



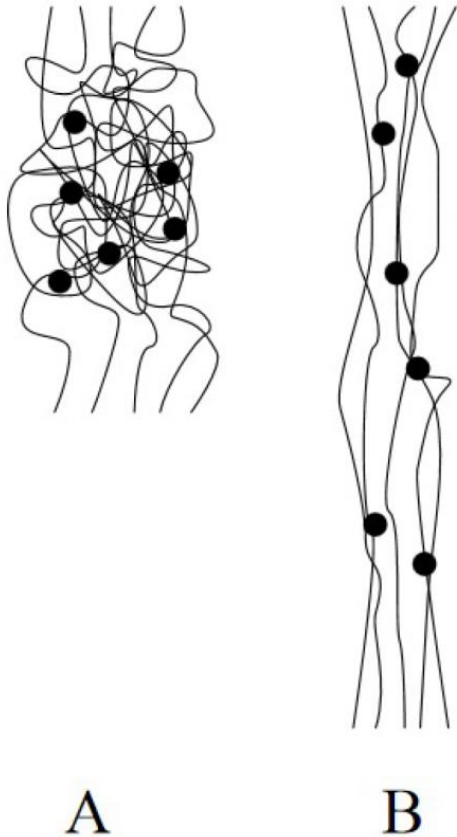
WEBINAR

„Grundlagentraining:
Schadensanalyse bei
Elastomerdichtungen“

Pinneberg, 04.06.2024



Der Gough-Joule-Effekt



Gough (1805) und Joule (1859) untersuchten das Verhalten von Elastomeren in Abhängigkeit von der Temperatur.

- Ein unter Zugspannung stehendes Elastomer zieht sich zusammen, wenn er erwärmt wird.
- Elastomere geben Wärme ab, wenn sie gedehnt werden.

Diese Effekte sind darauf zurückzuführen, dass die innere Energie des Gummis bei der Deformation relativ unverändert bleibt, d.h. Arbeit, die am System verrichtet wird, wird in Wärme umgewandelt. Die Entropie (ein Maß für die Unordnung in einem System) im Elastomer wird beim Dehnen, durch die Ausrichtung der Polymere, verringert.

Nach dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik strebt die Entropie ein Maximum an, was zu dem beschriebenen Effekt führt.

Inhaltsübersicht

1 Beschreibung O-Ring

2 Funktionsweise

3 Chartliste der Ausfallursachen

4 Nutüberfüllung

5 Ausfall konstruktiv,
Zusammenfassung

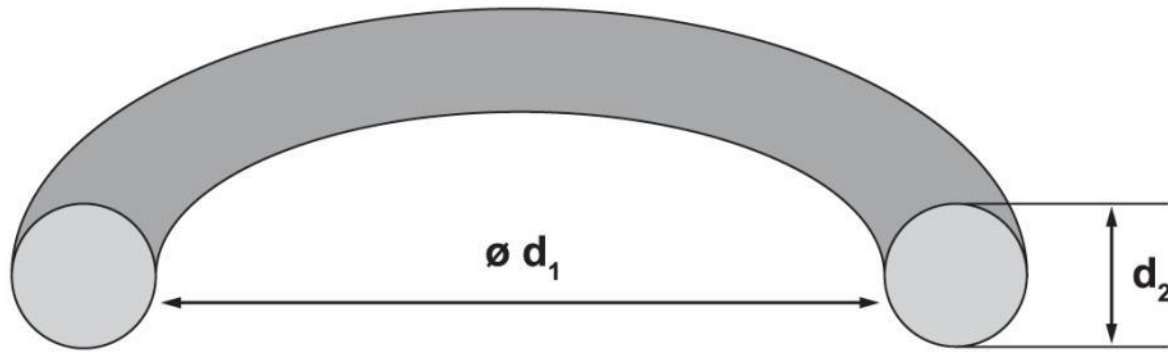
6 Thermische Eigenschaften

7 Prozessparameter, Temperatur,
Druck

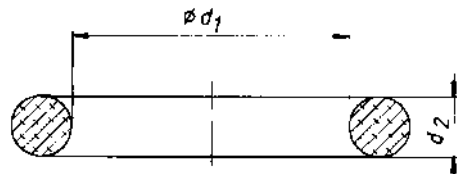
8 Beständigkeit

9 Diskussion, Fragen

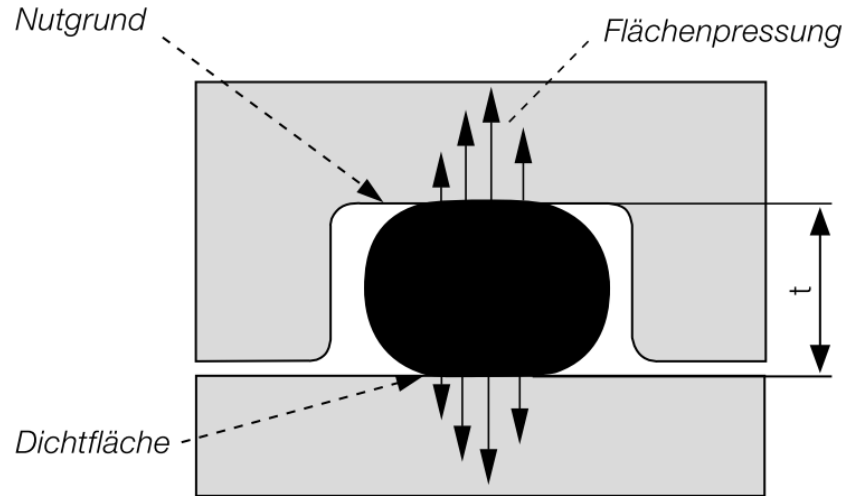
Beschreibung O-Ring



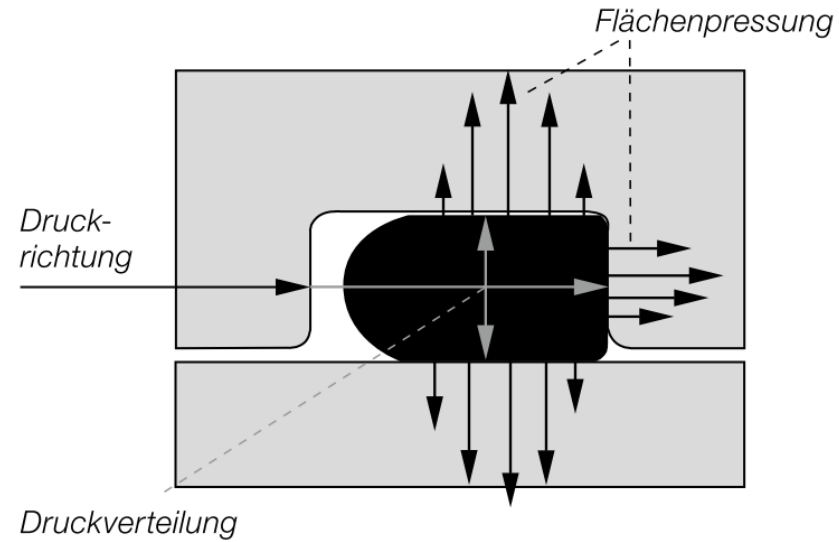
oder auch so dargestellt:



Funktionsweise

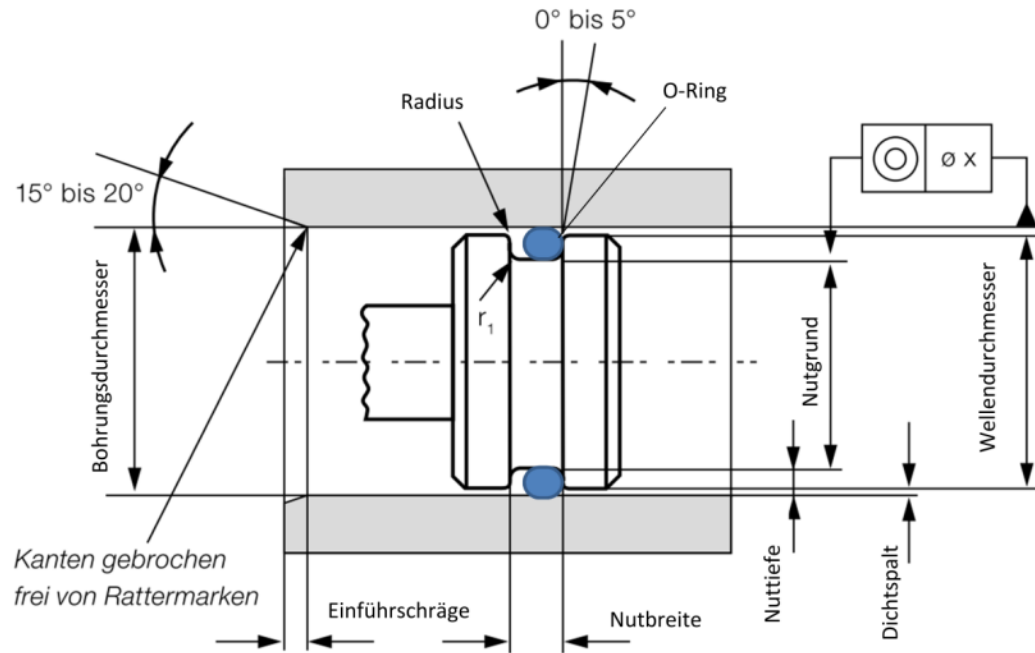


**Verpresster O-Ring im Einbauraum
ohne Druckbeaufschlagung**



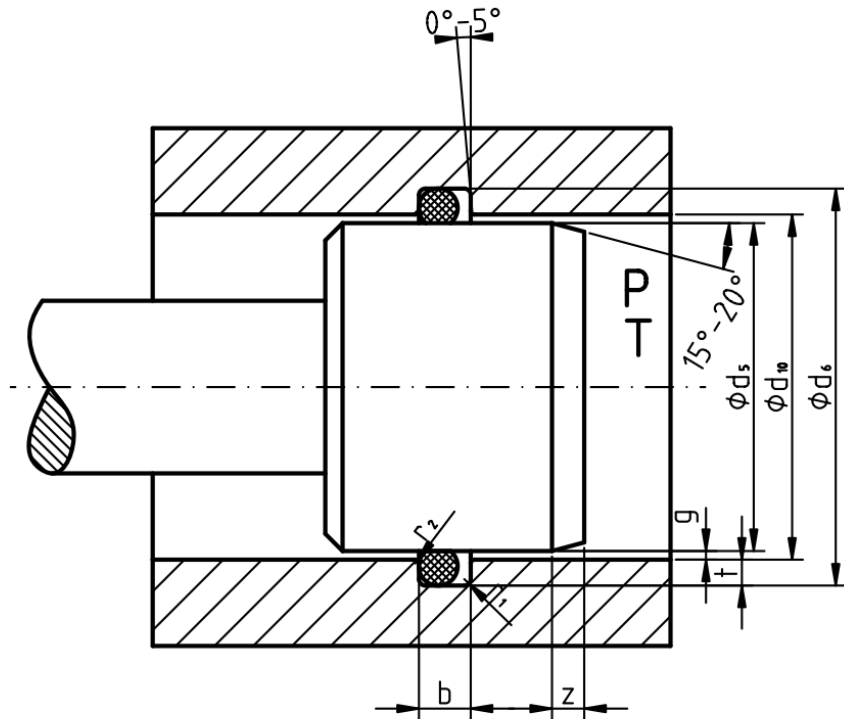
**Verpresster O-Ring im Einbauraum
unter Druckbeaufschlagung**

Funktionsweise



Darstellung des Einbauraums einer radialen Kolbendichtung

Sonderfall dynamische Stangendichtung



Bei einer dynamischen Stangendichtung sollte der O-Ring, aufgrund des Joule Gough Effekts, stets mit einer ca. 2%-5%igen Dehnung ausgelegt werden.

Frage 2

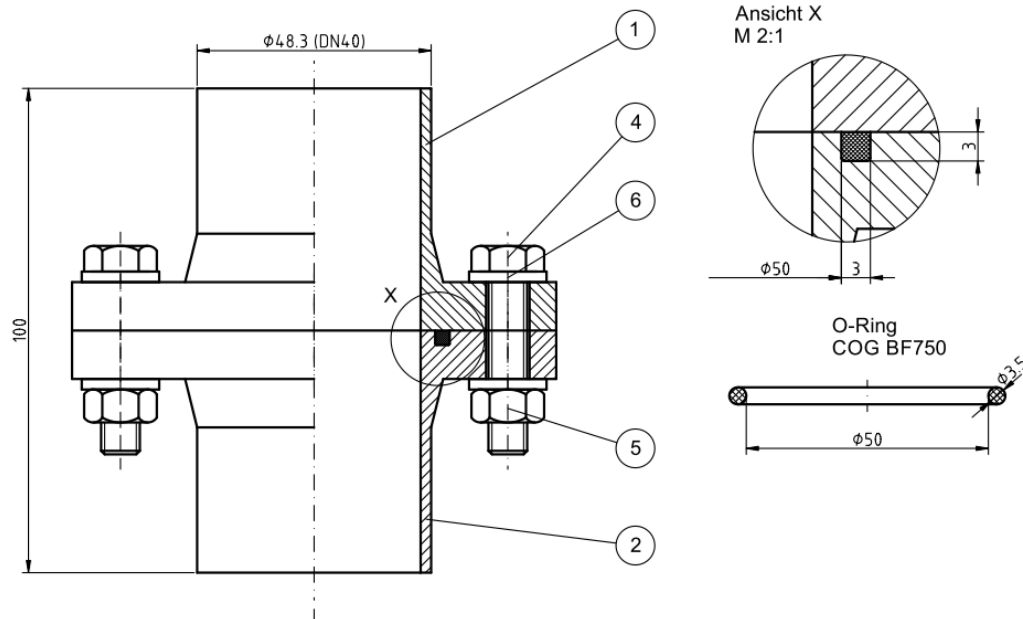
Welche Ausfallursachen traten in Ihren Anwendungen bisher auf?

1. Die Einbauräume wurden falsch ausgelegt.
2. Chemischer Angriff.
3. Nicht alle Prozessparameter wurden beachtet.
4. Die O-Ringe hatten eine schlechte Qualität.
5. Wir hatten bisher keine Ausfälle

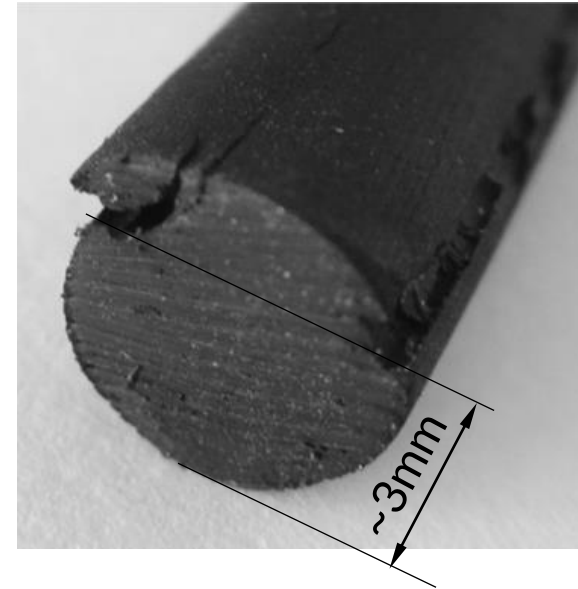
Chartliste der Ausfallursachen

1. Mängel bei der konstruktiven Nutgestaltung 62%
2. Montagefehler 10%
3. Ozonschädigung vormontierter NBR O-Ringe 8,5%
4. falscher Werkstoff 5,8%
5. chemischer Angriff 4,5%
6. kurzzeitige Überhitzung 3,6%
7. Fließfehler Risse, Fehler bei der Fertigung 1,8%
8. Quellung / Schrumpfung 1,5%
9. Abrieb 1,3%
10. explosive Dekompression 1%

Ausfall konstruktiv, durch Nutüberfüllung



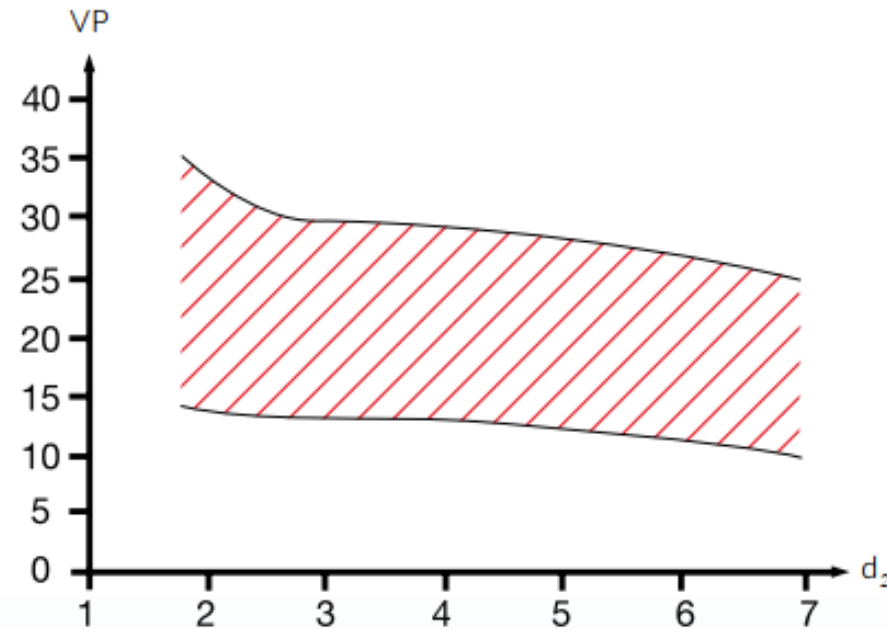
- Typ: Flanschabdichtung
- Werkstoff: FKM
- Medium: Getriebeöl
- Temperatur: 20°C
- Druck 4bar
- Toleranzen DIN/ISO 2768m



Typisches Schadensbild einer Nutüberfüllung

Ausfall konstruktiv, Zusammenfassung

- Nutfüllung max. 85%
 - Quellung
 - Thermische Ausdehnung
- Verpressung (abhängig von der Schnurstärke)
 - Max. ~30%
 - Min. ~12%
- Dehnung / Stauchung
 - Kolbenabdichtung
 - Dehnung kurzfristig max. 20%
 - Dehnung dauerhaft max. 6%
 - Flanschabdichtung
 - Stauchung max. 1,5%(Versuche)
 - Stangenabdichtung
 - Stat. Wie Kolbenabdichtung
 - Dyn. mit ca.1,5% Stauchung (Gough-Joule-Effekt)
- Toleranzen beachten
- Berechnungsprogramm nutzen

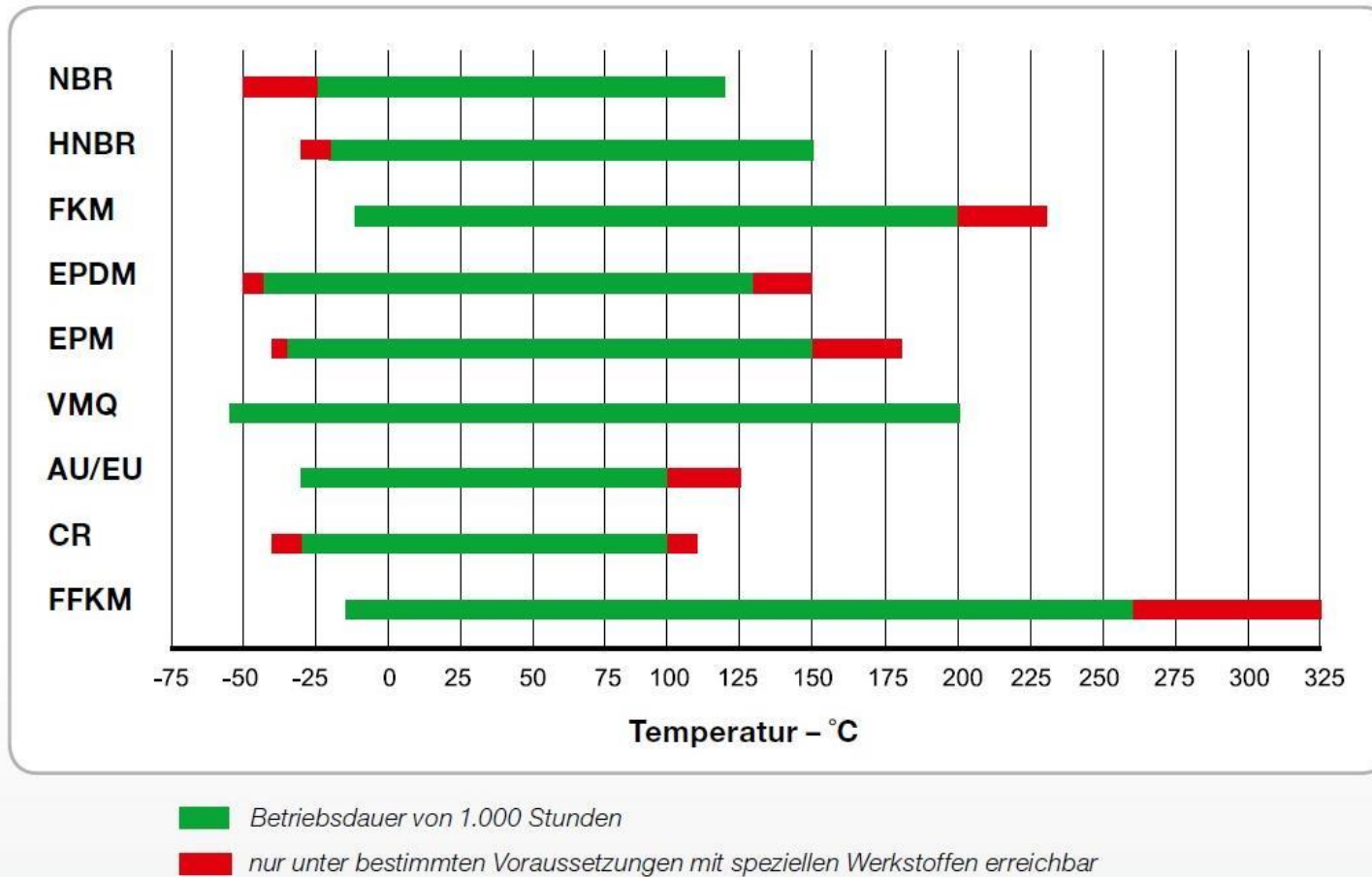


Verpressungsdiagramm einer hydraulischen, statischen Anwendung

Thermische Eigenschaften

- obere Temperaturgrenze (Zersetzung des Kautschuks)
- untere Temperaturgrenze (Glasübergangstemperatur)
- Einsatz- bzw. Dauertemperatur
- Spitzentemperatur

Thermische Eigenschaften

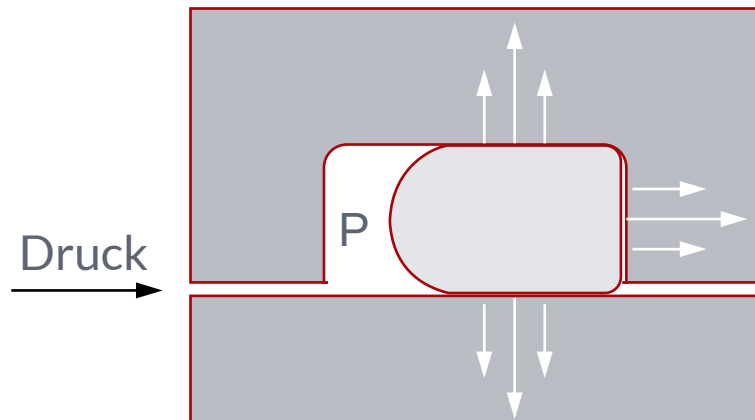


Prozessparameter, tiefe Temperaturen

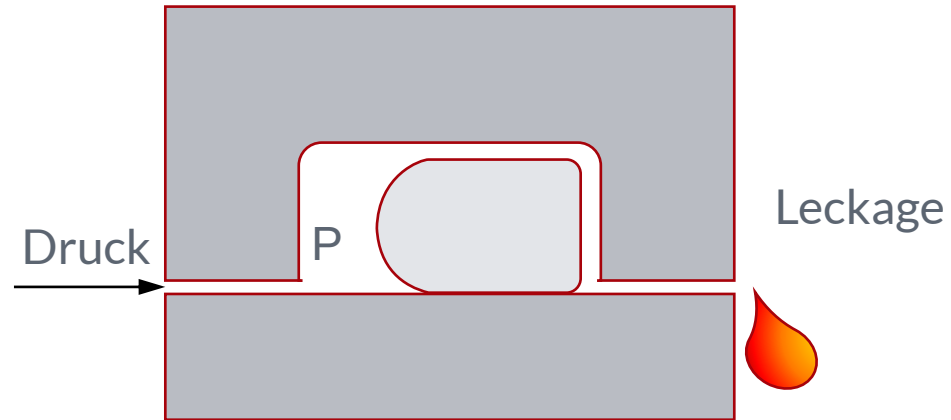


Prozessparameter, tiefe Temperaturen

Flächenpressung

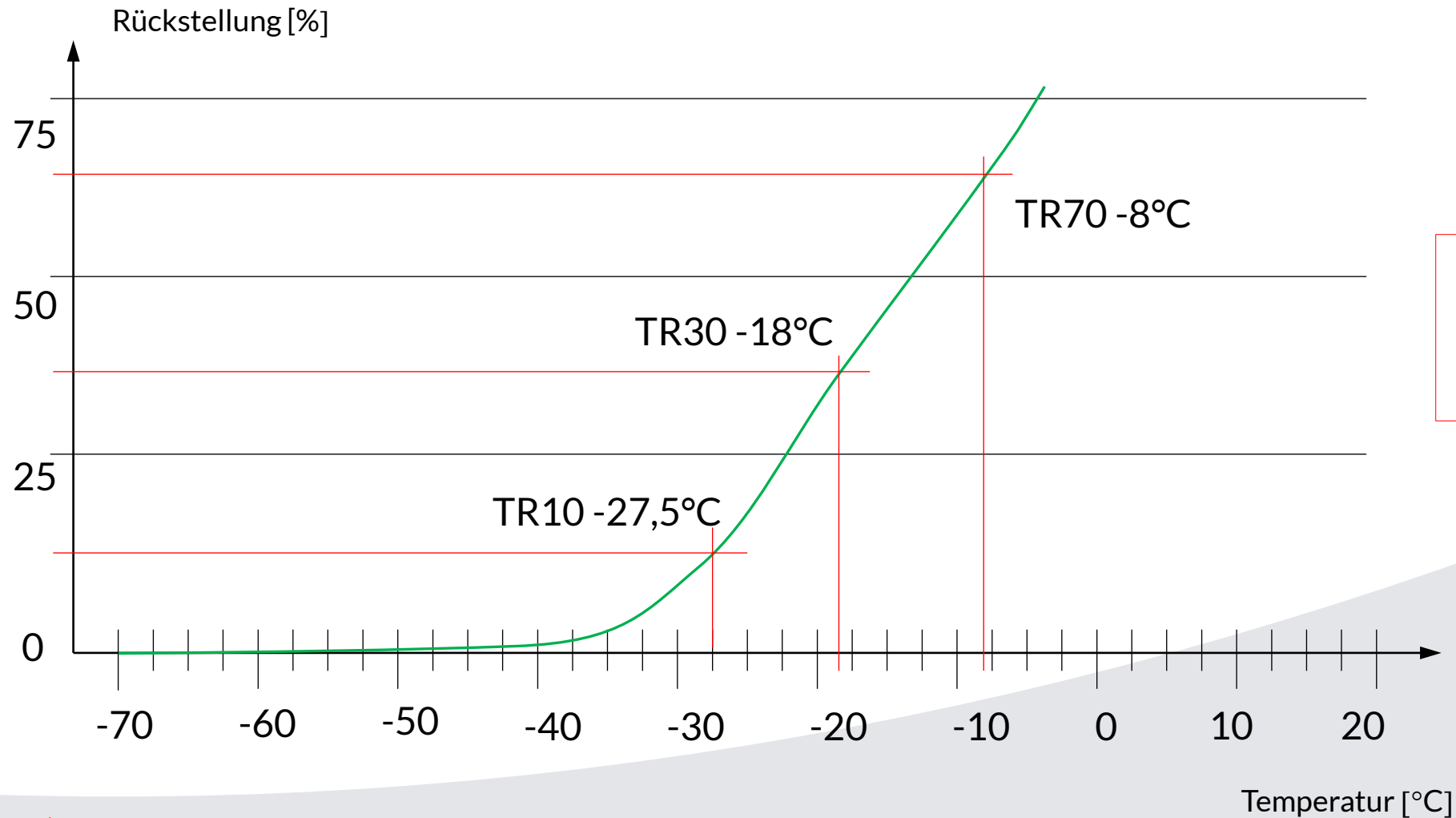


Verpresster O-Ring im Einbauraum
unter Druckbelastung



O-Ring im Einbauraum
nach Unterschreitung des
Glasübergangspunktes

Prozessparameter, tiefe Temperaturen



Typisches
Rückstellverhalten
eines NBR
Compounds

Prozessparameter, tiefe Temperaturen



C. OTTO GEHRCKENS GMBH & CO. KG
DICHTUNGSTECHNIK

Seite 1/2

TECHNISCHES DATENBLATT

05.01.2017, Version: 05

COG Werkstoff	Vi 665
Basiselastomer	Fluorkautschuk (FKM)
Farbe	blau
Einsatztemperatur (Luft)	von -15 °C bis +200 °C
Freigaben / Zulassungen	FDA 21. CFR 177.2600, USP Klasse VI bis +121 °C, Chapter 87 und Chapter 88
Vernetzungssystem	Bisphenol-vernetzt
Bemerkung	k. A.

Eigenschaften	Einheit	PRÜFKÖRPER		O-RING	
		Wert	Prüfmethode	Wert	Prüfmethode
Härte	Shore A	75 ± 5	DIN ISO 7619-1	76 ± 5	DIN ISO 7619-1
Härte	°IRHD, CM	72 +3/-8	DIN ISO 48	72 +3/-8	DIN ISO 48
Reißfestigkeit	MPa	> 8,8	DIN 53 504	k. A.	k. A.
Reißdehnung	%	> 220	DIN 53 504	k. A.	k. A.
TR-10	°C	-14	ASTM D 1329	-14	ASTM D 1329
Druckverformungsrest (24 h / 200 °C)	%	< 15	DIN ISO 815	< 18	DIN ISO 815
Druckverformungsrest (72 h / 175 °C)	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Druckverformungsrest	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

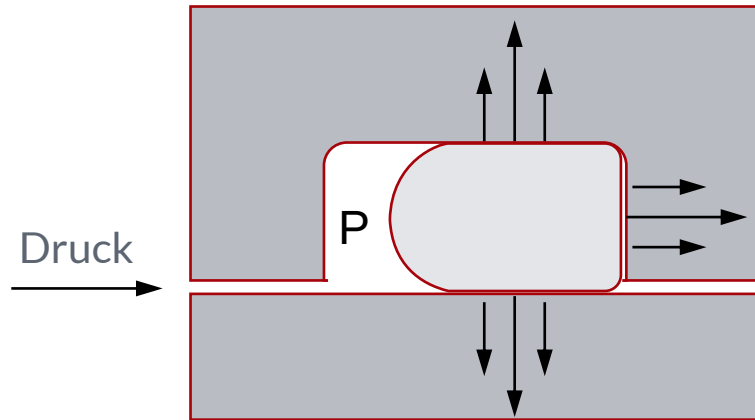
Prozessparameter, tiefe Temperaturen

Zusammenfassung:

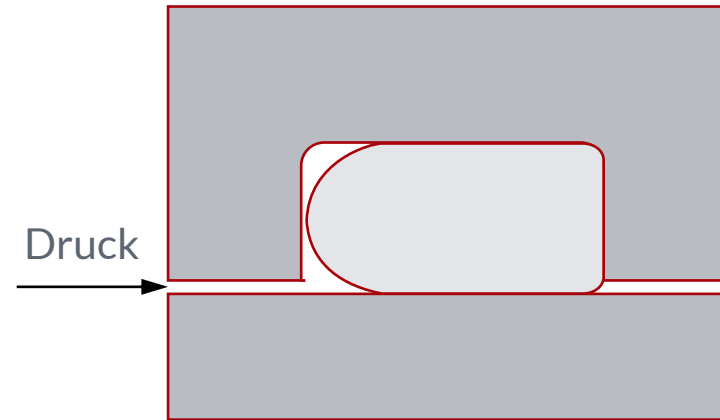
- TR10-Wert
- statische Anwendung 10 °C bis 15 °C unterhalb TR10
- dynamische Anwendung TR10
- bei hohem Druck Anwendung weit unterhalb des TR10 möglich

Prozessparameter, hohe Temperaturen

Flächenpressung



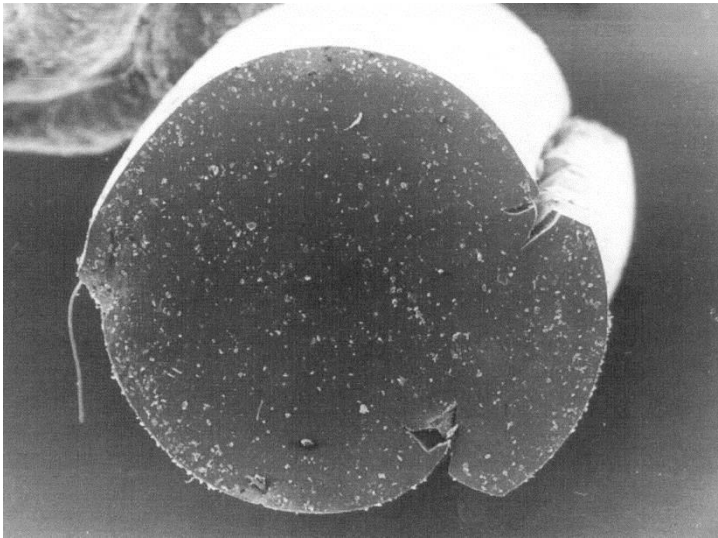
Verpresster O-Ring im Einbauraum
bei Raumtemperatur



O-Ring im Einbauraum
bei hoher Temperatur

Prozessparameter, thermische Ausdehnung

Aseptik Rohrverschraubung nach DIN 11864-1



Prozessparameter, thermische Zersetzung

Standard FKM in Heißdampf bei 180 °C



Prozessparameter, hohe Temperaturen

Zusammenfassung:

- O-Ring benötigt ca. 20 % Freiraum
- Ausdehnungskoeffizient ca. 10 bis 20x größer als bei Stählen
- kurzzeitige max. Temperaturen beachten
- im Zweifel höherwertigen Werkstoff, NBR → FKM → FFKM
- Temperatur -> Beachtung der Arrhenius-Gleichung

Prozessparameter, hoher Druck

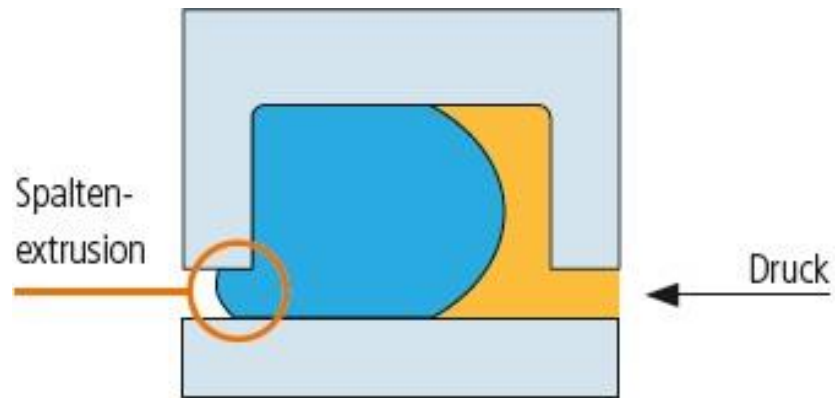


Bild 92

Prozessparameter, hoher Druck

O-Ring 1x1 Seite 10

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.

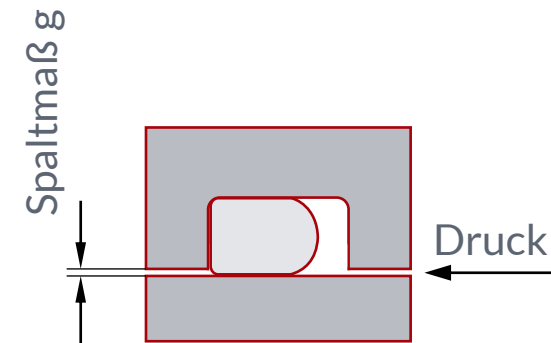


Bild 95

Prozessparameter, hoher Druck

Zusammenfassung:

- Dichtspalt so klein wie möglich
- härteren Werkstoff verwenden
- Stützringe vorsehen
- Medium beachten

Prozessparameter, hohe Druckänderungen

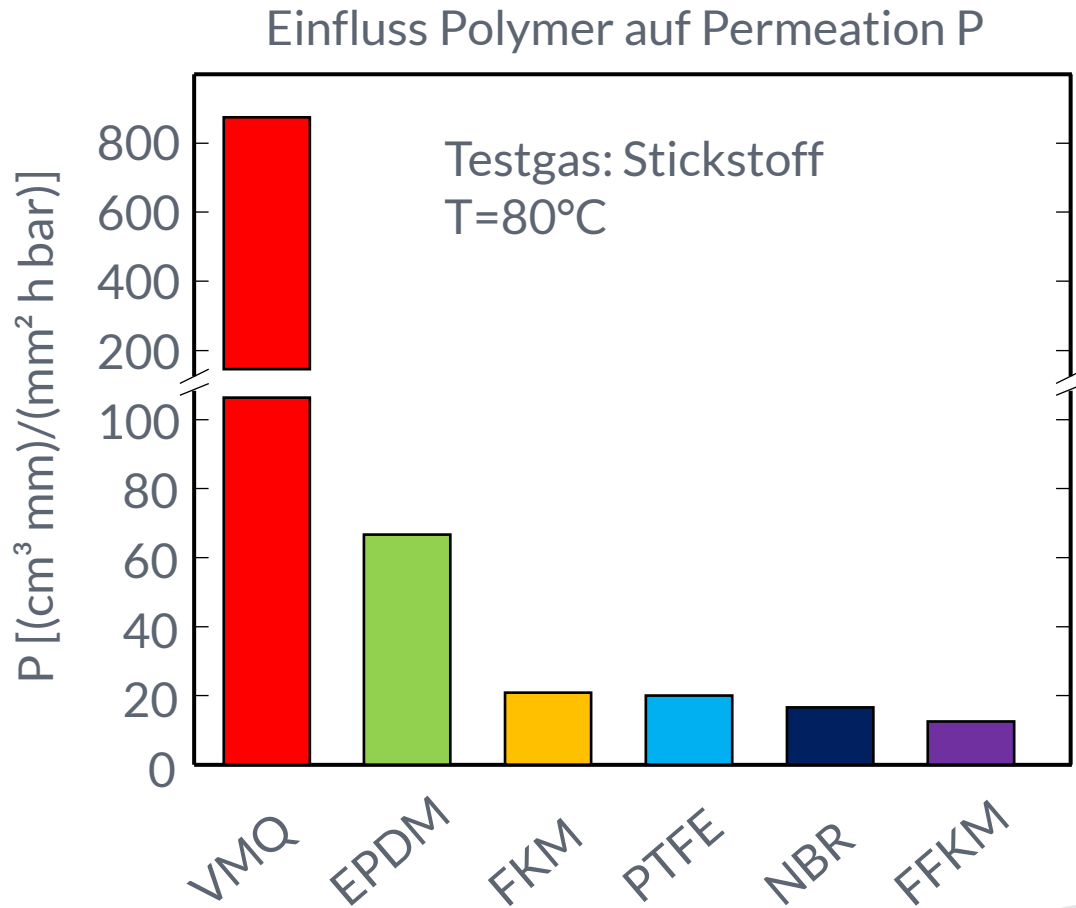


Prozessparameter, hohe Druckänderungen



Explosive Dekompression

Prozessparameter, hohe Druckänderungen



Prozessparameter, hohe Druckänderungen

- Einsatz eines AED Compounds wie Vi 890 und Vi 899
- Normen: z. B. Norsok M-710
- Druckänderungen reduzieren



Beständigkeit

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.

Beständigkeit

- **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

Beständigkeit

Zusammenfassung:

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



FRAGEN?



Weiterführende Informationen

COG Homepage <https://www.cog.de/produkte/rund-um-den-o-ring>

COG Broschüre „Elastomerdichtungen für höchste Anforderungen“

COG Broschüre „O-Ring 1x1“

COG Broschüre „Wasserstofftechnologie zukunftsicher abgedichtet“

COG Experten der Anwendungstechnik



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

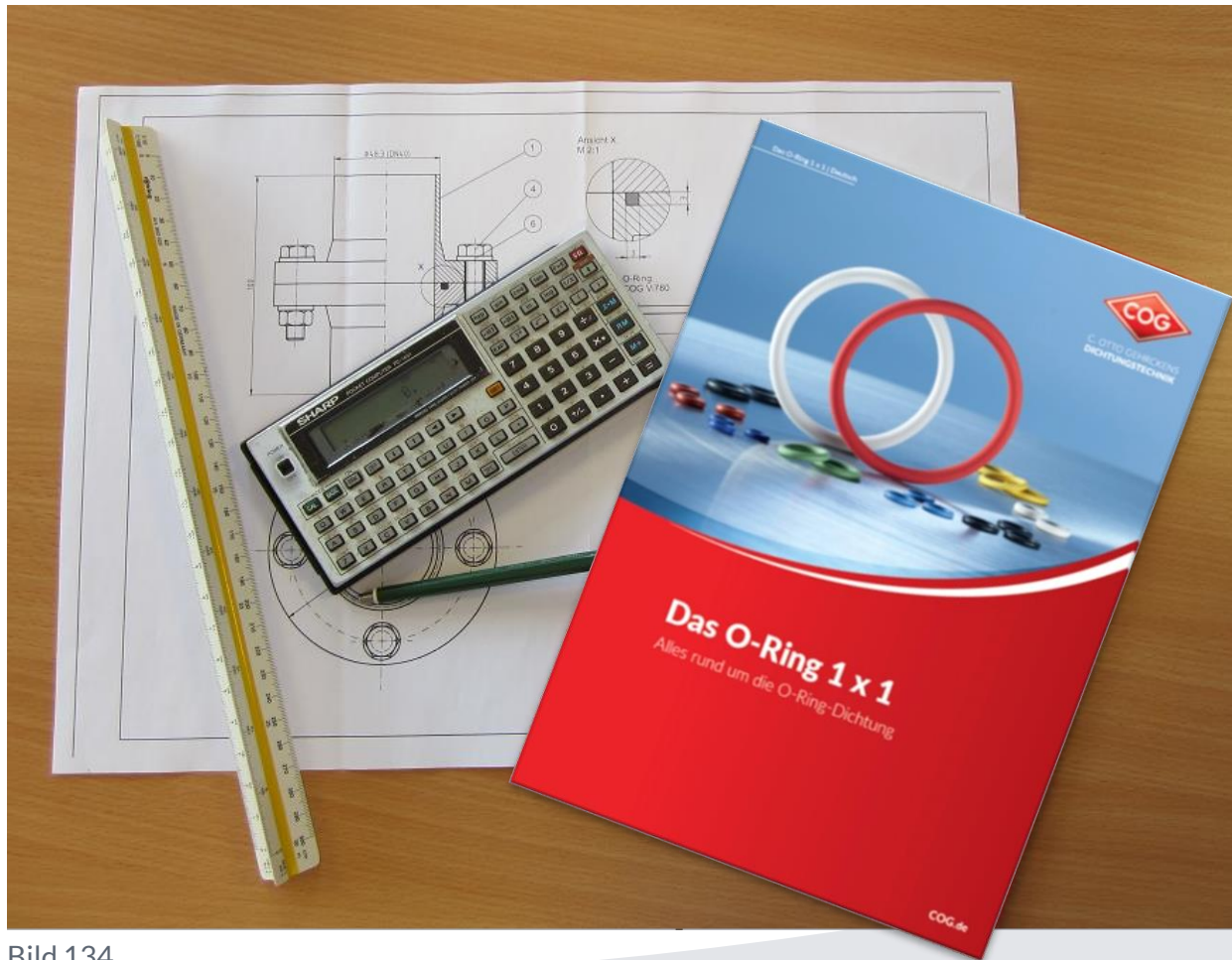


Bild 134

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 Seminar oder den dazugehörigen Unterlagen haben, dann wenden Sie sich gerne an:

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

© 2022 C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG
Irrtümer und Änderungen vorbehalten.
Urheberrechtshinweis siehe nachfolgende Folie.

© 2023 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.