



Beratung unter:



(0 71 51) 7 26 26

Bestellen unter:



(0 71 51) 7 26 26

Fax

(0 71 51) 7 42 01



info@maku-industrie.de



www.maku-industrie.de

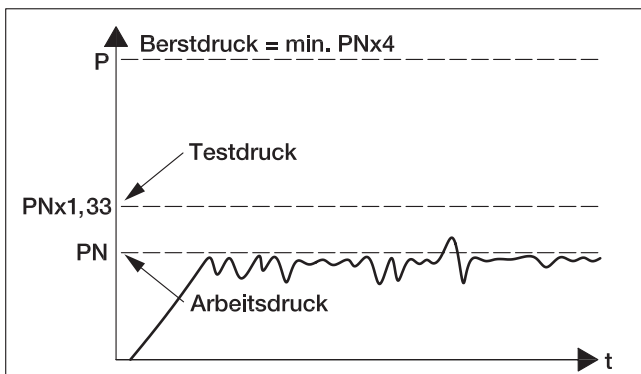
EO[®] Ermeto Original **Leistungsdaten**



Druckangaben

Nenndruck PN

Der Nenndruck beziffert die Druckstufe eines hydraulischen Teils bei fortlaufender dynamischer Anwendung. Die Ziffer wird gerundet, um den international üblichen Werten zu entsprechen. Logische Kombinationen von Verschraubungen werden zusammengefasst, wobei der Nenndruck der Gruppe der niedrigste gemeinsame Nenner innerhalb der Gruppe ist.



Diese Nenndrücke sind international anerkannt und dienen zur Abstimmung gebräuchlicher Komponentengrößen untereinander.

Belastungsprüfungen auf Berstdruck entsprechen mindestens dem Vierfachen des Nenndruckwertes. Um den langfristig dynamischen Lastwiderstand zu belegen, wurden die Komponenten unter Impulsbedingungen von $PN \times 1,33$ bei 1 Hz in **1 Million Zyklen** getestet.

Ausnahme: Für alle Kugelhähne gilt der PN-Wert mit Sicherheitsfaktor 1,5 gemäß DIN 3230 T5 und ISO 5108.

Umrechnungstabelle

Bar	Mpa	PSI
100	10,0	1450
160	16,0	2321
210	21,0	3045
315	31,5	4569
350	35,0	5075
400	40,0	5801

Druckabschläge und Temperaturen

Werkstoffbedingt erforderliche Druckabschläge (abhängig vom Material) gegenüber den Katalogangaben bei erhöhten Temperaturen. Verschraubungswerkstoff und Dichtungsmaterial müssen entsprechend der Betriebstemperatur ausgewählt werden.

Achtung: Medienbeständigkeit siehe Seite C5.

Verschraubungs- werkstoff	Druckabschläge der zulässigen Betriebstemperaturen in °C														
	-60	-50	-40	-35	-25	+20	+50	+100	+120	+150	+175	+200	+250	+300	+400
Stahl- verschraubungen						0%				11%	19%		28%		
Stahlrohre						0%					19%		27%		
Edelstahl- verschraubungen						0%				11%		20%		30%	
Edelstahlrohre						0%		5,5%	11,5%		21,5%		29%		34%
Messing- verschraubungen ¹⁾						35%									
Dichtungswerkstoff NBR (z. B. Perbunan)															
Dichtungswerkstoff FKM															
Dichtungswerkstoff EPDM ²⁾															

- Zulässige Betriebstemperatur
- Zulässige Umgebungstemperatur bei hydraulischer und pneumatischer Anwendung
- Temperatur nicht zulässig

Perbunan = Warenzeichen der Fa. Bayer
¹⁾ 35 % (wenn nicht anders in separater PN-Spalte für Messing aufgeführt)
²⁾ EPDM ist nicht mit Öl kompatibel (kein Lagerartikel)

Berechnungsbeispiel:
 PN Verschraubung 16S/71 = 400 Bar
 Temperatur = 200 °C
 Material = Nichtrostender Stahl
 Druckabschlag Verschraubungen = 20 %
 Druckabschlag Rohre = 21,5 %
 PN Rohr 16 x 2.5/71, DIN 2413 III = 362 Bar

Formel:

$$PN_{\text{Verschraubung } 200^{\circ}\text{C}} = \frac{400 \text{ bar}}{100\%} \times (100\% - 20\%) = 320 \text{ bar}$$

$$PN_{\text{Rohr } 200^{\circ}\text{C}} = \frac{362 \text{ bar}}{100\%} \times (100\% - 21,5\%) = 284 \text{ bar}$$

Werkstoffe

Ver-schrau-bungen	Rohmaterial	Werkstoff				Verschraubungstyp									
						EO			O-Lok®			Triple-Lok®			
		Bezeichnung ²⁾	Werkstoff	Norm Nr.	US Bezeichnung ²⁾	Körper	Muttern	Ringe	Schweiß-verschr.	Körper	Muttern	Hülsen	Körper	Muttern	Hülsen
Stahl	Stangenmaterial Automatenstahl	11SMnPb30	1.0718	DIN EN 10277-3	SAE 12L14	X				X		X	X		X
		11SMn30	1.0715	DIN EN 10277-3	SAE 1213	X									
		46S20	1.0727	DIN EN 10277-3	SAE 1146	X									
	Schmiederohlinge Automatenstahl	15S10	1.0710	DIN 1651		X									
		11SMn30 modifiziert	1.0715	DIN EN 10087	SAE 1213 modifiziert					X			X		
		36SMn14	1.0764	DIN EN 10087		X									
		C45 modifiziert	1.0503	DIN EN 10083	SAE 1045 modifiziert		X				X			X	
	Fließpressstahl	C10C	1.0214	DIN EN 10263	SAE C1010		X				X	X		X	X
	Schweißbarer Stahl	C15	1.0401	DIN 10277-3					X						
	Andere	Stahlwerkstoff nach Herstellerermessen wärmebehandelt							X						X
Edelstahl	Stangenmaterial	X6CrNiMoTi 17-12-2	1.4571	DIN EN 10088	ANSI 316TI	X	X		X						
		X2CrNiMo 17-13-2	1.4404	DIN EN 10088	ANSI 316L					X	X	X	X	X	X
	Schmiederohlinge	X6CrNiMo Ti17-12-2	1.4571	DIN EN 10088	ANSI 316TI	X	X		X						
		X5CrNiMo 17-12-2	1.4401	DIN EN 10088	ANSI 316					X	X	X	X	X	X
	Andere	Edelstahlwerkstoff nach Herstellerermessen wärmebehandelt							X						
Messing	Stangenmaterial	CuZn35Ni2	2.0540	DIN 17660		X	X	X							
				ASTM B16/B453	CA360/345					X	X	X	X	X	X
	Schmiederohlinge	CuZn35Ni2	2.0540	DIN 17660		X									
				ASTM B124	CA377					X			X		

1) Für nicht genormte Verschraubungen wie z. B. Schwenkverschraubungen, Funktionsverschraubungen und einstellbare Verschraubungen mit Kontermutter können auch andere Werkstoffe verwendet werden.

2) Gleichwertige Werkstoffe können verwendet werden.

Rohling: 11 SMn 30+Bi (ähnlich der 1.0715/DIN EN 10087)

Gerade: 11 SMn Pb 30 (1.0718/DIN EN 102773)

Dichtungen	NBR	z. B. N552-90, Perbunan (Warenzeichen der Firma Bayer)
	FKM	z. B. V894-90
	EPDM	z. B. E540-80
	PTFE	z. B. Teflon® (Warenzeichen der Firma DuPont)
	POM	z. B. Delrin (Warenzeichen der Firma DuPont)

Oberflächenbehandlung

Parker-Rohrverschraubungen aus Stahl werden weltweit einheitlich mit einem hochwertigen Oberflächenschutz geliefert. New Generation Verschraubungen mit höherwertigem Oberflächenschutz werden galvanisch verzinkt, transparent passiviert und mit einer speziellen Versiegelung versehen (Kurzzeichen CF).

Warum verzinkt?

Die Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit von Verschraubungen sind in den letzten Jahren gestiegen. In zunehmendem Maße wird von einer Lackierung der Rohrleitungssysteme abgesehen. Auch an die Optik werden höhere Anforderungen gestellt.

Die früher bei Rohrverschraubungen übliche schwarz-graue Oberfläche „phosphatiert und geölt“ (Kurzzeichen: Znphr5f-DIN 50942) konnte diese Ansprüche nicht mehr erfüllen. Eine galvanisch abgeschiedene Zinkschicht bietet dagegen folgende Vorteile: Durch eine Schichtstärke von mind. 8 µm und die zusätzliche Versiegelung durch den Chromatisierungsprozess steigt die Korrosionsbeständigkeit deutlich an. Bei Kratzern oder Schlagstellen, die sich bei der Montage nicht vermeiden lassen, entwickelt Zink eine kathodische Schutzwirkung, die den Stahl-Verschraubungskörper vor korrosivem Abtrag und Lochfraß schützt.

Um höchsten Ansprüchen gerecht zu werden, hat sich die Korrosionsbeständigkeit der CF Oberfläche im Vergleich zur verzinkten

Oberfläche um 400% gesteigert. Die CF Oberfläche ist Cr(VI)-frei und trägt damit entscheidend zum Arbeitsschutz bei. Es erfüllt bereits heute zukünftige Spezifikationen, z. B. der europäischen „End of Life Vehicles“ Direktive des Europäischen Parlaments.

Die silberne Farbe, die beim Chromatieren oder Passivieren entsteht, gibt der Verschraubung ein attraktives Erscheinungsbild.

Alle Parker TFDE Fertigungsanlagen verfügen über eigene moderne Galvanikanlagen, deren Prozessführung speziell auf die Produktpalette abgestimmt ist.

Die Anwender von Parker-Verschraubungen profitieren daher von:

- homogenen Schichtdicken (durchschnittlich 13 µm, gemessen an Außenkonturen) für gute Gewindeschraubbarkeit
- überdurchschnittlich guter Qualität in Bezug auf Schlagstellenfreiheit
- sehr guter Korrosionsbeständigkeit

Fertigungsbegleitende Korrosionsbeständigkeit-Prüfungen in Form von Salzsprühnebel-Prüfungen nach ISO 9227/5% NaCl zeigen eine durchschnittliche Beständigkeit von 500 Std. gegenüber Weißrost, sowie 700 Std. Rotrost für die CF Oberfläche.

Aus funktionstechnischen Gründen oder zum Zweck der Unterscheidungsmöglichkeit werden bestimmte Verschraubungsreihen oder -Komponenten und Ventile in anderen bzw. modifizierten Oberflächen geliefert.

Werkstoff	Verschraubungs-System	Verschraubungstyp	Oberflächenschutz/Oberfläche							
			CF verzinkt, transparent passiviert	CF + Gleitbeschichtung	A3K verzinkt, transparent passiviert	Znphr5f phosphatiert und geölt	Blank + keine Beschichtung	Blank + Gleitbeschichtung	Blank + innen versilbert	
New Generation Stahl	EO2-Plus	Verschraubungskörper	X							
		Funktionsmuttern		X						
	EO-Plus	Verschraubungskörper	X							
		Muttern		X						
	Progressive Stop Ringe				X					
EO2-FORM	Körper und Muttern werden von EO-Plus verwendet									
Stahl	EO-2	Verschraubungskörper	X							
		Funktionsmuttern		X						
	EO	Verschraubungskörper	X							
		Muttern		X						
		Progressive Stop Ringe				X				
	Schweißversch.					X				
	EO2-FORM	Körper und Muttern werden von EO verwendet								
	O-Lok®	Verschraubungskörper	X							
		Muttern	X							
		Parflange® Hülsen	X							
Löthülsen							X			
Triple-Lok®	Verschraubungskörper	X								
	Muttern	X								
	Hülsen	X								

Werkstoff	Ver-schraubungs-System	Verschraubungstyp	Oberflächenschutz/Oberfläche							
			CF verzinkt, transparent passiviert	CF + Gleit-beschichtung	A3K verzinkt, transparent passiviert	Znphr5f phosphatiert und geölt	Blank keine Beschichtung	Blank + Gleit-beschichtung	Blank + innen versilbert	
Edelstahl	EO-2	Verschraubungskörper					X			
		Funktionsmuttern bis zu 12-L/10-S						X		
		Funktionsmuttern von 15-L/12-S							X	
	EO	Verschraubungskörper					X			
		Muttern bis zu 12-L/10-S						X		
		Muttern von 15-L/12-S							X	
			Progressive Ringe				X			
	EO2-FORM	Körper und Muttern werden von EO verwendet								
	O-Lok®	Verschraubungskörper					X			
		Muttern					X			
		Hülsen					X			
	Triple-Lok®	Verschraubungskörper					X			
Muttern						X				
Hülsen						X				
Messing	Alle Systeme	Verschraubungskörper					X			
		Muttern					X			
		Hülsen & Ringe					X			

A3K gemäß DIN EN ISO 4042 / Znphr5f gemäß DIN EN ISO 3892 und DIN 50942

Medienbeständigkeit

Verschraubungswerkstoff und Dichtungsmaterial müssen entsprechend dem Medium ausgewählt werden.

Allgemeine Empfehlungen für statische Dichtungen basieren auf Erfahrungen und Angaben der Dichtungshersteller. Zum Einsatz von Dichtungswerkstoffen für dynamische Anwendungen, wie in Drehverschraubungen oder Rückschlagventilen, siehe Hinweis Tabellenende.

Medium	Verschraubungswerkstoff			Dichtungswerkstoff		
	Stahl	Edelstahl	Messing	NBR	FKM	EPDM
Aceton	2	1	1	3	3	1
Acetylen	2	1	3	3	3	2
Ammoniak flüssig	2	1	3	2	3	1
Ammoniak Gas, kalt	1	1	3	1	3	1
Aral, Vitam BAF	1	1	X	1	1	3
Argon	1	1	1	1	1	1
Asphalt	3	1	3	2	1	3
ASTM-Öl, Nr.1	1	1	1	1	1	3
ASTM-Öl, Nr.2	1	1	1	1	1	3
ASTM-Öl, Nr.3	1	1	1	1	1	3
ASTM-Öl, Nr.4	1	1	1	2	1	3
ATF Öl	1	1	1	1	1	3
Äthanol (Äthylalkohol)	1	1	1	1	3	1
Äther	1	1	1	3	3	2
Benzin	2	1	1	3	1	3
Benzol	1	1	1	3	1	3
Bremsflüssigkeit	1	1	1	3	3	1
Butan	1	1	3	1	1	3
Castrol, Biotec HVX	1	1	X	1	1	3
Chlor (trocken)	3	1	3	3	1	X
Dampf	2	1	2	3	3	1
DEA, Econa E22	1	1	X	1	X	3
DEA, Econa E46	1	1	X	1	X	3
Dieselmotorenöl	1	1	1	1	1	3
Druckluft	1	1	1	1	1	1

Medium	Verschraubungswerkstoff			Dichtungswerkstoff		
	Stahl	Edelstahl	Messing	NBR	FKM	EPDM
ECOOL	1	1	X	1	1	X
Erdgas	2	1	2	1	1	3
Erdöl	1	1	3	2	1	3
ESSO, Univis 13	1	1	X	1	1	3
ESSO, Univis 26	1	1	X	1	1	3
ESSO, Univis 32	1	1	X	1	1	3
ESSO, Univis 46	1	1	X	1	1	3
FINA, Biohydran RS 38	1	1	X	1	1	3
FRAGOL, Hydrolub 125	1	1	X	1	X	3
Freon 11	X	X	1	2	2	3
Freon 12	1	3	1	2	1	3
Freon 22	3	1	1	3	2	3
Getriebeöl	1	1	1	1	1	3
Glycerin	2	1	2	1	1	1
Glykol (Äthylenglykol)	1	1	2	1	1	1
Heizöl	1	1	1	1	1	3
Helium	1	1	1	1	1	1
Houghton Safe 1120	1	1	X	3	1	1
Houghton Safe 620	1	1	X	1	2	1
Hydrauliköl – Mineral Basis	1	1	1	1	1	3
Hydrolube	1	1	1	1	1	1
Jod	3	1	3	2	1	2
Kerosin	1	1	1	1	1	3
Kohlendioxid	1	1	1	1	2	1
Kohlenmonoxid	1	1	1	1	1	1
Kohlensäure	3	1	3	2	1	1
Luft (ölfrei)	1	1	1	1	1	1
Meerwasser	3	2	3	1	1	1
Methan	1	1	1	1	1	3
Methanol (Methylalkohol)	1	1	1	1	3	1
MIL-F-8192 (JP-9)	1	1	1	3	1	3
MIL-H-5606	1	1	1	1	1	3
MIL-H-6083	1	1	1	1	1	3
MIL-H-7083	1	1	1	1	2	1
MIL-H-8446 (MLO-8515)	1	1	2	2	1	3
MIL-L-2104 & 2104B	1	1	1	1	1	3
MIL-L-7808	2	1	3	2	1	3
Mineralöle	1	1	1	1	1	3
Naturgas, unbehandelt	3	1	3	3	3	3
Neon	3	1	1	1	1	1
Ozon	1	1	3	3	1	1
Petroleum	1	1	1	1	1	3
Phosphorsäure	3	3	1	3	1	2
Plantohyd 32 S	1	1	X	1	X	3
Plantohyd 40 N	1	1	X	1	1	3
Propan	1	1	1	1	1	3
R134A	1	1	1	3	3	1
Rauchgas	3	1	3	3	2	X
Rohöl	2	1	3	2	1	3
Salpetersäure	3	1	3	3	2	3
Salzsäure	3	2	3	3	1	2
Salzwasser (Natriumchlorid)	X	1	X	1	1	1
Sauerstoff (Gas, kalt)	3	1	2	3	3	3
Schmieröl SAE 10,20,30,40,50	1	1	1	1	1	3
Schneidöl	1	1	X	1	3	1
Schwefeldioxid	3	1	3	3	3	1
Schwefelsäure	3	2	3	3	1	3
Seifenlösung	3	1	3	1	1	1

Medium	Verschraubungswerkstoff			Dichtungswerkstoff		
	Stahl	Edelstahl	Messing	NBR	FKM	EPDM
SHELL, Naturelle HF-E-46	1	1	X	1	1	3
SHELL, Tellus Oil DO 32	1	1	X	1	1	3
Silikonöle	1	1	X	1	1	1
Skydrol 500	1	1	3	3	3	1
Skydrol 7000	1	1	3	3	2	1
Stickstoff	1	1	1	1	1	1
Terpentin	2	1	3	1	1	3
Toluol	1	1	1	3	2	3
Trichlorethan	2	1	X	3	1	3
Wasser	2	1	1 ¹⁾	1	2	1
Wasserstoff	3	1	X	3	3	3
Wasserstoffperoxid	3	1	3	3	1	2
Xylol	1	1	1	3	1	3

Verwendbarkeit: 1 = beständig

2 = bedingt beständig

3 = nicht beständig

X = keine Angaben

NBR = z. B. Perbunan (Warenzeichen der Fa. Bayer)

FKM

¹⁾ Der für Messingverschraubungen eingesetzte Werkstoff SoMs59 (CuZn35Ni2) ist im Normalfall gegen Spannungsrisskorrosion beständig. Durch Überlastung (z. B. Übermontagen) kann aber dieser Beständigkeit vor allem gegen ammoniak- und nitrathaltige Derivate herabgesetzt werden und zum Ausfall der Verbindung führen.

Diese Medienbeständigkeitstabelle ist nur für sogenannte statische Dichtungen, wie O-Ringe und Profildichtungen (z.B. ED-Dichtung, EO-2 Dichtring DOZ) in Rohrverschraubungen und Flanschverbindungen, anwendbar. Medienbeständigkeitsangaben für Ventile, Drehverschraubungen oder Multi-Funktions-Komponenten sind auf den entsprechenden Produktseiten angegeben.

Biologisch abbaubare Öle

Aus umwelttechnischen Gründen und neuer Gesetzgebung nimmt die Bedeutung biologisch abbaubarer Öle sowohl im Bereich der Mobil- als auch der Stationärhydraulik schnell zu. Optimistische Prognosen gehen davon aus, daß der Marktanteil biologisch abbaubarer Öle im Jahr 2005 50% erreichen wird. Davon werden 80% synthetische Ester (HEES) sein. Der Einsatz schwer entflammbarer Flüssigkeit wird auf Spezialgebiete wie Bergbau, Walzwerke und Schwermaschinenbau beschränkt bleiben.

Medien

Biologisch abbaubare Öle können in drei Klassen eingeteilt werden:

HEPG (Medien auf Glykolbasis)

- + großer Temperaturbereich (-45°C ... 100°C)
- + sehr alterungsbeständig
- + NBR- und FKM-Dichtungen
- + geringe Viskositätsänderung über den Einsatztemperaturbereich
- + wasserlöslich
- nicht mischbar mit Mineralöl oder HEES-, HETG-Ölen
- sorgfältige Reinigung empfohlen, wenn von Mineralöl auf HEPG umgestellt wird
- Lacke werden unter Umständen angelöst
- Sorgfältige Überprüfung der verwendeten Materialien nötig (z. B. darf kein Zink enthalten sein)
- Dichte > 1.100 kg/m³; möglicherweise werden Systemänderungen nötig
- Preis?

HETG (Flüssigkeiten auf Pflanzenbasis)

- + mischbar mit Mineralölen
- + NBR- und FKM-Dichtungen sind beständig
- + gute Schmiereigenschaften
- + Lacke werden nicht angegriffen
- + geringe Viskositätsänderung über den Einsatztemperaturbereich
- begrenzte Einsatztemperaturen (-25°C ... +70°C)
- Maximal-Temperatur darf nicht überschritten werden
- begrenzte Lebensdauer
- empfindlich hinsichtlich UV und Ozonwirkung
- Wasseraufnahme kann Abbau des Mediums bewirken (cracking?)
- Preis?

HEES (Flüssigkeiten auf Basis synthetischer Ester)

- + großer Temperaturbereich (-30°C ... +90°C; u. U. sogar über 100°C)
- + hohe Lebensdauer
- + mischbar mit Mineralölen
- + NBR- und FKM-Dichtungen sind beständig
- + Lacke werden nicht angegriffen
- + geringe Viskositätsänderung über den Einsatztemperaturbereich
- + gute Schmiereigenschaften
- Gefahr der Hydrolyse bei Wasseraufnahme (z. B. Verstopfen von Filtern)
- Preis?

Beständigkeiten

TFDE-Stahl-Verschraubungen mit Standard-NBR-Dichtung sind für die meisten biologisch abbaubaren Öle geeignet:

	-20°C ... 80°C	80°C ... 120°C
HEPG Polyalkylenglykol	NBR FKM	Öl nicht verwendbar
HETG Pflanzliche Öle	NBR FKM	- FKM
HEES Synthetische Ester	NBR FKM	- FKM

Geeignete Dichtungswerkstoffe

Die Erfahrung zeigt, daß die Medienbeständigkeit bei statischen Dichtungen, wie sie bei Verschraubungen auftritt, nicht ein kritischer Punkt ist. Im Zweifel sollten Sie die Anwendungstechniker der TFDE ansprechen.

Pragmatischer Hinweis:

Soll die Frage beantwortet werden, ob ein Wechsel zu weichdichtenden Verschraubungssystemen (ISO 6149/ EOLASTIC/O-Lok/EO-2) geschehen kann, so kann die Antwort oft von dem bestehenden Hydrauliksystem abgeleitet werden. Wenn NBR-Dichtungen in Schläuchen, Zylindern, Filtern oder Ventilen gut funktionieren, gibt es keinen Grund, sich um den Einsatz von TFDE-Standardverschraubungen mit NBR-Dichtungen Sorge zu machen. In der Regel wissen die Hersteller oder Betreiber der Anlage, ob hier besondere Dichtungswerkstoffe, wie z. B. FKM, im Einsatz sind.

Druckverluste in Hydraulikanlagen

Hydraulikanlagen werden meist nur mit einer durch Erfahrungen vorgegebenen Strömungsgeschwindigkeit ausgelegt. Die Druckverluste in den Leitungen werden nicht berücksichtigt oder später in den Probeläufen der Anlage gemessen. Da die Druckverluste überproportional zu den Strömungswiderständen ansteigen, ist es für die optimale Auslegung einer Anlage wichtig, sie schon bei der Planung zu berücksichtigen. Die Berechnung ist nicht so schwierig, wie häufig angenommen wird. Dieser Beitrag soll eine Anleitung dazu geben. Außerdem werden Hinweise dazu gegeben, wie zu hohe Druckverluste vermieden werden können. Denn: Druckverluste bedeuten Leistungsverluste, das Öl erwärmt sich sehr stark, es treten Geräusche auf und evtl. Kavitation in Saugleitungen.

Medium

Alle Angaben zu den Durchflusswiderständen und dem Verhalten der Strömungen beziehen sich ausschließlich auf Flüssigkeiten. Für gasförmige Medien muss zusätzlich noch die variable Dichte des Gases berücksichtigt werden

Einheiten

c = Strömungsgeschwindigkeit $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

d = Rohrdurchmesser [m]

L = Rohrlänge [m]

p = Druck [Pa], 1 bar = 100000 Pa

\dot{V} = Volumenstrom $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$, $1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 60000 \frac{\text{l}}{\text{min}}$

λ = Rohrreibungszahl

$\nu(T)$ = Kinematische Viskosität des Mediums in Abhängigkeit zur Temperatur $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$

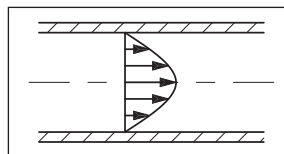
$\rho(T)$ = Dichte des Mediums in Abhängigkeit zur Temperatur $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

ζ = Einzelwiderstandsbeiwert

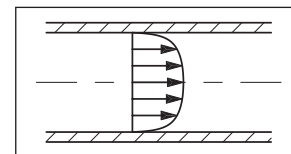
Es wurden nur Grundeinheiten verwendet. Das hat den Vorteil, dass die Formeln keine Korrekturfaktoren enthalten. Es besteht keine Verwechslungsgefahr, dass Werte in der falschen Einheit eingesetzt werden. Wenn Angaben in anderen Einheiten vorliegen, z. B. wird der Volumenstrom häufig in l/min angegeben, ist es ratsam, sie vor Beginn der Rechnung in die Grundeinheiten umzusetzen.

Druckverluste in Rohrleitungen

Um Druckverluste in Rohrleitungen zu berechnen, muss zuerst abgeschätzt werden, ob laminare oder turbulente Strömung vorhanden ist. Laminare Strömung ist gleichförmig und ohne Verwirbelungen. Bei turbulenter Strömung steigen die Verluste sprunghaft an.



Strömungsprofil bei laminarer Strömung



Strömungsprofil bei turbulenter Strömung

Die Art der Strömung wird durch die Reynoldszahl gekennzeichnet. Bei einer Reynoldszahl größer als 2320 schlägt die Strömung ins Turbulente um. Die Reynoldszahl wird berechnet aus der Formel:

$$Re = \frac{c \cdot d}{\nu(T)}$$

Die Reynoldszahl ist eine dimensionslose Zahl. Die kritische Strömungsgeschwindigkeit, bei der die Strömung umschlagen kann, wird danach errechnet aus:

$$c_{cr} = 2320 \cdot \frac{\nu(T)}{d} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Bei vorgegebenem Volumenstrom kann die Strömungsgeschwindigkeit errechnet werden aus:

$$c = \frac{\dot{V} \cdot 4}{d^2 \cdot \pi} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Anschließend kann die Rohrreibungszahl λ errechnet werden. Die Rohrreibungszahl λ ist eine Funktion der Reynoldszahl und ist außerdem von der Rauigkeit der Rohre abhängig. Da in der Hydraulik im allgemeinen von hydraulisch glatten Rohren ausgegangen werden kann, wird die Rohrreibungszahl λ nach folgender Formel errechnet:

$$\text{laminare Strömung, (Re < 2320): } \lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\text{turbulente Strömung, (Re > 2320): } \lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

Abschließend, wenn alle Faktoren bekannt sind, kann der Druckverlust in einer bestimmten Rohrleitung berechnet werden nach der Formel:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho(T) \cdot c^2}{2} \text{ [Pa]}$$

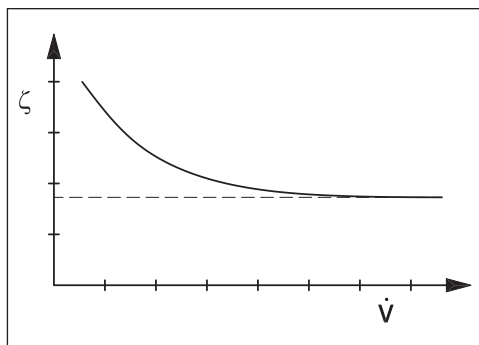
Berechnung von Einzelwiderständen

In einer Hydraulikanlage gibt es nicht nur Rohrleitungen, sondern auch Ventile, Rohrverschraubungen, Rohrbögen usw., die Strömungsverluste verursachen. Diese Einzelverluste sind oft sehr viel größer als die Rohrverluste und errechnen sich nach folgender Formel:

$$\Delta p = \zeta \cdot \rho(T) \cdot \frac{c^2}{2} \text{ [Pa]}$$

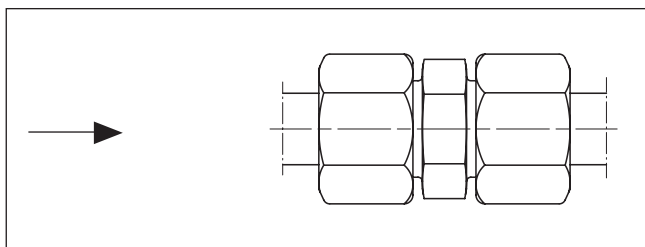
Leistungsdaten

Der Widerstandsbeiwert ζ kennzeichnet ein Hydraulikbauteil. Er berücksichtigt Zirkulations-, Stoß- und Ablöseverluste der Strömung in einem Bauteil. Meistens geben die Hersteller von Ventilen oder Verschraubungen die Widerstandsbeiwerte an. Die ζ -Werte sind nicht ganz konstant. Bei sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten steigen die Werte an. In folgendem Diagramm ist der typische Verlauf der ζ -Werte für ein Bauteil in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit dargestellt, wie er in einer Versuchsreihe im Labor der Fa. Parker Hannifin GmbH & Co. KG ermittelt wurde.



Da für die Auslegung einer Hydraulikanlage im allgemeinen nur die Durchflusswiderstände bei Nennleistung, also höheren Strömungsgeschwindigkeiten, errechnet werden, sind nachfolgend die ζ -Werte angegeben, die sich der Konstanten nähern. Die Werte für Hydraulikverschraubungen wurden in einer Versuchsreihe im Labor der Parker Hannifin GmbH & Co. KG ermittelt. Es wird immer der Mittelwert für die gesamte Baureihe angegeben. Bei einzelnen Baugrößen kann es daher zu geringfügigen Abweichungen kommen.

Gerade Verschraubungen, z. B. G, GE, EGE, HMTX, F...MTX, F6...MX, HMLO, F...MLO, F6...MLO, ...

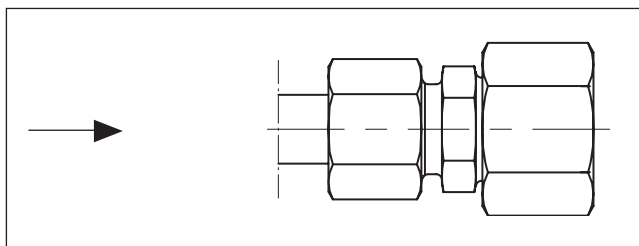


Wenn ein Absatz zwischen Durchgangsbohrung und Rohrinnendurchmesser vorhanden ist, gelten die gleichen Bedingungen wie bei Reduzierungen (siehe unten). Im Normalfall ist der Druckverlust allerdings sehr gering, so dass er mit normalem Aufwand nicht zu messen ist. In der Literatur wird z. T. ein Widerstandsbeiwert von 0,01 bis 0,05 angegeben.

Reduzierungen, z. B. RED, GR, TRMTX, TRMLO, ...

Bei Reduzierungen muss unterschieden werden zwischen Querschnittserweiterung und Querschnittsverengung. Als Strömungsgeschwindigkeit für die Berechnung des Druckverlustes wird immer die Geschwindigkeit am Austritt der Strömung genommen.

Querschnittserweiterung:

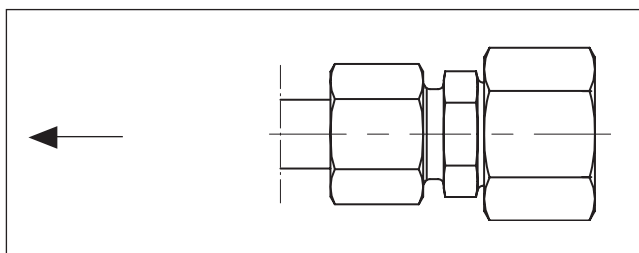


$$\zeta = \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2$$

Mit A_1 ... Eintrittsquerschnittsfläche
 A_2 ... Austrittsquerschnittsfläche

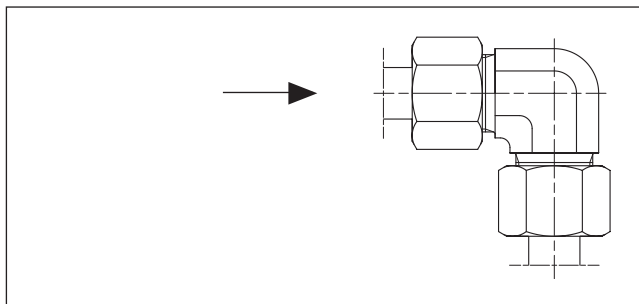
Die angegebene Formel gilt für einen Öffnungswinkel $> 60^\circ$ und damit auch für die EO-Verschraubungen. Ein Zahlenwert läßt sich nicht sinnvoll angeben, weil das Programm der Reduzierungen sehr umfangreich ist. Bei den RED kann der Widerstandsbeiwert ζ zwischen 1,5 und 5000 liegen, immer bezogen auf die Strömungsgeschwindigkeit am Austritt.

Querschnittsverengung:



A_2/A_1	0,80	0,60	0,40	0,20
ζ	0,15	0,25	0,35	0,42

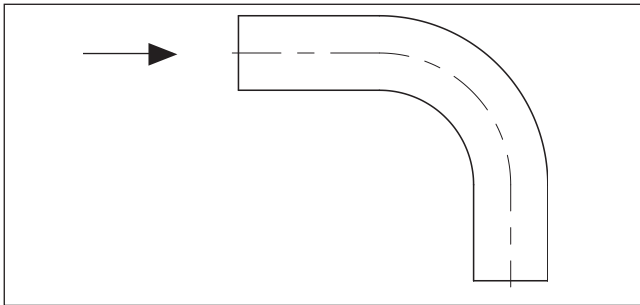
Winkel-Verschraubungen, z. B. W, EW, EMTX, C...MTX, EMLO, C...MLO, ...



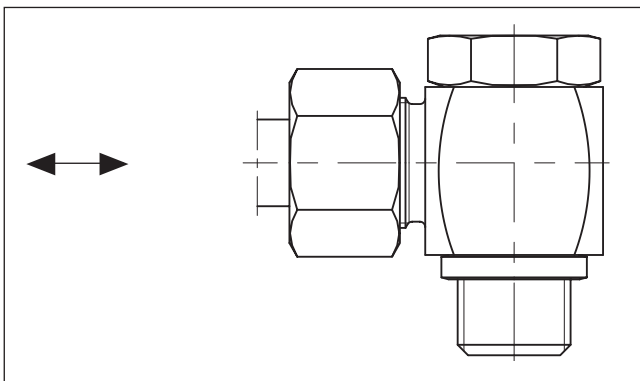
Type	Widerstandsbeiwert ζ
W, EMTX, EMLO	1
EW, C...MTX, C...MLO	1

Rohrbögen

Bei Rohrbögen ergibt sich der Widerstandsbeiwert aus dem Verhältnis von Biegeradius zu Innendurchmesser (R/d).



Biegeradius/Innendurchmesser	Widerstandsbeiwert ζ
2	0,21
4	0,14
6 und größer	0,11

Schwenkverschraubungen


Type	Widerstandsbeiwert ζ
WH	3 ... 6
SWVE	6 ... 9
DSVW	ca. 4

Bei WH und SWVE richtet sich der Druckverlust nach der Stellung der Querbohrung zur Konusöffnung. Der Widerstandsbeiwert wird als Bereich angegeben.

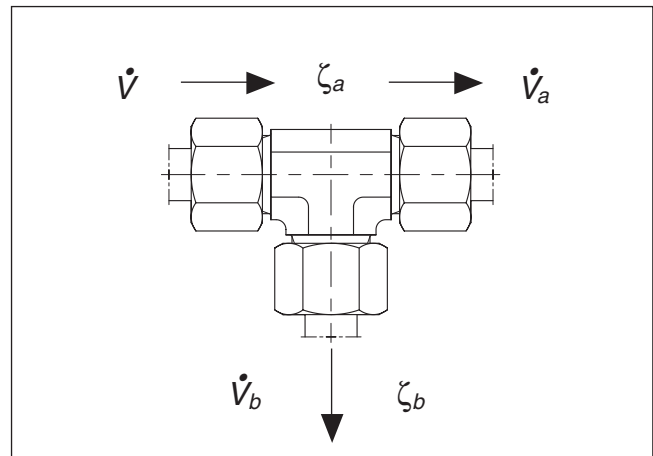
Verzweigungen, z. B. T, K, ET, ...

Der Widerstandsbeiwert richtet sich danach, ob das Medium sich aufteilt oder zusammenfließt und in welchem Verhältnis sich das Medium aufteilt.

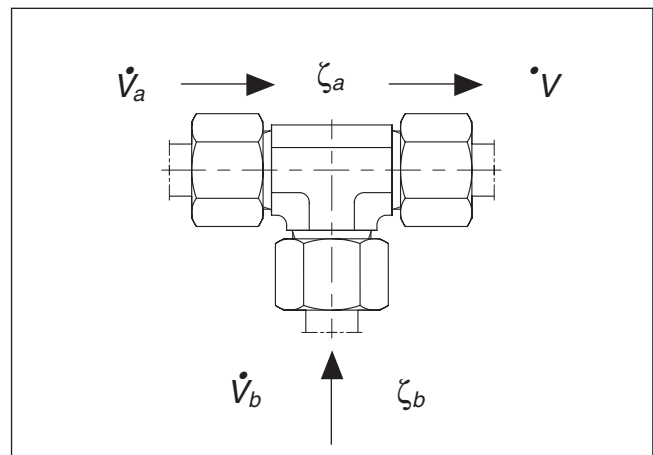
Index a: Das Medium fließt gerade durch die Verschraubung.

Index b: Das Medium fließt durch den Abgang der Verschraubung.

Volumenstromaufteilung (zum/vom T-Abgang)	Widerstandsbeiwert ζ bei Rohrverzweigung		Widerstandsbeiwert ζ bei Rohrvereinigung	
	\dot{V}_b / \dot{V}	ζ_a	ζ_b	ζ_a
0,6	0,07	0,95	0,40	0,47
0,8	0,20	1,10	0,50	0,73
1,0	0,35	1,30	0,60	0,92



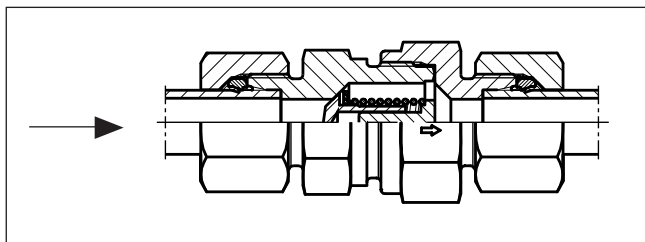
Rohrverzweigung



Rohrvereinigung



Ventile, z. B. RHD, DV, VDHA, ...



Type	Widerstandsbeiwert ζ
RH ...	5,0
DV	5,5
LD	4,0
VDHA	5,0
VDHB	5,5

Der angegebene Widerstandsbeiwert gilt immer für das voll geöffnete Ventil.

**Berechnung des Druckverlustes Δp –
Beispiel WH 16-SR/CF (Schwenkverschraubungen).**

Der Druckverlust Δp errechnet sich nach folgender Formel:

$$\Delta p = \zeta \cdot \rho(T) \cdot \frac{c^2}{2} \text{ [Pa]}$$

Es soll der Druckverlust bei einem Volumenstrom von 20 l/min errechnet werden.

Bekannt sind folgende Werte:

Rohrinnendurchmesser $d = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$
 Dichte des Mediums $\rho = 869,4 \text{ kg/m}^3$
 (Öl-Hersteller-Datenblatt)
 Widerstandsbeiwert $\zeta = 4,5$
 (Mittelwert für WH-Verschraubungen)

$$\text{Volumenstrom } \dot{V} = \left[\frac{20}{60000} \right] = 0,000333 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Strömungsgeschwindigkeit

$$c = \frac{\dot{V} \cdot 4}{d_2 \cdot \pi} = \frac{0,000333 \cdot 4}{0,012^2 \cdot \pi} = 2,95 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Der Strömungsverlust ergibt sich dann:

$$\Delta p = 4,5 \cdot 869,4 \cdot \frac{2,95^2}{2} = 17000 \text{ [Pa]} = 0,17 \text{ [bar]}$$

Rohrinnendurchmesser und Rohrwandstärken

Bestimmung der Rohre für Hydraulik-Systeme

Die richtige Rohrauswahl und Verschraubungsart ist entscheidend für einen effizienten und störungsfreien Betrieb eines Hydraulik-Systems. Zur Rohrauswahl gehört die Festlegung des richtigen Werkstoffs und der richtigen Abmessung (Außendurchmesser und Wanddicke).

Die richtige Rohrbestimmung für verschiedene Teile eines Hydrauliksystems führt zu wirtschaftlicher und kostengünstiger Ausführung.

Ein zu kleines Rohr verursacht hohe Strömungsgeschwindigkeiten mit vielen nachteiligen Folgen. In Druckleitungen führt es zu hohen Reibungsverlusten und Turbulenzen, wodurch es zu hohen Druckverlusten und Hitzeentwicklung kommt. Hohe Wärme führt zu höherem Verschleiß in bewegten Teilen und zum schnelleren Altern von Dichtungen, also zu verkürzter Lebensdauer. Hohe Wärmeentwicklung bedeutet ebenso Energieverschwendung und folglich geringe Wirtschaftlichkeit. Zu große Rohre führen zu hohen Systemkosten. Folglich ist eine optimale Rohrauswahl sehr wichtig. Nachfolgend ist eine einfache Vorgehensweise zur Rohrbestimmung dargestellt.

Bestimmung des erforderlichen Durchflussquerschnitts

Nach der Tabelle kann der empfohlene Innendurchmesser für die erforderliche Durchflussmenge des Leitungstyps bestimmt werden. Die Tabelle basiert auf folgenden empfohlenen Durchflussgeschwindigkeiten (DIN 24346):

$$\text{Druckleitung} - 3 \rightarrow 5 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Vermeiden von Durchflussgeschwindigkeiten > 8 m/s! Die entstehenden Kräfte sind hoch und können die Rohrleitungen zerstören.

$$\text{Rücklaufleitung} - 2 \rightarrow 4 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{Saugleitung} - 1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Wenn eine andere Durchflussgeschwindigkeit gewünscht wird, kann der erforderliche Innendurchmesser nach folgender Formel berechnet werden:

$$\text{Rohr - A.D. [mm]} = 4,61 \cdot \sqrt{\frac{\text{Durchflussmenge} \left[\frac{\text{ltr.}}{\text{min}} \right]}{\text{Durchflussgeschwindigkeit} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}}$$

Bestimmung der erforderlichen Wanddicke

Zur Bestimmung der empfohlenen Rohrwanddicke für den gewünschten Arbeitsdruck und Rohrinnendurchmesser Tabelle auf der nächsten Seite benutzen. Dazu den max. Arbeitsdruck auswählen, der gleich oder höher ist als der gewünschte Arbeitsdruck.

Für abweichende Rohre und Rohrmaterialien muss die Berechnung der Wanddicke und des Arbeitsdrucks nach den Formeln im Rohrkapitel durchgeführt werden.

Maximum l/min	Rohrinnendurchmesser		
	5 m/s Druckleitung	3 m/s Rücklaufleitung	1 m/s Saugleitung
1	2,1	2,7	4,6
2	2,9	3,8	6,5
3	3,6	4,6	8,0
4	4,1	5,3	9,2
5	4,6	6,0	10,3
6	5,1	6,5	11,3
7	5,5	7,0	12,2
8	5,8	7,5	13,0
9	6,2	8,0	13,8
10	6,5	8,4	14,6
12	7,1	9,2	16,0
14	7,7	10,0	17,2
16	8,2	10,6	18,4
18	8,7	11,3	19,6
20	9,2	11,9	20,6
22	9,7	12,5	21,6
24	10,1	13,0	22,6
26	10,5	13,6	23,5
28	10,9	14,1	24,4
30	11,3	14,6	25,3
32	11,7	15,1	26,1
34	12,0	15,5	26,9
36	12,4	16,0	27,7
38	12,7	16,4	28,4
40	13,0	16,8	29,2
45	13,8	17,9	30,9
50	14,6	18,8	32,6
55	15,3	19,7	34,2
60	16,0	20,6	35,7
65	16,6	21,5	37,2
70	17,2	22,3	38,6
75	17,9	23,1	39,9
80	18,4	23,8	41,2
85	19,0	24,5	42,5
90	19,6	25,3	43,7
95	20,1	25,9	44,9
100	20,6	26,6	46,1
110	21,6	27,9	48,4
120	22,6	29,2	50,5
130	23,5	30,3	52,6
140	24,4	31,5	54,5
150	25,3	32,6	56,5
160	26,1	33,7	58,3
170	26,9	34,7	60,1
180	27,7	35,7	61,8
190	28,4	36,7	63,5
200	29,2	37,6	65,2
220	30,6	39,5	68,4
240	31,9	41,2	71,4
260	33,2	42,9	74,3
280	34,5	44,5	77,1
300	35,7	46,1	79,8
320	36,9	57,6	82,5
340	38,0	49,1	85,0
360	39,1	50,5	87,5
380	40,2	51,9	89,9
400	41,2	53,2	92,2
450	43,7	56,5	97,8
500	46,1	59,5	103,1



Rohrwandstärken

Rohrinnen- durchmesser [mm]	Max. Arbeitsdruck [bar] für Stahlrohre St.37.4 NBK kalkuliert gemäß DIN 2413 III für dynamische Belastung Rohrwandstärke [mm]										
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8
1,0	551	692	757	794	818						
1,5	458	614	692	740	771	794					
2,0	391	551	638	692	730	757	778	794			
2,5	342	500	591	651	692	723	747	766	794		
3,0	303	458	551	614	659	692	719	740	771	794	
4,0	248	391	485	551	600	638	668	692	730	757	794
5,0	209	342	433	500	551	591	624	651	692	723	766
6,0	181	303	391	458	509	551	585	614	659	692	740
7,0	160	273	357	422	474	516	551	581	628	664	715
8,0	143	248	328	391	443	485	521	551	600	638	692
9,0	129	227	303	365	415	458	494	524	575	614	671
10,0	118	209	282	342	391	433	469	500	551	591	651
11,0	108	194	264	321	370	411	447	478	529	570	632
12,0	100	181	248	303	351	391	427	458	509	551	614
13,0	93	170	233	287	333	373	408	439	491	533	597
14,0	87	160	221	273	318	357	391	422	474	516	581
15,0	82	151	209	260	303	342	376	406	458	500	565
16,0	77	143	199	248	290	328	361	391	443	485	551
17,0	73	136	190	237	278	315	348	378	429	471	537
18,0	69	129	181	227	267	303	336	365	415	458	524
19,0	66	123	173	218	257	292	324	353	403	445	512
20,0	63	118	166	209	248	282	313	342	391	433	500
21,0	60	113	160	202	239	273	303	331	380	422	489
22,0	58	108	154	194	231	264	294	321	370	411	478
23,0	55	104	148	188	223	256	285	312	360	401	468
24,0	53	100	143	181	216	248	277	303	351	391	458
25,0	51	97	138	175	209	240	269	295	342	382	448
26,0	49	93	133	170	203	233	261	287	333	373	439
27,0	48	90	129	165	197	227	254	280	325	365	430
28,0	46	87	125	160	192	221	248	273	318	357	422
29,0	44	85	121	155	186	215	241	266	310	349	414
30,0	43	82	118	151	181	209	235	260	303	342	406
31,0	42	80	115	147	177	204	230	254	297	335	399
32,0	40	77	111	143	172	199	224	248	290	328	391
33,0	39	75	108	139	168	194	219	242	284	321	384
34,0	38	73	106	136	164	190	214	237	278	315	378
35,0	37	71	103	132	160	185	209	232	273	309	371
36,0	36	69	100	129	156	181	205	227	267	303	365
37,0	35	68	98	126	153	177	200	222	262	298	359
38,0	34	66	96	123	149	173	196	218	257	292	353
39,0	33	64	93	121	146	170	192	213	252	287	347
40,0	33	63	91	118	143	166	188	209	248	282	342
42,0	31	60	87	113	137	160	181	202	239	273	331
44,0	30	58	84	108	132	154	175	194	231	264	321
46,0	29	55	80	104	127	148	168	188	223	256	312
48,0	27	53	77	100	122	143	163	181	216	248	303
50,0	26	51	75	97	118	138	157	175	209	240	295
52,0	25	49	72	93	114	133	152	170	203	233	287
54,0	24	48	69	90	110	129	147	165	197	227	280
56,0	24	46	67	87	107	125	143	160	192	221	273
58,0	23	44	65	85	103	121	139	155	186	215	266
60,0	22	43	63	82	100	118	135	151	181	209	260
65,0	20	40	58	76	93	110	126	141	170	197	245
70,0	19	37	55	71	87	103	118	132	160	185	232
75,0	18	35	51	67	82	97	111	125	151	175	220
80,0	17	33	48	63	77	91	105	118	143	166	209