

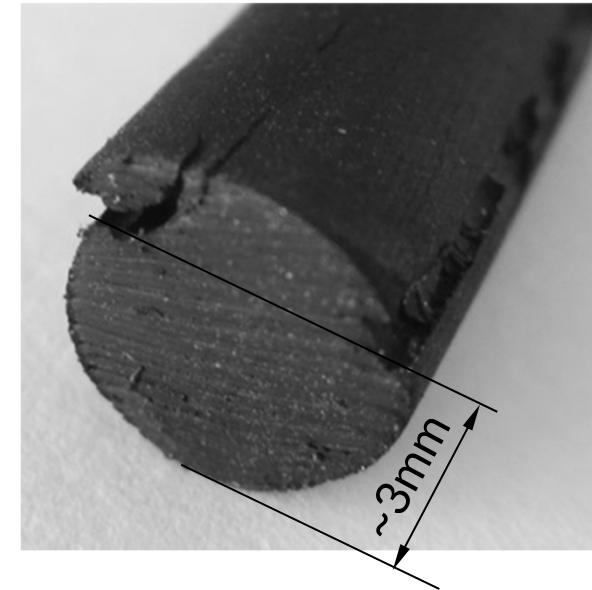
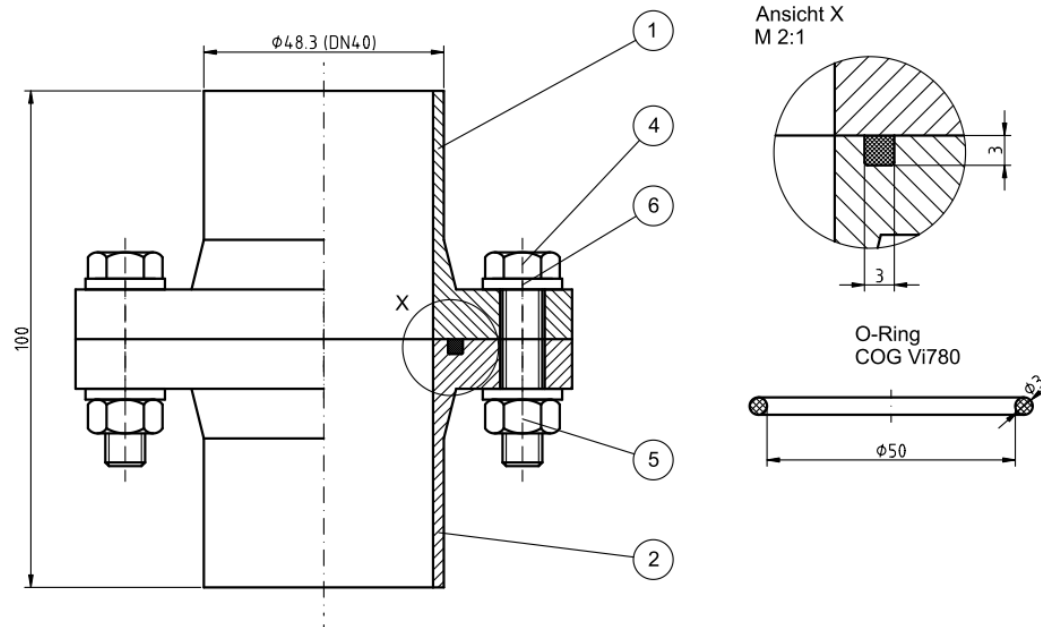


C. OTTO GEHRCKENS GMBH & CO. KG
DICHTUNGSTECHNIK

Risiko und unterschätzte Herausforderung: Auslegung einer O-Ring Abdichtung

Am Beispiel einer Kolbenabdichtung

O-Ring Schaden



O-Ring Schaden durch falsch ausgelegte O-Ring Nut

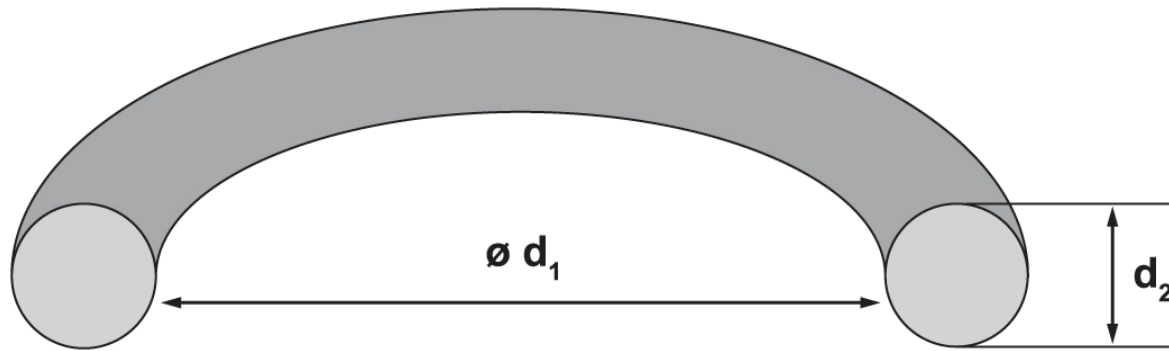


Inhalt

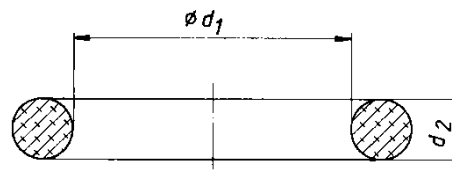
- Beschreibung O-Ring
- Funktion einer O-Ring Abdichtung
- Vorteile einer O-Ring Abdichtung
- Einbauräume Auslegung
- Zusammenfassung
- Konstruktive Maßnahmen
- Werkstoffauswahl
- Weiterführende Informationen
- In eigener Sache



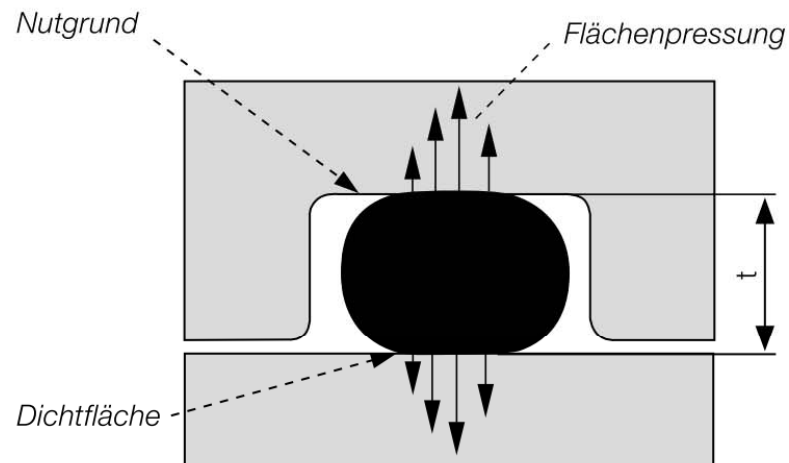
Beschreibung O-Ring



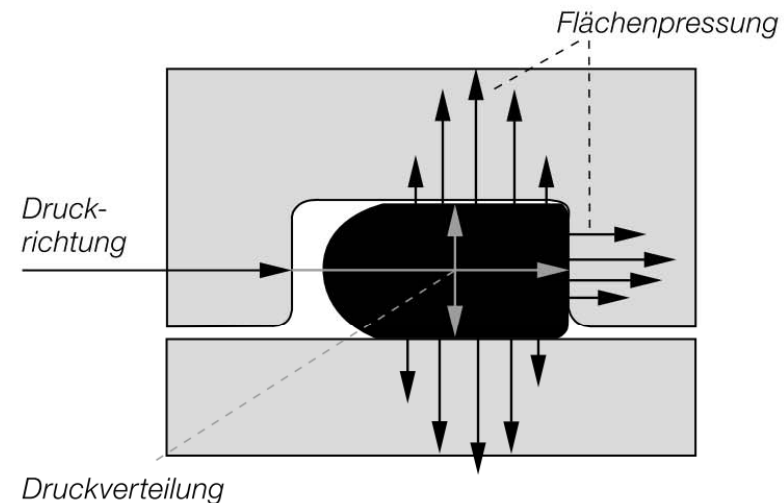
oder auch so dargestellt:



Funktion einer O-Ring Abdichtung



**Verpresster O-Ring im Einbauraum
ohne Druckbeaufschlagung**



**Verpresster O-Ring im Einbauraum
unter Druckbeaufschlagung**



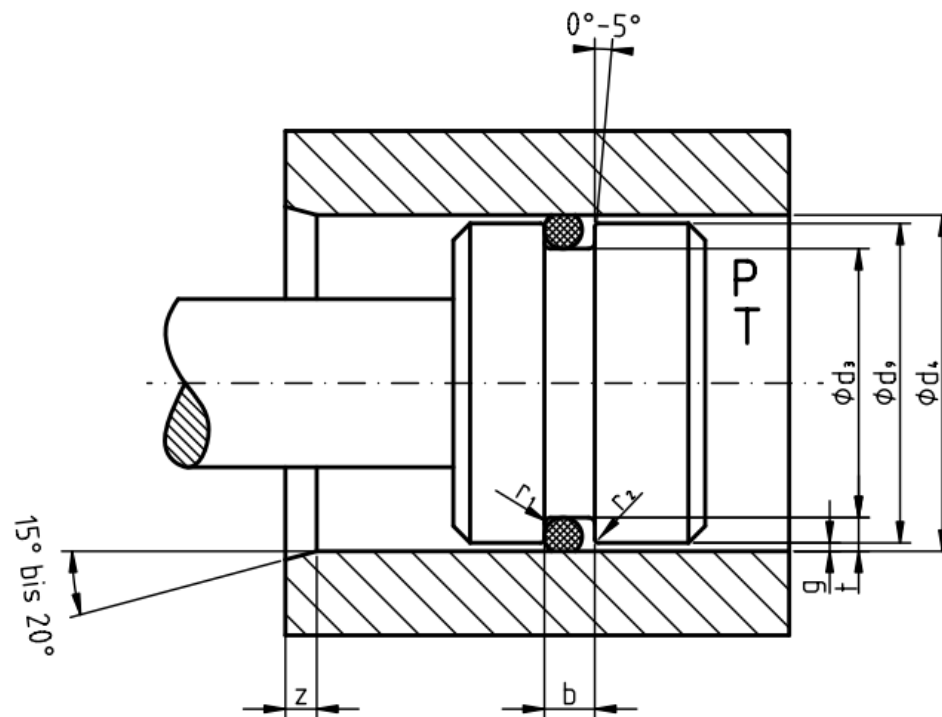
Vorteile einer O-Ring Abdichtung

- geringer Platzbedarf
- einfache Konstruktion der Abdichtung
- einfache Montage
- breiter Temperaturbereich von ca. -100 °C bis zu +325 °C
- großer Druckbereich vom Hochvakuum bis zu ca. 3000 bar
- hohe (weltweite) Verfügbarkeit
- relativ preisgünstig



Einbauräume Auslegung

Kolbenabdichtung



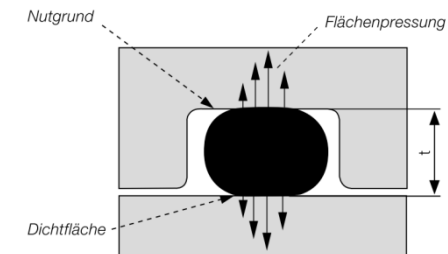
d_3 = Nutgrunddurchmesser
 d_4 = Bohrungsdurchmesser
 d_9 = Wellendurchmesser
 b = Nutbreite
 t = Nuttiefe
 g = Dichtspalt
 z = Einführschräge
 r_1 = Radius im Nutgrund
 r_2 = Radius Nutoberkante
 P = Druck
 T = Temperatur



Einbauräume Auslegung

$$\text{Verpressung} = \frac{\text{Schnurdurchmesser} - \text{Nuttiefe}}{\text{Schnurdurchmesser}} \cdot 100\%$$

$$QV [\%] = \frac{d_2 - t}{d_2} \cdot 100\%$$

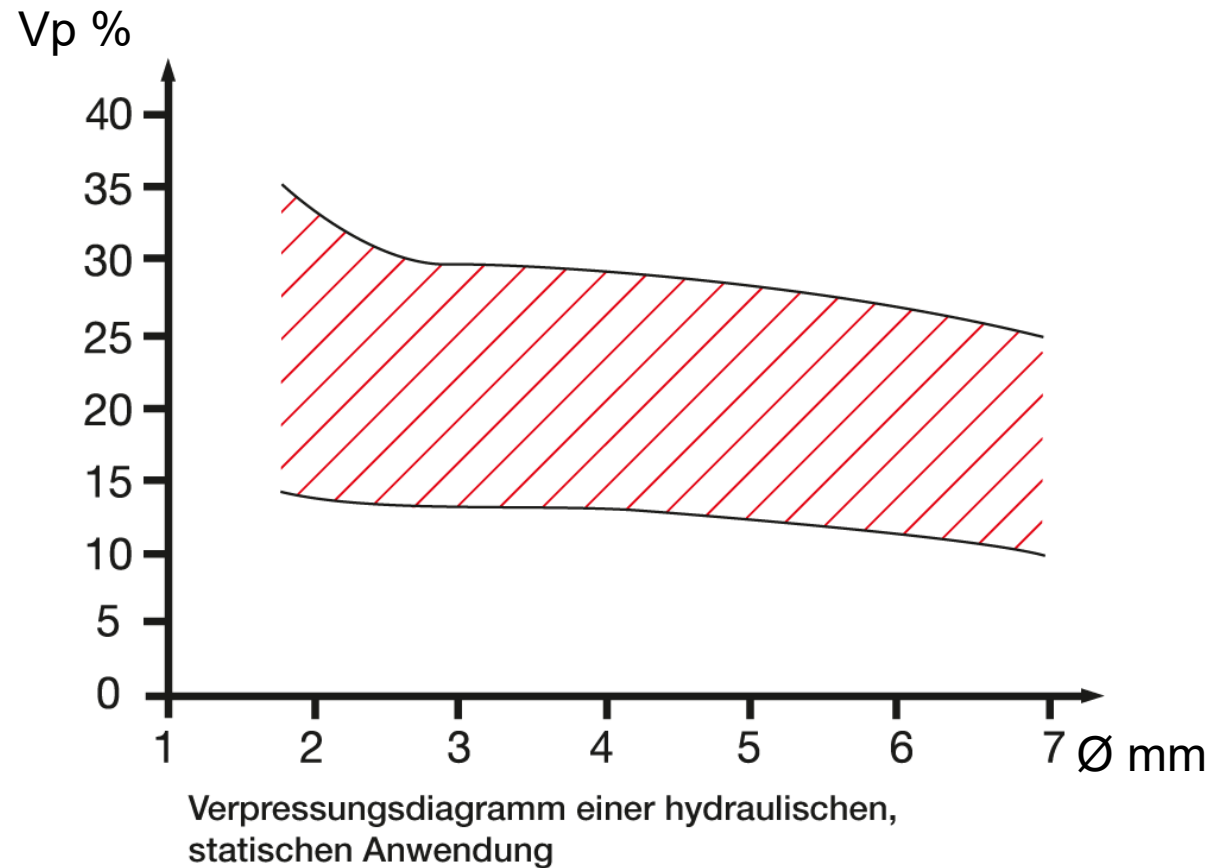


Verpresster O-Ring im Einbauräum
ohne Druckbeaufschlagung

Achtung! Es muss hier der reale Schnurdurchmesser verwendet werden d.h. die Querschnittsveränderung durch Dehnung und die thermische Ausdehnung des Ringes muss berücksichtigt werden vgl. DIN ISO 3601-2. Ebenso müssen alle Toleranzen mit betrachtet werden.



Einbauräume Auslegung

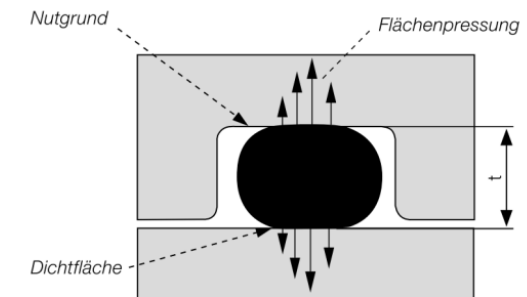


Einbauräume Auslegung

$$\text{Füllgrad} = \frac{\text{O-Ring Fläche}}{\text{Nutquerschnitt}} \cdot 100\%$$

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot b \cdot t} \cdot 100\%$$

$$F \leq 85\%$$



Verpresster O-Ring im Einbauraum
ohne Druckbeaufschlagung

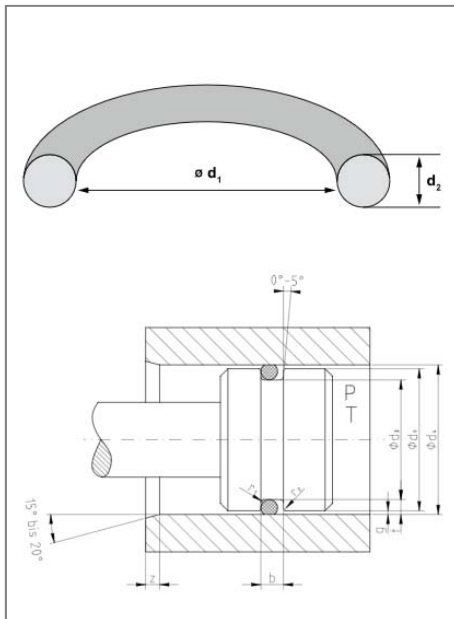
Achtung! Es muss hier der reale Schnurdurchmesser verwendet werden. D.h. die Querschnittsveränderung durch Dehnung und die thermische Ausdehnung des Ringes müssen berücksichtigt werden vgl. DIN ISO 3601-2; ebenso müssen alle Toleranzen mit betrachtet werden.



Einbauräume Auslegung

Kolbenabdichtung

Eingabewerte



	Nennmaß	Passung	obere Toleranz	untere Toleranz	Größtmaß	Kleinstmaß
Wellen-Ø d9 [mm] ⓘ	50	f7	-0,025	-0,050	49,975	49,950
Bohrungs-Ø d4 [mm]	50	H8	0,039	0,000	50,039	50,000
Nutgrund-Ø d3 [mm]	44,4	f7	-0,025	-0,050	44,375	44,350
Nutbreite b [mm]	4,5	Vorschlag	0,250	0,000	4,750	4,500
Radius im Nutgrund r1 [mm]	0,3	Vorschlag	0,100	-0,100	0,400	0,200
OR Innen-Ø d1 [mm]	43	DIN ISO 3601	0,431	-0,431	43,431	42,569
OR Schnur-Ø d2 [mm] ⓘ	3,53	DIN ISO 3601	0,100	-0,100	3,630	3,430

Werkstoff ⓘ	NBR	Anwendung: statisch
Druck P [bar]	16	
Temperatur T [°C]	20	i.O.
Ausdehnungskoeffizient α [10 ⁻⁶ -6/K]	175	
Härte [shore A]	70	zurücksetzen

Einbauräume Auslegung

Ergebnisse zentrisch:

	nominal	max	min	Prüfergebnis
Verpressung inkl. QV [%] ⓘ	19,221	21,096	14,513	i. O.
Verpressung inkl. QV [mm]	0,666	0,752	0,483	
Nutfüllung [%] ⓘ	75,123	79,274	64,440	i. O.
Dehnung OR [%] ⓘ	3,256	4,242	2,117	i. O.
Nuttiefe t	2,800	2,845	2,813	
Einführschräge bei 15° z [mm]	3,051			
Einführschräge bei 20° z [mm]	2,354			
Spalt g [mm]	0,000	0,044	0,012	i. O.
max. empf. Dichtspalt g [mm]	0,100			i. O.

Ergebnisse exzentrisch:

	max	min	Prüfergebnis
Verpressung inkl. QV [%] ⓘ	21,797	12,800	i. O.
Verpressung inkl. QV [mm]	0,777	0,426	
Spalt g [mm]	0,089	0,025	i. O.

Legende

QV = Querschnittsverringering
OR = O-Ring

Berechnungsgrundlage nach DIN ISO 3601-2

Einbauräume Auslegung

Zulässige Abweichungen für Schnurdurchmesser von O-Ringen
entsprechend DIN ISO 3601-1

Schnurdurchmesser d2 [mm]	$0,80 < d2 \leq 2,25$	$2,25 < d2 \leq 3,15$	$3,15 < d2 \leq 4,50$	$4,50 < d2 \leq 6,30$	$6,30 < d2 \leq 8,40$
zulässige Abweichung $\pm$ [mm]	0,08	0,09	0,1	0,13	0,15
Ges. Abweichung [mm]	0,16	0,18	0,2	0,26	0,3
Rel. ges. Abweichung [%]	20 -> 7,1	8 -> 5,7	6,3 -> 4,4	5,8 -> 4,1	4,8 -> 3,6

Immer mit dem größtmöglichen Schnurdurchmesser arbeiten.



Beispiel Kupplung



Undichtigkeit
Kupplung für Drainagebeutel



Beispiel Kupplung

- Problem: Einige Kupplungen sind dicht und einige sind undicht
- Es werden zwei O-Ringe eingesetzt: 2,35x1 und 5,5x1,5
- O-Ring sind aus EPDM 70 perox. + FDA
- Medium: Blut & diverse Körperflüssigkeiten
- Druck: Leichter Unterdruck
- Temperatur: Körpertemperatur ca. 35 °C
- Sterilisation: ETO (Ethylenoxid)
- Die Kupplung ist neu auf dem Markt



Beispiel Kupplung

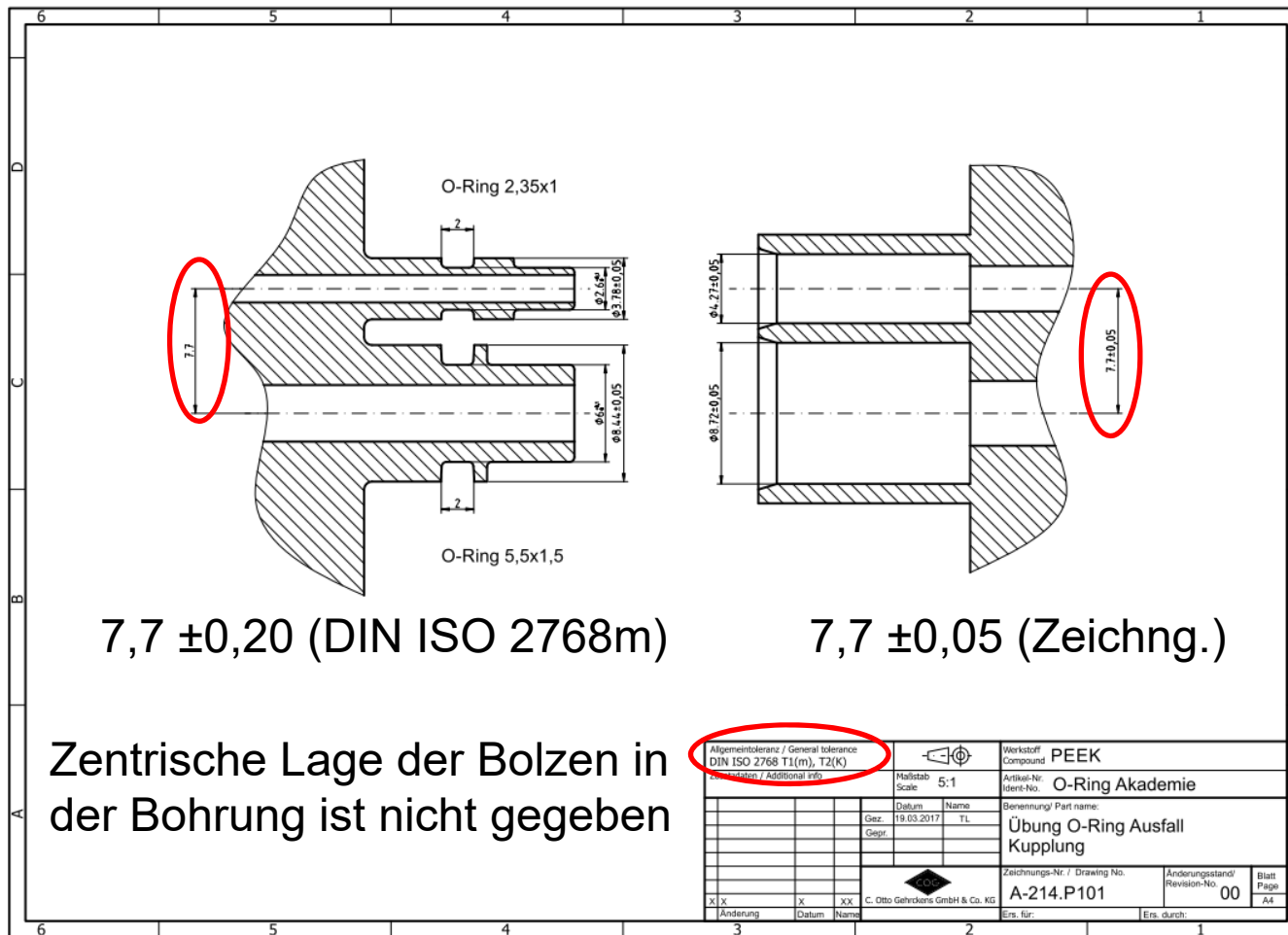
- Untersuchung der gebrauchten O-Ringe ergab keine signifikanten Änderungen
- EPDM perox. ist in dem angegebenen Temperaturbereich sehr gut beständig gegenüber Blut & diverse Körperflüssigkeiten
- EPDM perox. ist rel. gut gegenüber ETO beständig

FAZIT

Anscheinend keine Unbeständigkeit



Beispiel Kupplung



Beispiel Kupplung

Vermutung: Toleranzproblem?

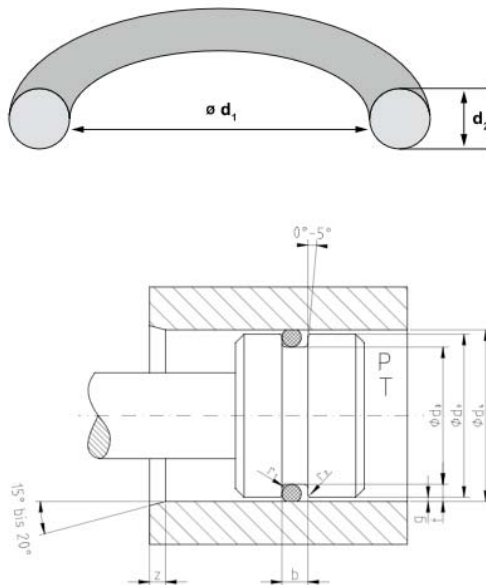
- Einige Kupplungen sind dicht und einige sind undicht
- Dünne Schnurstärken
- Keine Unbeständigkeit

Zulässige Abweichungen für Schnurdurchmesser von O-Ringen
entsprechend DIN ISO 3601-1

Schnurdurchmesser d2 [mm]	$0,80 < d2 \leq 2,25$	$2,25 < d2 \leq 3,15$	$3,15 < d2 \leq 4,50$	$4,50 < d2 \leq 6,30$	$6,30 < d2 \leq 8,40$
zulässige Abweichung $\pm$ [mm]	0,08	0,09	0,1	0,13	0,15
Ges. Abweichung [mm]	0,16	0,18	0,2	0,26	0,3
Rel. ges. Abweichung [%]	20 -> 7,1	8 -> 5,7	6,3 -> 4,4	5,8 -> 4,1	4,8 -> 3,6



Beispiel Kupplung



- In der zentrischen Lage u. U. keine Verpressung
- Spalt beträgt 59 % der Schnurstärke
- Dehnung zu groß

Eingabewerte

	Nennmaß	Passung	obere Toleranz	untere Toleranz	Größtmaß	Kleinmaß
Wellen-Ø d9 [mm] ⓘ	3,780	frei	0,050	-0,050	3,830	3,730
Bohrungs-Ø d4 [mm]	4,270	frei	0,050	-0,050	4,320	4,220
Nutgrund-Ø d3 [mm]	2,600	frei	0,100	0,000	2,700	2,600
Nutbreite b [mm]	2,000	Vorschlag	0,250	0,000	2,250	2,000
Radius im Nutgrund r1 [mm]	0,300	Vorschlag	0,100	-0,100	0,400	0,200
OR Innen-Ø d1 [mm]	2,350	DIN ISO 3601	0,130	-0,130	2,480	2,220
OR Schnur-Ø d2 [mm] ⓘ	1,000	DIN ISO 3601	0,080	-0,080	1,080	0,920

Werkstoff ⓘ	EPDM	Anwendung: statisch
Druck P [bar]	10,000	
Temperatur T [°C]	20	i. O.
Ausdehnungskoeffizient α [10 ⁻⁶ /K]	175	
Härte [shore A]	70	zurücksetzen

Ergebnisse zentrisch:

	nominal	max	min	Prüfergebnis
Verpressung inkl. QV [%] ⓘ	13,637	27,217	-5,569	Verpressung < 12%
Verpressung inkl. QV [mm]	0,132	0,284	-0,045	
Nutfüllung [%] ⓘ	45,004	59,005	27,177	i. O.
Dehnung OR [%] ⓘ	10,638	21,636	-8,827	Dehnung > 6,5%
Nuttiefe t	0,835	0,860	0,760	
Einführschräge bei 15° z [mm]	1,194			
Einführschräge bei 20° z [mm]	0,921			
Spalt g [mm]	0,245	0,295	0,195	i. O.
max. empf. Dichtspalt g [mm]	0,080			Dichtspalt zu groß Härte oder Passung ändern sonst Stützring verwenden

Beispiel Kupplung Zusammenfassung

- Kein chemischer Angriff
- Zentrische Lage nicht gegeben
- O-Ring wird u. U. nicht verpresst
 - Je nach Lage der Ist-Maße, gute oder keine Abdichtung
- Dichtspalt zu groß

FAZIT

- Ungünstige konstruktive Auslegung → DIN ISO 3601
- Toleranzen aller beteiligten Bauteile müssen beachtet werden

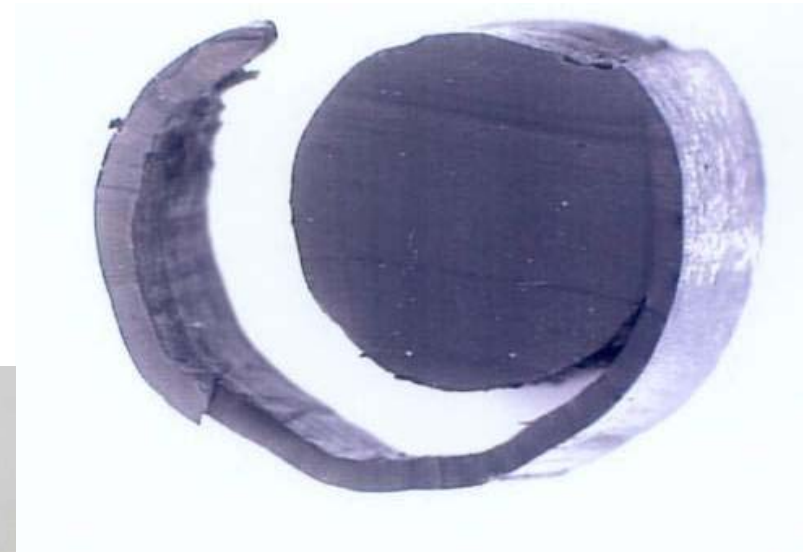
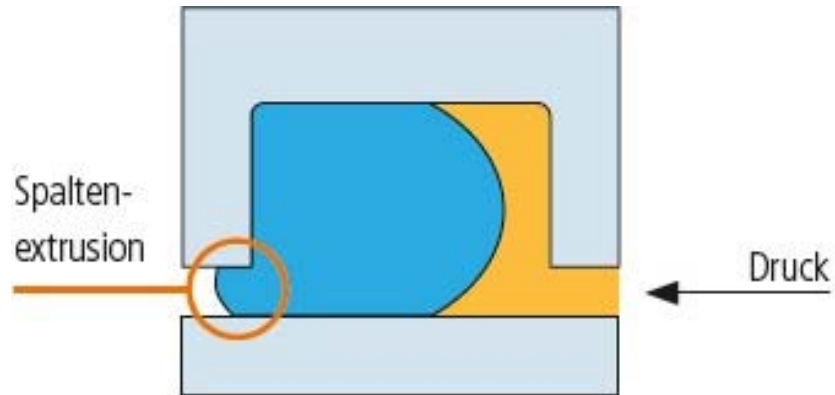


Beispiel Kupplung, Lösungsvorschläge

- Nut anpassen DIN ISO 3601
 - Probleme
 - Spritzgussteile (fertig => hohe Kosten)
- Schnurstärke +0,1 mm
 - Probleme
 - max. Verpressung zu hoch
 - Zu hohe Fügekräfte (Krankenhauspersonal)
 - Spaltextrusion beim Fügen
- Schnurstärke +0,1 mm zzgl. PTFE Beschichtung
 - Versuche notwendig



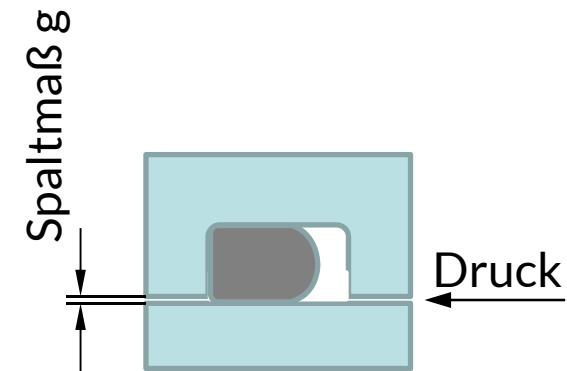
Einbauräume Auslegung



Einbauräume Auslegung

Schnurstärke d ₂	bis 2	2,01 – 3	3,01 – 5	5,01 – 7	über 7,01
O-Ring-Härte 70 Shore A					
Druck (bar)	Spaltmaß g				
≤ 35	0,08	0,09	0,10	0,13	0,15
≤ 70	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
≤ 100	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
O-Ring-Härte 90 Shore A					
Druck (bar)	Spaltmaß g				
≤ 35	0,13	0,15	0,20	0,23	0,25
≤ 70	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20
≤ 100	0,07	0,09	0,10	0,13	0,15
≤ 140	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
≤ 175	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09
≤ 210	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
≤ 350	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04

Alle Angaben in mm.



O-Ring 1x1 Seite 10



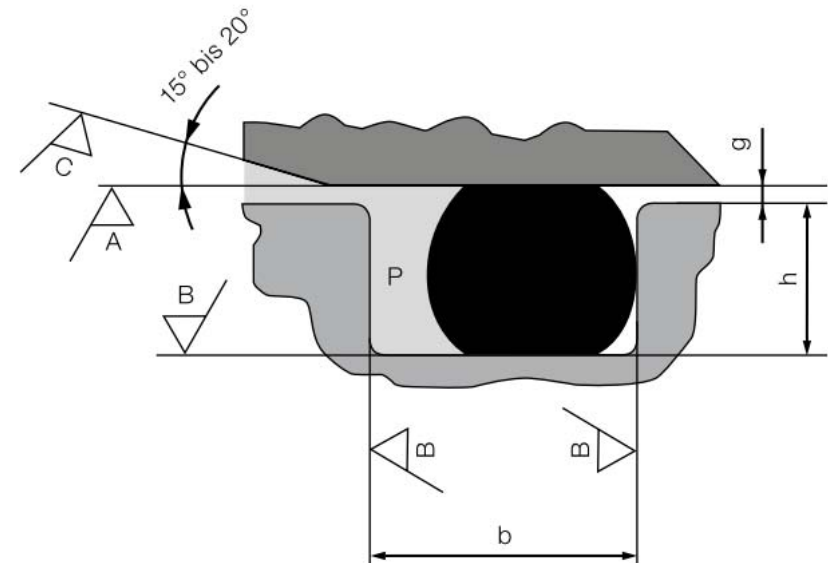
Empfohlene O-Ring-Schnurstärke

Bohrungsdurchmesser d4	O-Ring-Schnurstärke-Nennmaß d2
4 bis 12	1,78
> 12 bis 24	2,62
> 24 bis 46	3,53
> 46 bis 124	5,33
> 124 bis 500	6,99



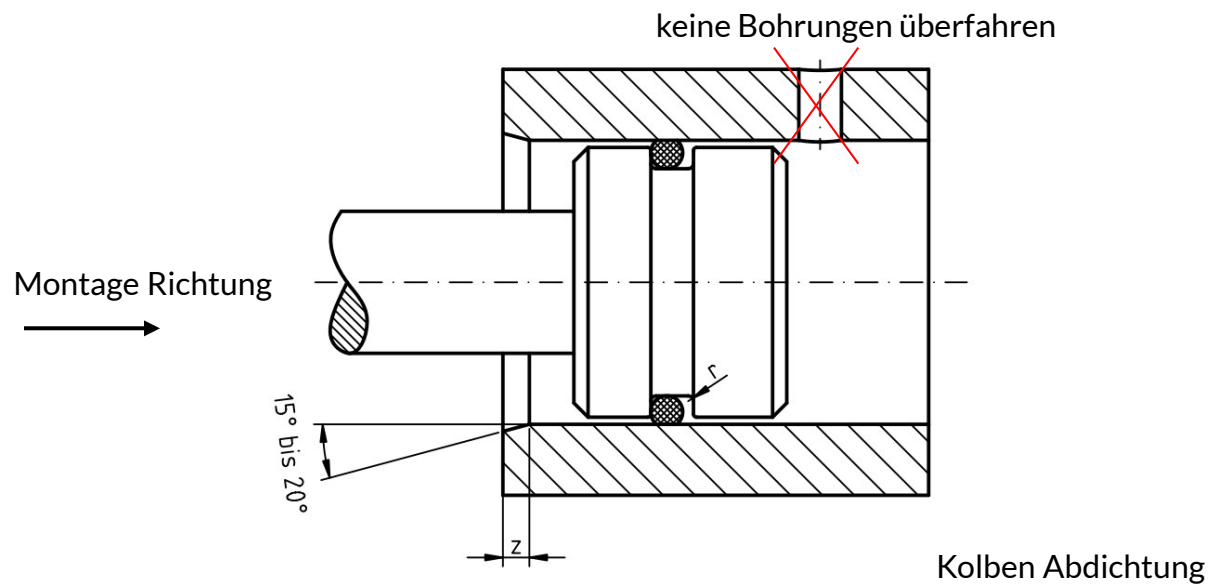
Einbauräume Auslegung

Oberfläche	Anwendung	Rz (µm)	Ra (µm)
Nutgrund (B)	Statisch	6,3	1,6
Nutflanken (B)	Statisch	6,3	1,6
Dichtfläche (A)	Statisch	6,3	1,6
Nutgrund (B)	Dynamisch	6,3	1,6
Nutflanken (B)	Dynamisch	6,3	1,6
Dichtfläche (A)	Dynamisch	1,6	1,6
Einführschräge (C)	---	6,3	1,6



Konstruktive Maßnahmen

- O-Ringe niemals über scharfe Kanten ziehen

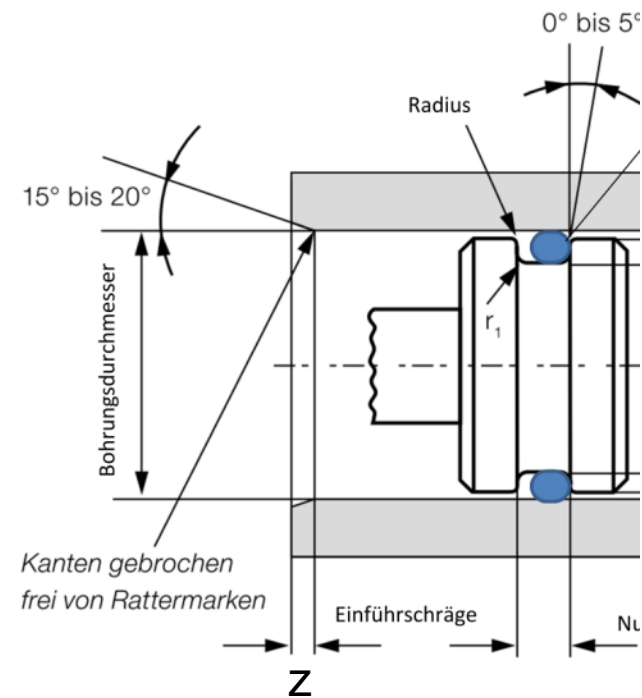


Konstruktive Maßnahmen

- Einführschrägen vorsehen

d	z bei 15°	z bei 20°
bis 1,80	2,5	2
1,81 – 2,62	3	2,5
2,63 – 3,53	3,5	3
3,54 – 5,33	4	3,5
5,34 – 7,00	5	4
über 7,01	6	4,5

Mindestlänge Einführschräge



Einbauräume Auslegung

- Ein O-Ring benötigt ca. 20 % Freiraum in der Nut
- Die Verpressung soll, abhängig von der Schnurstärke, nicht mehr als 30 % betragen
- Alle Toleranzen beachten
- Die Schnurstärke nicht zu dünn wählen
- Die Passung zwischen Welle und Bohrung muss zum Druck passen
- O-Ringe kurzfristig nicht mehr als 20 % und dauerhaft nicht mehr als 6 % dehnen
- Scharfe Kanten, Querbohrungen usw. vermeiden



Werkstoffauswahl

Medium	NR	IIR	EPDM	NBR	HNBR	CR	AU	ACM	VMQ	FVMQ	TFE/P	FKM	FFKM
Calciumacetat (wässrige Lösung)	A	A	A	B	B	B	D	D	D	D	A	D	A
Calciumchlorid (wässrige Lösung))	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Calciumhydrogensulfit (wässrige Lösung)	D	D	D	D	A	A	A	D	A	A		A	A
Calciumhydroxid (wässrige Lösung)	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A
Calciumhypochlorit (wässrige Lösung)	C	A	A	B	B	C	D	D	B	B	A	A	A
Calciumnitrat (wässrige Lösung)	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Calciumsulfid (wässrige Lösung)	B	A	A	A	A	A	A	D	B	A	A	A	A
Carbamat	D	B	B	C		B	D	D		A		A	A
Carbitol (Ethylidiglykol)	B	B	B	B		B	D	D	B	B		B	A
Carbolsäure (Phenol)	D	B	B	D	D	C	C	D	D	A		A	A
Cellosolve (Ethylenglykolether)	D	B	B	D		D	D	D	D	D		C	A
Cellosolve Acetat (Glykolacetat)	D	B	B	D	D	D	D	D	D	D		D	A
Cellulube (Fyrquel)	D	A	A	D	D	D	D	D	A	C		A	
China-Holzöl (China-Tungöl)	D	C	C	A	A	B	C		D	B		A	A

A = 0 bis 5 % Volumenquellung. Elastomer zeigt keine bis geringe Quellung.

B = 5 bis 10 % Volumenquellung. Elastomer zeigt geringe bis mäßige Quellung.

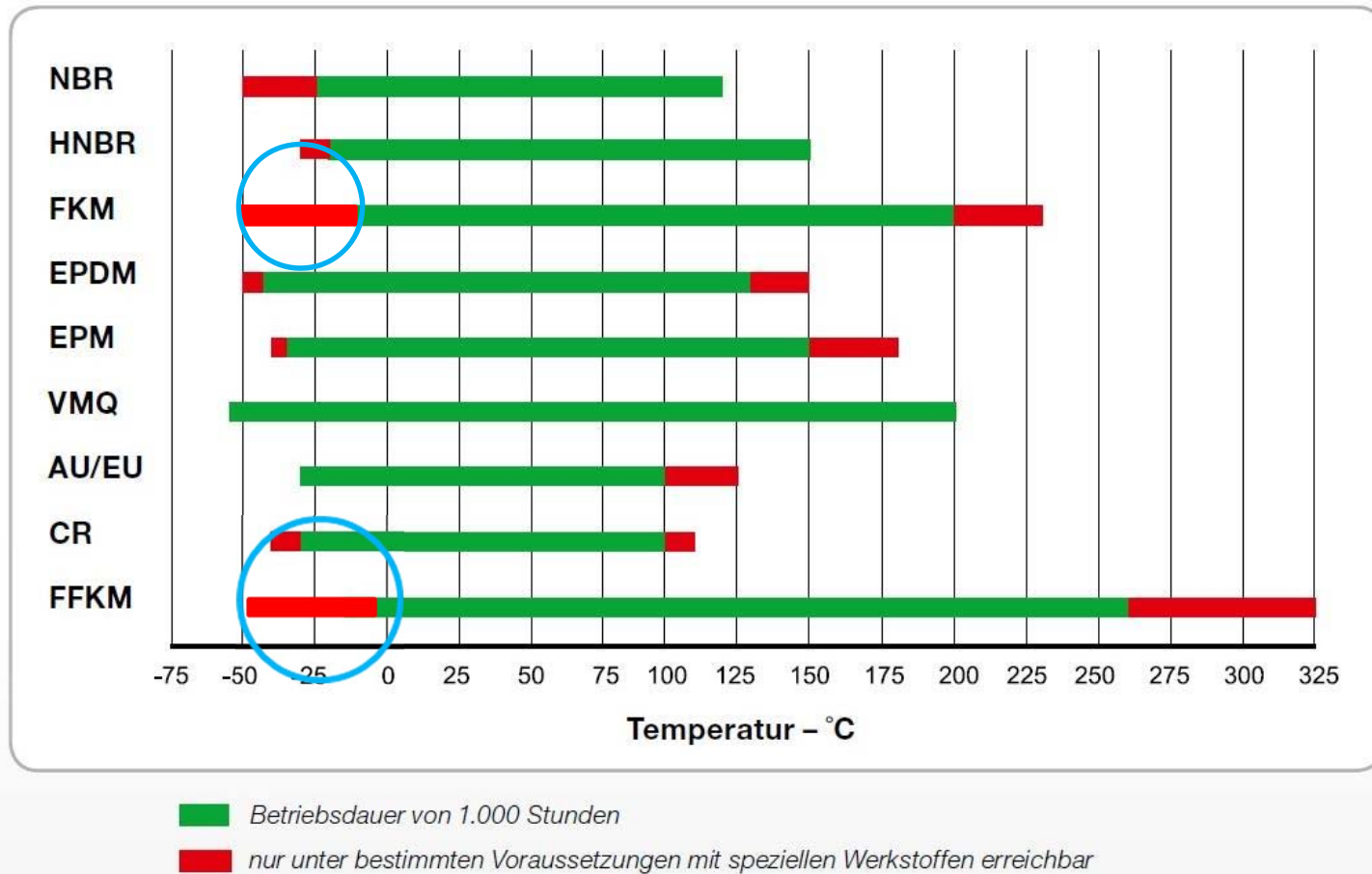
C = 10 bis 20 % Volumenquellung. Elastomer zeigt mäßige bis starke Quellung.

D = nicht zu empfehlen

E = keine Daten vorhanden.



Werkstoffauswahl



Werkstoffauswahl

- **NBR:** Öl, Hydrauliköl, Schmierfett, Benzin, aliphatische Kohlenwasserstoffe, verdünnte Säuren und Laugen
- **Standard FKM (Copolymer):** Mineralöl, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe, konzentrierte Säuren, schwache Alkalien
- **Spezial FKM (Tetrapolymer):** Wie Standard FKM zus. außergewöhnliche Beständigkeit gegen Heißwasser, Dampf, Biogene Medien (Biodiesel, E10 usw.).
- **FFKM:** Beständigkeit vergleichbar mit PTFE (Teflon)
- **EPDM:** Hohe Heißwasser- und Dampfbeständigkeit, Alterungs- und Ozonbeständig, sehr gute Chemikalienbeständigkeit gegen oxidierend wirkende Agenzien
- **VMQ:** Großer Temperaturbereich (-55 °C bis +200 °C), Luft, Ölbeständigkeit mit NBR vergleichbar, kein Heißwasser und Dampf



Werkstoffauswahl

Zusammenfassung:

- Beständigkeitstabelle
- Temperatur → Beachtung der Arrhenius-Gleichung
- Erfahrungswerte
- Eignungsversuche in Grenzfällen
- Im Zweifel höherwertigen Werkstoff,
NBR → FKM → FFKM



Weiterführende Informationen

- COG Broschüre „Elastomerdichtungen für höchste Anforderungen“
- COG Broschüre „O-Ring 1x1“
- COG Anwendungstechnik



Kontakt

Schulungsunterlagen der

C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG
Gehrstücken 9
25421 Pinneberg, Deutschland

Telefon: +49 4101 5002-0
Telefax: +49 4101 5002-83
www.cog.de

Sollten Sie darüber hinaus Fragen zu diesem Webinar haben, dann wenden Sie sich gerne an:

Referent, Dipl.-Ing. (FH) Thomas Lucht, COG Anwendungstechnik
E-Mail: anwendungstechnik@cog.de
Telefon: +49 4101 5002-186

© 2019 C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG
Irrtümer und Änderungen vorbehalten.



© 2019 C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG

Urheberrechtshinweis: Die Inhalte dieses Dokumentes (u. a. Texte, Grafiken, Fotos, Logos etc.) und das Dokument selbst sind urheberrechtlich geschützt. Sie wurden durch die C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG (COG) selbständig erstellt. Eine Weitergabe von Präsentation und/oder Inhalten ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung von COG zulässig. Ohne schriftliche Genehmigung von COG dürfen dieses Dokument und/oder Teile daraus nicht weitergegeben, modifiziert, veröffentlicht, übersetzt oder reproduziert werden, weder durch Fotokopien, noch durch andere – insbesondere elektronische – Verfahren. Der Vorbehalt erstreckt sich auch auf die Aufnahme in oder die Auswertung durch Datenbanken.

