Enerpacs ‘Gelben Seiten’stehen für hydraulische Informationen!

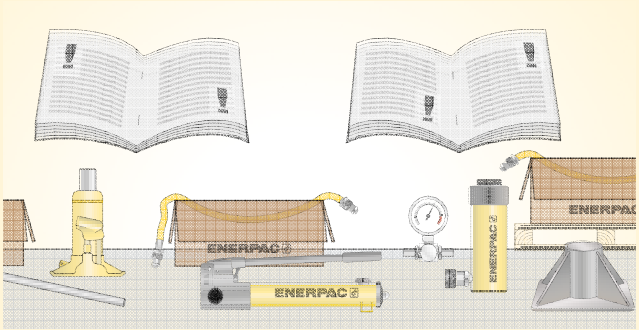
Wenn die Auswahl hydraulischer Ausrüstungen nicht zu Ihren täglichen Arbeitsaufgaben gehört, werden Sie die folgenden Seiten sicher zu schätzen wissen. Sie werden Ihnen die Grundlagen der Hydraulik vermitteln und ferner, wie man Hydrauliksysteme zusammenstellt und die häufigst vorkommenden Techniken der Hydraulik erklären. Je sorgfältiger Sie Ihre Ausrüstung wählen, um so mehr praktische Vorteile werden Sie daraus ziehen. Nehmen Sie sich Zeit, um die nützlichen Informationen auf den vorliegenden ‘Gelben Seiten’ durchzulesen. Dann bieten Enerpacs Hochdruck-Hydraulikausrüstungen Ihnen noch mehr Vorteile.

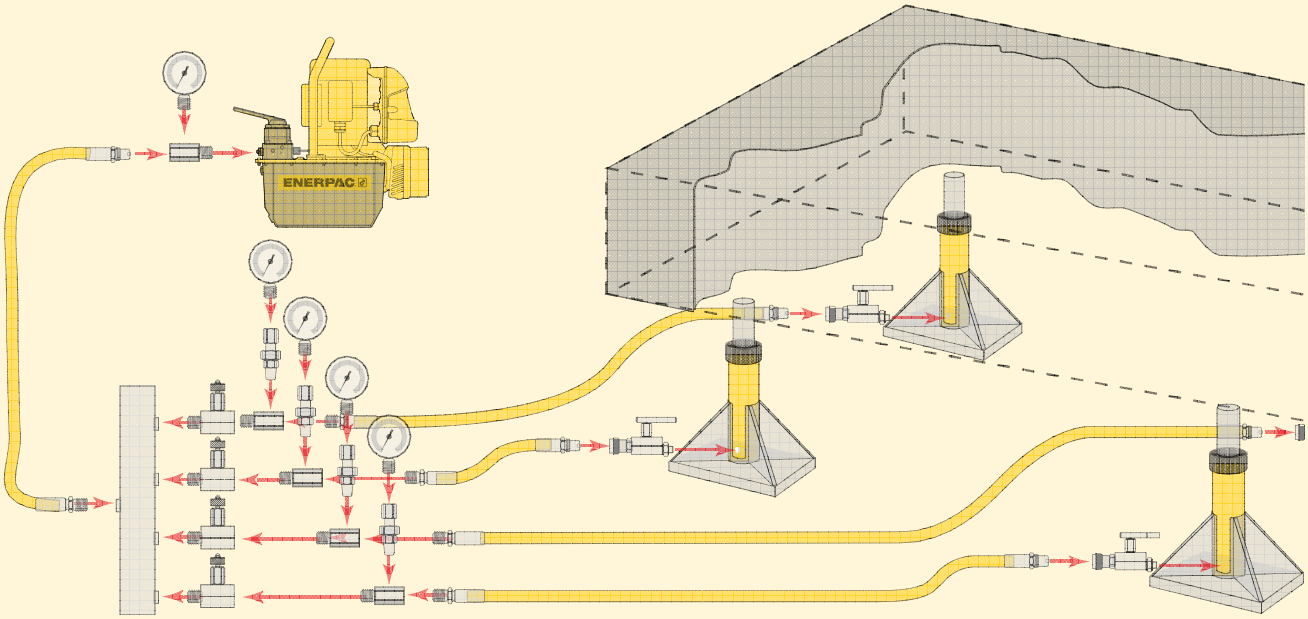
Weltweite Garantie

Informationen zur weltweiten Lebensdauergarantie erhalten Sie auf unserer Website oder bei Ihrem autorisierten Servicecenter.

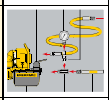
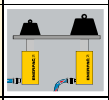
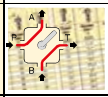
Erfahren Sie mehr über Hydraulik

Besuchen Sie uns unter www.enerpac.com dort erfahren Sie mehr über die Hydraulik und die Systemauslegungen.





Übersicht über die ‘Gelben Seiten’

Katalogteil		Seite
Sicherheitsanweisungen		396 ▶
Auswahl von Pumpen Produktwahl-Arbeitsblatt		398 ▶ 399 ▶
Grundlagen der Einrichtung hydraulischer Systeme		400 ▶
Grundlagen der Hydraulik		402 ▶
Umrechnungstabellen Geschwindigkeitstabellen		404 ▶ 405 ▶
Informationen zu Ventilen Sechskant-Bolzen & Muttern		406 ▶ 407 ▶
Drehmomentverschraubung Vorspanntechnik		408 ▶ 410 ▶
INFORMATE: Verschraubungssoftware		412 ▶
Enerpac Academy EMP: präventives Wartungsprogramm		414 ▶ 415 ▶

ISO 9001 REGISTERED

ENERPAC, 720 W. James St., Columbus, WI 53925 USA

Enerpac ist nach mehreren Qualitätsstandards zertifiziert. Diese Standards erfordern die Einhaltung von Standards für Management, Verwaltung, Produktentwicklung und Fertigung. Stetig um Verbesserungen bestrebt, hat Enerpac große Anstrengungen unternommen, um die Qualitätsanforderungen nach ISO 9001 zu erfüllen.

DIN-ISO 1402
Die thermoplastischen Schläuche von Enerpac erfüllen alle Ansprüche dieser Normen.

ASME B30.1-2015
Mit Ausnahme der Serien RD, BRD, HCL, LPL, CUSP und JHA, erfüllen unsere Hydraulikzylinder alle Anforderungen der amerikanischen Normen des American National Standards Institute.

Konstruktionskriterien der Produkte
Sofern nicht ausdrücklich anders angegeben, sind alle Hydraulikbauteile für einen maximalen Betriebsdruck von 700 bar (10.000 psi) ausgelegt.

Wo angegeben, entsprechen die Elektrogeräte von Enerpac den Anforderungen, die vom kanadischen Normungsinstitut Standards Council of Canada (CAN C22.2 Nr. 68-92) und im Rahmen der UL73 für die Vereinigten Staaten von Amerika an die Ausführung, Montage und Tests der Produkte gestellt werden. Die Geräte wurden für sowohl die USA als auch für Kanada durch den TÜV und von USA-OSHA-NRTLs (Nationally Recognised Testing Laboratories).getestet und zertifiziert.

EMC-Richtlinie
Wenn spezifiziert, erfüllen Enerpac Elektropumpen die Anforderungen der Richtlinie 2014/30/EU für elektromagnetische Kompatibilität.

CE-Kennzeichnung und Konformität
Die Produkte von Enerpac, die den EU-Richtlinien entsprechen, sind mit dem CE-Kennzeichen gekennzeichnet und verfügen über eine Konformitätserklärung.

ATEX 95-zertifiziert
Die Drehmomentschlüssel der S-, W-, DSX- und HMT-Serien, die luftbetriebenen Pumpen der ATP-Serie, die SWi-Ex-Flanschspreizer, die HP-Ex-Handpumpen und die Schläuche des Typs 144 wurden entsprechend der „ATEX-Richtlinie“ 2014/34/EU getestet und zertifiziert. Der Explosionsschutz gilt für Gerätegruppe II, Gerätekategorie 2 (Gefahrenzone 1), in gas- bzw. staubhaltigen Umgebungen.

Drehmomentschlüssel der Serien:

S- und W:	**Ex II 2 GD T4**
DSX- und HMT:	**Ex II 2 G c T6**
NSH-Muttersprenger:	**Ex II 2 G c T6**
Pumpen ZA4-, ZA4T:	**Ex II 2 GD ck T4**
ZA4TX-QR0P-Pumpe:	**Ex IIC T4 Gc** **Ex IIIC T135°C Dc**
Pumpen ATP, XA-Serie:	**Ex II 2 GD ck T4**
Pumpen LAT-Serie:	**Ex IIC T4 Gc** und **Ex IIIC T135°C Dc**
SWi-Ex-Spreizer:	**II 2G Ex h IIB T5 Gb** und **II 2D Ex h IIIC T85°C Db**
HP-Ex-Handpumpen:	**II 2G Ex h IIB T5 Gb** und **II 2D Ex h IIIC T100°C Db**
144-Schläuche:	**II 2G Ex h IIB T5 Gb** und **II 2D Ex h IIIC T100°C Db**

Sicherheitsanweisungen

ENERPAC

SICHER-HEIT!

Hydraulische Kraft ist eine der sichersten Kraftquellen, vorausgesetzt, daß sie richtig eingesetzt wird und einige einfache Vorsichtsmaßregeln beachtet werden, die für nahezu alle hydraulischen Systeme gelten.

- **Lasten stets langsam heben und den Druck oft kontrollieren**
- **Niemals in der Kraftlinie stehen**
- **Mögliche Probleme voraussehen und Maßnahmen zur Vermeidung dieser einleiten.**

Die Zeichnungen und Fotos der Anwendungen von Enerpac Produkten in diesem Katalog dienen der Darstellung, wie unsere Kunden ihre hydraulischen Systeme in verschiedenen Anwendungsbereichen der Industrie eingesetzt haben.

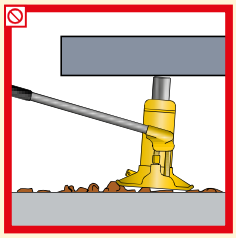
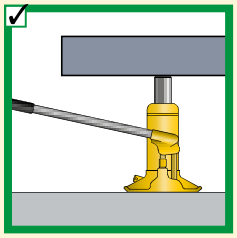
Beim Entwurf ähnlicher Systeme müssen Sie darauf achten, die richtigen Komponenten auszuwählen, die zu Ihrem spezifischen Bedarfsfall passen, so daß ein sicherer Betrieb gewährleistet ist.

Kontrollieren Sie, daß alle Vorsichtsmaßnahmen getroffen wurden, um Verletzungsgefahren durch und unnötige Schäden an Ihrer Anwendung bzw. Ihrem System zu vermeiden.

Enerpac übernimmt keinerlei Haftung bei Schäden oder Verletzungen, die auf die unsachgemäße Nutzung, Wartung oder Verwendung seiner Produkte zurückzuführen sind.

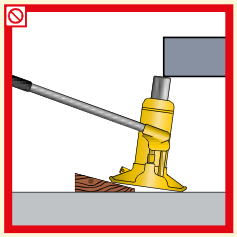
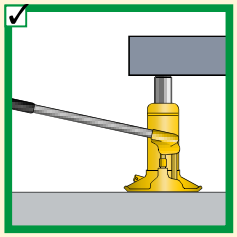
Wenden Sie sich bitte an Ihre Enerpac-Vertretung, wenn Sie Fragen hinsichtlich der Sicherheitsbestimmungen haben.

Heber

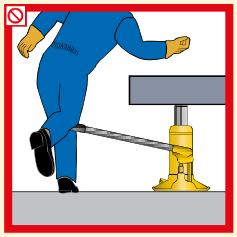



◀ **Stellen Sie den Sockel des Hebers ganz auf einen ebenen Grund mit ausreichender Tragfähigkeit.**

◀ **Arbeiten Sie nie unter Lasten. Die Last muß abgestützt sein.**

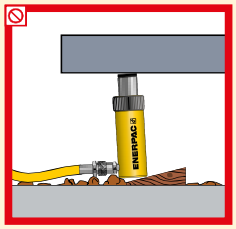
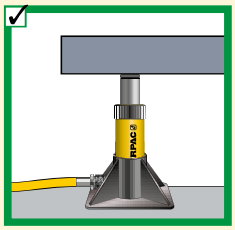



◀ **Das gesamte Druckstück muß Kontakt mit der zu hebenden Last haben.**

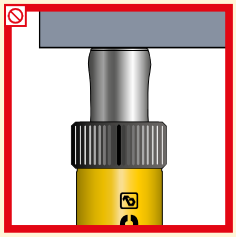
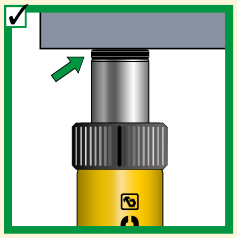


◀ **Entfernen Sie den Heber, wenn der Handgriff nicht betätigt wird.**

Zylinder

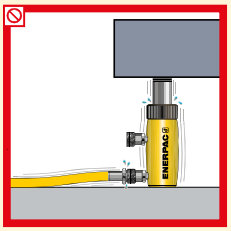
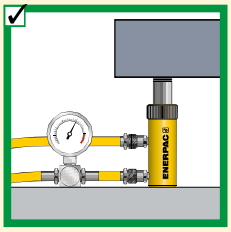



◀ **Stellen Sie die Fußplatte des Zylinders auf einen ebenen Grund mit ausreichender Tragfähigkeit.**

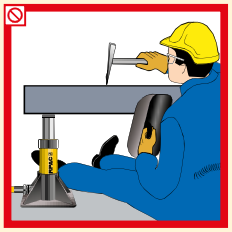



◀ **Verwenden Sie die Zylinder nicht ohne Druckstück. So vermeiden Sie Stauchverformungen des Zylinderkolbens.**

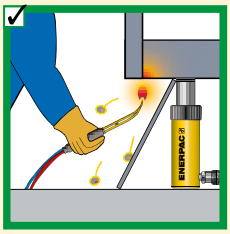
◀ **Schützen Sie die Gewinde der Zylinder, da sie zum Befestigen von Zubehör erforderlich sind.**

◀ **Stellen Sie bei doppeltwirkenden Zylindern sicher, dass beide Kupplungen angeschlossen sind. Stellen Sie sicher, dass der Rücklaufschlauch montiert ist.**



◀ **Arbeiten Sie nie unter Lasten, die von Zylindern gehoben werden. Die Last muß abgestützt sein.**

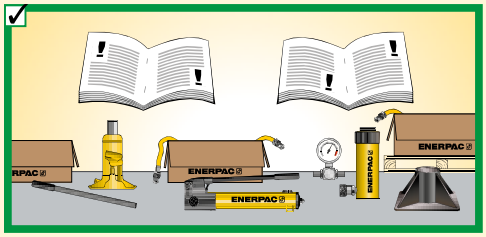


◀ **Halten Sie die Hydraulikausrüstung fern von offenem Feuer und Temperaturen von über 65 °C (150 °F).**

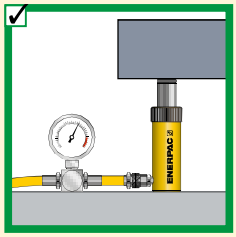
Sicherheitsanweisungen

Grundsätzliche Regeln

Die hier angegebenen Werte für Lasten und Hubhöhen sind max. Sicherheitswerte. Hydraulikausrüstungen nur mit 80% dieser Werte belasten!

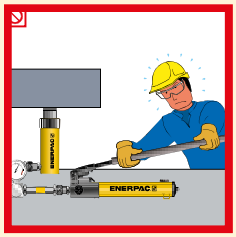


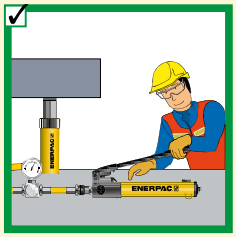
Die Sicherheitsanweisungen und -warnungen, die mit Ihrer Enerpac Hydraulikausrüstung geliefert werden, sorgfältig lesen.



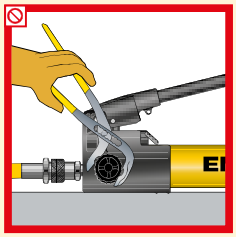
Nie die werkseitige Einstellung von Druckbegrenzungsventilen überschreiten. Immer ein Manometer verwenden.

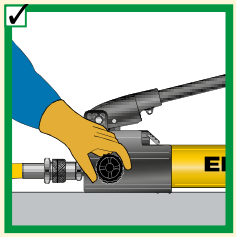
Pumpen



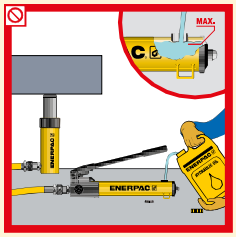


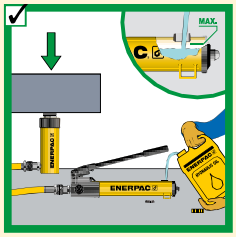
Keine Handhebelverlängerer verwenden. Beim richtigen Einsatz sollten Hand-pumpen jederzeit leicht zu bedienen sein.



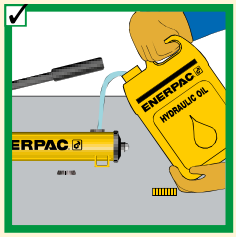


Das Druckbegrenzungsventil nur mit der Hand anziehen. Vermeiden Sie zu festes Anziehen, da das Ventil dadurch beschädigt werden kann.



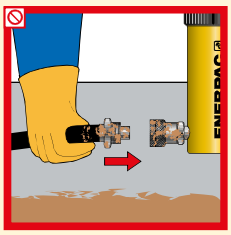


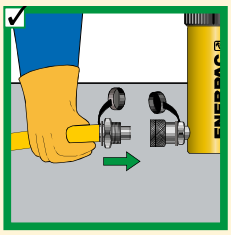
Pumpen nur bis zum empfohlenen Pegel füllen. Das Nachfüllen sollte nur bei ganz eingefahrenem Zylinder erfolgen.



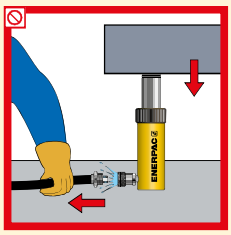
Nur Original-Enerpac Hydrauliköl verwenden. Falsche Flüssigkeiten können die Pumpe beschädigen und machen die Garantie hinfällig.

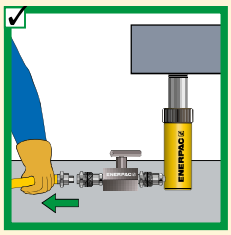
Hydraulikschläuche und Kupplungen



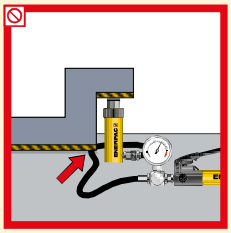


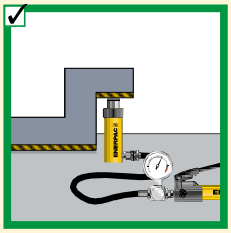
Vor dem Anschluß beide Kupplungsteile reinigen.



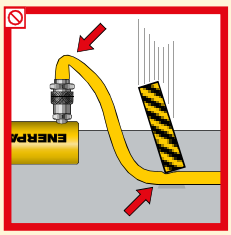


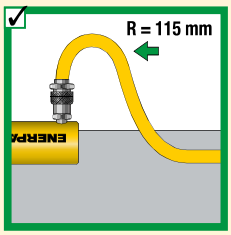
Hydraulikzylinder nur demontieren, wenn sie ganz eingefahren sind oder Absperrventile bzw. Sicherheitsventile verwenden.



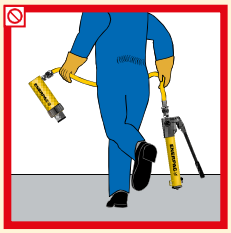


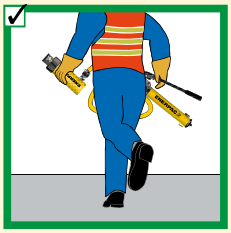
Achten Sie darauf, daß Hydraulikschläuche außerhalb des Bereichs schwerer Lasten sind.



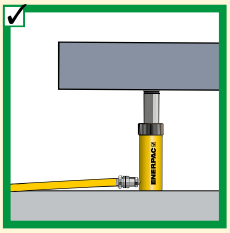


Hydraulikschläuche niemals knikken. Niemals über die Schläuche fahren und schwere Gegenstände auf die Schläuche fallen lassen.





Hydraulische Geräte niemals an den Schlauchverbindungen tragen.



Zylinder dürfen durch die Hydraulikkupplungen niemals angehoben werden.

Auswahl von Pumpen

ENERPAC

▼ AUSWAHLTABELLE FÜR HANDPUMPEN UND EINFACHWIRKENDE ZYLINDER

Druckkraft ▶ / ▼ Hub	5 t	10 t	15 t	25 t	30 t	50 t	60 t	75 t	100 t	150 t
< 25 mm										
25 mm										
50 mm										
75 mm										
100 mm										
125 mm										
150 mm										
175 mm										
200 mm										
225 mm										
250 mm										
300 mm										
325 mm										
350 mm										
	P392			P80		P462				
	Seite: 76			Seite: 78		Seite: 78				

Hinweis: Die Auswahl basiert auf den Anforderungen an das Ölvolumen der Zylinder.

▼ AUSWAHLTABELLE FÜR ANGETRIEBENE PUMPEN

Fördervolumen *	Niedrig (0,1 - 0,3 L/min)		Mittel (0,5 - 2,0 L/min)		Hoch (2,0 - 4,2 L/min)	
Tankinhalt	1,9 - 3,8 Liter	3,0 Liter	4,6 - 39 Liter	4,6 - 39 Liter	9,8 - 39 Liter	9, 20, 135 Liter
Betriebsart **	Intermittierend	Kontinuierlich	Intermittierend	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich
Tragbarkeit ***	Tragbar	Tragbar	Tragbar	Stationär	Stationär	Stationär
Empfohlene Pumpen	PU-Serie Kompaktpumpe	E-Serie E-Pulse®	ZU4-Serie	ZE3, ZE4, ZE5-Serie	ZE6-Serie	SFP-Serie
	Seite: 90	Seite: 94	Seite: 98	Seite: 104	Seite: 104	Seite: 336

* **Fördervolumen**
- Abhängig von der Motorleistung
- Beeinflußt direkt die Anforderungen an die Stromversorgung
- Bestimmt die Geschwindigkeit des Zylinders oder des Werkzeugs.

** **Betriebsart**
- Dauerbetrieb = Anwendungen, die eine Pumpenbetriebszeit von mehr als 1 Stunde erfordern
- Intermittierend = Anwendungen, die eine Pumpenbetriebszeit von weniger als 1 Stunde erfordern je nach Tankgröße.

*** **Tragbarkeit**

Tragbar
- Ergonomisch geformte Tragegriffe
- Flexible Energieanforderungen

Ortsfest
- Montagezubehör
- Erfordert normalerweise gleichmäßige Energieversorgung.

Arbeitsblatt für die richtige Produktwahl

▼ **Beantworten Sie nachfolgende Fragen, um das richtige Produkt zu wählen:**

Auswählen eines Zylinders

Frage:	*Tips/Hilfe:*	*Daten*	*Modellnummer*
Erforderliche Gesamtdruckkraft in t:	Gesamtlast		
Erforderliche Anzahl Zylinder:	Anzahl der Hebestellen		
Kraft je Zylinder in t:	Max. 80% gesamten Druckkraft		
Erforderlicher Hub:	Kolbenhub		
Einfach- oder doppeltwirkend (DW)	DW für Zugkraft oder Einfahrgeschw. wichtig ist		
Kolbenstangenausführung:	Hohl oder massiv		
Eingefahrene Bauhöhe:			
Druckstück (wahlweise):	Drehbar, gerillt, flach		
Zylinderfuß,	Erhöht die Stabilität		
Zubehör für Zylinder (RC-Serie):	Erweiterte Funktionalität		
Gewähltes Zylindermodell:		▶	
Einschliesslich Kupplungsmodell:			

Auswählen einer Pumpe

Die am häufigsten gewählten Pumpen sind Handpumpen, Elektropumpen und lufthydraulische Pumpen. Benzinbetriebene Pumpen können jedoch auf dieselbe Weise ausgewählt werden.

Verfügbare Energiequelle: ☐ **Handbetätigt** ☐ **Batterie** ☐ **Elektrisch** ☐ **Preßluft** ☐ **Benzin**

Handpumpe	Nicht für Schnellfrequenzwerkzeuge		
Einfach- oder doppeltwirkend	4-Wegeventil für DW-Anwendungen Siehe Geschw.diagr. auf Seite 405		
Gewählte Handpumpe:		▶	
Elektro- oder Preßluftpumpe			
Soll die Pumpe tragbar sein?			
Betriebsart:	Intermittierend oder Schnellfrequent		
Erforderliches nutzbares Ölvolumen:	Intermittierend: 1,2 x Ölvolumen		
Schnellfrequent:	2 x Ölvolumen		
Verfügbare Spannung:			
Hubgeschwindigkeit (wichtig/nicht wichtig):	Siehe Geschw.diagr. auf Seite 405		
Steuerungsart:	Handbetätigt/ferngesteuert		
Betätigungs-/Funktionsart:	Ausfahren/Halt/Einfahren		
Zubehör:	Schutzrahmen, Rücklauffilter, ...		
Gewählte Pumpe:		▶	
Einschließlich Kupplungen:	Ölanschluß		

System-komponenten

Erforderliche Anzahl Hydraulikschläuche und Länge:		
Gewählte Hydraulikschläuche:	▶	
Verteiler oder T-Stück:	▶	
Zusätzlicher Schlauch je Verteiler (2)	▶	
Manometer (Anzeige kN oder bar) GF-Serie Glyzeringefüllt für schnellfrequente Anwendung	▶	
Verschraubungen:	▶	
Druckbegrenzungssicherheitsventil:	▶	
Ventile zum Halten der Last:	▶	
Hydrauliköl	▶	

1 Zylinder
Dient der Übertragung hydraulischer Kraft.
Seite 5

2 Zylinderfuß
Wird zum Heben schwerer Lasten verwendet, wo eine zusätzliche Stabilität des Zylinders erforderlich ist.
Seite 10

3 Pumpe
Wird zum Heben schwerer Lasten verwendet, wo eine zusätzliche Stabilität des Zylinders erforderlich ist.
Seite 73-75

4 Hydraulikschlauch
Für den Transport der Hydrauliköl.
Seite 128-129

5 Kupplungsstecker
Dient der schnellen Verbindung des Schlauchs mit den Systemkomponenten.
Seite 130-131

6 Kupplungsmuffe
Dient der schnellen Verbindung des Schlauchs mit den Systemkomponenten.
Seite 130-131

7 Manometer
Dient der Überwachung des Drucks im Hydrauliksystem.
Seite 136-142

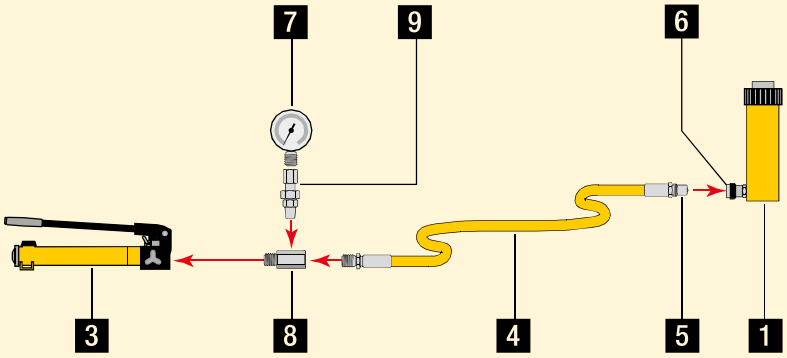
8 Manometer-Zwischenstück
Für den schnellen und problemlosen Einbau des manometers.
Seite 142-143

9 Drehverschraubung
Ermöglicht ein exaktes Ausrichten von Ventilen und/oder Manometern. Wird verwendet, wenn mit einander verbundene Einheiten nicht gedreht werden können.
Seite 143

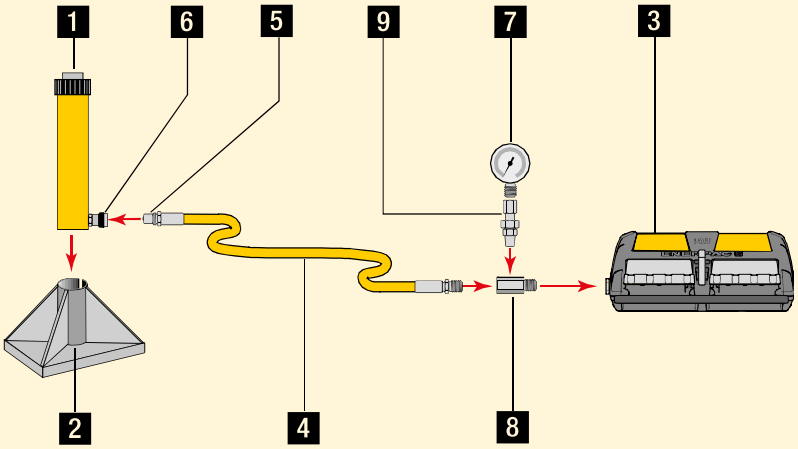
10 Selbstdämpfendes Ventil V10
Zu verwenden zum Schutz des Manometers vor Beschädigung durch Druckstöße bei plötzlicher Lastfreigabe im Hydrauliksystem. Ermöglicht die genaue Positionierung des Manometers vor dem Festschrauben.
Seite 144-145

11 4-Wege-Steuerventil
Regelt die Bewegungsrichtung in doppeltwirkenden Systemen.
Seite 122-123

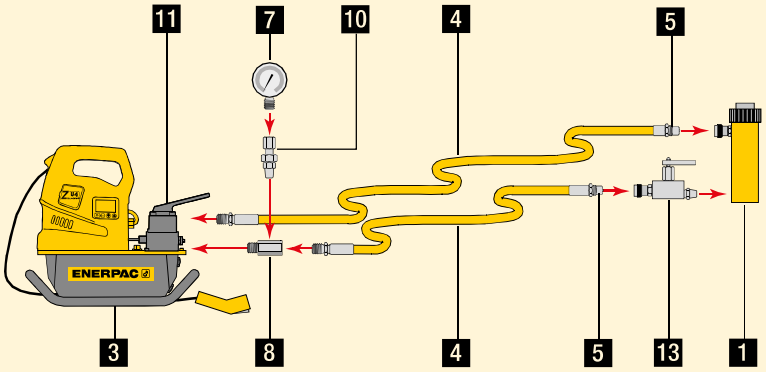
Einfachwirkende Anwendung zum Schieben, wie z.B. bei einer Presse.
Die Handpumpe gewährleistet ein kontrolliertes Ausfahren des Zylinders. Sie kann jedoch relativ viele Pumpenhübe bei längeren Hubanwendungen erfordern, wenn die Druckkraft des Zylinders 25t oder mehr beträgt.
Beispiele für Sets (Pumpe, Zylinder, Hydraulikschlauch) siehe **Seiten 62-65.**



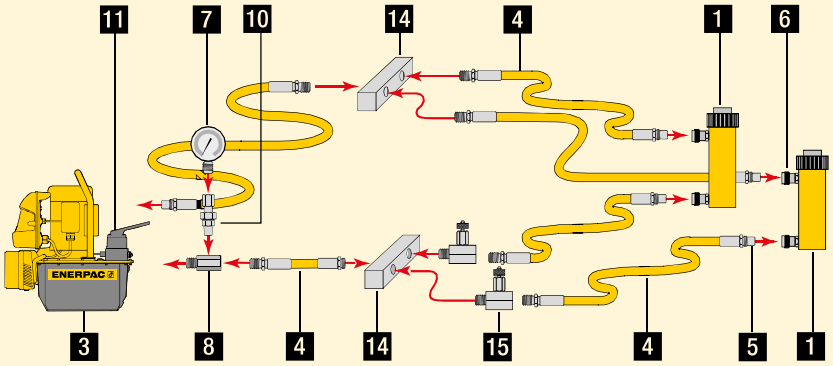
Einfachwirkende Zylinder mit langem Hub zum Heben von Lasten.



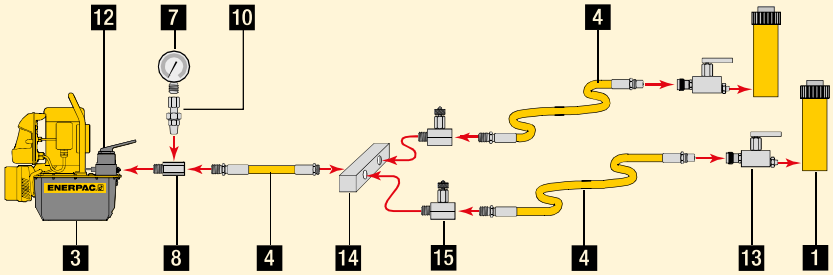
Einrichtung eines doppeltwirkenden Zylinders zum Heben von Lasten, wobei ein langsames, kontrolliertes Ablassen der Last gewährleistet sein muß.



Aufbau mit doppeltwirkenden Zylindern zum Schieben oder Ziehen.



Vorrichtung zum Heben einer Last an zwei Stellen mittels **einfachwirkender Zylinder.**



Vorrichtung zum Heben einer Last an vier Stellen mittels **einfachwirkender Zylinder** und Regelventile.

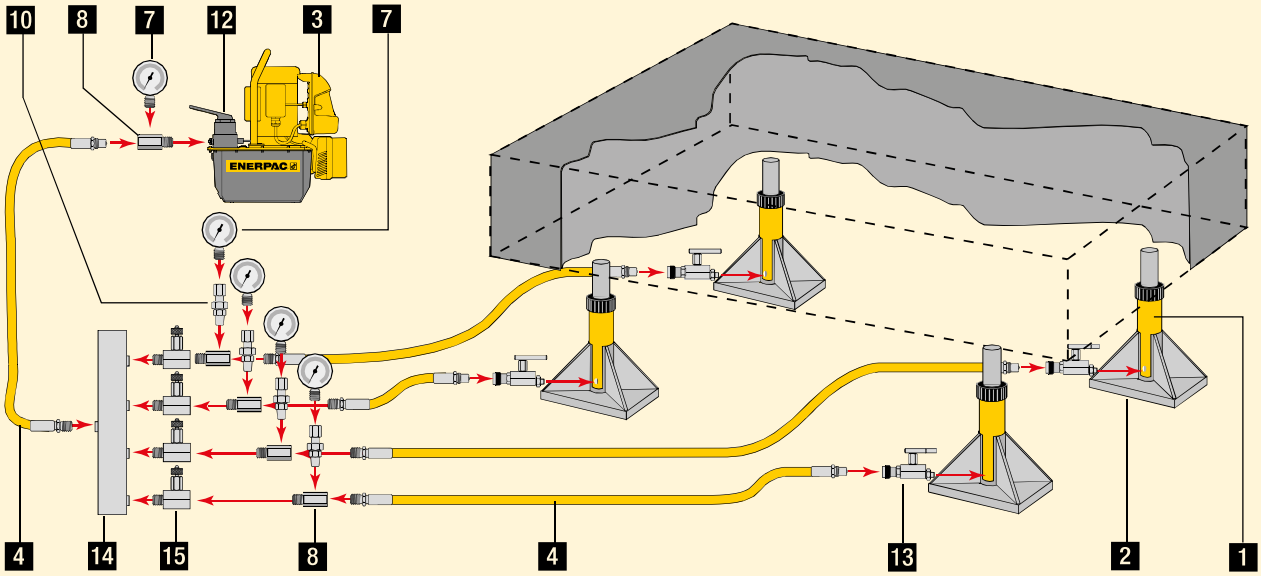
12 3-Wege-Steuerventil
Regelt die Bewegungsrichtung in einfachwirkenden Systemen.
Seite 122-123

13 Absperr- und Sicherheitsventil V66
Kontrolliert bei Hebeanwendunge das Ablassen von Lasten.
Seite 144-145

14 *Verteiler*
Erlauben den Anschluß mehrerer Zylinder an ein Aggregat.
Seite 132-135

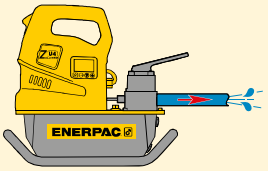
15 Absperr- oder Nadelventil V82
Reguliert den Durchfluß der Hydraulikflüssigkeit zu oder von den Zylindern.
Seite 144-145

www.enerpac.com
Besuchen Sie unsere Website; dort erfahren Sie mehr über die Hydraulik und die Systemauslegungen.



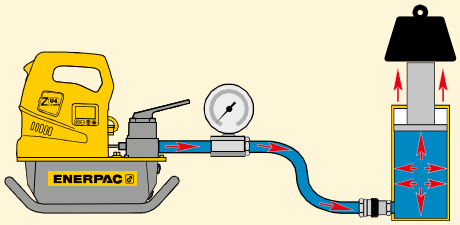
Durchfluß

Eine Hydraulikpumpe erzeugt Fördervolumen (Durchfluß).



Druck

Druck entsteht, wenn Widerstand auf den Durchfluß ausgeübt wird.



Pascalsches Gesetz

Regelt die Bewegungsrichtung (Abbildung 1). Das heißt, daß bei der Verwendung mehrerer Zylinder jeder einzelne Zylinder entsprechend der Kraft, die zum Heben der Last an der betreffenden Stelle erforderlich ist, ausfahren wird (Abbildung 2).

Die die leichteste Last hebenden Zylinder fahren zuerst aus, und die die schwerste Last hebenden Zylinder fahren zuletzt aus (Last A), vorausgesetzt, die Zylinder haben die gleiche Druckkraft.

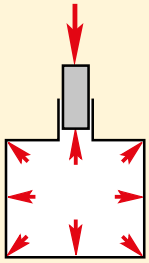


Abbildung 1

Zum gleichmäßigen Ausfahren aller Zylinder auch bei unterschiedlichen Lasten sind im Hydrauliksystem entweder Steuerventile (siehe Katalogteil Ventile) oder spezielle Komponenten des Synchronhubsystems (siehe Katalogteil Schwerlast-Hebezeuge) einzubauen (Last B).

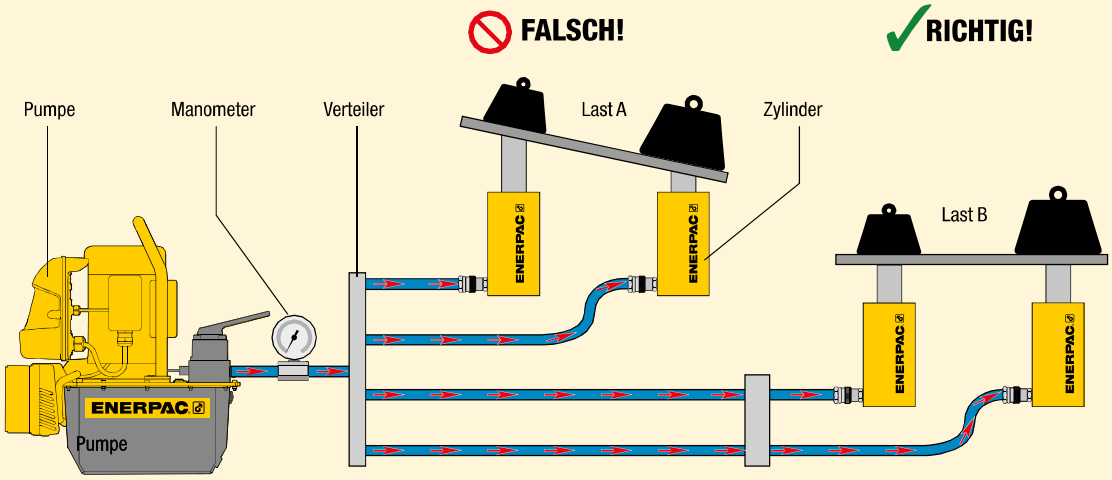


Abbildung 2 **Synchronhubsystem oder Regelventile zum gleichmäßigen Anheben der Last**

WARNUNG !

Beim Heben oder Drücken immer ein Manometer verwenden!

Ermöglicht eine Kontrolle des Hydraulik-systems und zeigt die Abläufe an. Sie finden Manometer im Katalogteil Systemkomponenten.

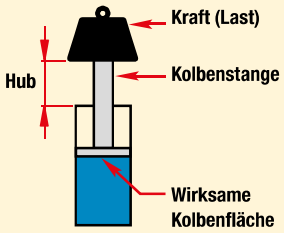
Seite: 127

Erfahren Sie mehr über Hydraulik

Besuchen Sie uns unter www.enerpac.com dort erfahren Sie mehr über die Hydraulik und die Systemauslegungen.

Kraft

Die Kraft, die ein hydraulischer Zylinder erzeugen kann, ist gleich dem hydraulischen Druck multipliziert mit der “wirksamen Kolbenfläche” des Zylinders (siehe die Auswahltabellen für Zylinder).



Kraft	=	Betriebs-druck	x	Wirksame Kolbenfläche
F	=	P	x	A

Verwenden Sie diese Formel zur Bestimmung der Kraft, des Betriebsdrucks oder der wirksamen Kolbenfläche des Zylinders, wenn zwei der Variablen bekannt sind.

1. Beispiel
Welche Druckkraft erzeugt ein RC106 Zylinder mit einer wirksamen Kolbenfläche von 14,5 cm^2 bei 700 bar?
Kraft = 7000 N/cm^2 x 14,5 cm^2 = 101500 N = 101,5 kN

2. Beispiel
Welchen Druck erfordert ein RC106 Zylinder zum Heben einer Last von 7000 kg?
Druck = 7000 x 9,8 N ÷ 14,5 cm^2 = 4731,0 N/cm^2 = 473 bar

3. Beispiel
Zur Erzeugung einer Kraft von 190.000 N wird ein RC256 Zylinder benötigt. Wie hoch ist der erforderliche Druck?
Druck = 190.000 N ÷ 33,2 cm^2 = 5722,9 N/cm^2 = 572 bar

4. Beispiel
Zur Erzeugung einer Kraft von 800.000 N werden vier RC308 Zylinder benötigt. Wie hoch ist der erforderliche Druck?
Druck = 800.000 N ÷ (4 x 42,1 cm^2) = 4750,6 N/cm^2 = 475 bar
Bitte beachten: Da vier Zylinder zusammen verwendet werden, ist die wirksame Kolbenfläche eines Zylinders mit der Anzahl der Zylinder zu multiplizieren.

5. Beispiel
Ein HCL2506 Zylinder soll mit einem Antriebsaggregat mit einer Leistung von 500 bar verwendet werden. Wie hoch ist die Kraft, die theoretisch von diesem Zylinder erzeugt werden kann?
Kraft = 5000 N/cm^2 x 363,1 cm^2 = 1.815.500 N = 1815 kN.

Ölvolumen des Zylinders

Die für einen Zylinder benötigte Ölmenge ist gleich der wirksamen Kolbenfläche des Zylinders multipliziert mit dem Zylinderhub*.

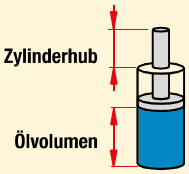
Ölvolumen	=	Wirksame Kolbenfläche des Zylinders	x	Zylinder-hub

* Hinweis: Die aufgeführten Beispiele sind theoretisch. Die Kompressibilität des Öls bei hohem Druck wurde dabei nicht berücksichtigt.

WARNUNG!
Die Kompressibilität von Enerpac Hydrauliköl beträgt bei 350 bar 2,28 % bzw. bei 700 bar 4,1 %.

Seite: 132

1. Beispiel
Welches Ölvolumen erfordert ein RC158 Zylinder mit einer wirksamen Kolbenfläche von 20,3 cm^2 und einem Kolbenhub von 200 mm?
Ölvolumen = 20,3 cm^2 x 20 cm = 406 cm^3



2. Beispiel
Wieviel Öl benötigt ein RC5013 Zylinder mit einer wirksamen Kolbenfläche von 71,2 cm^2 und einem Kolbenhub von 320 cm?
Ölvolumen = 71,2 cm^2 x 32 cm = 2278 cm^3

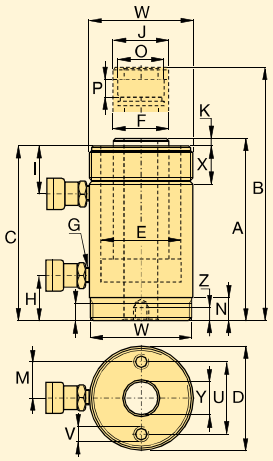
3. Beispiel
Welches Ölvolumen erfordert ein RC10010 Zylinder mit einer wirksamen Kolbenfläche van 133,3 cm^2 und einem Hub von 260 mm?
Ölvolumen = 133,3 cm^2 x 26 cm = 3466 cm^3

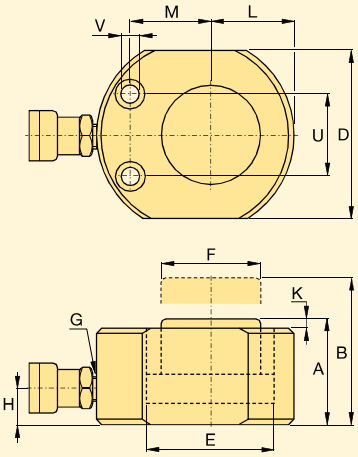
4. Beispiel
Es werden 4 RC308 Zylinder mit verwendet je 42,1 cm^2 wirksamer Kolbenfläche und 209 mmm Hub. Wieviel Öl wird benötigt?
Ölvolumen = 42,1 cm^2 x 20,9 cm = 880 cm3 x 4 = 3520 cm^3

Schriftzeichenerklärung

Die in den Auswahltabellen für Zylinder aufgeführten Abmessungen sind in den entsprechenden Zeichnungen durch nebenstehende Buchstaben gekennzeichnet von A für Bauhöhe, eingefahren, bis Z1 für Tiefe der Bodenbefestigungsbohrung.

A = Bauhöhe, eingefahren
B = Bauhöhe, ausgefahren
C = Gehäuselänge
D = Gehäuse-Außendurchmesser
D1 = Zylinderbreite
E = Gehäuse-Innendurchmesser
F = Kolbenstangendurchmesser
G = Ölanschlußgewinde
H = Zylinderboden bis Ölanschlußgewinde
I = Gehäuseoberkante bis Ölanschlußgewinde
J = Druckstück-Außendurchmesser
K = Kolbenüberstand bei eingefahrenem Zylinder
L = Kolbenstangenmittelpunkt bis Zylinder-Außendurchmesser
M = Befestigungsbohrungen bis Kolbenstangenmittelpunkt
N = Länge des kleineren Zylinderteils
O = Kolbenstangenbohrung oder Druckstückgewinde
P = Kolbenstangengewindetiefe
Q = Kolbenstangengewinde
U = Lochkreisdurchmesser der Befestigungsbohrungen
V - Bodenbefestigungsgewinde
W = Befestigungsgewindelänge
X = Befestigungsgewinde
X1 = Länge Gehäuseabsatz
Y = Mittelloch-Durchmesser
Z = Gehäuseinnengewinde
Z1 = Tiefe der Gehäuseinnen- und Bodenbefestigungsbohrung





Umrechnung der Maßeinheiten

Sämtliche in diesem Katalog enthaltenen Maße und Leistungen wurden in einheitlichen Werten angegeben. Zur Umrechnung verwenden Sie bitte die nebenstehende Tabelle.

Alle Angaben zu Zylinderkräften in diesem Katalog sind in metrischen Tonnen und dienen nur der Zylinder-Einteilung.

Für Berechnungen verwenden Sie bitte nur die Angaben in kN.

Umrechnungsprogramm

Besuchen Sie unsere Website unter enerpac.com; dort können Sie sich das kostenlos herunterladen.

Druck:

1 psi	= 0,069 bar
1 bar	= 14,50 psi
	= 9,8 N/cm²
	= 100.000 Pa
1 kPa	= 0,145 psi

Volumen:

1 in³	= 16,387 cm³
1 cm³	= 0,061 in³
1 l (Liter)	= 61,02 in³
	= 0,264 gal
	= 1000 cm³
1 gal (US)	= 3,785 cm³
	= 3,785 l
	= 231 in³

Gewicht:

1 pound (lb)	= 0,4536 kg
1 kg	= 2,205 lbs
	= 9,806 N
1 metrische t	= 2205 lbs
	= 1000 kg
1 t (short)	= 2000 lbs
	= 907,18 kg

Drehmoment:

1 Nm	= 0,738 Ft.lbs
	= 0,102 kgf.m
1 Ft.lbs	= 1,356 Nm
	= 0,138 kgf.m

Temperatur:

Zur Umwandlung von °C in °F:
$T^{\circ F} = (T_{\circ C} \times 1{,}8) + 32$
Zur Umwandlung von °F in °C:
$T_{\circ}C = (T_{\circ F} - 32) \div 1{,}8$

Andere Maßeinheiten:

1 in (Zoll)	= 25,4 mm
1 mm	= 0,039 inch (Zoll)
1 in²	= 6,452 cm²
1 cm²	= 0,155 in²
1 PS	= 0,746 kW
1 kW	= 1,359 PS
1 Nm	= 0,102 kg/m
1 Nm	= 0,73756 Ft.lbs
1 Ft.lbs	= 1,355818 Nm
1 kN	= 225 lbs

Zoll nach mm

Zoll	Dezimal	mm
1/16	.06	1,59
1/8	.13	3,18
3/16	.19	4,76
1/4	.25	6,35
5/16	.31	7,94
3/8	.38	9,53
7/16	.44	11,11
1/2	.50	12,70
9/16	.56	14,29
5/8	.63	15,88
11/16	.69	17,46
3/4	.75	19,05
13/16	.81	20,64
7/8	.88	22,23
15/16	.94	23,81
1	1.00	25,40

Geschwindigkeitstabelle für Zylinder

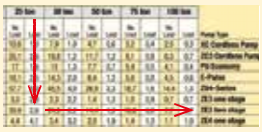
Diese Tabelle hilft Ihnen bei der Berechnung der Zeit zum Heben einer Last mit einer Enerpac 700 bar Pumpe. Diese Tabelle kann auch verwendet werden, um die Pumpenausführung und das Modell zu wählen, das am besten für Ihre Anwendung geeignet ist, wenn die erforderliche Kolbengeschwindigkeit bekannt ist.

Ermitteln der Kolbengeschwindigkeit

Ein RC256 (Druckkraft 25 t) wird von einer Pumpe der ZE3 Serie zweistufig angetrieben. Der Zylinderkolben hebt den Last mit 2,8 mm pro Sekunde. Beim Ausfahren in Richtung der Last fährt der Zylinderkolben mit 30,9 mm pro Sekunde.

Ermitteln der optimalen Pumpe

Ihr 25 t-Zylinder soll eine Last mit einer Geschwindigkeit von 3,0 mm/Sek. bewegen. Gehen Sie in der Tabelle einfach von oben nach unten zum dort aufgeführten Wert 2,8 mm/Sek. Gehen Sie dann nach rechts. Die optimale Pumpe für Ihre Anwendung ist eine Pumpe der ZE3-Serie.



Millimeter RC-Serien Zylinderkolbenstangenbewegung pro Handpumpenhub

Zyl. Druckkraft ▶	5 t		10 t		15 t		25 t		30 t		50 t		75 t		100 t			
▼ Antrieb	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	Pumpen Ausführung	*Seite:*
Handbetätigt	1,4	1,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	**P141**	**76**
	3,9	3,9	1,7	1,7	1,2	1,2	0,7	0,7	0,6	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	**P391**	**76**
	17,6	3,9	7,8	1,7	5,5	1,2	3,4	0,7	2,6	0,6	1,6	0,3	1,0	0,2	0,8	0,2	**P392**	**76**
	25,3	3,8	11,2	1,7	7,9	1,2	4,9	0,7	3,7	0,6	2,3	0,3	1,5	0,2	1,1	0,2	**P77/80/801/84**	**78**
	61,4	3,9	27,1	1,7	19,3	1,2	11,8	0,7	9,0	0,6	5,5	0,3	3,5	0,2	2,8	0,2	**P802/842**	**78**
	197	7,4	87,1	3,3	61,8	2,3	37,9	1,4	29,0	1,1	17,7	0,7	11,4	0,4	8,8	0,3	**P462/464**	**78**

RC-Serien Kolbengeschwindigkeit in mm/Sek.

Zyl. Druckkraft ▶	5 t		10 t		15 t		25 t		30 t		50 t		75 t		100 t			
▼ Antrieb	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	ohne Last	mit Last	Pumpen Ausführung	*Seite:*
Elektrisch (bei 50 Hz)	51,3	6,4	23,0	2,9	16,4	2,1	10,0	1,3	7,9	1,0	4,7	0,6	3,2	0,4	2,5	0,3	**XC Batterie betrieben**	**86**
	128,2	13,3	57,5	6,0	41,1	4,3	25,1	2,6	19,8	1,2	11,7	1,2	8,1	0,8	6,3	0,7	**ZC3 Batterie betrieben**	**88**
	86	8,3	38	3,7	27	2,6	17	1,6	13	1,3	7,7	0,7	5,4	0,5	4,1	0,4	**PU Kompakt-Serie**	**90**
	92,3	12,8	41,4	5,7	29,6	4,1	18,1	2,5	14,3	2,0	8,4	1,2	5,8	0,8	4,5	0,6	**E-Pulse**	**94**
	295	25,6	132	11,5	94,4	8,2	57,7	5,0	45,5	4,0	26,9	2,3	18,7	1,6	14,4	1,3	**ZU4-Serie**	**97-98**
	15,1	14,1	6,8	6,3	4,8	4,5	3,0	2,8	2,3	2,2	1,4	1,3	1,0	0,9	0,7	0,7	**ZE3-Serie einstufig**	**97, 104**
	158	14,1	70,7	6,3	50,5	4,5	30,9	2,8	24,3	2,2	14,4	1,3	10,0	0,9	7,7	0,7	**ZE3-Serie zweistufig**	**97, 104**
	22,3	21,0	10,0	9,4	7,1	6,7	4,4	4,1	3,4	3,2	2,0	1,9	1,4	1,3	1,1	1,0	**ZE4 Serie einstufig**	**97, 104**
	228	21,0	102	9,4	72,9	6,7	44,6	4,1	35,2	3,2	20,8	1,9	14,4	1,3	11,1	1,0	**ZE4-Serie zweistufig**	**97, 104**
	44,9	42,1	20,1	18,9	14,4	13,5	8,8	8,2	6,9	6,5	4,1	3,8	2,8	2,7	2,2	2,1	**ZE5 Serie einstufig**	**97, 104**
	298	42,1	133	18,9	95,3	13,5	58,3	8,2	46,0	6,5	27,2	3,8	18,9	2,7	14,5	2,1	**ZE5-Serie zweistufig**	**97, 104**
	76,9	70,0	34,5	31,4	24,6	22,4	15,1	13,7	11,9	10,8	7,0	6,4	4,9	4,4	3,8	3,4	**ZE6 Serie einstufig**	**97, 104**
	315	70,0	141	31,4	101	22,4	61,7	13,7	48,7	10,8	28,8	6,4	20,0	4,4	15,4	3,4	**ZE6-Serie zweistufig**	**97, 104**
	53,8	53,8	24,1	24,1	17,2	17,2	10,5	10,5	8,3	8,3	4,9	4,9	3,4	3,4	2,6	2,6	**SFP421 (11 kW)**	**336**
Luft (bei 6,9 bar Luftdruck)	51,3	6,4	23,0	2,9	16,4	2,1	10,0	1,3	7,9	1,0	4,7	0,6	3,2	0,4	2,5	0,3	**XA-Serie**	**114**
	25,9	4,2	11,6	1,9	8,2	1,3	5,0	0,8	4,0	0,6	2,3	0,4	1,6	0,3	1,3	0,2	**Turbo II Luft**	**112**
	17	3,4	7,6	1,5	5,4	1,1	3,3	0,7	2,6	0,5	1,5	0,3	1,1	0,2	0,8	0,2	**PA-Serie**	**110**
	277	3,8	123	1,7	88	1,2	53	0,7	42	0,6	25	0,3	17	0,2	13,0	0,2	**PAM-Serie**	**111**
	357	33,6	160	15,1	114	10,8	69,9	6,6	55,1	5,2	32,6	3,1	22,6	2,1	17,4	1,6	**ZA-Serie**	**97, 116**
Benzin	295	41	132	18,4	94,4	13,1	57,7	8,0	45,5	6,3	26,9	3,7	18,7	2,6	14,4	2,0	**ZG5-Serie 4,1 kW**	**97, 118**
	166	41	74,7	18,4	53,4	13,1	32,6	8,0	25,7	6,3	15,2	3,7	10,6	2,6	8,1	2,0	**ZG5-Serie 4,8 kW**	**97, 118**
	376	85	169	37,9	121	27,1	73,8	16,6	58,2	13,1	34,4	7,7	23,9	5,4	18,4	4,1	**ZG6-Serie 9,7 kW**	**97, 118**

"**Ohne Last**" gibt die Kolbenstangengeschwindigkeit beim Ausfahren in Richtung der Last an (1. Stufe).

"**Mit Last**" gibt die Kolbenstangengeschwindigkeit an beim Heben der Last bei einem Systemdruck von 700 bar (2. Stufe).

Beispiel: Mit welcher Geschwindigkeit wird sich der RC256 (25 t) Zylinder bewegen, angetrieben von einer Pumpe der ZE3-Serie?
RC256 Kolbenfläche = 33,2 cm^2
ZE3-Serie Fördervolumen (ohne last) = 6150 cm^3/min

$$\text{Kolbengeschwindigkeit (mm/Sek.)} = \frac{\text{Fördervolumen Pumpe (cm}^3\text{/min) x 10}}{\text{Kolbenfläche (cm}^2\text{) x 60}}$$

$$\text{Geschwindigkeit V} = \frac{6150\ \text{cm}^3\text{/min x 10}}{33{,}2 \text{ x } 60} = 30{,}9 \text{ mm/Sek.}$$

Informationen zu Hydraulikventilen

ENERPAC

Wegeventile: Ein 3-Wegeventil hat drei Anschlüsse: Druck (**P**), Tank (**T**) und Zylinder (**A**).

Ein 4-Wegeventil hat vier Anschlüsse: Druck (**P**), Tank (**T**), Ausfahren (**A**) und Einfahren (**B**).

Einfachwirkende Zylinder erfordern ein 3-Wegeventil, und können, unter gewissen Umständen, auch mit einem 4-Wegeventil betätigt werden.

Doppeltwirkende Zylinder erfordern ein 4-Wegeventil, die den Durchfluß zu jeder Zylinderöffnung regeln.

Schaltstellen: Die Anzahl der Steuerungspunkte eines Ventils. Mit einem Ventil mit 2 Schaltstellungen kann lediglich die Ausfahr- und Einfahrbewegung des Zylinders geregelt werden. Um den Zylinder auch in der Stellung HALT regeln zu können, muß das Ventil eine 3. Schaltstellung haben.

Die **Mittelstellung** eines Ventils ist die Stellung, in der keine Bewegung der hydraulischen Komponente (ein hydraulisches Werkzeug oder Zylinder) erforderlich ist.

Die **Tandem-Mittelstellung** ist die am häufigsten vorkommende Ventilausführung. Sie sorgt für nur wenig oder gar keine Zylinderbewegung sowie für Entlastung der Pumpe und gewährleistet, daß nur geringe Wärme entwickelt wird.

Die **geschlossene Mittelstellung** wird vorwiegend zur unabhängigen Steuerung von Anwendungen mit mehreren Zylindern verwendet und sorgt wiederum für wenig oder gar keine Zylinderbewegung sowie für das Absperren der Pumpe, indem sie vom Kreislauf isoliert wird. Bei der Verwendung dieses Ventiltyps kann zur Verhinderung von Wärmeentwicklung eine Vorrichtung zur Entlastung der Pumpe erforderlich sein.

Es gibt viele andere Ventiltypen, wie z.B. Ventile mit **offener** und **schwimmender Mittelstellung**. Diese Ventile werden meist in komplizierten Hydraulikkreisen eingesetzt und erfordern andere, spezielle Überlegungen.

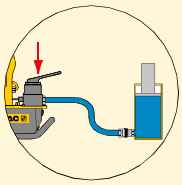
offene Mittelstellung

schwimmende Mittelstellung

Wegeventile

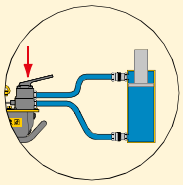
3-Wegeventile

werden mit einfachwirkenden Zylindern verwendet.



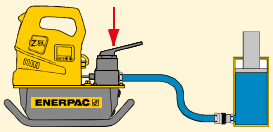
4-Wegeventile

werden mit doppeltwirkenden Zylindern verwendet.

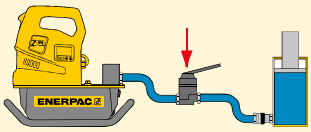


Ventile sind entweder für Pumpen- oder für Rohrleitungsmontage ausgelegt.

Pumpenmontage

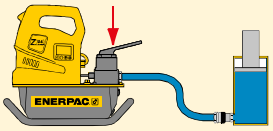


Rohrleitungsmontage

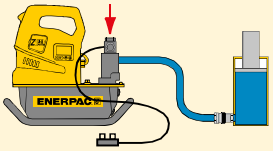


Ventile sind entweder handbetätigte oder elektromagnetische Ventile.

Handbetätigt



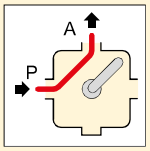
Elektromagnetisch



Ausfahren/ Halten/ Einfahren

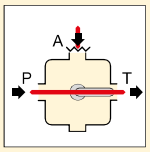
Einfachwirkender Zylinder

gesteuert von einem 3/3-Wegenventil



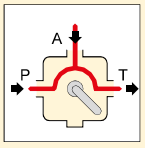
Ausfahren

Öl fließt von der Pumpenöffnung P zur Zylinderöffnung A: Die Zylinderkolbenstange wird ausgefahren.



Halt

Öl fließt von der Pumpenöffnung P zum Tank T. Zylinderöffnung A ist abgesperrt: Kolbenstange bleibt unverändert in ihrer Stellung.

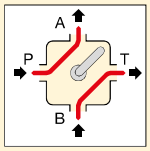


Einfahren

Öl fließt von der Pumpe und der Zylinderöffnung zum Tank T: Die Zylinderkolbenstange wird eingefahren.

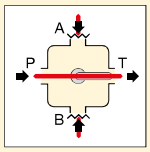
Doppeltwirkender Zylinder

gesteuert von einem 4/3-Wegenventil



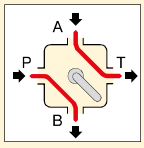
Ausfahren

Öl fließt von der Pumpenöffnung P zur Zylinderöffnung A sowie von der Zylinderöffnung B zum Tank T.



Halt

Öl fließt von Pumpenöffnung P zum Tank T. Zylinderöffnungen A und B sind geschlossen: Die Kolbenstange bleibt unverändert in ihrer Stellung.

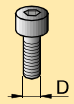
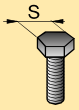
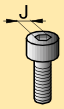


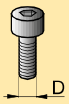
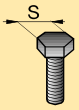
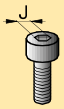
Einfahren

Öl fließt von der Pumpen-öffnung P zur Zylinderöffnung B sowie von der Zylinder-öffnung A zum Tank T: Die Zylinderkolbenstange wird eingefahren.

© Enerpac

Sechskant-Bolzen & Mutterngrößen

METRISCH		
		
Gewinde-größe D (mm)	**Sechskant-größe** S (mm)	**Innensechs-kantgröße** J (mm)
M 10	17	8
M 12	19	10
M 14	22	12
M 16	24	14
M 18	27	14
M 20	30	17
M 22	32	17
M 24	36	19
M 27	41	19
M 30	46	22
M 33	50	24
M 36	55	27
M 39	60	27 (30)
M 42	65	32
M 45	70	-
M 48	75	36
M 52	80	36
M 56	85	41
M 60	90	46
M 64	95	46
M 68	100	50
M 72	105	55
M 76	110	60
M 80	115	65
M 85	120	70
M 90	130	70 (75)
M 95	135	-
M 100	145	85
M 105	150	-
M 110	155	-
M 115	165	-
M 120	170	-
M 125	180	-
M 130	185	-
M 140	200	-
M 150	210	-

ZÖLLIG		
		
Gewinde-größe D (Zoll)	**Sechskant-größe *** S (Zoll)	**Innensechs-kantgröße** J (Zoll)
5/8"	1 1/16"	1/2"
3/4"	1 1/4"	5/8"
7/8"	1 7/16"	3/4"
1"	1 5/8"	3/4"
1 1/8"	1 13/16"	7/8"
1 1/4"	2"	7/8"
1 3/8"	2 3/16"	1"
1 1/2"	2 3/8"	1"
1 5/8"	2 9/16"	-
1 3/4"	2 3/4"	1 1/4"
1 7/8"	2 15/16"	1 3/8"
2"	3 1/8"	1 5/8"
2 1/4"	3 1/2"	1 3/4"
2 1/2"	3 7/8"	1 7/8"
2 3/4"	4 1/4"	2"
3"	4 5/8"	2 1/4"
3 1/4"	5"	2 1/4"

* Sechskantmuttern mit großer Schlüsselweite.

Bestimmen Sie das maximale Drehmoment anhand der Bolzen-/Mutterngröße und Festigkeit. Folgen Sie dazu immer den Herstellerangaben oder den technischen Instruktionen, wenn Sie Schraubverbindungen herstellen wollen.

WICHTIG

Die Sechskantgrößen in der nachfolgenden Tabelle dienen lediglich als Anhaltswert. Vor der Auswahl des Werkzeugs sollten Sie unbedingt die tatsächlichen Abmessungen prüfen.

Stecknüsse

Verwenden Sie ausschließlich Heavy Duty Schlagschrauber-nüsse für Verschraubungsgeräte mit Motorantrieb, und zwar gemäß ISO 2725 und ISO1174; DIN 3129 und DIN 3121 oder ASME-B107.2/1995.

Seite: 216

Drehmomentverschraubung

ENERPAC

Verschraubungsmethoden

Grundsätzlich gibt es zwei Verschraubungsmethoden: „Kontrolliert“ und „unkontrolliert“.

Unkontrollierte Verschraubung

Die Ergebnisse der eingesetzten Geräte bzw. Verfahren können nicht kontrolliert werden. Auf die Bolzen-/Mutter-Anordnung wird mit einem Hammer und einem Schraubenschlüssel oder einem anderen Schlagwerkzeug eine bestimmte Vorspannung angewandt.

Kontrollierte Verschraubung

Es kommen kalibrierte und kontrollierbare Geräte sowie geschultes Personal zum Einsatz. Außerdem werden vorgeschriebene Verfahren befolgt.

Die Vorteile kontrollierter Verschraubung

Bekannte, kontrollierbare und genaue Bolzenbelastungen

Einsatz von Werkzeugen mit kontrollierbaren Ergebnissen und Anwendung von Berechnungen zur Bestimmung der erforderlichen Werkzeugeinstellungen.

Einheitliche Bolzenbelastung

Besonders wichtig bei abgedichteten Verbindungen, da die Wirksamkeit einer Dichtung durch einen gleichmäßigen und gleichbleibenden Druck bedingt wird.

Sicherer Betrieb durch vorgeschriebene Verfahren

Bei manueller, unkontrollierter Verschraubung auftretende, gefährliche Handlungen werden ausgeschlossen. Setzt die Schulung des Bedienungspersonals und die Einhaltung vorgeschriebener Verfahren voraus.

Reduzierter Arbeitsaufwand ermöglicht Produktivitätssteigerung

Geringerer Verschraubungsaufwand und geringere Ermüdung des Bedienungspersonals durch kontrollierten Werkzeugeinsatz statt körperlicher Anstrengungen.

Zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse

Durch den Einsatz von kalibrierten, getesteten Geräten und geschultem Bedienungspersonal sowie die Befolgung von vorgeschriebenen Verfahren werden konstante Ergebnisse erzielt.

Sofort das richtige Resultat

Die mit einer fehlerhaften Verschraubung verbundenen Risiken können reduziert werden, wenn die Verbindung gleich beim ersten Mal richtig montiert und verschraubt wird.

Lösungen für die Verschraubungstechnik

Für nähere Informationen über Drehmomentverschraubung oder andere kontrollierte Verschraubungsmethoden besuchen Sie unsere Website oder bestellen Sie unseren Katalog Lösungen für die Verschraubungstechnik.

On-line Verschraubungsberechnung

Eine umfassende, kostenlose Online-Softwarelösung für Verschraubungen. Integrierte Datenbank mit Angaben zu:

- ASME B16.5, ASME B16.47, API 6A und API 17D Flanschverbindungen
- allgemeinem Dichtungsmaterial und -ausführungen
- unserem umfassenden Bolzenmaterialsortiment
- unserem umfassenden Schmiermittelsortiment
- Geräten von Enerpac für kontrollierte Verschraubung einschließlich: Drehmomentvervielfältiger, hydraulische Drehmomentschlüssel und Bolzenspannwerkzeuge.

Auch Ihre eigenen Verschraubungsdaten können erfasst werden.

Die Software ermöglicht die Werkzeugauswahl, Schraubenlastberechnungen und Werkzeugdruckeinstellungen. Außerdem steht ein kombinierter Bericht mit Anwendungsdatenblatt und Verschraubungsprüfbericht zur Verfügung.

Seite: 412

Was ist Drehmoment?

Das Drehmoment ist die physikalische Größe die besagt, wie viel Kraft erforderlich ist, um ein Objekt zum Drehen zu bringen.

Was ist Drehmomentverschraubung?

Die Anwendung einer Vorspannung auf eine Schraubbefestigung durch Drehen der Befestigungsmutter.

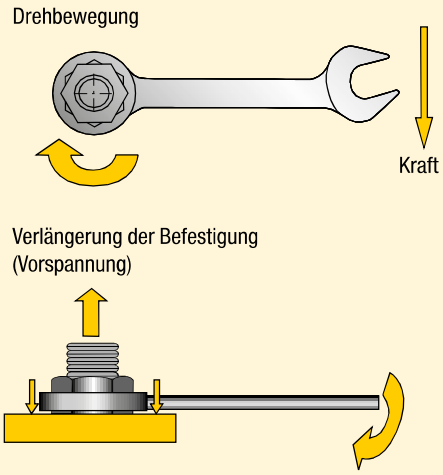
Drehmomentverschraubung und Vorspannung

Wie viel Vorspannung durch die Verschraubung entsteht, wird hauptsächlich durch den Reibungswiderstand bedingt.

Grundsätzlich setzt sich das Drehmoment aus drei Komponenten zusammen:

- Dem Drehmoment zur Verlängerung des Bolzens
- Dem Drehmoment zur Überwindung des Reibungswiderstands des Bolzen- und Muttergewindes
- Dem Drehmoment zur Überwindung des Reibungswiderstands an der Auflagefläche der Mutter.

Drehmomentverschraubung



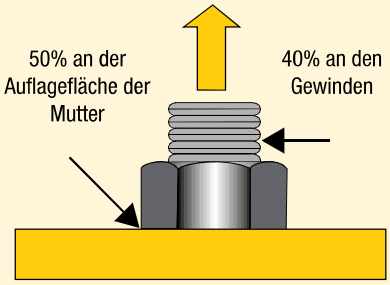
Vorspannung (Restspannung) =
Angewandtes Drehmoment *abzüglich* Reibungsverluste

Schmierung reduziert die Reibung

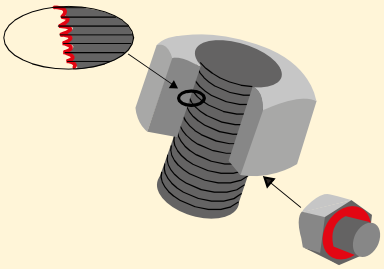
Schmierung reduziert die Reibung während der Verschraubung, verringert das Risiko einer fehlerhaften Bolzenmontage und erhöht die Lebensdauer des Bolzens. Unterschiedliche Reibungskoeffizienten beeinträchtigen die bei einem bestimmten Drehmoment erreichte Vorspannung. Eine höhere Reibung bedeutet, dass mit einem betreffenden Drehmoment weniger Vorspannung erreicht werden kann. Um den genauen, erforderlichen Drehmomentwert bestimmen zu können, muss der Reibungskoeffizient des Schmiermittelherstellers bekannt sein.
Es sollte ein Schmiermittel an der Auflagefläche der Mutter und am Bolzengewinde angebracht werden.

Reibungsverluste

10% wird in Vorspannung umgewandelt



Reibungsverluste (trockener Stahlbolzen)



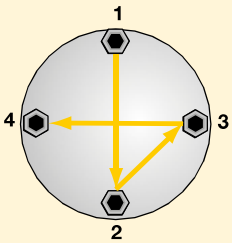
Bei der Drehmomentverschraubung immer alle Reibungspunkte schmieren.

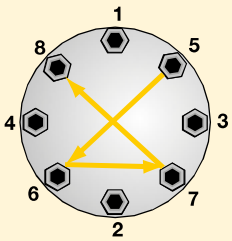
Verschraubungsverfahren

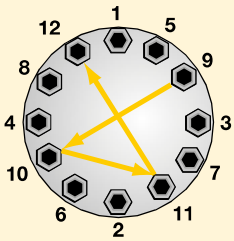
Beim Verschrauben wird meistens nur ein Bolzen gleichzeitig festgezogen. Dies kann zu Punktbelastung und Streuung der Belastung führen.

Um dies zu vermeiden, sollte die Drehmomentverschraubung nach der folgenden Methode erfolgen:

Ablauf der Drehmomentverschraubung







Schritt 1 Mutter so weit auf den Bolzen drehen, dass etwa 2 - 3 Gewindegänge aus der Mutter herausstehen.

Schritt 2 Alle Bolzen mit einem Drittel des letztendlich erforderlichen Drehmoments nach dem oben stehenden Muster festziehen.

Schritt 3 Das Drehmoment nach dem oben stehenden Muster auf zwei Drittel des Gesamtdrehmoments erhöhen.

Schritt 4 Das Drehmoment nach dem oben stehenden Muster auf das vollständige Drehmoment erhöhen.

Schritt 5 Schließlich alle Bolzen, angefangen beim 1. Bolzen, im Uhrzeigersinn noch einmal mit dem vollständigen Drehmoment anziehen.

Auswahl des richtigen Drehmomentschlüssels

Gehen Sie bei der Wahl Ihres Enerpac-Drehmomentschlüssels von der folgenden Faustregel aus:

- Zum Lösen einer Mutter oder eines Bolzens ist gewöhnlich ein höheres Drehmoment erforderlich als beim Festziehen.
- Unter normalen Bedingungen beträgt das Lösedrehmoment **2½ Mal** das Festziehdrehmoment.
- Beim Lösen oder Festziehen von Muttern oder Bolzen nicht mehr als 75% des höchstzulässigen Werkzeugdrehmoments anwenden.

Einfluss von Umgebungsbedingungen auf Verschraubungen

- Korrosion (Rost) erfordert ein bis zu **zweimal** höheres Festziehdrehmoment.
- Seewasser- und chemische Korrosion erfordert ein bis zu **2½ Mal** höheres Festziehdrehmoment.
- Thermische Oxidation erfordert ein bis zu **3 Mal** höheres Festziehdrehmoment.

Lösedrehmoment

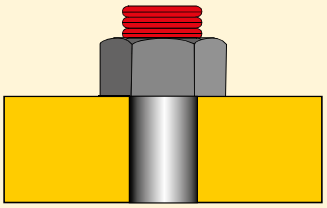
In der Regel liegt das Lösedrehmoment höher als das Festziehdrehmoment. Dies ist hauptsächlich durch Korrosion und Verformungen der Bolzen- und Muttergewinde bedingt.

Das Lösedrehmoment kann nicht genau berechnet werden, liegt jedoch ggf. bis zu **2½ Mal** über dem Festziehdrehmoment.

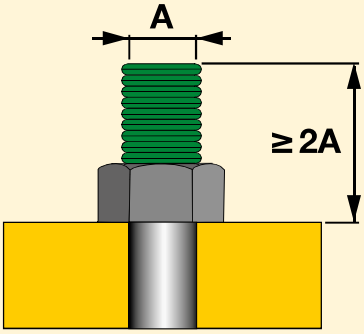
Bei der Lösung von Verschraubungen sollten immer Kriechöl oder Anti-Seize-Produkte verwendet werden.

Vorspannen erfordert längere Bolzen

FALSCH



RICHTIG



Was ist Bolzenvorspannen?

Bolzenvorspannen ist die direkte Dehnung des Bolzenschafts in Axialrichtung zur Erzeugung der Vorspannung. Ungenauigkeiten aufgrund von Reibung werden eliminiert. Die relativ hohe Kraft zur Erzeugung des Drehmoments wird durch den einfach zu erzeugenden Hydraulikdruck ersetzt. Durch gleichzeitige Spannung aller Bolzen wird eine in allen Bolzen identische Vorspannung erreicht.

Vorspannen erfordert längere Schrauben und um die Mutter herum muss außerdem eine Auflagefläche vorhanden sein. Vorspannen kann mit abnehmbaren Vorspannzylinder oder mit Hydraulikmuttern bewerkstelligt werden.

Vorspannung (Restspannung) = Aufgebrachte Last abzüglich Vorspannungsverluste

Was ist Vorspannungsverlust?

Vorspannungsverlust ist der Verlust der ursprünglichen Bolzendehnung durch Einwirkung von Gewindeverbiegung, radiale Erweiterung der Mutter oder Einsinken der Mutter in den Auflagebereich des Flansches. Vorspannungsverlust wird in den Berechnungen berücksichtigt und zur verlangten Vorspannung addiert, um die anfängliche**aufgebrachte Last** zu bestimmen.

Die Vorspannung hängt von der aufgebrachten Last und dem Lastverlust ab (Lastverlustfaktor).

GLOSSAR DER VERWENDETEN BEGRIFFE

Aufgebrachte Last:
Die während der Spannung auf einen Bolzen wirkende Zuglast einschließlich dem Zuschlag für Lastverlust.

Bolzenspannen:
Ein Verfahren zum kontrollierten Bolzenspannen, das die Vorspannung durch Axialzug direkt am Bolzen erzeugt.

Lösedrehmoment:
Das Drehmoment, das zum Lösen eines festgezogenen Bolzens erforderlich ist. (Gewöhnlich erfordert das Lösen ein höheres Drehmoment als das Festziehen.)

Elastischer Bereich:
Der Bereich auf der Last- / Dehnungskurve eines Bolzens, in dem die Dehnung linear proportional mit der einwirkenden Last ist.

Plastischer Bereich:
Der Bereich auf der Last- / Dehnungskurve eines Bolzens, in dem die Dehnung den Bolzen permanent verformt.

Vorspannungsverlust:
Die Lastverluste, die bei der Übertragung der Last aus einem Spannwerkzeug auf eine Bolzenverbindung auftreten (sie können durch Verformung der Gewindegänge oder Einsinken der Mutter in die Flanschkontaktfläche entstehen und werden rechnerisch als Quotient aus Schraubenlänge und Bolzendurchmesser angegeben).

Laststreuung:
Die Verteilung unterschiedlicher Lasten in einer Reihe von Bolzen nach Aufbringen der Last. Sie entsteht hauptsächlich durch elastische Einwirkung auf die Bolzen und die Flanschteile, da die zuletzt angezogenen Bolzen den Flansch zusätzlich zusammendrücken, werden die zuvor angezogenen Bolzen dadurch leicht entspannt.

Vorspannung:
Die unmittelbar nach der Verschraubung verbleibende Bolzenspannung.

Prüflast:
Die Prüflast wird oft gleichbedeutend mit Reißfestigkeit verwendet, wird aber gewöhnlich bei 0,2% plastischer Verformung gemessen.

Reißpunkt:
Der Punkt auf der Last-/Dehnungskurve, bei dem die Zugbelastung des Bolzens das Reißen des Bolzens bewirkt.

Drehmomentspannen:
Die Anwendung von Vorspannung auf einen Bolzen durch Drehen der Mutter des Bolzens.

Zugfestigkeit:
Die maximale Zugspannung, die in einem Bolzen durch Zugbelastung erzeugt werden kann.

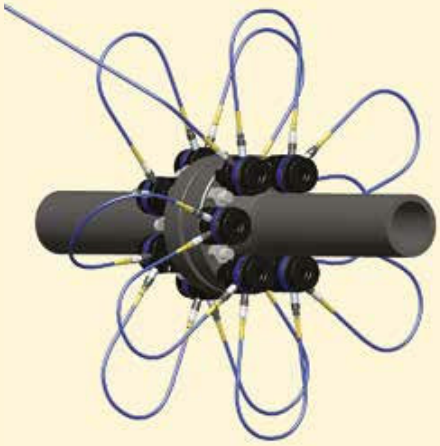
Fließgrenze:
Der Punkt, bei dem die Zugbelastung des Bolzens den Beginn seiner plastischen Verformung bewirkt.

HINWEIS: Bolzen wird hier als generischer Begriff aller Arten von Befestigungsmitteln verwendet, die über ein Gewinde verfügen.

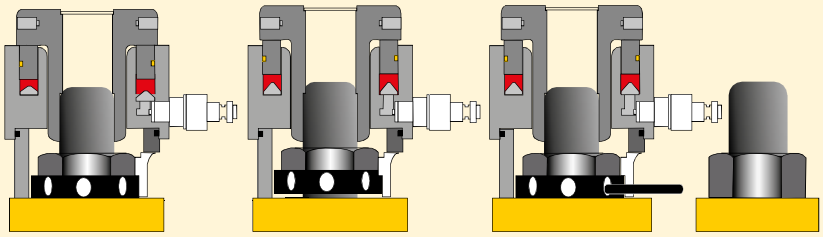
80% **Die hier angegebenen Werte für Druck und Drehmoment sind maximale Sicherheitswerte. Hydraulikausrüstungen mit maximal 80% dieser Werte belasten!** **80%**

Spannvorgang

Vorspannen ermöglicht gleichzeitiges Spannen mehrerer Bolzen. Die Spannwerkzeuge werden dazu mit Hochdruckschläuchen in Serie geschaltet und an eine Hydraulikpumpe angeschlossen. Dieses Verfahren stellt sicher, dass an jedem Spannwerkzeug die gleiche Zugspannung erzeugt und damit an allen Bolzen identische Vorspannungen aufgebracht werden. Das Verfahren eignet sich daher hervorragend für Druckbehälter, wo es besonders wichtig ist, dass die Flansch- oder Deckeldichtungen überall gleich stark komprimiert werden.



Allgemeines Verfahren



Schritt 1 Schritt 2 Schritt 3 Schritt 4

Schritt 1: Der Bolzenspanner wird am überstehenden Schraubenschaft angebracht.

Schritt 2: Der Bolzenspanner wird mit Hydraulikdruck beaufschlagt und dehnt den Bolzen.

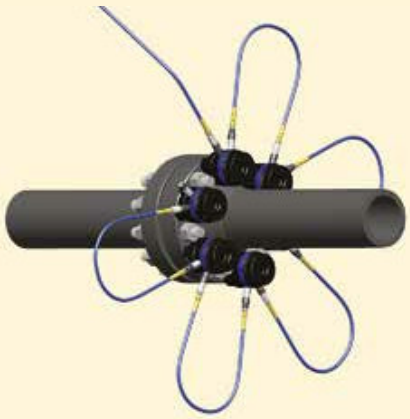
Schritt 3: Die Mutter wird angezogen, bis sie die Auflagestelle wieder berührt.

Schritt 4: Der Hydraulikdruck wird abgeschaltet und das Spannwerkzeug wird entfernt.

Da sich der Bolzen wie eine Feder verhält und bei Entfernung des Hydraulikdrucks nun durch die stärker angezogene Mutter gespannt wird, entwickelt der Bolzen die erforderliche Spannkraft, die auf den Flansch wirkt.

Konfiguration bei 100%-iger Spannsequenz

Alle Bolzen werden gleichzeitig gespannt.



Weniger als 100% Spannung

Die gleichzeitige und endgültige Spannung aller Bolzen kann nicht bei allen Anwendungen eingesetzt werden. Hier muss dann mindestens mit zwei unterschiedlichen Spanndrücken gearbeitet werden. Bei den zuerst gespannten Bolzen tritt hier wieder "Load Loss" (Spanndruckverlust) ein, wenn die zweite Bolzengruppe gespannt wird.

Die erste Gruppe wird stärker vorgespannt und erreicht ihre Nennvorspannung durch Entspannung bei der Anspannung der zweiten Gruppe.

Konfiguration bei 50%-iger Spannsequenz

Hier wird erst die Hälfte der Bolzen simultan gespannt. Anschließend wird das Werkzeug auf den verbleibenden Bolzen angebracht, die dann gespannt werden.

Lesen Sie die Bedienungs-anleitungen aufmerksam durch

Die Bedienungsanleitungen der Produkte enthalten nützliche Hinweise zur richtigen und sicheren Verwendung der Produkte von Enerpac und deren Einstellung.

Verschraubungssoftware

ENERPAC

Die Verschraubungssoftware von Enerpac spielt eine wichtige Rolle bei der Anwendung und Kontrolle der Schraubverbindungen. Die Software wird innerhalb von Enerpac intensiv genutzt und zunehmend weltweit von einer Vielzahl von Kunden oft gemeinsam mit Wartungs-, Konstruktions- und Betriebssystemen verwendet.

- Die vor über 20 Jahren erstmals entwickelte Software wurde basierend auf Benutzerfeedback, technologischen Fortschritten und unserer Rolle in den Normenausschüssen der Industrie kontinuierlich aktualisiert und verbessert, um die umfassendste Softwarelösung für Verschraubungen auf dem Markt zu entwickeln.
- Empfohlene Bolzenbelastungen für Standardverschraubungen werden von unabhängig geprüften Berechnungsmethoden abgeleitet und sind auf Normen rückführbar.

Integrierte Datenbank mit Angaben zu:

- ASME B16.5-, ASME B16.47-, API 6A- und API 17D-Flanschverbindungen
- Gängige Dichtmaterialien und Konfigurationen
- Umfassende Flansch- und Verschraubungsmaterialien
- Umfassende Reihe Schmiermittel
- Enerpac Verschraubungswerkzeuge für kontrolliertes Festziehen und Lösen umfassen Drehmomentvervielfältiger, hydraulische Drehmomentschlüssel und Bolzenspannwerkzeuge.
- Auch Ihre eigenen Verschraubungsdaten können erfasst werden.

Verschraubungssoftware

Die Software bietet Werkzeugauswahl, Schrauben-lastberechnungen und Werkzeugdruckeinstellungen, sowie eine Kombination von Anwendungsspezifikation und Abschlussprotokoll. Diese Software beinhaltet folgende Auswahlmöglichkeiten für Hydraulikwerkzeuge:

- Drehmomentschlüssel der S-, W-, RSL-, DSX- und HMT-Serie,
- Vorspannwerkzeuge der HM, GT und EAJ-Serie.

Software-Modell-Nr.	**INFORMATE Abonnements** Für nähere Informationen wenden Sie sich bitte an Enerpac.
BSO1PP	Bolting Software 1 Person Kauf
BSO1PAS	Bolting Software 1 Person jährliche Unterstützung
BSO5PP	Bolting Software 5 Personen Kauf
BSO5PAS	Bolting Software 5 Personen jährlicher Support

▲ **Standardmäßiges Flansch-Berechnungsmenü (INFORMATE)**

Das Verschraubungssoftwarepaket von Enerpac umfasst:

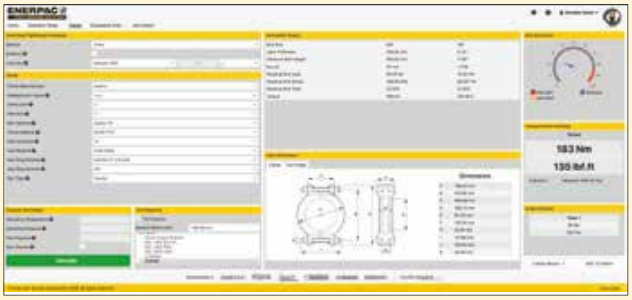
- **Bolt-Up** - Online-Bolzenlastrechner. Kostenloser Zugang und kostenlose Nutzung unter www.enerpac.com.
- **INFORMATE** - Hochentwickelte Berechnungs- und Verfahrenssoftware. Kontaktieren Sie Enerpac für Benutzerlizenzen und speziellen Support.
- **IDMS Integrity Data Management System** - Ein komplettes Integrity Assurance-Projektmanagementpaket für die Verwaltung von Schraubverbindungen über den gesamten Lebenszyklus. Kontaktieren Sie Enerpac für Benutzerlizenzen und speziellen Support.

Bolt-Up

Bolt-Up ist ein benutzerfreundlicher Online-Rechner, der auf dem Informate-Rechner basiert. Mit diesem Rechner kann die Bolzenbelastung für Folgendes zuverlässig und reproduzierbar berechnet werden:

- ANSI 16.5 Standard-Vorschweißflansche aus Kohlenstoffstahl mit einer begrenzten Auswahl an Verschraubungsmaterialien, ausgewählten Dichtungsoptionen und einem festen Schmierwert.
- Die Eingabe grundlegender Informationen zur Verschraubungskonfiguration ermöglicht Bolt-Up Folgendes zu bestimmen: Verschraubungsspannung, Verschraubungsbelastung und erforderliches Drehmoment. Diese Ergebnisse werden neben den grundlegenden Flansch- und Schraubeninformationen angezeigt, z. B. Verbindungsstärke und Bolzengröße/-anzahl.

▲ Engineered-Joint-Menü (INFORMATE)



▲ Clamp-Menü (INFORMATE)

INFORMATE Software zur Berechnung der Bolzenbelastung

INFORMATE kann für eine Vielzahl von Flanschverbindungen und Klemmverbindungen in nahezu jeder Situation von der Prozessleitung bis hin zu kundenspezifischen Flanschverbindungen eingesetzt werden.

- Berechnen Sie Verschraubungsspannungen und Verschraubungsbelastungen, bestimmen Sie den Werkzeugdruck für Drehmoment- und Spanngeräte von Enerpac, analysieren Sie bestehende und testen Sie kundenspezifische Verbindungen.
- Umfangreiche Materialdatenbank mit allen gängigen Normen:
  - Bekannte und branchenspezifische Schmierstoffe
  - 200+ Verschraubungsmaterialien
  - 500+ Flanschmaterialien
  - 60+ Dichtungsmaterialien
- Engineered Joint Calculation Features - ermöglichen verschiedene Arten von Verschraubungsanwendungen für nicht-runde oder konstruktive Anwendungen.
- Informate wird direkt auf dem Desktop installiert oder über das Internet aufgerufen. Informate ist in einer Version erhältlich, die den Kundenanforderungen entsprechend konfigurierbar ist und mehrere internationale Normen sowie die neuesten und zukünftigen gesetzlichen Daten enthält, wenn sie mit einem Wartungspaket geliefert wird.

Integrity Data Management System (iDMS)

iDMS ist auf Informate basiert und ein flexibles System zur Datenverarbeitung und Arbeitsplanung, das speziell für Anwendungen bei Verschraubungen entwickelt wurde.

Im System werden sämtliche Daten des Lebenszyklus aller entscheidenden Verschraubungen in einer Anlage gespeichert. Es erleichtert die Planung, gewährleistet die Zuverlässigkeit der Verschraubung und reduziert den Konstruktions- und Wartungsaufwand sowie die betreffenden Kosten.

- Das System bietet Managern und Technikern wesentliche Informationen über die bei der Montage verwendeten Verbindungskomponenten, spezifiziert darüber hinaus die Werkzeuge und die Drehmoment- oder Spannungswerte, um eine leckagefreie Verbindung zu gewährleisten.
- Ermöglicht Planern und Wartungstechnikern, schnell Arbeitspakete mit allen Unterlagen zu erstellen und diese bis zur Fertigstellung zu verfolgen.
- Wann immer an einer Verbindung gearbeitet wird, kann auf die gesamte Vorgeschichte und Erfahrung dieser Verbindung zurückgegriffen werden, sodass vor der Montage und dem Anziehen der Verbindung proaktiv auf die besonderen Anforderungen der Verbindung eingegangen werden kann.

Mit iDMS stehen maßgeschneiderte Lösungen zur Verfügung, die auf die Anforderungen der Kunden zugeschnitten sind, z.B.:

- Eingebetteter Informate-Verschraubungsrechner
- Export und Import von Daten in Asset-Management-Systeme
- Datenexport zur Aktualisierung der Kundendokumentation
- Farbcodierung der Verbindung ermöglicht eine sofortige Überprüfung des Status.

Kontaktieren Sie Enerpac für eine Benutzerlizenz