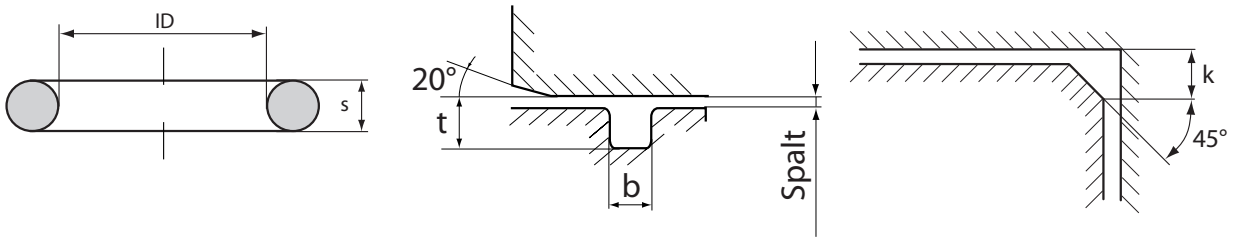
Hydraulik-Kompetenz AG
Neuzaunstrasse 2, CH-8723 Rufi
+41 (0)55 619 52 00

info@hydraulik.ch
www.hydraulik.ch
www.hydraulikshop.ch

O-Ringe



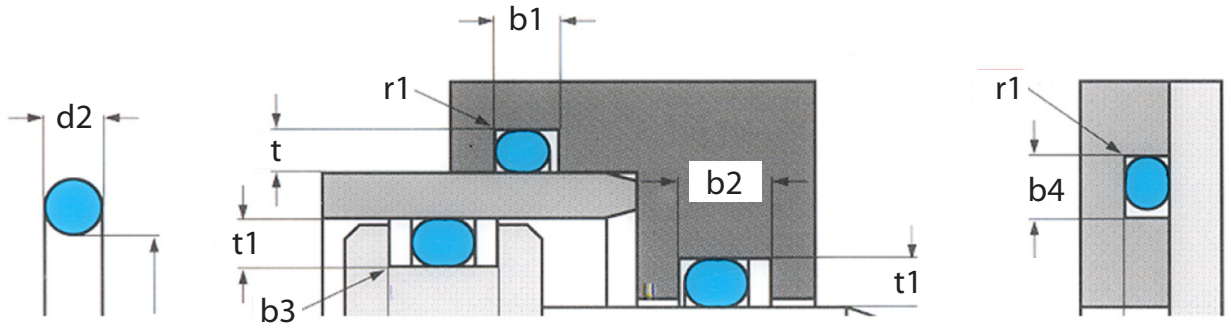
Nutmasse für metrische Abmessung

Nutmasse (mm) statische Abdichtung						
s	Nutbreite		Nuttiefe		k	Richt-mass für Spalt
	b	Toleranz	t	Toleranz		
1	1.5	+0.1 0	0.7	±0.05	1.4	0.06
1.5	2	+0.1 0	1.1	±0.05	2	0.08
1.6	2.3	+0.1 0	1.2	±0.05	2.1	0.08
2	2.5	+0.15 0	1.5	±0.1	2.6	0.1
2.4	3.2	+0.15 0	1.9	±0.1	3.3	0.1
2.5	3.5	+0.2 −0	2	±0.1	3.5	0.1
3	4	+0.2 0	2.4	±0.1	4	0.12
4	5	+0.3 0	3.3	±0.1	5.5	0.12
5	6.5	+0.3 0	4.2	±0.1	7	0.12
5.7	7.5	+0.3 0	4.6	±0.1	8	0.12
7	9.5	+0.4 0	5.8	±0.1	10	0.15
10	12	+0.4 0	8.5	±0.15	15	0.25

Nutmasse für Zollabmessung

Nutmasse (mm) statische Abdichtung						
s	Nutbreite		Nuttiefe		k	Richt-mass für Spalt
	b	Toleranz	t	Toleranz		
1.78	2.5	+0.2 −0	1.5	±0.03	2.3	0.1
2.62	3.5	+0.2 0	2.1	±0.1	3.5	0.1
3.53	4.5	+0.3 0	2.9	±0.1	5	0.12
5.34	7	+0.3 0	4.4	±0.1	7.4	0.12
6.99	9.5	+0.3 0	5.8	±0.1	9.8	0.12

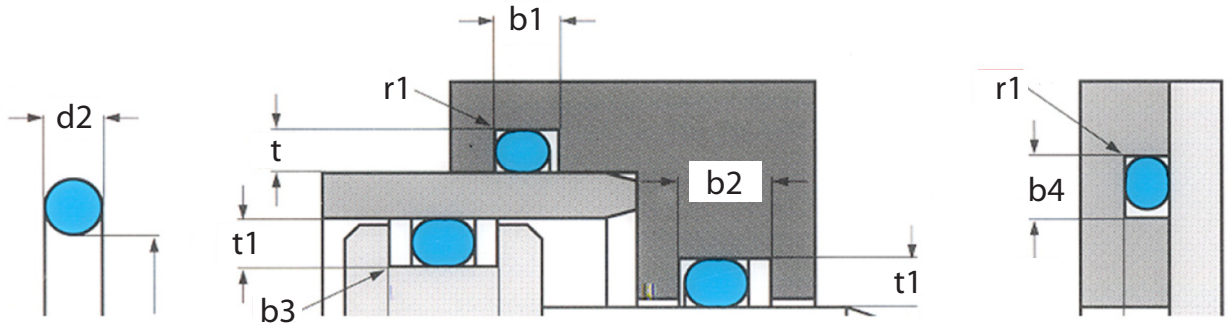
Präzisions O-Ringe – metrische Abmessung



d2 (schwarz) **Metrische Abmessung**
d2 (blau) **Schwedische Norm SMS 1586/Japanische Norm JIS B 2401**

d2	b1	b2	b3	b4	t	t1	r1	S	h
1	1.4	–	–	1.4	0.7	–	0.2	0.2	0.7
1.25	1.7	–	–	1.8	0.9	–	0.2	0.2	0.9
1.5	2	3	4	2.1	1.1	1.25	0.3	0.2	1.1
1.6	2.1	3.1	4.1	2.2	1.2	1.3	0.3	0.2	1.2
1.9	2.6	4	5.4	2.7	1.4	1.55	0.4	0.2	1.4
2	2.7	4.1	5.5	2.8	1.5	1.65	0.4	0.2	1.5
2.4	3.2	4.6	6	3.3	1.8	2.05	0.5	0.3	1.8
2.5	3.3	4.7	6.1	3.4	1.85	2.15	0.5	0.3	1.85
3	4	5.4	6.8	4	2.3	2.6	0.6	0.3	2.3
3.1	4.1	5.5	6.9	4.1	2.4	2.7	0.6	0.3	2.4
3.5	4.6	6	7.4	4.7	2.65	3.05	0.6	0.4	2.65
3.6	4.8	6.2	7.6	5.1	2.8	3.15	0.8	0.4	2.8
4	5.2	6.9	8.6	5.3	3.1	3.5	0.8	0.4	3.1
5	6.6	8.3	10	6.7	4	4.4	0.8	0.4	4
5.7	7.2	8.9	10.6	7.4	4.6	5	1.2	0.4	4.6
6	7.4	9.1	10.8	7.6	4.9	5.3	1.2	0.4	4.9
7	9.5	12	14.5	9.7	5.8	6.1	1.5	0.6	5.8
8	9.8	12.3	14.8	10	6.7	7.1	1.5	0.6	6.7
8.4	10	12.5	15	10.3	7.1	7.5	1.5	0.6	7.1
9	10.6	13.1	15.6	10.9	7.7	8.1	2	0.6	7.7
10	11.6	14.1	16.6	12	8.6	9.1	2.5	0.6	8.6
12	13.5	16	18.5	14	10.6	11	2.5	0.6	10.6

Präzisions O-Ringe – Zollabmessung



d2 (schwarz) **ISO 3601/DIN 3771/NF T 47-501**
d2 (blau) **Amerikanische Norm AS 568/Britische Norm BS 1806**

d2	b1	b2	b3	b4	t	t1	r1	S	h
1.02	1.4	–	–	1.4	0.7	–	0.2	0.2	0.7
1.27	1.7	–	–	1.8	0.9	–	0.2	0.2	0.9
1.52	2	3	4	2.1	1.1	1.25	0.3	0.2	1.1
1.78	2.4	3.8	5.2	2.6	1.3	1.45	0.4	0.2	1.3
1.8	2.4	3.8	5.2	2.6	1.3	1.45	0.4	0.2	1.3
2.62	3.6	5	6.4	3.8	2	2.25	0.6	0.3	2
2.56	3.6	5	6.4	3.8	2	2.25	0.6	0.3	2
3.53	4.8	6.2	7.6	5	2.7	3.1	0.8	0.4	2.7
3.55	4.8	6.2	7.6	5	2.7	3.1	0.8	0.4	2.7
5.33	7.1	8.8	10.5	7.3	4.3	4.7	1.2	0.4	4.3
5.3	7.1	8.8	10.5	7.3	4.3	4.7	1.2	0.4	4.3
6.99	9.5	12	14.5	9.7	5.8	6.1	1.5	0.6	5.8
7	9.5	12	14.5	9.7	5.8	6.1	1.5	0.6	5.8

Mechanische Eigenschaften

Die Gummimischung und ihre Bestandteile

Der Kautschukmischung werden Weichmacher zugegeben. Bei nicht ölbeständigen Elastomeren, wie Naturkautschuke, Buna, EPDM, meist Mineralöle wie Naphtene oder Paraffine. Bei ölbeständigen Typen, wie Perbunan oder Neoprene hochsiedende organische Verbindungen wie Phthalsäure-Ester.

Weichmacher geben dem Gummi ein besseres elastisches Verhalten und gute Kältebeständigkeit.

Chemische Beständigkeit

Elastomere kommen mit vielen Medien in Berührung, wie Fette, Öle, Kraftstoffe, Lösungsmittel, Laugen, Säuren
und weiteren Chemikalien. Das Elastomer **quillt** oder es wird **chemisch abgebaut**.

Was geschieht bei Quellung?
- das Elastomer nimmt z.B. Lösungsmittel auf
- das Volumen nimmt zu
- Weichmacher werden extrahiert
- Kälteflexibilität nimmt ab
- Quellung bis zu 15% führt bei statischer Abdichtung nicht unbedingt zu Problemen

Was geschieht beim chemischen Abbau?
- Chemikalien reagieren mit dem Polymer, Zerstörung des Elastomeres

Kritisch sind Mischungen verschiedener Chemikalien, z.B.:
- Additivierte technische Öle, diese enthalten Stabilisatoren zum Schützen des Öls vor Zersetzung bei hohen Temperaturen. Diese Additive sind wesentlich aggressiver als das reine Öl.
- Alkoholhaltige Kraftstoffe (Bio) verursachen höhere Quellung als Standardkraftstoffe.

Noch gibt es kein Elastomer, welches gleichzeitig gegen alle Chemikalien beständig ist!

Wetter- und Ozonbeständigkeit

Ozon zerstört die Polymerketten. Dadurch entstehen Risse im Elastomer. Spezielle Ozonschutzmittel und Wachse
schützen den Werkstoff. UV-Licht wird durch den in den meisten Rezepturen enthaltenen Russ absorbiert.
Hellere Mischungen sind weniger gut geschützt.

Kautschuke – Gruppe, Aufbau und Hauptmerkmale

R-Gruppe

Kautschuke mit einer ungesättigten Kohlenstoffkette, z.B. Naturkautschuke und synthetische Kautschuke

NR Natur-Kautschuk
BR Butadien-Kautschuk
BIIR Brombutyl-Kautschuk
IR Isoprene-Kautschuk
NBR Acrylnitril-Butadien-Kautschuk
CR Chloropren-Kautschuk
IIR Isobuten-Isopren-Kautschuk (Butyl-Kautschuk)
CIIR Chlorbutyl-Kautschuk
SBR Styrol-Butadien-Kautschuk
HNBR hydrierter Nitril-Butadien-Kautschuk

Durch die Copolymerisation von Acrylnitril und Butadien erhält man den Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR), ein Polymer mit hervorragender Mineralöl- und Kraftstoffbeständigkeit. Die einzelnen Polymerketten sind über die polaren Nitrilseitenketten miteinander verbunden. Unpolare Flüssigkeiten wie Öl und Benzin können diese polare Barriere nicht überwinden.

NBR (Acrylnitril-Butadien, Nitril oder Buna N)

- Einsatztemperaturen ca. –30 °C bis +100 °C
- NBR mit steigendem Nitril-Anteil ist hervorragend beständig gegenüber Mineralölprodukten, die Tieftemperaturflexibilität nimmt jedoch ab.
- NBR widersteht ölbasierten Hydraulikflüssigkeiten, Fetten, tierischen und pflanzlichen Ölen, Flammschutzmitteln(HFA, HFB, HFC), Schmiermitteln, Wasser und Luft.
- NBR lädt sich kaum elektrostatisch auf, daher bilden sich keine Funken. Deshalb wird NBR u.a. für Tankschläuche und Dichtungen in Tankwagen und ölgeschmierten Maschinen verwendet.
- NBR für den Tieftemperatureinsatz in Kontakt mit mineralölbasierten Flüssigkeiten ist machbar.
- NBR mit besserer Tieftemperaturbeständigkeit hat jedoch eine reduzierte Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen.
- NBR-Werkstoffe sind hinsichtlich des Druckverformungsrestes und der Reiss- sowie Abriebfestigkeit anderen Elastomeren überlegen.
- NBR widersteht aufgrund der Doppelbindungen nur bedingt Ozon, Sonnenlicht oder Witterungseinflüssen und darf daher nicht in der Nähe von elektrischen Motoren oder anderen ozongenerierenden Geräten gelagert werden. Die Zugabe spezieller Additive beim Mischungsvorgang verbessert die Beständigkeit.

HNBR (Hydrierter Nitril-Kautschuk)

- –30 °C bis +150 °C
- Hydriert man die Doppelbindungen von NBR, entsteht ein alterungs- , öl- und hydrolysebeständiger HNBR-Kautschuk.
- HNBR und NBR besitzen in etwa die gleiche Medienbeständigkeit, HNBR ist jedoch besser dampfbeständig.
- HNBR gesättigt (vollständig hydriert) werden mit Peroxiden vernetzt. Diese weisen eine gute Wärmebeständigkeit auf, welche deutlich über der von NBR liegt. Die Witterungs- und Ozonbeständigkeit ist vergleichbar mit EPDM.
- HNBR ungesättigt (teil-hydriert) zeigen im Vergleich zu den gesättigten Typen einen höheren Weiterreisswiderstand und eine grössere Bruchdehnung auf. Die Witterungs- und Ozonbeständigkeit entspricht aber nur noch der von NBR.
- HNBR ist etwas weniger kälteflexibel als NBR.

CR (Chlororprenkautschuk)

- –40 °C bis +110 °C
- CR besitzt ähnliche Eigenschaften wie NBR.
- CR ist beständig in Kältemitteln, Säuren und Laugen.
- CR ist gut Wärme-, Witterungs- und Ozonbeständig. Durch die guten mechanischen Eigenschaften, akzeptabler
- Ölbeständigkeit und Flammwidrigkeit galt CR lange als eine der bedeutendsten Synthesekautschuke. Mittlerweile wird CR oft durch EPDM abgelöst.
- CR weist eine bessere Wärme-, Witterungs- und Ozonbeständigkeit als NBR auf, reicht jedoch nicht an die von gesättigten Elastomeren wie HNBR oder EPDM heran.

M-Gruppe

Kautschuke mit einer gesättigten Kette vom Polymethylen-Typ

CSM Chlorsulfonyl-Polyethylen-Kautschuk (Hypalon)
EPDM Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk
FPM Fluor-Kautschuk
EPM Ethylen-Propylen-Kautschuk
FFKM Perfluor-Kautschuk

EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk)

- –40 °C bis +150 °C
- EPDM ist ein Terpolymer aus Ethylen, Propylen mit einer Dienkomponente.
- EPDM zählt zu den wichtigsten Elastomeren in der Dichtungstechnik. Die Pharmaindustrie, Chemie, Lebensmittel- und Getränkehersteller, Molkereien, biotechnologische Verfahrenstechniken kämen ohne EPDM nicht aus.
- EPDM widersteht vielen Chemikalien wie Alkoholen, polaren Lösungsmitteln, starken Laugen und ist gut beständig gegenüber Heisswasser und Dampf.
- EPDM ist nicht beständig in Mineralölprodukten und aliphatischen, aromatischen und chlorierten Kohlenwasserstoffen.
- EPDM weist aufgrund der gesättigten Hauptkette eine sehr gute Ozon-, UV-, Alterungs-, und Witterungs- sowie Wärme- und Oxidationsbeständigkeit auf, vergleichbar mit HNBR. Die mechanischen Eigenschaften wie Zug- und Weiterreissfestigkeit liegen etwas unter den Werten von NBR.
- EPDM lässt sich in grossem Masse mit Öl- und Füllstoffen strecken, was zu einem besseren Verarbeitungsverhalten führt aber zu einer minderwertigeren Qualität. Je nach Einsatzgebiet genügen solche verstreckten Werkstoffe nicht mehr allen Anforderungen. Z.B. O-Ringe in der Kalt- und Warmwasserversorgung sollten bevorzugt weichmacherarm- oder frei sein.
- EPDM ist gut beständig gegen polare Chemikalien, jedoch nicht gegen Kohlenwasserstoffe, Mineralöle, Fette, Benzin, Diesel etc.
- EPDM findet auch seinen Einsatz in der Witterung und wo gute Heisswasser- und Dampfbeständigkeit gefordert wird. Die Kältebeständigkeit ist im Vergleich mit anderen Synthesekautschuktypen gut.

FPM (Fluorkautschuk)

- –20 °C bis +200 °C
- FPM (DIN-Bezeichnung) oder FKM (nach ASTM) weist eine hervorragende Wärmebeständigkeit auf und widersteht vielen Chemikalien wie aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen sowie
- Chlorkohlenwasserstoffen, konzentrierten und verdünnten Säuren und schwachen Laugen.
- FPM spielt in der Dichtungstechnik aufgrund seiner weitreichenden Beständigkeit gegen Wärme, Witterung und Ozon, sowie gegen viele anorganische und organische Chemikalien und der Flammwidrigkeit eine sehr verbreitete Rolle.
- FPM ist wegen seiner sehr geringen Gasdurchlässigkeit prädestiniert für Vakuum-Anwendungen.

- FPM hat jedoch nur mässige mechanische Eigenschaften. Die Rückstellkraft bleibt auch nach Einsatz bei erhöhten Temperaturen weitgehendst erhalten. Hinsichtlich der Abriebbeständigkeit ist FPM anderen Elastomeren deutlich unterlegen.
- FPM hat eine geringe Kälteflexibilität. Je nach Art und Anteil der Comomomere werden unterschiedliche Tief-temperatureigenschaften erreicht. Copolymere können bis –20 °C und Terpolymere bis –35 °C eingesetzt werden.
- FPM findet Verwendung als Dichtung im Maschinen- und Motorenbau, Chemie-Schläuchen, Membranen, Kompensatoren und auch Dichtungen für die Hydraulik.
- FPM ist in der Herstellung deutlich teurer als alle anderen Elastomere.

Q-Gruppe

Kautschuke mit Siloxangruppen in der Polymerkette

FVMQ Fluor-Silikon-Kautschuk

VMQ Methyl-Vinyl-Silikon-Kautschuk

VMQ (Silikon)

- –60 °C bis +230 °C
- Die Hauptkette der Silikonkautschuke bilden Kombinationen von Silizium- und Sauerstoffatomen.
- Die bis anhin erwähnten Elastomere besitzen eine Hauptkette aus Kohlenstoffverbindungen.
- VMQ hat weitreichende Eigenschaften und bleibt nahezu unverändert stabil über einen grossen Temperaturbereich.
- VMQ hat hervorragende Kälteflexibilität bis -60°C (Sondertypen bis -90°C).
- VMQ zeichnet sich durch hohe Gummielastizität aus.
- VMQ ist sehr gut alterungs- und witterungsbeständig (UV, Ozon).
- VMQ ist dielektrisch. Die elektrische Leitfähigkeit kann durch Zugabe von speziellen Russen extrem erhöht werden.
- VMQ widersteht schwachen Säuren und Laugen, pflanzlichen, tierischen Fette und Öle, Wasser bis 100 °C und verdünnte Salzlösungen.
- VMQ ist unbeständig gegenüber Dampf, Silikonölen und allen aromatischen Kohlenwasserstoffen.
- VMQ ist hoch transparent und leicht pigmentierbar, physiologisch unbedenklich, geruchs- und geschmacksneutral, schwer entflammbar und ungiftig beim Verbrennen.
- VMQ ist sterilisierbar (Dampf, Strahlung, Ethylendioxid).
- VMQ besitzt eine hohe Gasdurchlässigkeit. Festigkeit und Weiterreisswiderstand liegen deutlich unter den Dienkautschuken.

FVMQ (fluorierter Silikon-Kautschuk)

- –50 °C bis +175 °C
- FVMQ vereint die guten Hoch- und Tieftemperatureigenschaften von Silikon mit guter Kraftstoff- und Ölbeständigkeit. Fluorsilikone bieten einen viel breiteren Betriebstemperaturbereich als Fluorelastomere (FKM).
- FVMQ wird bei mineralölbasierenden Ölen und kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen bis zu Temperaturenvon 175 °C eingesetzt und in Anwendungen, in denen die Beständigkeit von Silikon gegenüber trockener Wärme gefordert wird.