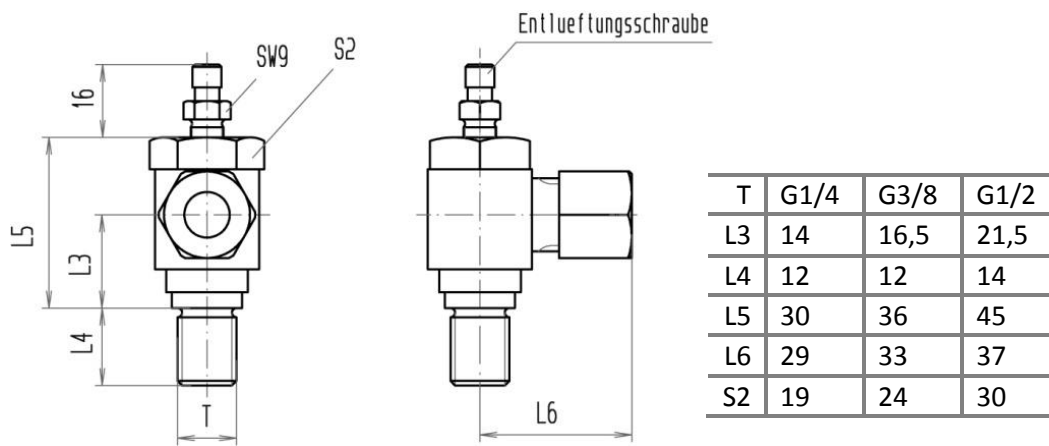
Mit den Sonderausstattungen **S7**, **S71**, **S72** und **S73** erhalten Sie entsprechende Varianten:

- | | |
|------------|-----------------------------------|
| S7 | Entlüftungsschraube lang (t05451) |
| S71 | Entlüftungsschraube mini (t19843) |
| S72 | Entlüftungsschraube kurz (t05452) |
| S73 | Minimesekupplung |

Alternative: Entlüftung in Schwenkverschraubung

Bei sehr restriktiven Platzverhältnissen direkt am Zylinder lässt sich dieser auch über spezielle Schwenkverschraubungen entlüften.

Darstellung Entlüftung in Schwenkverschraubung



Entlüftungsvorgang

Ein optimaler Weise durchsichtiger und von der Größe her passender Schlauch wird auf den Nippel der Entlüftungsschraube gesteckt. Der Zylinder wird mit einem Druck < 10 bar betrieben. In jeder Kolbenendlage wird die Entlüftungsschraube des jeweiligen gefüllten Zylinderraums vorsichtig gelöst, so dass die Luft in Form eines Luftblasen / Öl-Gemisches entweichen kann. Der Vorgang wird solange wiederholt, bis nur noch luftfreies Öl entweicht.

10 Leckage

Die hauptsächlichen Ursachen für Leckage sind:

- beschädigte Kolbenstange oder Führungsbuchse
- verunreinigte Flüssigkeit
- ungünstige Temperaturverhältnisse
- chemische Reaktion
- ungünstige Druckverhältnisse

Beschädigungen an der Kolbenstange führen auch schon bei sehr geringer Ausprägung (bspw. Schlagspur eines auf die Kolbenstange gefallenen großen Schraubenschlüssels) zu Leckage und zu vorzeitigem Verschleissen der Dichtungen. Ist eine erhöhte mechanische Beanspruchung der Kolbenstange zu erwarten, kann diese auch als induktiv gehärtete Variante (Sonderausstattung S13) geliefert werden. Alle Kolbenstangen von Standardzylinder werden zusätzlich mit einer hartverchromten Lauffläche gefertigt.

Bei einer unerlaubten Seitenbelastung der Kolbenstange (s. 1 Allgemeine Hinweise) kommt es zu einer einseitigen Abnutzung der Führung und zu einem vorzeitigem Verschleiß der Dichtungen. Ein typisches Symptom dieser Schadensursache ist eine ebenfalls einseitige Abnutzung der gegenüberliegenden Kolbenlauffläche im Zylinderrohr. Abriebpartikel tragen ihrerseits zu weiterem Verschleiß bei.

Bei mangelnder Filterung oder bei einem defekten Abstreifer können Partikel in das Medium gelangen, die zu einem vorzeitigem Ausfall der Dichtungen führen. Nicht oder unzureichend gespülte Bohrungen bei Direktanschlüssen in einem Werkzeug verschmutzen das Medium mit abrasiv wirkenden Spänen und entsprechend schwerwiegenden Folgen für Dichtungen und Zylinder. Wasser stellt eine häufige Verunreinigung dar und kann bei manchen Dichtungen durch Hydrolyse zu einem Verlust der Härte und Zugfestigkeit führen. Ein Hinweis auf Fremdkörper im Zylinder sind Riefen an Dichtung, Führungsbuchse und Dämpfungshülse.

Eine für den Normalbetrieb ausgelegte Dichtung versagt bei einer zu hohen Temperatur. Im Gegensatz dazu kann es aber auch beim Einsatz einer temperaturfesten Dichtung im normaltemperaturbereich zur Leckage kommen, da die Dichtung dann nicht optimal an der Kolbenstange anliegt.

Additive neuer oder Polymerisations- oder Crackprodukte gealterter Druckflüssigkeiten können mit den Werkstoffen der Dichtung reagieren und deren Eigenschaften nachhaltig verschlechtern. Hinweise darauf sind harzige, klebrige, rissige oder spröde Dichtungen.

Bei einem zu hohen Druck (s. 2) kommt es zwangsweise zum Versagen der Dichtung. Im Gegensatz dazu sind bestimmte Dichtungstypen bei einem zu niedrigen Betriebsdruck nicht in der Lage, Leckage frei abzudichten. Ein Hinweis auf diese Schadensursache kann eine intakte Dichtung bei einem gleichzeitig zerstörten Abstreifer sein.



HEB INFO

Ein Zylinder kann jederzeit zur Begutachtung zu HEB eingeschickt werden. Hier wird außer den Dichtungen auch der allgemeine Zustand des Zylinders beurteilt und eine Kostenaufstellung der evtl. notwendigen Reparaturen bzw. Ersatzteilen erstellt. Eine Reparatur ist anhand von Explosionszeichnungen zwar auch beim Anwender durchführbar, grundsätzlich ist aber eine Instandsetzung bei HEB aufgrund von Erfahrungswerten und dem Vorhandensein sämtlicher Spezialwerkzeuge einfacher durchführbar.

11 Abfragemöglichkeiten

Für die Abfrage der Kolbenposition stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Unterschieden werden grundsätzlich die Wirkprinzipien magnetisch, induktiv und elektromechanisch. Es gibt Sensoren, die die Kolbenendlage und Wegmesssysteme, die den kompletten Hub detektieren. Die konkrete Auswahl wird in Abhängigkeit der Anwendung getroffen.

Magnetisch

Sowohl der Magnetsensor als auch der induktive Sensor arbeiten im Gegensatz zum elektromechanischen Schalter berührungs- und damit verschleißfrei.

Grundsätzlich ist der Magnetsensor jedoch durch starke externe Magnetfelder beeinflussbar, so sich dessen Verwendung im Werkzeugbau nur dann empfiehlt, wenn die Zylinder nur mit einer Seite (möglichst der Stirnfläche) anliegen, und sich in ausreichender Entfernung zu evtl. vorhandenen Heißkanälen o. ä. befindet.

Der Magnetsensor ist kostengünstig, platzsparend und vibrationsunempfindlich. Er setzt sich aus einer Spule bzw. einem Schwingkreis mit einem Kern zusammen. Die Induktivität des Schwingkreises hängt von der reversiblen Permeabilität des Spulenkerne ab, und bei Überlagerung des Spulenkerne durch ein externes Magnetfeld wird eine Spannungsänderung ausgelöst. Die im Sensor enthaltene Elektronik erkennt diese Änderung und löst das Signal aus. Sein Schaltbereich ist nicht punktuell, sondern erstreckt sich über eine gewisse Strecke (meist zwischen 10 – 15mm) – aus diesem Grund ist beim Zylinder mit magnetischer Abfrage auch auf einen Mindesthub zu achten. Zudem hat er eine gewisse Schalthysterese.

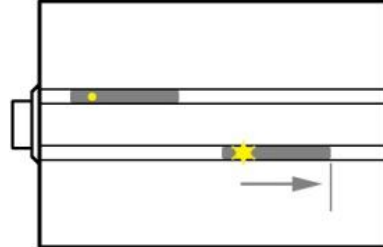
Problematisch kann die Anfälligkeit des Sensors gegenüber einem externen Magnetfeldes sein, das bspw. von einer Heizspule oder von großen Mengen ferromagnetischen Materials in unmittelbarer Nähe des Sensors stammt. Der Zylinder mit magnetischer Abfrage sollte daher möglichst nur mit einer Seite (am besten der Stirnfläche) an ein Werkzeug angebracht werden. Bei Vorhandensein starker Magnetfelder empfiehlt sich der Einsatz dieses Zylinders nicht, stattdessen sollte man auf die als unempfindlich geltende Varianten mit Näherungsinitiatoren oder elektromechanischen Schaltern zurückgreifen.

Die Standardversion des Magnetsensors ist bis zu einer Temperatur von 70°C einsetzbar, darüber hinaus kann auf temperaturfeste Schalter bis 130°C (Sonderausstattung S55⁶) zurückgegriffen werden. Über dieser Temperatur wird eine Abfrage auf magnetischer Basis nicht mehr verwendet, da das Verhalten des Magnetfeldes chaotisch wird.

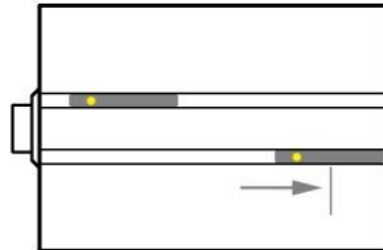
⁶ Bei der Wahl von S55 wird der entsprechende Zylinder auch gleichzeitig mit temperaturfesten Dichtungen ausgestattet.

Einstellung der Schaltpunkte

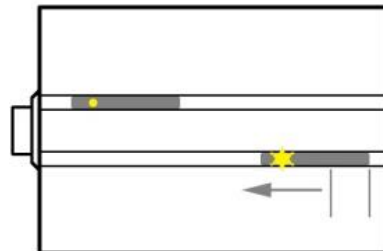
Schalter bis zum Einschaltpunkt schieben (LED an) und die Höhe der Vorderkante des Schalters markieren



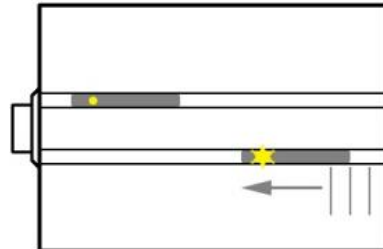
Schalter bis zum Ausschaltpunkt (LED aus) weiterschieben



Schalter bis zum zweiten Einschaltpunkt (LED an) zurückschieben und die Höhe der Vorderkante des Schalters markieren



den Schalter auf der Höhe Vorderkante zwischen beiden Markierungen fixieren





Induktiv

Im induktiven Sensor ist ebenfalls ein Schwingkreis enthalten, der ein hochfrequentes Wechselfeld erzeugt, das aus der Sensorfläche austritt. Bei Annäherung eines elektrisch leitenden Gegenstandes wird der Schwingkreis bedämpft; durch Induktion werden in dem auslösenden Gegenstand Wirbelströme erzeugt und dem Schwingkreis dadurch Energie entzogen. Dies wird von der Sensorelektronik erkannt und ein Signal ausgelöst. Erfasst werden nur Gegenstände in unmittelbarer Nähe der Sensorfläche, daher hat der Sensor eine hohe Schalt- und Wiederholgenauigkeit. Die HEB-Zylinder BLZNI... und ZNI... mit eingebauten druckfesten Näherungsinitiatoren sind serienmäßig so ausgelegt, dass nur bei Erreichen der absoluten Endlage⁷ ein Schaltimpuls abgegeben wird.

Nach Kundenwunsch kann der Schalterpunkt ohne Maßänderung des Zylinders kolbenstangenseitig (SPS), kolbenseitig (SPK) oder beidseitig (SPB) um bis zu 5mm nach vorne verlegt werden – der Zylinderhub wird in diesem Falle zwar voll ausgenutzt, der Schaltimpuls steht jedoch entsprechend dem vorgelegten Schalterpunkt schon vorher zur Verfügung.

Erreicht werden diese unterschiedlichen Schalterpunkte durch ein entsprechendes Andrehen der Schaltkante am Schaltkolben (s. Skizze)⁸.

Die gewünschte Schalterpunktverlegung wird im Typenschlüssel des Zylinders mit dem Zusatz SPK, SPS oder SPB definiert.

Die Standardversion des induktiven Sensors ist bis zu einer Temperatur von 70°C einsetzbar, und die temperaturfeste Variante ist bis zu einer Temperatur von 120°C (Sonderausstattung S120) einsetzbar. Für noch höhere Temperaturen stehen spezielle induktive Sensoren zur Verfügung, allerdings sind diese relativ groß und erfordern eine Sonderkonstruktion des Zylinders.

⁷ Hubtoleranz DIN 2768m

⁸ Eine Schalterpunktverlegung ist somit nur bei Auftragserteilung möglich, oder im Nachhinein durch Austausch von Kolben mit Kolbenstange.

Einstellung der Schaltpunkte

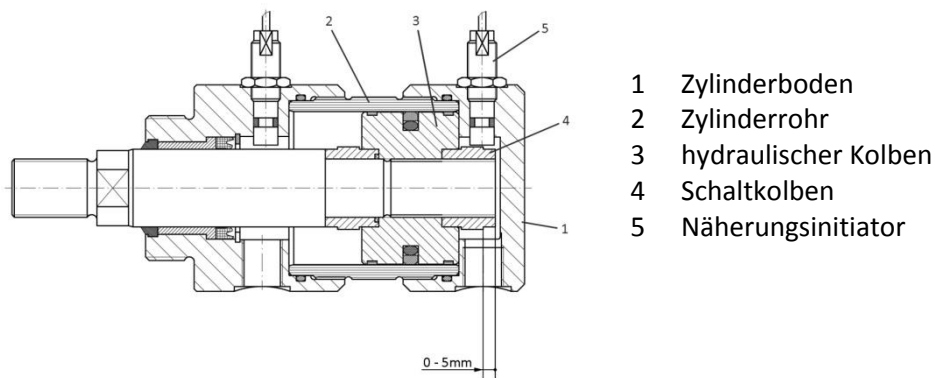
Der Kolben muss sich in der jeweiligen Zylinderendlage befinden. Vor der Montage wird der O-Ring des Näherungsinitiators rundum mit etwas Fett eingeschmiert. Dann wird der Näherungsinitiator von Hand bis zum Anschlag eingeschraubt und danach wieder 0,5 - 1 Umdrehung herausgedreht. Danach kann die Betriebsspannung angelegt werden.

Variante Näherungsinitiator mit Stecker „S4“ oder S10“:

Die grüne LED zur Überwachung der Betriebsspannung leuchtet. Der Näherungsinitiator wird vorsichtig mit einem Gabelschlüssel SW10 tiefer eingeschraubt, bis die gelbe LED leuchtet. Nach Erreichen dieses Kontaktpunktes wird der Näherungsinitiator eine weitere $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ Umdrehung tiefer eingeschraubt¹ und mit einem Gabelschlüssel SW17 gekontert.

Variante Näherungsinitiator mit eingegossenem Kabel:

Aufgrund des Fehlens einer LED wie bei der Variante mit Stecker (S4 oder S10) muss der Schaltpunkt an der Maschinensteuerung, der SPS oder mit einem Voltmeter ermittelt werden. Nach Erreichen des Kontaktpunktes erfolgt die gleiche Vorgehensweise wie bei der Variante mit Stecker.





Elektromechanisch

Die elektromechanische Abfrage basiert auf einer mechanischen Betätigung von elektrischen Schaltern durch Schaltnocken, die sich simultan zum Kolbenhub bewegen. Hervorzuheben ist bei dieser Art der Abfrage der mögliche Einsatzbereich bis zu 180°C (Sonderausstattung S55).

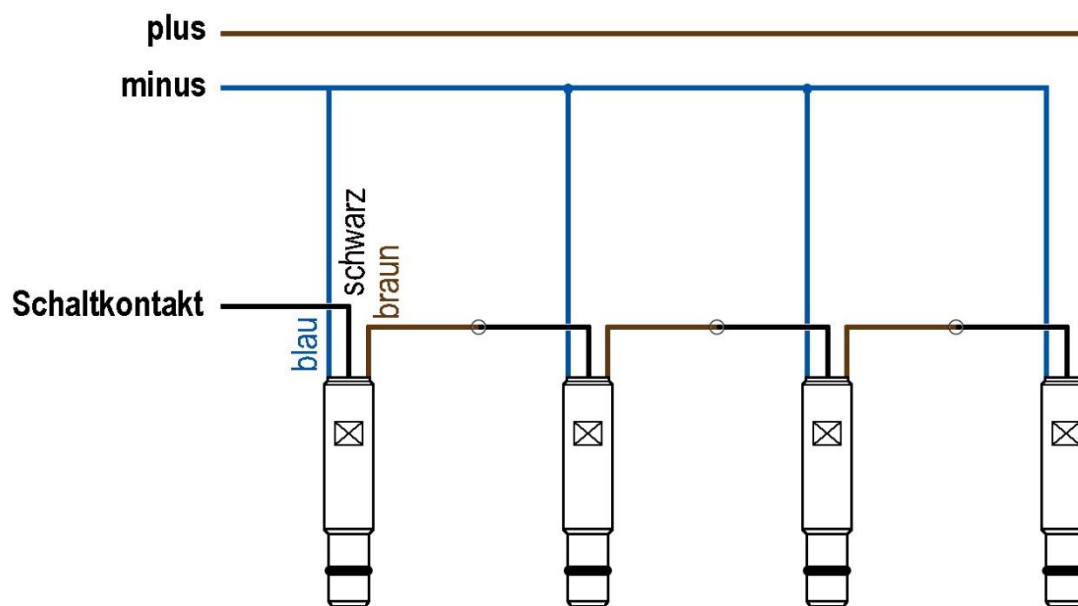
Wegmesssysteme

HEB bietet mit dem WMZ161 - der ein integriertes Wegmesssystem das auf dem magnetostriktiven Prinzip beruht, beinhaltet - eine ideale Lösung für geregelte Prozesse. Die Systeme sind im Zylinder integriert und somit vor Außeneinflüssen geschützt. Ein Wegmesssystem kann in nahezu jeden Zylinder verbaut werden. Kontaktieren Sie hierzu ihren Ansprechpartner bei HEB. Des Weiteren sind auch externe Wegmesssysteme möglich.

Reihenschaltung

Während bei der elektromechanischen Abfrage eine Reihenschaltung problemlos möglich ist, muss bei allen anderen Abfragen beachtet werden, dass es bei jedem Sensortyp sequentiell zu einem Spannungsabfall von bis zu 2,5V kommt. Zu beachten ist hierbei, dass jeder Sensor noch die erforderliche Betriebsspannung von $\geq 10V$ erhält. Des weiteren sind die Sensoren digitale Sensoren. Dies führt dazu, dass bei einer Reihenschaltung das Signal erst nach betätigen des 1. Sensors an den nächsten übergeben wird usw. Dadurch entsteht eine gewissen Verzögerung.

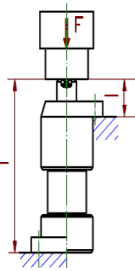
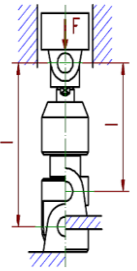
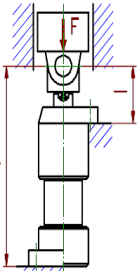
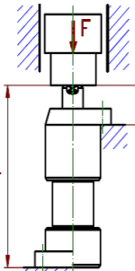
Schemata Reihenschaltung



12 Knickfestigkeit

Die maximal zulässige Kolbenstangenlänge bzw. Kraft wird mit den Berechnungen nach Euler bestimmt (Vereinfachung: Zylinder und Kolbenstange werden als ein Stab angenommen). Die zulässige Knicklast variiert mit der Befestigungsart des Zylinders.

Belastungsfälle nach Euler

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Einbausituation				
Knicklänge	$L_k = 2 \cdot l$	$L_k = l$	$L_k = l \cdot \sqrt{0,5}$	$L_k = 0,5 \cdot l$

Praxisrelevant sind die Euler-Fälle 2 und 3; der Fall 1 spielt keine Rolle und eine Konstruktion gemäß Euler-Fall 4 ist nicht zu empfehlen, weil in diesem Fall die Kolbenstange nicht entkoppelt ist.

Parameter für die Berechnung nach Euler:

E = Elastizitätsmodul (Stahl) = 210kN/mm²

I = Flächenträgheitsmoment (Kreisquerschnitt) = $\pi d^4 / 64 = 0,0491 d^4$ [mm⁴]

d = Kolbenstange-Ø [mm]

L_k = Knicklänge [mm] = $\beta \cdot l$

l = Stablänge [mm]

v = Sicherheitsfaktor [i.allg. 3,5]



Formeln für die Berechnung wichtiger Größen

	Euler-Fall 2	Euler-Fall 3
Knicklänge	$L_k = l$	$L_k = l * \sqrt{0,5}$ $l = L_K$
geforderte Sicherheit	$v = 5$	$v = 3$
angewendet bei Bauform	108-111, 116	100-107, 114

Max. zulässige Größe allgemeine Formel

Kraft F (kN)	$= \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{v \cdot L_K^2}$	$= 101,74 \frac{d^4}{v \cdot (L_K)^2}$	
Stangendurchmesser $d_{\text{erf.}}$ [mm]	$= \sqrt[4]{\frac{F \cdot v \cdot (L_K)^2}{101,74}}$		
Knicklänge L_K [mm]	$= \sqrt[2]{\frac{101,74 \cdot d^4}{v \cdot F}}$		
Sicherheit v			

13 Betriebs- und Wartungsanweisung

Allgemein

- Eine allgemeine Betriebsanleitung kann zwar wertvolle Hinweise bieten, muss aber im Regelfall durch spezielle Anweisungen, die Produkt- und Applikationsabhängig sind, ergänzt werden
- Sachgerechte Handhabung und Wartung verlängert die Lebensdauer hydraulischer Komponenten und Anlagen entscheidend und trägt wesentlich zu deren Funktionssicherheit bei.
- Grundsätzlich ist auf größtmögliche Sauberkeit zu achten!
- Ergänzend gelten folgende Richtlinien: DIN 24 346, ISO 4413, UVV

Montage

- Damit keine Verunreinigungen in den Zylinderraum gelangen können, sollten die Verschlussstopfen in den Anschlussbohrungen erst unmittelbar vor der Inbetriebnahme des Zylinders entfernt werden. Werden Anschlussverschraubungen vormontiert, so sind auch diese wieder mit Schutzkappen zu verschließen.
- Rohre, Schläuche und Verschraubungen sind in der richtigen Druckstufe auszuwählen.
- Um externe Leckagen an den Verbindungsstellen zu vermeiden, sind die Einbauhinweise der Verschraubungshersteller zu beachten.
- Auf richtige Verlegung von Rohr- und Schlauchleitungen achten! Mechanische Verspannungen bzw. Scheuern der Schläuche muss vermieden werden.
- Geschweißte oder warm gebogene Rohrleitungen sind zu beizen, zu neutralisieren, zu spülen und einzuölen.
- Das Rohr- bzw. Schlauchleitungssysteme und Ölkanäle in Verteilerplatten / Formplatten sind vor dem Anschließen der Hydraulikzylinder von Schmutz, Zunder, Späne, Sand usw. zu säubern und mit dem Betriebsmedium zu spülen.
- Bei der Reinigung kein faserndes Gewebe verwenden. Dichtmittel wie Teflonband, Hanf, Cu-Scheibe, Kitt usw. sind unzulässig.
- Es ist darauf zu achten, dass die Hydraulikzylinder spannungsfrei montiert werden. Bei ausgefahrenen bzw. teilausgefahrenen Hydraulikzylindern ist Vorsicht an der Oberfläche der Kolbenstangen geboten. Beschädigte Laufflächen führen unweigerlich zu Leckagen und vorzeitigem Verschleiß der Dichtungen.
- Hydraulikzylinder dürfen grundsätzlich nur axialbelastet werden. Seitenkräfte führen zum vorzeitigen Ausfall von Führungs- und Dichtelementen und zu Beschädigungen an den Kolbenstangen.

Sicherheitshinweise

- Die Hydraulikzylinder sind gegen Überschreiten der zulässigen Betriebsdrücke zu schützen.
- Quetschgefahr! Gefahrenstellen sind zu sichern.
- Durch die Hydraulikzylinder werden sehr hohe Kräfte erzeugt. Die Vorrichtungen oder Maschinen müssen diese Kräfte aufnehmen können.
- Mögliche Druckübersetzung bei Differentialzylindern berücksichtigen.
- Bei großen Geschwindigkeiten und/oder Massen den Dämpfungsdruck bei Zylindern mit Endlagendämpfungen prüfen (ggf. rückfragen).
- Die Knickbelastung bei großen Hübten ist zu beachten.

Inbetriebnahme

- Der Probelauf sollte nur durch technisch qualifiziertes Personal des Maschinenherstellers bzw. vom Wartungspersonal durchgeführt werden.
- Es dürfen nur Druckflüssigkeiten nach Katalogangaben bzw. Zylinderspezifikation verwendet werden.
- Die vom Hersteller der Druckflüssigkeit angegebenen Maximaltemperaturen dürfen nicht überschritten werden.
- Um gleichbleibende Verfahrbedingungen der Hydraulikzylinder und Ansprechverhalten in den Dämpfungszonen zu erreichen, sollte die Betriebstemperatur möglichst konstant bleiben (Viskositätsänderung).
- Eine saubere Druckflüssigkeit erhöht die Lebensdauer der Hydraulikzylinder. Wir empfehlen Filter mit Verschmutzungsanzeige bzw. Differenzdruckanzeige. Der zulässige Differenzdruck am Filterelement darf nicht überschritten werden. Während des Filterwechsels ist auf peinliche Sauberkeit zu achten.
- Bei der Inbetriebnahme, bei Ölwechsel oder wenn Leitungen und Ventile geöffnet wurden, muss das System wieder sorgfältig entlüftet werden. Sämtliche Funktionen werden nacheinander im Leerlauf mit möglichst niedrigem Druck und vollem Zylinderhub durchgefahren. Entlüftet wird an der höchsten Stelle des Rohrleitungsnetzes. Hierzu kann die Verschraubung etwas gelöst werden, so dass mit kleinem Ölaustritt die Luft ebenfalls entweichen kann. Wenn kein schäumendes Öl mehr sichtbar ist, wird die Verschraubung wieder fest angezogen. Ist der Hydraulikzylinder mit Entlüftungsschrauben versehen, sollen bevorzugt an diesen entlüftet werden. Es ist jedoch immer darauf zu achten, dass der volle Zylinderhub mehrere Male gefahren wird. Nach dem Entlüftungsvorgang ist der Ölstand im Tank zu kontrollieren und gegebenenfalls fehlendes Öl nachzufüllen. Der Entlüftungsvorgang ist nach kurzem Betrieb zu wiederholen.
- Bei der ersten Inbetriebnahme sollen die Zylinder ohne Belastung ein- und ausgefahren werden, wobei die genaue Ausrichtung sowie die spannungsfreie Befestigung zu kontrollieren ist. Bei Betriebstemperatur und unter Betriebsdruck ist die spannungsfreie Befestigung ein weiteres Mal zu prüfen.
- Die Wirkung der Endlagendämpfung unter Betriebsbedingungen kann an den Drosselschrauben (falls vorhanden) verändert werden. Rechtsdrehen der Drosselschraube bewirkt eine stärkere Verzögerung in den Endlagen.

Wartung

- Hydraulikzylinder sind im Allgemeinen wartungsfrei. Auf eine Schmierung der Lagerstellen bei Schwenk- und Gelenklager sowie Schwenkzapfenlager ist zu achten.
- Eine Kontrolle auf Leckagen am Hydraulikzylinder, der Verrohrung und der Anschlussverschraubungen sowie der festen Sitz sollte regelmäßig erfolgen.
- Aus Sicherheitsgründen dürfen keine Verschraubungen, Schläuche und Komponenten gelöst werden, solange die Anlage unter Druck steht.
- Dichtungen sind Verschleißteile: Erreicht die innere oder äußere Leckage ein unzulässiges Maß, empfehlen wir, die Hydraulikzylinder an HEB zu senden, da hier beim Dichtungswechsel auch die Führungen, Laufflächen usw. kontrolliert werden.

- Kleinere Reparaturen können durch das Fachpersonal der Anwenderfirma anhand Ersatzteillisten, Dichtungswechsellanleitungen und Explosionszeichnungen selbst ausgeführt werden. Grundsätzlich gilt, dass Generalüberholungen und auch Reparaturen beim Hersteller am wirtschaftlichsten und sichersten durchgeführt werden können (geschultes Personal, spezifische Prüfmöglichkeiten, Sonderwerkzeuge, erneute Garantie usw.).
- Wichtig ist zu klären, ob durch den Ausfall Folgeschäden durch verstärkten Metallabrieb oder gar Bruchstücke im Hydraulikkreislauf auftreten könnten.
- Nach der Behebung des eigentlichen Schadens sollte geklärt werden, ob für den Ausfall eine primäre Ursache (z.B. zu geringe Filterfeinheit, unangepasste Wartungsintervalle usw.) vorlag, die dann beseitigt werden muss.
- Die zulässige Einsatzzeit der Druckflüssigkeit hängt von den Betriebsbedingungen insbesondere von der Betriebstemperatur ab. Mineralöle altern -d.h. zersetzen sich unter Einfluss von hohen Temperaturen, Sauerstoff und katalytisch wirkenden Metallen. Dadurch treten neben den ölfremden Stoffen noch Oxidations- und Polymerisationsprodukte auf. Der Grad der Alterung hängt wesentlich von der Zusammensetzung des Hydrauliköls sowie von der Art und Menge der im Öl enthaltenen Verunreinigungen, wie Metallabrieb, Wasser usw. ab. Oberhalb 70°C verdoppelt sich die Alterungsgeschwindigkeit etwa bei je 10°C Temperaturanstieg. Wird zur Kontrolle Öl nur aus dem Tank entnommen, so hat dies oftmals keine Aussagekraft über den tatsächlichen Zustand der Druckflüssigkeit im Zylinder. Oftmals ist das Zylindervolumen geringer als das Volumen der Ölleitungen bis zum Ventil, somit findet kein oder ein nur ungenügender Ölaustausch statt.
- Stark gealterte oder verschmutzte Druckflüssigkeit kann durch Nachfüllen von neuwertiger Druckflüssigkeit nicht verbessert werden.
- Soll ein Wechsel der Druckflüssigkeit vorgenommen werden, unbedingt Rücksprache mit dem Ölhersteller halten und die Anlage gründlich spülen.

Anmerkung

Diese Betriebsanleitung enthält nicht sämtliche Detailinformationen und kann nicht jeden denkbaren Fall berücksichtigen. Sollten Sie weitere Informationen wünschen, so können Sie die erforderlichen Auskünfte bei HEB anfordern.

Außerdem weisen wir darauf hin, dass der Inhalt dieser Betriebsanleitung nicht Teil einer früheren oder bestehenden Vereinbarung, Zusage oder Rechtsverhältnisses ist oder dieses ändern soll. Sämtliche Verpflichtungen von HEB ergeben sich aus dem jeweiligen Kaufvertrag, der auch die vollständige und allein gültige Gewährleistungsregelung enthält. Diese vertraglichen Gewährleistungsbestimmungen werden durch die Ausführungen in dieser Betriebsanleitung weder erweitert noch beschränkt.

Eine sachgerechte Handhabung und Wartung verlängert die Lebensdauer hydraulischer Komponenten entscheidend. Das Rohrleitungs- oder Schlauchsystem und gerade auch Ölkanäle in Formplatten sind vor Inbetriebnahme der Anlage zu säubern bzw. mit dem Betriebsmedium zu spülen. Ebenso wichtig ist ein einwandfreier Zustand des Betriebsmediums. Bei Inbetriebnahme des Systems sollte dieses entlüftet werden.

14 Montage / Dichtungswechsel

Neben allgemeinem Werkzeug zur Demontage des Zylinders ist für die Montage der Kolbendichtung ein spezielles Werkzeugset notwendig. Zum Entfernen alter Dichtungen und Abstreifer ist ein weiteres spezielles Werkzeug notwendig; dieses besteht aus einem dünnen Schraubendreher, dessen sämtliche Kanten sorgfältig abgeschliffen und poliert wurden. Beim Wechsel der Dichtung muss darauf geachtet werden, dass keine Fremdkörper in den Nutgrund gelangen oder dieser durch scharfe Gegenstände verkratzt wird, da die Dichtung dann nicht mehr vollständig abdichten kann.

Wechsel Stangendichtung

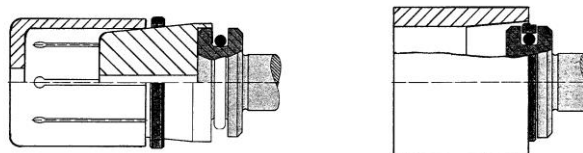
Bei den Stangedichtungen ist die Einbaulage (s. 6 Dichtungskonzepte) zu beachten.

Eine besondere Vorgehensweise ist bei der Stepseal notwendig; diese wird vor der Montage brezel-förmig verformt. Nach Positionieren in der Dichtungsnut wird sie dann in den Nutgrund gedrückt und mit einem runden Stab im Durchmesser der Kolbenstange kalibriert.



Wechsel Kolbendichtung

Die Kolbendichtung wird mit einem scharfen Messer vorsichtig aufgeschnitten, ohne dabei Kratzer in der Dichtungsnut zu verursachen. Für die Montage der Dichtung wird diese zuerst mithilfe des Montagewerkzeuges aufgespreizt, indem sie mit der Spreizhülse in taumelden Bewegungen über den Montagekegel geschoben wird. Nach dem Positionieren über dem Nutgrund wird sie von Hand leicht in diesen hineingedrückt. Eine weitestgehende Rückformung der Dichtung wird erreicht, indem der Kolben mit der Dichtung mit dem Betriebsmedium benetzt durch die Kalibrierhülse geschoben wird. Die restliche Rückverformung erfolgt dann durch den Einbau des Kolbens mit montierter Dichtung.



Neben speziellem Montagewerkzeug sind bei HEB auch Montageanleitungen mit Explosionszeichnungen für die wichtigsten Zylinder erhältlich.



15 ATEX

Die Bezeichnung ATEX steht für die französische Abkürzung „Atmosphère explosible“. Der Begriff bezieht sich auf zwei Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EU), nämlich die ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG und die ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG. Die Explosions-Schutzverordnung (11. GPSGV) setzt in Deutschland die Europäische ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG in nationales Recht um.

Bei der Anwendung von Hydraulikzylindern in ex-geschützten Umgebungen sind für die Zulassung keine besonderen Anforderungen für den Ex-Schutz vorgeschrieben.

Es empfiehlt sich allerdings, den Zylinder an Gehäuse bzw. Zylinderrohr und an der Kolbenstange zu erden.

Der Anwender muss darauf achten, keine entzündbaren Druckmedien anzuwenden bzw. zu gewährleisten, dass keine Anwendungstemperaturen überschritten werden, die eine Entzündung des Mediums auslösen können.

16 Glossar

Begriff	Seite
Leckölabführung	11
Endlagendämpfung	22
Dämpfungsdruck	33

17 Formelsammlung

Beziehungen zwischen Einheiten

Größe	Einheit	Symbol	Beziehung
Längen			
	Mikrometer	μm	$1\mu\text{m} = 0,001\text{mm}$
	Millimeter	mm	$1\text{mm}=0,1\text{cm}=0,01\text{dm}=0,001\text{m}$
	Zentimeter	cm	$1\text{cm}=10\text{mm}=10.000\mu\text{m}$
	Dezimeter	dm	$1\text{dm}=10\text{cm}=100\text{mm}=100.000\mu\text{m}$
	Meter	m	$1\text{m}=10\text{dm}=100\text{cm}=1.000\text{mm}=1.000.000\mu\text{m}$
Flächen			
	Quadratzentimeter	cm^2	$1\text{cm}^2=100\text{mm}^2$
	Quadratdezimeter	dm^2	$1\text{dm}^2=100\text{cm}^2=10.000\text{mm}^2$
	Quadratmeter	m^2	$1\text{m}^2=100\text{dm}^2=10.000\text{cm}^2=1.000.000\text{mm}^2$
Volumen			
	Kubikzentimeter	cm^3	$1\text{cm}^3=1.000\text{mm}^3=1\text{ml}=0,001\text{l}$
	Kubikdezimeter	dm^3	$1\text{dm}^3=1.000\text{cm}^3=1.000.000\text{mm}^3$
	Kubikmeter	m^3	$1\text{m}^3=1.000\text{dm}^3=1.000.000\text{cm}^3$
	Milliliter	ml	$1\text{ml}=0,001\text{l}=1\text{cm}^3$
	Liter	l	$1\text{l}=1.000\text{ml}=1\text{dm}^3$
Kraft			
	Newton	N	$1\text{N} = \frac{1\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \frac{1\text{J}}{\text{m}}$
	Deka Newton	daN	$1\text{daN}=10\text{N}$
	Kilo Newton	KN	$1\text{kN}=100\text{daN}=1.000\text{N}$
Drehmoment			
	Newtonmeter	Nm	$1\text{Nm}=1\text{J}$
Druck			
	Pascal	Pa	$1\text{Pa} = \frac{1\text{N}}{\text{m}^2} = 0,001\text{mbar} = \frac{1\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$
	Bar	bar	$1\text{bar} = \frac{10\text{ N}}{\text{cm}^2} = \frac{100.000\text{ N}}{\text{m}^2} = 10^5\text{Pa} = 0,1\text{MPa}$
	$\text{psi} = \frac{\text{pound}}{\text{inch}^2}$	psi	$1\text{psi}=0,6895\text{bar}$
	$\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$		$\frac{1\text{kp}}{\text{cm}^2} = 0,981\text{bar}$

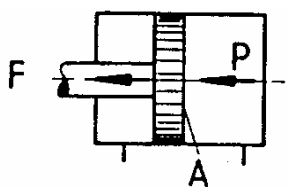
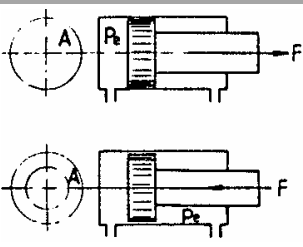
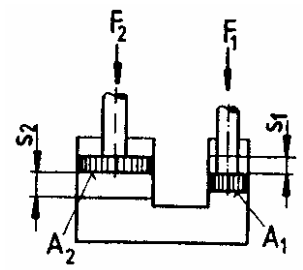
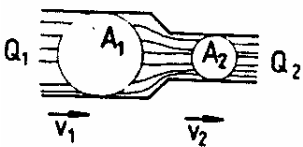
Größe	Einheit	Symbol	Beziehung
Massen			
	Milligramm	mg	1mg=0,001g
	Gramm	g	1g=1.000mg
	Kilogramm	kg	1kg=1.000g=1.000.000mg
	Tonne	t	1t=1.000kg=1.000.000g
	Megagramm	Mg	1Mg=1t
Beschleunigung			
	$\frac{\text{Meter}}{\text{Sekundenquadrat}}$	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$\frac{1\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{1\text{N}}{\text{kg}}$
Winkelgeschwindigkeit			
	$\frac{1}{\text{Sekunde}}$	$\frac{1}{\text{s}}$	$\varpi = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot \left n \cdot \frac{1}{\text{s}} \right $
	$\frac{\text{Radiant}}{\text{Sekunde}}$	$\frac{\text{rad}}{\text{s}}$	
Leistung			
	Watt	W	$1\text{W} = \frac{1\text{Nm}}{\text{s}} = \frac{1\text{J}}{\text{s}} = \frac{1\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$
	$\frac{\text{Newtonmeter}}{\text{Sekunde}}$	$\frac{\text{Nm}}{\text{s}}$	
	$\frac{\text{Joule}}{\text{Sekunde}}$		
Arbeit Energie Wärmeenergie			
	Wattsekunde	Ws	$1\text{Ws} = 1\text{Nm} = \frac{1\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = 1\text{J}$
	Newtonmeter	Nm	
	Joule	J	
	Kilowattstunde	kWh	$1\text{kWh} = 1.000\text{Wh} = 1.000 \cdot 3.600 \text{Ws} = 3,6 \cdot 10^6 \text{Ws}$
	Kilojoule	kJ	$= 3,6 \cdot 10^3 \text{kJ} = 3.600 \text{kJ} = 3,6\text{MJ}$
	Megajoule	MJ	
Mechanische Spannung			
	$\frac{\text{Newton}}{\text{Millimeterquadrat}}$	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	$\frac{1\text{N}}{\text{mm}^2} = 10 \text{bar} = 1\text{MPa}$



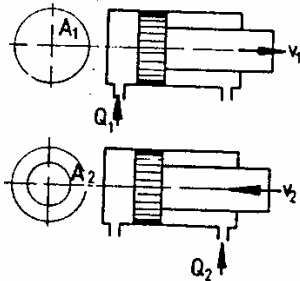
Wichtige Kennwerte von Druckflüssigkeiten

Druckflüssigkeit Eigenschaft	HLP	HFC	HFA (3%)	HFD
Dichte bei 20°C $\left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$	0,00087	0,000105-0,000108	0,0001	0,000115
Kinematische Viskosität bei 40°C $\left[\frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \right]$	10-100	36-50	0,7	15-70
Kompressionsmodul E bei 50°C [bar]	12000-14000	20400-23800	15000-17500	18000-21000
Spezifische Wärme bei 20°C $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$	2,1	3,3	4,2	1,3-1,5
Wärmeleitfähigkeit bei 20°C $\left[\frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$	0,14	0,4	0,6	0,11
Optimale Temperaturen [°C]	40-50	35-50	35-50	35-50
Wassergehalt [%]	0	40-50	80-97	0
Kavitationsneigung	gering	stark	sehr stark	Gering

Allgemeine hydraulische Beziehungen

Abbildung	Gleichung	Formelzeichen / Einheiten
Kolbenkraft, stossend		
	$F = p \cdot A \cdot \eta \cdot 10$	F = Kolbendruckkraft [daN]
	$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	p = Flüssigkeitsdruck [bar]
	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}}$	A = Kolbenfläche [cm ²]
	$p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$	d = Kolbendurchmesser [cm] η = Wirkungsgrad Zylinder
Kolbenkraft, ziehend		
	$F = p_e \cdot A \cdot \eta \cdot 10$	F = Kolbendruckkraft [N]
	$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	p_e = Überdruck auf den Kolben [bar]
	A für Kreisringfläche:	A = Kolbenfläche [cm ²]
	$A = \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4}$	d = Kolbendurchmesser [cm] η = Wirkungsgrad Zylinder
Hydraulische Presse		
	$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$	F_1 = Kraft am Pumpenkolben [N]
	$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$	F_2 = Kraft am Arbeitskolben [N]
	$\varphi = \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{s_2}{s_1}$	A_1 = Fläche des Pumpenkolbens [cm ²]
		A_2 = Fläche des Arbeitskolbens [cm ²]
		s_1 = Weg des Pumpenkolbens [cm]
		s_2 = Weg des Arbeitskolbens
		φ = Übersetzungsverhältnis
Kontinuitätsgleichung		
	$Q_1 = Q_2$	$Q_{1,2}$ = Volumenströme [$\frac{\text{cm}^3}{\text{s}}, \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$]
	$Q_1 = A_1 \cdot v_1$	$A_{1,2}$ = Querschnittsflächen [cm ² , dm ² , m ²]
	$Q_2 = A_2 \cdot v_2$	$v_{1,2}$ = Strömungsgeschwindigkeiten [$\frac{\text{cm}}{\text{s}}, \frac{\text{dm}}{\text{s}}, \frac{\text{m}}{\text{s}}$]
	$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$	

Kolbengeschwindigkeit



$$v_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

$$v_2 = \frac{Q_2}{A_2}$$

$$A_1 = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$A_2 = \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4}$$

$$v_{1,2} = \text{Kolbengeschwindigkeit} \left[\frac{\text{cm}}{\text{s}} \right]$$

$$Q_{1,2} = \text{Volumenstrom} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \right]$$

$$A_1 = \text{Wirksame Kolbenfläche (Kreis)} [\text{cm}^2]$$

$$A_2 = \text{Wirksame Kolbenfläche (Ring)} [\text{cm}^2]$$