

Werkstoffe

O-Ringe werden in der überwiegenden Mehrheit aus Elastomeren bzw. Gummi-Werkstoffen hergestellt. Der Begriff „Elastomere“ hat seinen Ursprung in der Elastizität der Gummi-Werkstoffe, die sich schon unter geringer Krafteinwirkung verformen lassen, sich nach der Entlastung aber sofort in ihre Ausgangsform zurückziehen. Die Basis dieser Elastomere ist Kautschuk. Kautschuk kann als Naturkautschuk auf Plantagen gewonnen werden oder, wie für den O-Ring-Bereich heute üblich, fast ausschließlich als Synthetikautschuk in der chemischen Industrie produziert werden.

Um den vielfältigen Anforderungen an moderne Dichtungswerkstoffe gerecht zu werden, stehen neben diversen Basiskautschuken, auch innerhalb der Werkstoffgruppen, viele unterschiedliche Mischungen zur Verfügung. Jede dieser Mischungen hat ihre eigene, festgelegte und überwachte Rezeptur und besteht zusätzlich zum Basiskautschuk aus Füllstoffen, Weichmachern, Vulkanisationsmitteln, Verarbeitungshilfsmitteln und anderen Additiven. Aus der Kautschukmischung wird im Formgebungsprozeß, der sog. Vulkanisation, der fertige O-Ring produziert. Hierbei wird in einem Formwerkzeug auf einer Presse durch Druck und Temperatur der plastische Kautschuk in einen elastischen Gummiwerkstoff umgewandelt.

Kurzbezeichnungen

chemische Bezeichnung des Basis Polymers	Kurzbezeichnung nach	
	DIN ISO 1629	ASTM D 1418
Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	NBR	NBR
hydrierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	HNBR	HNBR
Fluorkautschuk	FKM	FKM
Perfluorierter Kautschuk	FFKM	FFKM
Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk	EPDM	EPDM
Siliconkautschuk / Vinyl-Methyl-Polysiloxan	VMQ	VMQ
Fluorsiliconkautschuk / Fluormethyl-Polysiloxan	FVMQ	FVMQ
Tetrafluorethylen-Propylen-Kautschuk	FEPM	FEPM
Acrylat-Kautschuk	ACM	ACM
Chloropren-Kautschuk	CR	CR
Styrol-Butadien-Kautschuk	SBR	SBR
chlorsulfoniertes Polyethylen	CSM	CSM
Epichlorhydrin-Kautschuk	ECO	ECO
Butadien-Kautschuk	BR	BR
Butyl-Kautschuk	IIR	IIR
Isopren-Kautschuk	IR	IR
Polyesterurethan	AU	AU
Polyetherurethan	EU	EU
Naturkautschuk	NR	NR

Standard Werkstoffe ab Lager

Eigenschaften	Härte [Shore A]	Farbe	Tieftemp [°C]	Hochtemp. [°C]	kurzzeitig [°C]
NBR	70	schwarz	-30	+100	+120
	80	schwarz	-25	+100	+120
	90	schwarz	-25	+100	+120
FKM	80	braun	-15	+200	
EPDM Standard	70	schwarz	-45	+130	
EPDM Peroxid	70	schwarz	-50	+150	
VMQ (Silicon)	70	rot	-55	+200	

Allgemeine Werkstoffbeschreibungen

Acrylnitril-Butadien-Kautschuk – NBR

Im Bereich der Standarddichtungen wie O-Ringe und Radialwellendichtringe ist NBR der meist eingesetzte Werkstoff. Die Gründe hierfür sind die guten mechanischen Eigenschaften, der gute Abriebwiderstand, die geringe Gasdurchlässigkeit und die gute Beständigkeit gegen mineralölbasische Öle und Fette.

NBR ist ein Copolymer aus Butadien und Acrylnitril. Der Gehalt an Acrylnitril kann je nach Verwendungszweck zwischen 18% und 50% variieren. Ein niedriger ACN-Gehalt verbessert die Kälteflexibilität zu Ungunsten der Öl- und Kraftstoffbeständigkeit. Ein hoher ACN-Gehalt erhöht die Öl- und Kraftstoffbeständigkeit bei gleichzeitig sinkender Kälteflexibilität und steigendem Druckverformungsrest. Für ausgeglichene Eigenschaften haben unsere Standard NBR-Werkstoffe einen mittleren ACN-Gehalt von ca. 30%.

NBR ist gut beständig gegen:

- mineralölbasische Öle und Fette
- aliphatische Kohlenwasserstoffe
- pflanzliche und tierische Öle und Fette
- Hydrauliköle H, H-L, H-LP
- Druckflüssigkeiten HFA, HFB, HFC
- Siliconöle und Siliconfette
- Wasser (max. 80°C)

NBR ist nicht beständig gegen:

- Kraftstoffe mit hohem Aromatengehalt
- aromatische Kohlenwasserstoffe
- chlorierte Kohlenwasserstoffe
- polare Lösungsmittel
- Druckflüssigkeiten HFD
- Bremsflüssigkeiten auf Glycolbasis
- Ozon, Witterung, Alterung

Einsatztemperaturbereich:

- Standardtypen -30°C bis +100°C (kurzzeitig 120°C)
- Sonderqualitäten bis -50°C möglich

Hydrierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk – HNBR

HNBR entsteht durch selektive Hydrierung der Doppelbindung der Butadienmoleküle des NBR-Kautschuks. Mit zunehmendem Hydrierungsgrad zeigt HNBR eine deutlich verbesserte Hochtemperatur-, Ozon- und Alterungsbeständigkeit sowie verbesserte mechanische Eigenschaften.

Die Medienbeständigkeit von HNBR entspricht der von NBR.

Einsatztemperaturbereich:

- -30°C bis +150°C
- mit Sonderqualitäten ist -50°C erreichbar

Fluorkautschuk – FKM

FKM-Werkstoffe haben sich in vielen Anwendungen durchgesetzt, in denen eine hohe thermische und/oder chemische Beständigkeit gefordert ist. FKM überzeugt weiterhin durch seine exzellente Ozon-, Witterungs- und Alterungsbeständigkeit. FKM empfiehlt sich für Vakuumanwendungen aufgrund seiner sehr geringen Gasdurchlässigkeit.

FKM ist gut beständig gegen:

- mineralölbasische Öle und Fette
- aliphatische Kohlenwasserstoffe
- aromatische Kohlenwasserstoffe
- chlorierte Kohlenwasserstoffe
- Druckflüssigkeiten HFD
- pflanzliche und tierische Öle und Fette
- Siliconöle und Siliconfette
- Kraftstoffe
- unpolare Lösungsmittel
- Ozon, Witterung, Alterung

FKM ist nicht beständig gegen:

- Bremsflüssigkeiten auf Glycolbasis
- polare Lösungsmittel (z.B. Aceton)
- überhitzten Wasserdampf
- Heißwasser
- Amine, Alkalien
- niedermolekulare organische Säuren (z.B. Essigsäure)

Einsatztemperaturbereich:

- -25 bis +250°C
- mit Sonderqualitäten ist -50°C erreichbar

Perfluorierter Kautschuk – FFKM

FFKM Werkstoffe sind die chemisch und thermisch am höchsten belastbaren Elastomere. Mit einigen FFKM-Typen sind Temperaturen kurz oberhalb von 300°C beherrschbar. Die Chemikalienbeständigkeit ist nahezu universell und vergleichbar mit der von PTFE. Der Vorteil von FFKM liegt in der Verbindung der chemischen und thermischen Beständigkeit von PTFE mit den elastischen Eigenschaften eines Elastomerwerkstoffes.

Diese Spezial-Elastomere werden überall dort eingesetzt, wo ihr hoher Preis durch entsprechende Sicherheitsanforderungen oder hohen Wartungsaufwand gerechtfertigt ist und Standard-Elastomere überfordert sind.

FFKM ist gut beständig gegen:

- nahezu alle Chemikalien
- Ozon, Witterung, Alterung

FKM ist nicht beständig gegen:

- fluorhaltige Verbindungen

Einsatztemperaturbereich:

- -15°C bis +260°C
mit Sonderqualitäten sind -40°C bzw. +340°C erreichbar

Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk – EPDM

EPDM zeichnet sich durch einen großen Anwendungstemperaturbereich, eine gute Ozon-, Witterungs- und Alterungsbeständigkeit und eine gute Heißwasser- und Dampfbeständigkeit aus. Peroxidisch vernetzte EPDM-Werkstoffe sind thermisch sowie chemisch höher belastbar und erreichen bessere Druckverformungsrest-Werte als schwefelvernetztes EPDM.

EPDM ist gut beständig gegen:

- Heißwasser und Heißdampf
- viele polare Lösungsmittel (z.B. Alkohole, Ketone, Ester)
- viele organische und anorganische Säuren und Basen
- Waschlaugen
- Siliconöle und Siliconfette
- Bremsflüssigkeiten auf Glycolbasis (spezielle Qualität erforderlich)
- Ozon, Witterung, Alterung

EPDM ist nicht beständig gegen:

- alle Arten von Mineralölprodukten (Öle, Fette, Kraftstoffe)

Einsatztemperaturbereich:

- -45°C bis +130°C (schwefelvernetzt)
- -55°C bis +150°C (peroxidvernetzt)

Siliconkautschuk – VMQ

Siliconwerkstoffe zeigen eine ausgezeichnete Alterungsbeständigkeit gegen Sauerstoff, Ozon, UV-Strahlen und Witterungseinflüsse sowie einen sehr breiten Einsatztemperaturbereich mit exzellenter Kälteflexibilität. Silicon ist durch seine physiologische Unbedenklichkeit für Lebensmittel und Medizinbereiche geeignet. Silicon zeigt gute elektrische Isoliereigenschaften und hat eine hohe Gasdurchlässigkeit. Aufgrund der schwachen mechanischen Eigenschaften werden Silicon O-Ringe bevorzugt in statischen Anwendungen eingesetzt.

Silicon ist gut beständig gegen:

- tierische und pflanzliche Öle und Fette
- Wasser (max. 100°C)
- aliphatische Motoren- und Getriebeöle
- Ozon, Witterung, Alterung

Silicon ist nicht beständig gegen:

- Siliconöle und -fette
- aromatische Mineralöle
- Kraftstoffe
- Wasserdampf über 120°C
- Säuren und Alkalien

Einsatztemperaturbereich:

- -60°C bis +200°C
mit Sonderqualitäten sind +230°C erreichbar

Fluorsiliconkautschuk – FVMQ

Fluorsilicone sind wesentlich besser beständig gegen Mineralöle und Kraftstoffe als normale Silicone. Die mechanisch-technologischen Eigenschaften sind mit denen der Silicone vergleichbar, die Temperaturbeständigkeit ist jedoch leicht eingeschränkt.

Einsatztemperaturbereich:

- -60°C bis +200°C

Tetrafluorethylen-Propylen-Kautschuk – FEPM (Aflas® Asahi Glass Co., Ltd.)

FEPM-Werkstoffe sind spezielle Elastomere aus der Gruppe der Fluorelastomere. Sie verfügen über eine gute chemische Beständigkeit und einen hohen thermischen Einsatzbereich. Haupteinsatzgebiete sind Ölfeld- und Chemieanwendungen.

FEPM ist gut beständig gegen:

- Erdöl
- Sour Gas
- Heißwasser, Dampf
- polare Lösungsmittel, Alkohole, Amine
- viele konzentrierte Säuren und Laugen
- additivierte Motoren- und Getriebeöle

Einsatztemperaturbereich:

- -10°C bis +200°C (kurzzeitig +230°C)

Acrylat-Kautschuk – ACM

ACM besitzt eine gute Beständigkeit gegenüber additivierten Mineralölen bei höheren Temperaturen. Daher wird ACM hauptsächlich im Automobilbereich eingesetzt.

ACM ist gut beständig gegen:

- mineralölbasische Motoren-, Getriebe- und ATF-Öle
- Ozon, Witterung, Alterung

ACM ist nicht beständig gegen:

- Bremsflüssigkeiten auf Glykolbasis
- aromatische und chlorierte Kohlenwasserstoffe
- Heißwasser, Wasserdampf
- Säuren und Laugen

Einsatztemperaturbereich:

- -30°C bis +160°C

Chloropren-Kautschuk – CR

CR besitzt gute mechanische Eigenschaften und eine gute Beständigkeit gegen Ozon, Witterung und Alterung. Der Werkstoff wird daher oft in Außenanwendungen oder für Faltenbälge verwendet.

CR ist gut beständig gegen:

- viele Kältemittel (Ammoniak, Kohlendioxid, Freone)
- Ozon, Witterung, Alterung

Einsatztemperaturbereich:

- -40°C bis +100°C

Polyurethan (Polyesterurethan – AU / Polyetherurethan – EU)

Die für Dichtungen verwendeten Polyurethane gehören mehrheitlich zu den thermoplastischen Elastomeren. Innerhalb der Temperatureinsatzgrenzen zeigt Polyurethan ein für Elastomere typisches elastisches Verhalten. Polyurethane besitzen ausgezeichnete mechanische Eigenschaften, wie Extrusionswiderstand, Abrieb- und Verschleißfestigkeit, Zugfestigkeit und Weiterreißfestigkeit. Polyurethane eignen sich daher für hohe dynamische Belastungen.

Polyurethan ist gut beständig gegen:

- Mineralöle und -fette
- Wasser, Wasser-Öl-Gemische (max.50°C)
- aliphatische Motoren- und Getriebeöle
- Siliconöle und -fette
- Ozon, Sauerstoff, Alterung

Polyurethan ist nicht beständig gegen:

- heißes Wasser, Dampf
- aromatische und chlorierte Kohlenwasserstoffe
- Säuren, Alkalien, Amine
- Bremsflüssigkeiten auf Glykolbasis
- Alkohole, Glykole, Ketone, Ester, Äther

Einsatztemperaturbereich:

- -40°C bis +100°C

Werkstoffbeständigkeit

Die Wahl des richtigen Werkstoffes richtet sich im Wesentlichen nach der Temperatur- und Medienbeständigkeit.

Die genannten Temperatureinsatzbereiche der einzelnen Werkstoffe gelten für den Einsatz in Luft, bzw. in Medien die im angegebenen Temperaturbereich keine aggressive Wirkung auf das Elastomer haben. Die thermische Überlastung eines Werkstoffes führt im Normalfall zu einer Verhärtung und zu einer zunehmenden bleibende Verformung. Generell gilt, dass die Überschreitung des zulässigen Temperaturbereiches (auch kurzzeitig) zu einer Verringerung der Lebensdauer führt.

Die Medienverträglichkeit wird beurteilt nach den Eigenschaftsänderungen, die das Elastomer durch physikalische und chemische Einwirkung im Kontakt mit dem Medium erfährt. Diese Eigenschaftsänderungen sind z.B.:

- Volumenänderung
- Quellung durch Absorption des Mediums in den Werkstoff
- Schrumpfung durch Extraktion von löslichen Mischungsbestandteilen (meist Weichmacher) aus dem Werkstoff
- Härteänderung (Erweichung oder Verhärtung)
- Änderung von Reißfestigkeit und Reißdehnung

Die zulässigen Werte für die Eigenschaftsänderungen sind fließend und richten sich nach dem jeweiligen Anwendungsfall (statisch, dynamisch, Standard oder kritisch).

Werkstoffprüfungen

Zur Qualitätskontrolle von Werkstoffmischungen und Fertigprodukten gehören exakt spezifizierte, regelmäßige Werkstoffprüfungen.

Hierbei werden alle relevanten Werkstoffeigenschaften anhand genormter Prüfungen überwacht. Bei der Interpretation und dem Vergleich von Ergebnissen ist darauf zu achten, dass Ergebnisse an genormten Prüfkörpern und Fertigteilen z.T. stark voneinander abweichen können. Nur Versuche mit gleichen Parametern und an gleichen Prüflingen liefern vergleichbare, wiederholgenaue Ergebnisse.

Wichtige Prüfungen für die Dokumentation in unseren Werkstoffdatenblättern sind:

Härte

Die Härte von Normprobekörpern und Fertigteilen wird geprüft entsprechend:

Shore A nach DIN ISO 7619-1
(ehemals DIN 53505) bzw. ASTM D 2240
oder
IRHD nach DIN ISO 48 Mikrohärte IRHD
(International Rubber Hardness Degrees)

Bei der Härteprüfung wird der Widerstand der Gummiprobe gegen das Eindringen einer Prüfspitze unter einer definierten Druckkraft gemessen. Shore A und Mikro IRHD unterscheiden sich durch die Form der Prüfspitze und die Größe der Prüfkraft. Danach eignet sich die Mikro IRHD Prüfung besonders für Proben kleiner Querschnitte.

Die Härteskala reicht in beiden Fällen von 0 bzw. 10 bis 100, wobei 100 dem Wert der größten Härte entspricht. Die Toleranz auf die Nennhärte eines Werkstoffes beträgt ± 5 Shore A bzw. IRHD.

Härtevergleiche von Datenblattwerten (Prüfkörper mit parallelen Oberflächen) mit Werten von Prüfungen an O-Ringen (gekrümmte Oberfläche) können z.T. erhebliche Unterschiede aufweisen.

Reißfestigkeit und Reißdehnung

Beide Kennwerte werden im Zugversuch nach DIN 53504 bzw. ASTM D 412 ermittelt. Die Reißfestigkeit ist die zum Zerreißen einer Normprobe benötigte Kraft, bezogen auf den Querschnitt der ungedehnten Probe. Die Reißdehnung ist die erreichte Dehnung einer Normprobe im Augenblick des Zerreißens (angegeben in % der markierten Messlänge).

Weiterreißfestigkeit

Die Weiterreißfestigkeit kann an einer Streifenprobe oder an einer Winkelprobe ermittelt werden. In beiden Fällen wird die Kraft gemessen, die ein definiert eingeschnittener Normprüfkörper dem Weiterreißen entgegengesetzt (bezogen auf die Probendicke).

Tieftemperaturbeständigkeit

Die mechanischen Eigenschaften von Elastomeren verändern sich mit der Temperatur. Mit fallender Tendenz nehmen Reißdehnung und Elastizität ab während Härte, Reißfestigkeit und Druckverformungsrest zunehmen. Je nach Elastomer wird früher oder später ein Punkt erreicht, an dem der Werkstoff so spröde und hart wird, dass er unter Stoßbeanspruchung glasartig bricht.

Um das Verhalten eines Werkstoffes bei tiefen Temperaturen beurteilen zu können stehen verschiedene Tests zur Verfügung. Unter anderem wird der TR10-Wert (Temperature Retraction) oder die Kältesprödigkeitstemperatur (brittleness point) ermittelt. Aus der Interpretation dieser Ergebnisse kann die praktische Tieftemperatureinsatzgrenze abgeschätzt werden.

Druckverformungsrest DVR (compression set)

Der Druckverformungsrest ist die bleibende Formänderung eines unter bestimmten Bedingungen definiert verformten Probekörpers nach seiner vollständigen Entspannung. Abhängig von Temperatur und Dauer der Verformung erreicht der Prüfling nach seiner Entspannung seine Ausgangshöhe nicht mehr vollständig zurück.

Die Prüfung erfolgt nach DIN ISO 815 oder ASTM D 395 B wobei das Ergebnis in % angegeben wird. Im Idealfall erreicht der Prüfkörper seine Ausgangshöhe vollständig zurück, das entspricht 0% DVR. Zeigt der Prüfkörper überhaupt kein elastisches Zurückverformen aus dem verpressten Zustand, entspricht das 100% DVR. Vergleichbar sind DVR-Ergebnisse nur, wenn Prüfmethode, Verpressung, Probengeometrie, Prüftemperatur und Prüfzeit übereinstimmen. Der DVR wird oft herangezogen um das Langzeitverhalten von Dichtungen im eingebauten, also verpressten, Zustand unter Temperatureinfluss zu beurteilen.

Eigenschaftsänderungen nach Alterung

Um das Verhalten von Dichtungswerkstoffen unter Wärme- und/oder Medieneinfluss zu beurteilen, werden Alterungstests durchgeführt. Elastomerproben werden im Wärmeschränk in Luft oder in einem Kontaktmedium bei einer festgelegten Temperatur eine bestimmte Zeit künstlich gealtert. Vor und nach der Alterung werden Härte, Reißfestigkeit, Reißdehnung und Volumen gemessen und verglichen. Je geringer die Änderungen der Werte umso besser ist die Eignung des Werkstoffes für dieses Medium zu beurteilen.

Werkstoffzulassungen

Für viele sicherheitsrelevante Anwendungen wie z.B. Gas-, Trinkwasser- oder Lebensmittel-, petrochemische- und Öl und Gas Anwendungen, bestehen besondere Werkstoffzulassungen oder -freigaben. Die Einhaltung der jeweiligen Vorschriften oder Normen wird von unabhängigen Prüfstellen oder Prüflabors in regelmäßigen Abständen überprüft und bestätigt.

Die Vereinigung mehrerer Zulassungen auf einen Werkstoff bietet die Möglichkeit verschiedene Bedarfe zu bündeln und dadurch Kosten zu reduzieren. Mit einer Dichtung können so die Anforderungen mehrerer internationaler Märkte erfüllt werden.

Werkstoffzulassungen bzw. -freigaben:

Zulassung / Freigabe Prüfvorschrift	Institut	Anwendung	Geltungsbereich
EN 549 (ehem. DIN 3535 Teil 1+Teil 2)	DVGW Deutscher Verein des Gas und Wasserfaches e.V.	Gas	Europa
EN 682 (ehem. DIN 3535 Teil 3)		Gas	Europa
KTW		Trinkwasser	Deutschland
DVGW W270		Trinkwasser	Deutschland
DVGW W534		Trinkwasser	Deutschland
EN 681-1		Trinkwasser	Europa
WRAS (ehem. WRC) BS 6920	WRAS Water Regulations Advisory Scheme	Trinkwasser	Großbritannien
NSF 61	NSF National Sanitary Foundation	Trinkwasser	USA
ACS Attestation Conformité Sanitaire	Institut Pasteur	Trinkwasser	Frankreich
KIWA	KIWA	Trinkwasser	Niederlande
BelgAqua	BelgAqua	Trinkwasser	Belgien
nach FDA	FDA Food and Drug Administration	Lebensmittel	USA
BfR (ehem. BGVV)	BfR Bundesinstitut für Risikobewertung	Lebensmittel	Deutschland
UL94	UL Underwriter Laboratories	Brandschutz	USA
BAM	BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	gasförmiger Sauerstoff	Deutschland
AED/Sour gas environments			

Oberflächenbeschichtungen/ -behandlungen zur Reibungsreduzierung

Reibungsreduzierung ist ein immer aktueller werdendes Thema. Ob zur Minimierung von Montagekräften, zum leichteren Vereinzeln und weiterem Handling bei der automatischen Montage oder zur Maximierung der Lebensdauer in dynamischen Anwendungen, das Herabsetzen des Reibungsniveaus bringt generell große Vorteile.

Wir beraten Sie gerne und empfehlen Ihnen das für Ihre Anwendung geeignete Verfahren.

Verfahren	Anwendung	Haltbarkeit der Beschichtung/ Behandlung
Talkumieren	Verhindern des Zusammenklebens	kurz- bis mittelfristig
Silikonisieren	+ Reduzierung der Montagekraft	
Molykotieren		
Graphitieren		
Halogenisieren	+ automatische Montage, dynamische Anwendungen	mittel- bis langfristig
PTFE Fest-Beschichtung		langfristig
Gleitlack Fest- Beschichtungen		