

Was Sie schon immer über O-Ringe wissen wollten

<http://o-ring.info/de/technische-infos/elastomerauswahl/>

Elastomerauswahl

Obwohl der Begriff „Elastomer“ ein Synonym für „Kautschuk“ ist, ist es formell ein Polymer, das modifiziert werden kann, um geringes plastisches Fließen und eine schnelle oder nahezu komplette Regenerierung von einer einwirkenden Belastung in sich zu vereinen. Unmittelbar nach der Entlastung wird er nahezu in seine Ausgangsform zurückkehren. Nach der Definition der Amerikanischen Gesellschaft für Prüfungen und Materialien („American Society for Testing and Materials“, kurz: „ASTM“) ist für ein „Elastomer“ ausschlaggebend, dass: - Ein elastomeres Teil nach einer Dehnung von ungefähr 100% nicht reißt. - Sich ein elastomeres Teil nach einer fünfminütigen Dehnung von 100%, anschließender Entspannung und weiteren 5 Minuten Regenerationsphase 10% seiner ursprünglichen Form zurückerhält.

Beständigkeit gegenüber dem Medium

Wie im gesamten Handbuch verwendet, steht das Wort „Medium“ für den Stoff, gegen den der O-Ring abdichtet. Es kann eine Flüssigkeit, ein Gas oder eine Mischung aus beidem sein. Darüber hinaus kann es auch Pulver oder andere Feststoffe enthalten. Der chemische Effekt des Mediums auf den O-Ring ist dabei von wesentlicher Bedeutung. Es darf die physischen und mechanischen Eigenschaften des O-Rings nicht verändern oder die zu erwartende Lebensdauer verkürzen. Eine übermäßige Alterung des O-Ringes muss vermieden werden. Es ist sehr einfach, sich in diesem Punkt dennoch fehlleiten zu lassen. Eine signifikante Volumenabnahme führt zum Beispiel für gewöhnlich zu einer vorzeitigen Leckage jeder O-Ring-Abdichtung, egal ob statisch oder dynamisch. Andererseits wird ein Compound, das zu einer starken Volumenschwellung oder einer hohen Zu- oder Abnahme der Härte, Zugfestigkeit oder Reißdehnung neigt, weiterhin gute Ergebnisse in statischen Anwendungen erzielen zu können. Trotz auf dem ersten Blick als ungeeignet scheinender ermittelter Testergebnisse des Werkstoffs. Der erste Schritt bei der Auswahl des Dichtungswerkstoffs ist daher die Wahl eines gegenüber den chemischen Einflüssen beständigen Materials.

Compound

Ein Compound ist eine Mischung eines oder mehrerer Polymere und anderen Chemikalien, die ein fertiges Elastomer ergeben. Präziser ausgedrückt, ist ein „Compound“ ein spezifisches Gemisch von Inhaltsstoffen, die auf die Erzielung bestimmter Charakteristiken hin abgestimmt werden. So kann eine bessere Tauglichkeit für spezielle Einsatzbereiche erreicht werden. Die Basis einer Mischungserstellung ist die Wahl des Polymertyps. Zu diesem Polymer fügt der Compounder besondere Füllstoffe hinzu, wie zum Beispiel Ruß, Farbpigmente, Vulkanisationsmittel, Aktivatoren, Weichmacher, Beschleuniger, Anti-Oxidationsmittel oder Strahlenschutzmittel. Es sind mehrere hundert verschiedener Kombinationen möglich.

Die Physik des Kautschuks

Kautschuk besteht aus langen Ketten zufällig angeordneter Moleküle. Diese langen Ketten neigen zu Verwicklungen und Vernetzungen. Die Verwicklungen haben einen signifikanten Einfluss auf die viskoelastischen Eigenschaften wie Spannungsrelaxation. Wenn ein Elastomer Belastung oder innerer Arbeit ausgesetzt wird, treten Umlagerungen wie Rotationen und Dehnungen der Polymerketten auf. Diese Reaktionen sind Resultat der einwirkenden Energie, Dauer und dem Grad der Anwendung, wie auch der Temperatur, mit der die einwirkende Energie einhergeht. Die ISO 1629 benennt rund 25 Elastomere. Dieses Kapitel behandelt die vielen Materialien, die für die Produktion von O-Ringen verwendet werden.

Elastomer	NBR Nitrile	EPM EPR	CR Neoprene	VMQ Silicone
Allgemein				
Härte (Shore A) ¹	20/ 90	30/90	15/95	20/90
Temperaturbereich °F/°C max. ¹	230/110	266/130	248/120	446/230
Temperaturbereich °F/°C min. ¹	-30/-35	-67/-55	-49/-45	-67/-55
Druckverformungsrest²	B	C	C	A
Verschleißfestigkeit ²	C	C	C	E
Gasdurchlässigkeit ²	C	C	C	E
Luft	E	B	C	A
Alkohol	B	A	B	B
Aldehyde	U	B	U	C
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	C	U	E	E
Alkali	B	A	C	B
Amine	B1	B1	B1	E1
Tierische Fette	B	U	C	C
Aromatische Kohlenwasserstoffe	D	U	D	U
Ester, Alkylphosphate (Skydrol®)	U	B	U	C
Ester, Acrylphosphate	U	A	U	C
Ester, Silikate	C	U	E	U
Ether	U	E	U	U
Halogenkohlenwasserstoffe	U	U	U	U
Anorganische Säuren	E	C	B	B
Ketone	U	A	A	C
Mineralöl, hoch aniline Fette	B	U	C	C
Mineralöl, gering aniline Fette	B	U	U	E
Organisch Säuren	C	C	C	B
Silikonöle	A	A2	A	E
Pflanzliche Öle	A	U	C	B
Wasser / Dampf	C	A	E	E

1.

2. Der Temperaturbereich hängt stark von dem speziellen Compound ab;

3. Der Druckverformungsrest von Kalrez® ist relativ zur Temperatur. In Tieftemperaturanwendungen ist der Wert mäßig, in Hochtemperaturanwendungen ist der Wert gut bis sehr gut.

A gut

B befriedigend

C ausreichend

D fragwürdig

E dürftig

U ungenügend

1 Siehe Broschüre „Chemische Beständigkeiten von Elastomeren“

2 EPDM könnte schrumpfen

3 Abhängig vom FKM-Typ

4 Abhängig vom Compound

5 Abhängig vom Elastomer-Kern

+ generell „A“, da die Ummantelung FEP ist

Basiselastomere

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Zugfestigkeit (MPa)	6.9-27.6	31.0-10.0	3.4-20.7	2.1-24.1
Modul bei 100% (MPa)	2.0-15	1.7-20.7	1.4-13.8	0.7-20.7
Härtegrad (Shore A)	20-100	30-95	50-95	30-90
Reißdehnung (%)	100-650	90-450	100-500	100-700
Druckverformungsrest	gut- sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut	dürftig- sehr gut
Tieftemperaturbereich °F	-70 to 0	-50 to 0	-50 to 0	-75 to -40
Tieftemperaturbereich °C	-57 to -18	-46 to -18	-46 to -18	-46 to -18
Hochtemperaturbereich °F	210 to 250	250 to 3000	400 to 500	220 to 300
Hochtemperaturbereich °C	99 to 121	121 to 149	200 to 260	104 to 149
Wärmealterung bei +100°C (+212°F)	gut	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut
Dampfbeständigkeit	bedingt- gut	bedingt- gut	dürftig- gut	sehr gut
Flammbeständigkeit	dürftig	dürftig	gut- sehr gut	dürftig
Witterungsbeständigkeit	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut
Sonnenlichtbeständigkeit	dürftig- gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut
Ozonbeständigkeit	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut
Strahlungsbeständigkeit	bedingt- gut	bedingt- gut	bedingt- gut	gut- sehr gut
Oxidationsbeständigkeit (Luft)	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Wasserbeständigkeit	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Gaspermeabilität	bedingt- sehr gut	bedingt- sehr gut	gut- sehr gut	bedingt- gut
Geruch	gut	gut	gut	gut
Geschmacksneutralität	bedingt- gut	bedingt- gut	bedingt- gut	gut- sehr gut
Adhäsion gegenüber	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Metall				gut
Färbbarkeit	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut
RMA-Farbcode	schwarz	-	braun	violett
Elastische Rückverformung	gut	gut	bedingt- sehr gut	bedingt- gut
Vibrationsdämpfung	bedingt- gut	gut- sehr gut	bedingt- sehr gut	bedingt- gut
Biegereißbeständigkeit	gut	gut	gut	gut
Weiterreißfestigkeit	gut- sehr gut	gut- sehr gut	bedingt- gut	bedingt- gut
Abriebsbeständigkeit	gut- sehr gut	gut- sehr gut	gut	gut
Gewichtsverlust im Vakuum	gut	gut	sehr gut	sehr gut
Säuren (verdünnt)	gut	gut	gut- sehr gut	sehr gut
Säuren (konzentriert)	dürftig- bedingt	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut
Säure, organisch (verdünnt)	gut	gut	bedingt- gut	sehr gut
Säure, organisch (konzentriert)	dürftig	bedingt- gut	dürftig- gut	bedingt- gut
Alkohole (C1 thru C6)	bedingt- gut	gut- sehr gut	bedingt- sehr gut	gut- sehr gut
Aldehyde (C1 thru C6)	dürftig- bedingt	bedingt- gut	dürftig	gut- sehr gut
Alkali (verdünnt)	gut	gut	bedingt- gut	sehr gut
Alkali (konzentriert)	dürftig- gut	dürftig- gut	dürftig	sehr gut
Amine	dürftig	gut	dürftig	beding- gut
Tierische und pflanzliche Fette	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut	gut
Bremsflüssigkeit; Dot 3, 4 und 5	dürftig	bedingt	dürftig- bedingt	gut- sehr gut
Diester-Öle	bedingt- gut	gut	gut- sehr gut	dürftig
Ester, Alkylphosphate	dürftig	dürftig	dürftig	sehr gut
Ester, Arylphosphate	dürftig- bedingt	dürftig- bedingt	sehr gut	sehr gut
Ether	dürftig	dürftig- bedingt	dürftig	bedingt
Kraftstoff, aliphatische Kohlenwasserstoffe	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Kraftstoff, aromatische Kohlenwasserstoffe	bedingt- gut	bedingt- gut	sehr gut	dürftig
Kraftstoff, erweitert (mit Sauerstoff angereichert)	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	dürftig
Ketone	dürftig	dürftig	dürftig	gut- sehr gut
Halogenhaltige Lösungsmittel	dürftig	dürftig- bedingt	gut- sehr gut	dürftig
Lacklösungsmittel	bedingt	bedingt	dürftig	dürftig
Schmierfette und Heizöle	sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig
Mineralöl, aromatisch geringer Anilingehalt	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut	dürftig
Mineralöl, aliphatisch- hoher Anilingehalt	sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig
Kühlmittel Ammoniak	gut	gut	dürftig	gut
Silikonöle	gut	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut

<http://o-ring.info/de/compounds/kalrez-ffkm/#tab-5253>

Kalrez® / FFKM (Perfluorelastomere)

Fluorelastomere erreichen ihre relative chemische Inertheit durch ihre Fluor- Kohlenstoff-Bindungen an der Polymerkette. Generell gilt, dass mit einer Erhöhung des Fluorgehalts die chemische Beständigkeit zunimmt. Wo Fluorelastomere einen Fluorgehalt von 63-67% haben, liegt der Fluorgehalt bei Perfluorelastomeren (FFKM) bei 73%. Perfluorelastomere haben eine hervorragende Beständigkeit gegenüber extremen Temperaturen von circa -20°C bis +275°C (-15°F bis +527°F). FFKMs (Kalrez®) bieten die beste chemische Beständigkeit aller Elastomere.

Einige Typen sind besonders beständig gegenüber Heißwasser, Dampf und heißen Aminen. Einige bestehen Dauereinsatztemperaturen bis hin zu +327°C (+620°F). Viele FFKM-Compounds haben bei der Produktion eine unübliche Schrumpfrate, so dass sich Fertigungsformen für FFKM-Produkte und denen anderer Elastomere nicht kombinieren lassen.

<http://o-ring.info/de/compounds/viton-fkm/#tab-5353>

Viton® / FKM (Fluorelastomere)

Fluorelastomere wurden in der Dichtungsindustrie immer wichtiger. Aufgrund der weitreichenden chemischen Beständigkeit, dem möglichen Temperaturbereich, den

geringen Druckverformungsrest und den hervorragenden Alterungseigenschaften, ist FKM das bedeutungsvollste alleinstehende Elastomer, welches in der jüngsten Vergangenheit entwickelt wurde. Fluorelastomere sind hochfluorierte, auf Kohlenstoff basierende Polymere, die in Anwendungen rauen chemischen Angriffen und Ozon widerstehen. Die Betriebstemperatur liegt zwischen -20°C und +204°C (-15°F und +400°F), kurzzeitig auch höher. Spezielle Compounds haben eine verbesserte chemische Beständigkeit; neue Typen werden fortlaufend entwickelt. Generell gilt, dass mit einer Erhöhung des Fluorgehalts die chemische Beständigkeit zunimmt, wohingegen die Tieftemperatureigenschaften schlechter werden. Es gibt allerdings auch Spezialqualitäten von Fluorelastomeren, die beides vereinen: einen erhöhten Fluorgehalt bei verbesserter Tieftemperaturflexibilität.

Fluorelastomer-O-Ringe sollten für den Einsatz in Flugzeugen, Automobilen und anderen mechanischen Geräten in Frage kommen, bei denen eine maximale Beständigkeit gegenüber erhöhte Temperaturen und vielen Flüssigkeiten gefordert wird. FKM (FPM, Viton®) widersteht Mineralöle und -schmierstoffe, aliphatische, aromatische und auch spezielle chlorierte Kohlenwasserstoffe, Benzin, Diesel-Kraftstoffe, Silikonöle und -schmierstoffe. Es ist in Hochvakuum-Anwendungen einsetzbar. Viele FKM-Compounds besitzen eine besonders hohe Schrumpfrate. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für FKMProdukte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/tperx/#tab-5354>

TPeRX®

TPE steht für "thermoplastisches Elastomer". Diese Werkstofffamilie besteht aus mehreren Mischungen, die elastisch sind, jedoch mit Temperaturerhöhung flüssig werden und daher wie Thermoplaste verarbeitet werden können. Sie vereinen die einfache Verarbeitbarkeit von Thermoplasten mit den grundlegenden Eigenschaften von Elastomeren

<http://o-ring.info/de/compounds/nitril-nbr/#tab-5355>

Nitril / NBR (Acrylnitril-Butadien)

NBR ist aus chemischer Sicht ein Copolymer aus Butadien und Acrylnitril. Der Anteil an Acrylnitril beträgt dabei in kommerziellen Compounds circa 18 bis 50 Prozent. Wenn der Nitril-Anteil steigt, verbessert sich die chemische Beständigkeit gegenüber mineralölbasierenden Ölen und kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen zuungunsten der Tieftemperaturflexibilität. Die hervorragende Beständigkeit gegenüber Mineralölprodukten und der Möglichkeit, es für einen Betriebstemperaturbereich von circa -35°C bis +120°C (-30°F bis +250°F) herzustellen, macht NBR heute zu dem meistverwendeten Elastomer der Dichtungsindustrie. Auch viele militärische Elastomerspezifikationen für den Einsatz bei Kraftstoffen und Ölen fordern als Basispolymer NBR. Um eine bessere Tieftemperaturbeständigkeit erreichen zu können, muss oft auf eine gewisse Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen verzichtet werden. NBR-Compounds sind gegenüber vielen anderen Elastomeren hinsichtlich des Druckverformungsrestes und der Reiß- sowie Abriebfestigkeit überlegen. Standard-NBR-Compounds besitzen jedoch keine guten Eigenschaften gegenüber Ozon, Sonnenlicht oder Witterungseinflüssen. Sie sollten nicht in die Nähe von elektrischen Motoren oder anderen ozongenerierenden Geräten gelagert

werden und vor direktem Sonnenlicht geschützt werden. Einige dieser Nachteile können jedoch durch die Zugabe spezieller Additive beim Mischvorgang verbessert werden.

NBR ist das Standardmaterial für Anwendungen in der Hydraulik und Pneumatik. NBR widersteht ölba-sierten Hydraulikflüssigkeiten, Fetten, tierischen und pflanzlichen Ölen, Flammschutzmitteln (HFA, HFB, HFC), Schmiermitteln, Wasser und Luft. Es gibt spezielle Tieftemperatur-Compounds für den Einsatz im Kontakt mit mineralölbasierten Flüssigkeiten. Bei einer Hydrierung, der Zugabe von Kohlenstoffsäure oder der Beimengung von PVC zum NBR-Grundpolymer kann NBR auch weiteren spezifischen physischen und chemischen Anforderungen gerecht werden. Die Qualität eines NBR-Compounds beruht auf dem prozentualen Anteil von Acrylnitril innerhalb des Grundpolymers. Die folgende Grafik zeigt die Eigenschaftsänderung von NBR in Bezug auf den Anteil an Acrylnitril.

<http://o-ring.info/de/compounds/hnbr-x-nbr/#tab-5356>

HNBR (Hydriertes NBR) / X-NBR (Carboxyliertes NBR)

HNBR wurde vor etwa 30 Jahren entwickelt, um höhere als mit Standard-NBR mögliche Temperaturen zu erreichen und dabei die Beständigkeit gegenüber mineralischen Ölen beizubehalten. Dies erreichte man durch das Hydrieren des NBR-Copolymers. HNBR füllt die Lücke zwischen NBR, EPDM und FKM; also in Anwendungen, bei denen hohe Temperaturen gegeben sind und eine hohe Zugfestigkeit bei Beibehaltung der hervorragenden Beständigkeit gegenüber Motorenölen, saurem Gas, Amin/Öl-Gemischen, oxidierten Kraftstoffen und Schmierölen, gefordert wird. HNBR ist beständig gegenüber auf Mineralöl basierenden Hydraulikflüssigkeiten, tierischen und pflanzlichen Fetten, Dieselkraftstoff, Ozon, saurem Gas, verdünnten Säuren und Basen sowie den neuen Bio-Ölen (biologisch abbaubaren Ölen). HNBR ist geeignet für hohe dynamische Belastungen und weist eine gute Abriebbeständigkeit auf. Es ist bei Temperaturen von circa -30°C bis +150°C (-20°F bis +302°F) einsetzbar.

Die Carboxylgruppe wird dem NBR hinzugefügt, um eine erhebliche Verbesserung der Abriebbeständigkeit von NBR bei Beibehaltung der hervorragenden chemischen Beständigkeit gegenüber Ölen und Lösungsmitteln zu erlangen. XNBR-Compounds bieten eine hohe Zugfestigkeit und gute physikalische Eigenschaften bei hohen Temperaturen. Der Temperaturbereich von XNBR beträgt circa -30°C bis +150°C (-20°F bis +302°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/epdm/#tab-5357>

EPDM (Ethylen-Propylen-Dien Kautschuk)

Ethylen-Propylen-Kautschuk ist ein aus Ethylen- und Propylen-Monomeren hergestelltes Elastomer (Ethylen-Propylen-Copolymer). Teilweise mit Anteilen eines dritten Monomers (Ethylen-Propylen-Terpolymer). Ethylen-Propylen hat eine Temperaturbeständigkeit von ungefähr -50°C bis +120°/150°C (-60°F bis +250°/300°C), abhängig vom Vernetzungssystem. Es besitzt aufgrund dessen hervorragenden Beständigkeit gegenüber Hitze, Wasser und Wasserdampf, Alkali, milden säure- oder sauerstoffhaltigen

Lösungsmitteln, Ozon und Sonnenlicht eine große Anerkennung in der Dichtungstechnik. Diese Compounds halten darüber hinaus den Einwirkungen von Bremsflüssigkeiten und Skydrol® sowie anderen auf Phosphatester basierenden Hydraulikflüssigkeiten stand. EPDM-Compounds werden nicht für den Einsatz im Kontakt mit Benzin, Mineralöl und Schmierstoffen sowie Kohlenwasserstoff-Umgebungen empfohlen.

Spezielle EPDM-Compounds haben eine gute Beständigkeit gegenüber Dampf.

- EPDM schwefelvernetzt: preiswertes Material für den normalen Einsatz; maximale Temperatur +120°C (+250°F).
- EPDM peroxidvernetzt: für Heißwasser, Dampf, Alkohole, Ketone, Motorkühflüssigkeiten, organische und anorganische Säuren und Basen. Nicht beständig gegenüber Mineralöle. Für maximale Temperaturen von +150°C (+300°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/sbr/#tab-5330>

SBR (Styrol-Butadien)

Dieser Werkstoff ähnelt Naturkautschuk. Der Gebrauch von SBR für die O-Ring-Herstellung ging nach Einführung von EPDM zurück. SBR findet heutzutage immer noch Einsatz in Anwendungen mit Bremsflüssigkeiten, obwohl die Hochtemperaturstabilität eher schlechter ist, als die von EPDM. Die Betriebstemperatur von SBR liegt bei -50°C bis +110°C (-65°F bis +225°F).

<http://o-ring.info/de/produkte/fepm/-/aflas/#tab-5331>

FEPM / Aflas®

FEPM ist ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Propylen mit einem Fluorgehalt von ungefähr 54%. Dieser Werkstoff ist hinsichtlich seiner chemischen Beständigkeit gegenüber Erdölprodukte, Dampf und Phosphatester einzigartig. In einigen Empfehlungen weist es die gleiche Medienbeständigkeit wie Ethylen-Propylen und Fluorelastomere auf. Der Druckverformungsrest von FEPM ist bei hohen Temperaturen dem von Standard-FKM unterlegen. Der Einsatztemperaturbereich beträgt ungefähr -5°C bis +204°C (15°F bis +400°F). FEPM hat eine breite chemische Beständigkeit gegenüber viele Flüssigkeiten und Additive im Automobilbereich. Es ist widerstandsfähig gegenüber alle Arten von Motorölen, Motorkühlmitteln mit hohen Anteilen an Rostschutzmitteln, Hochdruckgetriebeölen (EP-Getriebeölen), Getriebeölen, Servolenkungsflüssigkeiten, alle Arten von Bremsflüssigkeiten inklusive DOT 3, Mineralöl und Silikonöl. FEPM ist ideal geeignet für Wärmeträgeröle, Amine, Säuren und Basen, ebenso wie Heißwasser und Dampf bis zu +170°C (+340°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/acm-polyacrylat/#tab-5332>

ACM Polyacrylat

Polyacrylat-Acrylsäure-Ester. Diese Compounds wurden entwickelt, um hitze- als auch ölbeständig zu sein. Speziell geeignet für Anwendungen mit schwefelhaltigen Ölen. ACM-

Kautschuke haben eine gute Beständigkeit gegenüber trockener Wärme, Sauerstoff, Sonnenlicht und Ozon, jedoch sind deren geringe Temperatureigenschaften eher dürftig und sie weisen eine geringe Quellung in Mineralölen auf. Die Einsatztemperatur liegt zwischen -20°C und +150°C (-5°F und +300°F). ACM wird vorzugsweise für O-Ringe und Wellendichtungen eingesetzt, um Schweröle bei hohen Temperaturen abzudichten oder in Anwendungen in der Automobilindustrie, in denen Getriebeöle oder Servolenkungsflüssigkeiten vorkommen.

<http://o-ring.info/de/compounds/fluorsilikon-/fvmq/#tab-5333>

Fluorsilikon / FVMQ

Fluorsilikon kombiniert die guten Hoch- und Tieftemperatureigenschaften von Silikon mit guter Kraftstoff- und Ölbeständigkeit. Fluorsilikone bieten einen viel breiteren Betriebstemperaturbereich als Fluorelastomere (FKM). Fluorsilikon O-Ringe werden vorrangig in Kraftstoffsystemen bei Temperaturen bis hin zu +177°C (+350°F) sowie in Anwendungen, in denen die Beständigkeit von Silikon gegenüber trockener Wärme gefordert wird, eingesetzt. Fluorsilikon O-Ringe können auch mineralölbasierenden Ölen und/oder kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen ausgesetzt werden. Bei einigen Ölen und Kraftstoffen wird allerdings empfohlen, die maximale Temperatur herabzusetzen, da Temperaturen annähernd +200°C (+390°F) das Medium zersetzen könnten. Die dabei entstehenden Säuren könnten wiederum das Fluorsilikon angreifen. Bei Tieftemperaturanwendungen dichten Fluorsilikon-O-Ringe bis zu Temperaturen von circa -73°C (-100°F) ab.

Aufgrund der relativ geringen Reißfestigkeit, der hohen Reibung und den ungenügenden Verschleißigenschaften dieses Materials wird Fluorsilikon generell nur für statische Anwendungen empfohlen. Fluorsilikone mit einer hohen Reißfestigkeit sind ebenfalls erhältlich. Einige dieser Compounds weisen einen verbesserten Druckverformungsrest auf. Vielen Fluorsilikon-Compounds besitzen eine besonders hohe Schrumpfrate. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für Fluorsilikon-Produkte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/silikon-vmq/#tab-5358>

Silikon / VMQ

Silikone sind eine Gruppe von elastomeren Materialien, hergestellt aus Silikon, Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff. Ein extremer Temperaturbereich und extreme Kälteflexibilität sind charakteristisch für Silikon-Compounds. Silikone allgemein betrachtet haben schlechte Eigenschaften in der Zugfestigkeit, Reißdehnung und Abriebfestigkeit. Es wurden spezielle Compounds entwickelt, die eine außergewöhnliche Hitzebeständigkeit und einen geringen Druckverformungsrest aufweisen. Hochfeste Compounds wurden ebenfalls entwickelt; nur lassen sich diese nicht mit der Festigkeit herkömmlicher Elastomere vergleichen. Silikone verfügen über eine hervorragende Beständigkeit gegenüber extremen Temperaturen von -50°C bis +232°C (-58°F bis +450°F). Einige spezielle Compounds widerstehen sogar noch höheren oder tieferen Temperaturen. Die

Beibehaltung der Eigenschaften bei hohen Temperaturen ist von Silikon gegenüber den meisten anderen elastomeren Werkstoffen überlegen.

Silikon-Compounds sind sehr rein. Dadurch, und da sie kein Geruch oder Geschmack weitergeben, werden sie oft in Anwendungen der Lebensmittelindustrie und Pharmazie verwendet. Silikon-Compounds werden nicht für den dynamischen Einsatz empfohlen, da sie eine relativ geringe Reißfestigkeit und einen hohen Reibungskoeffizienten haben. Silikon ist beständig gegenüber Heißluft, Ozon, UV-Strahlung, Motor- und Getriebeöle, tierische und pflanzliche Fette und Öle und Bremsflüssigkeiten. Die Beständigkeit gegenüber Mineralölen ist bei Silikon gering. Silikon kann elektrisch widerstandsfähig, leitfähig oder flammhemmend hergestellt werden. Viele Silikon-Compounds weisen eine besonders hohe Formschrumpfung auf. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für Silikon-Produkte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/neopren-cr/#tab-5359>

Neopren / CR

Neopren-Kautschuke sind Homopolymere aus Chloropren (Chlorbutadien) und unter den ersten Synthetikkautschuken, die für die Herstellung von Dichtungen verwendet wurden. CR hat gute Alterungseigenschaften bei Ozon und Witterungseinflüssen, wie auch eine Abriebs- und Biege Reißbeständigkeit. CR ist für Umgebungen mit aromatischen und sauerstoffangereicherten Lösungsmitteln nicht geeignet. Neopren kann für Temperaturen von -40°C bis +110°C (-40°F bis +230°F) hergestellt werden. Die meisten Elastomere sind entweder gegenüber Schäden durch Einwirkungen von mineralölbasierenden Flüssigkeiten oder Sauerstoff beständig. Neopren ist dabei eher ungewöhnlich, da es eine beschränkte Beständigkeit gegenüber beidem hat. Dadurch, und durch einen breiten Temperaturbereich sowie mäßige Kosten, ist CR für viele Dichtungsanwendungen im Kontakt mit Kühlmittel wie Freon® und Ammoniak attraktiv. CR ist beständig gegenüber Kühlmittel, Ammoniak, Freon® (R12, R13, R21, R22, R113, R114, R115, R134A), Silikonöle, Wasser, Ozon, pflanzliche Öle, Alkohole und Niederdruck-Sauerstoff. CR hat eine sehr geringe Beständigkeit gegenüber Mineralöle.

<http://o-ring.info/de/compounds/weitere/#tab-5299>

Weitere

AU, EU (Polyurethan-Kautschuk)

Polyurethane (Polyester-Urethane (AU), Polyether-Urethane (EU) haben im Vergleich zu anderen Elastomeren überragende mechanische und physikalische Eigenschaften. Urethane bieten eine außergewöhnliche Beständigkeit gegenüber Abrieb und Reißbildung. Sie haben die höchste Zugfestigkeit unter den Elastomeren bei guten Dehnungseigenschaften. Auf Ether basierende Urethane (EU) sind auf Tieftemperaturflexibilität gerichtet.

Auf Ester basierende Urethane (AU) haben eine verbesserte Beständigkeit gegenüber Abrieb, Wärme und Quellung in Öl. Über einen Temperaturbereich von -40°C bis +82°C (-40°F bis +180°F) ist die chemische Beständigkeit gegenüber mineralische Öle, kohlenwasserstoffhaltige Kraftstoffe, Sauerstoff, Ozon und Witterungseinflüsse gut. Die

Beständigkeit verschlechtert sich jedoch schnell im Kontakt mit Säuren, Ketonen und chlorierten Kohlenwasserstoffen. Bestimmte Typen von Polyester-Urethanen (AU) sind darüber hinaus empfindlich gegenüber Wasser und Feuchtigkeit. Polyether-Urethane (EU) bieten eine bessere Beständigkeit gegenüber Wasser und Feuchtigkeit.

Die innere Festigkeit und Abriebsbeständigkeit von Polyuretan-Dichtungen ist besonders begehrenswert in Hydrauliksystemen, in denen hohe Drücke, Stoßbelastungen, große metallische Spalte oder abrasive Verunreinigungen zu erwarten sind.

CO, ECO (Epichlorohydrin)

Epichlorohydrin-Kautschuke sind für ihre außergewöhnliche Gasimpermeabilität und physikalische Eigenschaften über einen breiten Temperaturbereich bekannt, bei Aufrechterhaltung einer hervorragende Beständigkeit gegenüber Mineralölen. Es hat ein stabiles Verhalten gegenüber Temperaturzyklen von niedrigen bis hohen Temperaturen. Die Widerstandsfähigkeit gegenüber Ozon, Oxidation, Witterungseinflüsse und Sonnenlicht sind weitere typische Qualitäten von ECO. Die Einsatztemperatur beträgt -51°C bis +150°C (-60°F bis +300°F). Compounds aus diesem Polymer können zu Korrosion neigen, welche den Fertigungsprozess erschweren kann.

IIR (Butyl)

Butyl hat eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Phosphatester-Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Skydrol®, jedoch liegt die maximale Einsatztemperatur im Vergleich zu EPDM tiefer. Butyl bietet die beste Beständigkeit gegenüber Gaspermeabilität sowie einigen Raketentreibmitteln. Für den Einsatz in O-Ring-Anwendungen wurde Butyl so gut wie von EPDM ersetzt. Die Einsatztemperatur von IIR liegt bei -55°C bis +105°C (-65°F bis +225°F).

FEP (Teflon®)

FEP ist ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Hexafluorpropylen. FEP hat einen niedrigeren Schmelzpunkt als PTFE, so dass es für den Spritzguss einsetzbar ist. FEP wird als Ummantelung für die Herstellung von TEFLEX O-Ringen verwendet. Es besitzt eine breite chemische und thermische Beständigkeit sowie hervor-ragende Alterungseigenschaften. Die maximale Einsatztemperatur von FEP beträgt +204°C (+400°F). Eine TEFLEX O-Ring-Ummantelung aus Teflon®-PFA ist für höhere Einsatztemperaturen (bis +260°C) erhältlich.

NBR / PVC

PVC-Granulat wird NBR-Polymeren beigemischt, um bessere Eigenschaften gegenüber Ozon und Abrieb zu erhalten. Das PVC bietet darüber hinaus eine deutliche Verbesserung der chemischen Beständigkeit gegenüber Lösungsmittel. Dennoch bleibt die weitere chemische Beständigkeit sowie auch die physikalischen Eigenschaften deren normaler NBR-Compounds nahezu identisch. Die Zugabe des PVC-Granulats erhöht darüber hinaus die Aufnahmekapazität von Farbpigmenten, so dass Pastelltöne und helle Farben besser vom Compound aufgenommen werden können.

Nitril / NBR

<http://o-ring.info/de/downloads/datenblatter/nitril-nbr/>

FKM / Genuine Viton®

<http://o-ring.info/de/downloads/datenblatter/fkm-genuine-viton/>

Abkürzungen

Chemische Bezeichnung	ASTM- Bezeichnung / Abkürzung	Polymer-Handelsnamen
Acrylnitril-Butadien- Kautschuk	NBR	Chemigum®, Nipol N®, Krynac®, Paracryl®, Perbunan N®, BunaN®, Hycar®, Elaprim®, JSR-N, Europrene®, Breon®
Hochgesättigter Nitril Kautschuk	HNBR	Therban®, Zetpol®
Carboxylierter Nitril Kautschuk	XNBR	Nipol®, Krynac®, Chemigum®
Fluor-Kautschuk	FKM	Viton®, Fluorel®, Technoflon®, Dai-EI®
Ethylen-Propylen-Kautschuk	EPM, EPDM	Buna AP®, Dutral®, Nordel®, Royalene®, Vistalon®, Keltan®, Epcar®, APTK Buna Hüls®, Buna S®, Phioflex®, Phiolite®, Ameripol Synpol®, Stereon®, Polysar S®, Solprene®, Europrene®
Styrol-Butadien-Kautschuk	SBR	Neoprene, Bayprene®, Butaclor®, Petro-Tex Neoprene®, Denka®
Chloropren-Kautschuk	CR	Exxon Butyl®
Chlor-Butyl-Kautschuk	CIIR	Polysar Butyl®, Enjay Butyl®, Petro-Tex Butyl®, Bucar®, Exxon Butyl®
Butyl-Kautschuk	IIR	Silopren®, SE®, Blensil®, Silastic®, SILPLUS®, Elastolsil®, Rhodorsil®
Silikon Kautschuk	VMQ	FSE®, Silastic®, Sylon®
Fluor-Silikon-Kautschuk	FVMQ	Elastosil®
Phenyl-Silikon-Kautschuk	PVMQ	Cyanacryl®, HyTemp®, Thiacril®, Hycar®, Elaprim AR®, Noxtite®, Nipol AR®
Polyacrylat-Kautschuk	ACM	Vamac®
Ethylen-Acrylat-Kautschuk	AEM	Hypalon®
Chlorsulphonyl-Polyethylen- Kautschuk	CSM	Aflas®
Tetrafluor-Ethylen-Propylen- Kautschuk	FEPM / TFE/P	Thiokol®
Polysulfid-Kautschuk	TWT	Herchlor®, Gechron®, Hydrin®
Epichlorhydrin-Kautschuk	CO, ECO	Norsorex®
Polynorbonen-Kautschuk	PNR	
Polysopren-Kautschuk		
<ul style="list-style-type: none"> • natürlich • synthetisch 	NR (RW) IR	SMR®, Pale Crepe®, Smoked Sheet®, Ameripol SN®, Natsyn®
Polyurethan (Polyester- Urethane, Polyether- Urethane)	AU or EU	Baytec®, Desmoflex®, Desmopan®, Urepan®, Estane®, Pellethane®, Adiprene®, Millathane®, Vibrathane®, Vulkollan®
Perfluor-Kautschuk	FFKM	Kalrez®

Was Sie schon immer über O-Ringe wissen wollten

<http://o-ring.info/de/technische-infos/elastomerauswahl/>

Elastomerauswahl

Obwohl der Begriff „Elastomer“ ein Synonym für „Kautschuk“ ist, ist es formell ein Polymer, das modifiziert werden kann, um geringes plastisches Fließen und eine schnelle oder nahezu komplette Regenerierung von einer einwirkenden Belastung in sich zu vereinen. Unmittelbar nach der Entlastung wird er nahezu in seine Ausgangsform zurückkehren. Nach der Definition der Amerikanischen Gesellschaft für Prüfungen und Materialien („American Society for Testing and Materials“, kurz: „ASTM“) ist für ein „Elastomer“ ausschlaggebend, dass: - Ein elastomeres Teil nach einer Dehnung von ungefähr 100% nicht reißt. - Sich ein elastomeres Teil nach einer fünfminütigen Dehnung von 100%, anschließender Entspannung und weiteren 5 Minuten Regenerationsphase 10% seiner ursprünglichen Form zurückerhält.

Beständigkeit gegenüber dem Medium

Wie im gesamten Handbuch verwendet, steht das Wort „Medium“ für den Stoff, gegen den der O-Ring abdichtet. Es kann eine Flüssigkeit, ein Gas oder eine Mischung aus beidem sein. Darüber hinaus kann es auch Pulver oder andere Feststoffe enthalten. Der chemische Effekt des Mediums auf den O-Ring ist dabei von wesentlicher Bedeutung. Es darf die physischen und mechanischen Eigenschaften des O-Rings nicht verändern oder die zu erwartende Lebensdauer verkürzen. Eine übermäßige Alterung des O-Ringes muss vermieden werden. Es ist sehr einfach, sich in diesem Punkt dennoch fehlleiten zu lassen. Eine signifikante Volumenabnahme führt zum Beispiel für gewöhnlich zu einer vorzeitigen Leckage jeder O-Ring-Abdichtung, egal ob statisch oder dynamisch. Andererseits wird ein Compound, das zu einer starken Volumenschwellung oder einer hohen Zu- oder Abnahme der Härte, Zugfestigkeit oder Reißdehnung neigt, weiterhin gute Ergebnisse in statischen Anwendungen erzielen zu können. Trotz auf dem ersten Blick als ungeeignet scheinender ermittelter Testergebnisse des Werkstoffs. Der erste Schritt bei der Auswahl des Dichtungswerkstoffs ist daher die Wahl eines gegenüber den chemischen Einflüssen beständigen Materials.

Compound

Ein Compound ist eine Mischung eines oder mehrerer Polymere und anderen Chemikalien, die ein fertiges Elastomer ergeben. Präziser ausgedrückt, ist ein „Compound“ ein spezifisches Gemisch von Inhaltsstoffen, die auf die Erzielung bestimmter Charakteristiken hin abgestimmt werden. So kann eine bessere Tauglichkeit für spezielle Einsatzbereiche erreicht werden. Die Basis einer Mischungserstellung ist die Wahl des Polymertyps. Zu diesem Polymer fügt der Compounder besondere Füllstoffe hinzu, wie zum Beispiel Ruß, Farbpigmente, Vulkanisationsmittel, Aktivatoren, Weichmacher, Beschleuniger, Anti-Oxidationsmittel oder Strahlenschutzmittel. Es sind mehrere hundert verschiedener Kombinationen möglich.

Die Physik des Kautschuks

Kautschuk besteht aus langen Ketten zufällig angeordneter Moleküle. Diese langen Ketten neigen zu Verwicklungen und Vernetzungen. Die Verwicklungen haben einen signifikanten Einfluss auf die viskoelastischen Eigenschaften wie Spannungsrelaxation. Wenn ein Elastomer Belastung oder innerer Arbeit ausgesetzt wird, treten Umlagerungen wie Rotationen und Dehnungen der Polymerketten auf. Diese Reaktionen sind Resultat der einwirkenden Energie, Dauer und dem Grad der Anwendung, wie auch der Temperatur, mit der die einwirkende Energie einhergeht. Die ISO 1629 benennt rund 25 Elastomere. Dieses Kapitel behandelt die vielen Materialien, die für die Produktion von O-Ringen verwendet werden.

Elastomer	NBR Nitrile	EPM EPR	CR Neoprene	VMQ Silicone
Allgemein				
Härte (Shore A) ¹	20/ 90	30/90	15/95	20/90
Temperaturbereich °F/°C max. ¹	230/110	266/130	248/120	446/230
Temperaturbereich °F/°C min. ¹	-30/-35	-67/-55	-49/-45	-67/-55
Druckverformungsrest²	B	C	C	A
Verschleißfestigkeit ²	C	C	C	E
Gasdurchlässigkeit ²	C	C	C	E
Luft	E	B	C	A
Alkohol	B	A	B	B
Aldehyde	U	B	U	C
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	C	U	E	E
Alkali	B	A	C	B
Amine	B1	B1	B1	E1
Tierische Fette	B	U	C	C
Aromatische Kohlenwasserstoffe	D	U	D	U
Ester, Alkylphosphate (Skydrol®)	U	B	U	C
Ester, Acrylphosphate	U	A	U	C
Ester, Silikate	C	U	E	U
Ether	U	E	U	U
Halogenkohlenwasserstoffe	U	U	U	U
Anorganische Säuren	E	C	B	B
Ketone	U	A	A	C
Mineralöl, hoch aniline Fette	B	U	C	C
Mineralöl, gering aniline Fette	B	U	U	E
Organisch Säuren	C	C	C	B
Silikonöle	A	A2	A	E
Pflanzliche Öle	A	U	C	B
Wasser / Dampf	C	A	E	E

1.

2. Der Temperaturbereich hängt stark von dem speziellen Compound ab;

3. Der Druckverformungsrest von Kalrez® ist relativ zur Temperatur. In Tieftemperaturanwendungen ist der Wert mäßig, in Hochtemperaturanwendungen ist der Wert gut bis sehr gut.

A gut

B befriedigend

C ausreichend

D fragwürdig

E dürftig

U ungenügend

1 Siehe Broschüre „Chemische Beständigkeiten von Elastomeren“

2 EPDM könnte schrumpfen

3 Abhängig vom FKM-Typ

4 Abhängig vom Compound

5 Abhängig vom Elastomer-Kern

+ generell „A“, da die Ummantelung FEP ist

Basiselastomere

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Zugfestigkeit (MPa)	6.9-27.6	31.0-10.0	3.4-20.7	2.1-24.1
Modul bei 100% (MPa)	2.0-15	1.7-20.7	1.4-13.8	0.7-20.7
Härtegrad (Shore A)	20-100	30-95	50-95	30-90
Reißdehnung (%)	100-650	90-450	100-500	100-700
Druckverformungsrest	gut- sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut	dürftig- sehr gut
Tieftemperaturbereich °F	-70 to 0	-50 to 0	-50 to 0	-75 to -40
Tieftemperaturbereich °C	-57 to -18	-46 to -18	-46 to -18	-46 to -18
Hochtemperaturbereich °F	210 to 250	250 to 3000	400 to 500	220 to 300
Hochtemperaturbereich °C	99 to 121	121 to 149	200 to 260	104 to 149
Wärmealterung bei +100°C (+212°F)	gut	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut
Dampfbeständigkeit	bedingt- gut	bedingt- gut	dürftig- gut	sehr gut
Flammbeständigkeit	dürftig	dürftig	gut- sehr gut	dürftig
Witterungsbeständigkeit	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut
Sonnenlichtbeständigkeit	dürftig- gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut
Ozonbeständigkeit	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut
Strahlungsbeständigkeit	bedingt- gut	bedingt- gut	bedingt- gut	gut- sehr gut
Oxidationsbeständigkeit (Luft)	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Wasserbeständigkeit	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Gaspermeabilität	bedingt- sehr gut	bedingt- sehr gut	gut- sehr gut	bedingt- gut
Geruch	gut	gut	gut	gut
Geschmacksneutralität	bedingt- gut	bedingt- gut	bedingt- gut	gut- sehr gut
Adhäsion gegenüber	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Metall				gut
Färbbarkeit	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut
RMA-Farbcode	schwarz	-	braun	violett
Elastische Rückverformung	gut	gut	bedingt- sehr gut	bedingt- gut
Vibrationsdämpfung	bedingt- gut	gut- sehr gut	bedingt- sehr gut	bedingt- gut
Biegereißbeständigkeit	gut	gut	gut	gut
Weiterreißfestigkeit	gut- sehr gut	gut- sehr gut	bedingt- gut	bedingt- gut
Abriebsbeständigkeit	gut- sehr gut	gut- sehr gut	gut	gut
Gewichtsverlust im Vakuum	gut	gut	sehr gut	sehr gut
Säuren (verdünnt)	gut	gut	gut- sehr gut	sehr gut
Säuren (konzentriert)	dürftig- bedingt	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut
Säure, organisch (verdünnt)	gut	gut	bedingt- gut	sehr gut
Säure, organisch (konzentriert)	dürftig	bedingt- gut	dürftig- gut	bedingt- gut
Alkohole (C1 thru C6)	bedingt- gut	gut- sehr gut	bedingt- sehr gut	gut- sehr gut
Aldehyde (C1 thru C6)	dürftig- bedingt	bedingt- gut	dürftig	gut- sehr gut
Alkali (verdünnt)	gut	gut	bedingt- gut	sehr gut
Alkali (konzentriert)	dürftig- gut	dürftig- gut	dürftig	sehr gut
Amine	dürftig	gut	dürftig	beding- gut
Tierische und pflanzliche Fette	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut	gut
Bremsflüssigkeit; Dot 3, 4 und 5	dürftig	bedingt	dürftig- bedingt	gut- sehr gut
Diester-Öle	bedingt- gut	gut	gut- sehr gut	dürftig
Ester, Alkylphosphate	dürftig	dürftig	dürftig	sehr gut
Ester, Arylphosphate	dürftig- bedingt	dürftig- bedingt	sehr gut	sehr gut
Ether	dürftig	dürftig- bedingt	dürftig	bedingt
Kraftstoff, aliphatische Kohlenwasserstoffe	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Kraftstoff, aromatische Kohlenwasserstoffe	bedingt- gut	bedingt- gut	sehr gut	dürftig
Kraftstoff, erweitert (mit Sauerstoff angereichert)	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	dürftig
Ketone	dürftig	dürftig	dürftig	gut- sehr gut
Halogenhaltige Lösungsmittel	dürftig	dürftig- bedingt	gut- sehr gut	dürftig
Lacklösungsmittel	bedingt	bedingt	dürftig	dürftig
Schmierfette und Heizöle	sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig
Mineralöl, aromatisch geringer Anilingehalt	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut	dürftig
Mineralöl, aliphatisch- hoher Anilingehalt	sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig
Kühlmittel Ammoniak	gut	gut	dürftig	gut
Silikonöle	gut	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut

<http://o-ring.info/de/compounds/kalrez-ffkm/#tab-5253>

Kalrez® / FFKM (Perfluorelastomere)

Fluorelastomere erreichen ihre relative chemische Inertheit durch ihre Fluor- Kohlenstoff-Bindungen an der Polymerkette. Generell gilt, dass mit einer Erhöhung des Fluorgehalts die chemische Beständigkeit zunimmt. Wo Fluorelastomere einen Fluorgehalt von 63-67% haben, liegt der Fluorgehalt bei Perfluorelastomeren (FFKM) bei 73%. Perfluorelastomere haben eine hervorragende Beständigkeit gegenüber extremen Temperaturen von circa -20°C bis +275°C (-15°F bis +527°F). FFKMs (Kalrez®) bieten die beste chemische Beständigkeit aller Elastomere.

Einige Typen sind besonders beständig gegenüber Heißwasser, Dampf und heißen Aminen. Einige bestehen Dauereinsatztemperaturen bis hin zu +327°C (+620°F). Viele FFKM-Compounds haben bei der Produktion eine unübliche Schrumpfrate, so dass sich Fertigungsformen für FFKM-Produkte und denen anderer Elastomere nicht kombinieren lassen.

<http://o-ring.info/de/compounds/viton-fkm/#tab-5353>

Viton® / FKM (Fluorelastomere)

Fluorelastomere wurden in der Dichtungsindustrie immer wichtiger. Aufgrund der weitreichenden chemischen Beständigkeit, dem möglichen Temperaturbereich, den

geringen Druckverformungsrest und den hervorragenden Alterungseigenschaften, ist FKM das bedeutungsvollste alleinstehende Elastomer, welches in der jüngsten Vergangenheit entwickelt wurde. Fluorelastomere sind hochfluorierte, auf Kohlenstoff basierende Polymere, die in Anwendungen rauen chemischen Angriffen und Ozon widerstehen. Die Betriebstemperatur liegt zwischen -20°C und $+204^{\circ}\text{C}$ (-15°F und $+400^{\circ}\text{F}$), kurzzeitig auch höher. Spezielle Compounds haben eine verbesserte chemische Beständigkeit; neue Typen werden fortlaufend entwickelt. Generell gilt, dass mit einer Erhöhung des Fluorgehalts die chemische Beständigkeit zunimmt, wohingegen die Tieftemperatureigenschaften schlechter werden. Es gibt allerdings auch Spezialqualitäten von Fluorelastomeren, die beides vereinen: einen erhöhten Fluorgehalt bei verbesserter Tieftemperaturflexibilität.

Fluorelastomer-O-Ringe sollten für den Einsatz in Flugzeugen, Automobilen und anderen mechanischen Geräten in Frage kommen, bei denen eine maximale Beständigkeit gegenüber erhöhte Temperaturen und vielen Flüssigkeiten gefordert wird. FKM (FPM, Viton®) widersteht Mineralöle und -schmierstoffe, aliphatische, aromatische und auch spezielle chlorierte Kohlenwasserstoffe, Benzin, Diesel-Kraftstoffe, Silikonöle und -schmierstoffe. Es ist in Hochvakuum-Anwendungen einsetzbar. Viele FKM-Compounds besitzen eine besonders hohe Schrumpfrate. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für FKMPprodukte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/tperx/#tab-5354>

TPeRX®

TPE steht für "thermoplastisches Elastomer". Diese Werkstofffamilie besteht aus mehreren Mischungen, die elastisch sind, jedoch mit Temperaturerhöhung flüssig werden und daher wie Thermoplaste verarbeitet werden können. Sie vereinen die einfache Verarbeitbarkeit von Thermoplasten mit den grundlegenden Eigenschaften von Elastomeren

<http://o-ring.info/de/compounds/nitril-nbr/#tab-5355>

Nitril / NBR (Acrylnitril-Butadien)

NBR ist aus chemischer Sicht ein Copolymer aus Butadien und Acrylnitril. Der Anteil an Acrylnitril beträgt dabei in kommerziellen Compounds circa 18 bis 50 Prozent. Wenn der Nitril-Anteil steigt, verbessert sich die chemische Beständigkeit gegenüber mineralölbasierenden Ölen und kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen zuungunsten der Tieftemperaturflexibilität. Die hervorragende Beständigkeit gegenüber Mineralölprodukten und der Möglichkeit, es für einen Betriebstemperaturbereich von circa -35°C bis $+120^{\circ}\text{C}$ (-30°F bis $+250^{\circ}\text{F}$) herzustellen, macht NBR heute zu dem meistverwendeten Elastomer der Dichtungsindustrie. Auch viele militärische Elastomerspezifikationen für den Einsatz bei Kraftstoffen und Ölen fordern als Basispolymer NBR. Um eine bessere Tieftemperaturbeständigkeit erreichen zu können, muss oft auf eine gewisse Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen verzichtet werden. NBR-Compounds sind gegenüber vielen anderen Elastomeren hinsichtlich des Druckverformungsrestes und der Reiß- sowie Abriebfestigkeit überlegen. Standard-NBR-Compounds besitzen jedoch keine guten Eigenschaften gegenüber Ozon, Sonnenlicht oder Witterungseinflüssen. Sie sollten nicht in die Nähe von elektrischen Motoren oder anderen ozongenerierenden Geräten gelagert

werden und vor direktem Sonnenlicht geschützt werden. Einige dieser Nachteile können jedoch durch die Zugabe spezieller Additive beim Mischvorgang verbessert werden.

NBR ist das Standardmaterial für Anwendungen in der Hydraulik und Pneumatik. NBR widersteht ölba-sierten Hydraulikflüssigkeiten, Fetten, tierischen und pflanzlichen Ölen, Flammenschutzmitteln (HFA, HFB, HFC), Schmiermitteln, Wasser und Luft. Es gibt spezielle Tieftemperatur-Compounds für den Einsatz im Kontakt mit mineralölbasierten Flüssigkeiten. Bei einer Hydrierung, der Zugabe von Kohlenstoffsäure oder der Beimengung von PVC zum NBR-Grundpolymer kann NBR auch weiteren spezifischen physischen und chemischen Anforderungen gerecht werden. Die Qualität eines NBR-Compounds beruht auf dem prozentualen Anteil von Acrylnitril innerhalb des Grundpolymers. Die folgende Grafik zeigt die Eigenschaftsänderung von NBR in Bezug auf den Anteil an Acrylnitril.

<http://o-ring.info/de/compounds/hnbr-x-nbr/#tab-5356>

HNBR (Hydriertes NBR) / X-NBR (Carboxyliertes NBR)

HNBR wurde vor etwa 30 Jahren entwickelt, um höhere als mit Standard-NBR mögliche Temperaturen zu erreichen und dabei die Beständigkeit gegenüber mineralischen Ölen beizubehalten. Dies erreichte man durch das Hydrieren des NBR-Copolymers. HNBR füllt die Lücke zwischen NBR, EPDM und FKM; also in Anwendungen, bei denen hohe Temperaturen gegeben sind und eine hohe Zugfestigkeit bei Beibehaltung der hervorragenden Beständigkeit gegenüber Motorenölen, saurem Gas, Amin/Öl-Gemischen, oxidierten Kraftstoffen und Schmierölen, gefordert wird. HNBR ist beständig gegenüber auf Mineralöl basierenden Hydraulikflüssigkeiten, tierischen und pflanzlichen Fetten, Dieselkraftstoff, Ozon, saurem Gas, verdünnten Säuren und Basen sowie den neuen Bio-Ölen (biologisch abbaubaren Ölen). HNBR ist geeignet für hohe dynamische Belastungen und weist eine gute Abriebbeständigkeit auf. Es ist bei Temperaturen von circa -30°C bis +150°C (-20°F bis +302°F) einsetzbar.

Die Carboxylgruppe wird dem NBR hinzugefügt, um eine erhebliche Verbesserung der Abriebbeständigkeit von NBR bei Beibehaltung der hervorragenden chemischen Beständigkeit gegenüber Ölen und Lösungsmitteln zu erlangen. XNBR-Compounds bieten eine hohe Zugfestigkeit und gute physikalische Eigenschaften bei hohen Temperaturen. Der Temperaturbereich von XNBR beträgt circa -30°C bis +150°C (-20°F bis +302°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/epdm/#tab-5357>

EPDM (Ethylen-Propylen-Dien Kautschuk)

Ethylen-Propylen-Kautschuk ist ein aus Ethylen- und Propylen-Monomeren hergestelltes Elastomer (Ethylen-Propylen-Copolymer). Teilweise mit Anteilen eines dritten Monomers (Ethylen-Propylen-Terpolymer). Ethylen-Propylen hat eine Temperaturbeständigkeit von ungefähr -50°C bis +120°/150°C (-60°F bis +250°/300°C), abhängig vom Vernetzungssystem. Es besitzt aufgrund dessen hervorragenden Beständigkeit gegenüber Hitze, Wasser und Wasserdampf, Alkali, milden säure- oder sauerstoffhaltigen

Lösungsmitteln, Ozon und Sonnenlicht eine große Anerkennung in der Dichtungstechnik. Diese Compounds halten darüber hinaus den Einwirkungen von Bremsflüssigkeiten und Skydrol® sowie anderen auf Phosphatester basierenden Hydraulikflüssigkeiten stand. EPDM-Compounds werden nicht für den Einsatz im Kontakt mit Benzin, Mineralöl und Schmierstoffen sowie Kohlenwasserstoff-Umgebungen empfohlen.

Spezielle EPDM-Compounds haben eine gute Beständigkeit gegenüber Dampf.

- EPDM schwefelvernetzt: preiswertes Material für den normalen Einsatz; maximale Temperatur +120°C (+250°F).
- EPDM peroxidvernetzt: für Heißwasser, Dampf, Alkohole, Ketone, Motorkühflüssigkeiten, organische und anorganische Säuren und Basen. Nicht beständig gegenüber Mineralöle. Für maximale Temperaturen von +150°C (+300°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/sbr/#tab-5330>

SBR (Styrol-Butadien)

Dieser Werkstoff ähnelt Naturkautschuk. Der Gebrauch von SBR für die O-Ring-Herstellung ging nach Einführung von EPDM zurück. SBR findet heutzutage immer noch Einsatz in Anwendungen mit Bremsflüssigkeiten, obwohl die Hochtemperaturstabilität eher schlechter ist, als die von EPDM. Die Betriebstemperatur von SBR liegt bei -50°C bis +110°C (-65°F bis +22 5°F).

<http://o-ring.info/de/produkte/fepm/-/afas/#tab-5331>

FEPM / Aflas®

FEMP ist ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Propylen mit einem Fluorgehalt von ungefähr 54%. Dieser Werkstoff ist hinsichtlich seiner chemischen Beständigkeit gegenüber Erdölprodukte, Dampf und Phosphatester einzigartig. In einigen Empfehlungen weist es die gleiche Medienbeständigkeit wie Ethylen-Propylen und Fluorelastomere auf. Der Druckverformungsrest von FEPM ist bei hohen Temperaturen dem von Standard-FKM unterlegen. Der Einsatztemperaturbereich beträgt ungefähr -5°C bis +204°C (15°F bis +400°F). FEPM hat eine breite chemische Beständigkeit gegenüber viele Flüssigkeiten und Additive im Automobilbereich. Es ist widerstandsfähig gegenüber alle Arten von Motorölen, Motorkühlmitteln mit hohen Anteilen an Rostschutzmitteln, Hochdruckgetriebeölen (EP-Getriebeölen), Getriebeölen, Servolenkungsflüssigkeiten, alle Arten von Bremsflüssigkeiten inklusive DOT 3, Mineralöl und Silikonöl. FEPM ist ideal geeignet für Wärmeträgeröle, Amine, Säuren und Basen, ebenso wie Heißwasser und Dampf bis zu +170°C (+340°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/acm-polyacrylat/#tab-5332>

ACM Polyacrylat

Polyacrylat-Acrylsäure-Ester. Diese Compounds wurden entwickelt, um hitze- als auch ölbeständig zu sein. Speziell geeignet für Anwendungen mit schwefelhaltigen Ölen. ACM-

Kautschuke haben eine gute Beständigkeit gegenüber trockener Wärme, Sauerstoff, Sonnenlicht und Ozon, jedoch sind deren geringe Temperatureigenschaften eher dürftig und sie weisen eine geringe Quellung in Mineralölen auf. Die Einsatztemperatur liegt zwischen -20°C und +150°C (-5°F und +300°F). ACM wird vorzugsweise für O-Ringe und Wellendichtungen eingesetzt, um Schweröle bei hohen Temperaturen abzudichten oder in Anwendungen in der Automobilindustrie, in denen Getriebeöle oder Servolenkungsflüssigkeiten vorkommen.

<http://o-ring.info/de/compounds/fluorsilikon-/fvmq/#tab-5333>

Fluorsilikon / FVMQ

Fluorsilikon kombiniert die guten Hoch- und Tieftemperatureigenschaften von Silikon mit guter Kraftstoff- und Ölbeständigkeit. Fluorsilikone bieten einen viel breiteren Betriebstemperaturbereich als Fluorelastomere (FKM). Fluorsilikon O-Ringe werden vorrangig in Kraftstoffsystemen bei Temperaturen bis hin zu +177°C (+350°F) sowie in Anwendungen, in denen die Beständigkeit von Silikon gegenüber trockener Wärme gefordert wird, eingesetzt. Fluorsilikon O-Ringe können auch mineralölbasierenden Ölen und/oder kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen ausgesetzt werden. Bei einigen Ölen und Kraftstoffen wird allerdings empfohlen, die maximale Temperatur herabzusetzen, da Temperaturen annähernd +200°C (+390°F) das Medium zersetzen könnten. Die dabei entstehenden Säuren könnten wiederum das Fluorsilikon angreifen. Bei Tieftemperaturanwendungen dichten Fluorsilikon-O-Ringe bis zu Temperaturen von circa -73°C (-100°F) ab.

Aufgrund der relativ geringen Reißfestigkeit, der hohen Reibung und den ungenügenden Verschleißigenschaften dieses Materials wird Fluorsilikon generell nur für statische Anwendungen empfohlen. Fluorsilikone mit einer hohen Reißfestigkeit sind ebenfalls erhältlich. Einige dieser Compounds weisen einen verbesserten Druckverformungsrest auf. Vielen Fluorsilikon-Compounds besitzen eine besonders hohe Schrumpfrate. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für Fluorsilikon-Produkte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/silikon-vmq/#tab-5358>

Silikon / VMQ

Silikone sind eine Gruppe von elastomeren Materialien, hergestellt aus Silikon, Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff. Ein extremer Temperaturbereich und extreme Kälteflexibilität sind charakteristisch für Silikon-Compounds. Silikone allgemein betrachtet haben schlechte Eigenschaften in der Zugfestigkeit, Reißdehnung und Abriebfestigkeit. Es wurden spezielle Compounds entwickelt, die eine außergewöhnliche Hitzebeständigkeit und einen geringen Druckverformungsrest aufweisen. Hochfeste Compounds wurden ebenfalls entwickelt; nur lassen sich diese nicht mit der Festigkeit herkömmlicher Elastomere vergleichen. Silikone verfügen über eine hervorragende Beständigkeit gegenüber extremen Temperaturen von -50°C bis +232°C (-58°F bis +450°F). Einige spezielle Compounds widerstehen sogar noch höheren oder tieferen Temperaturen. Die

Beibehaltung der Eigenschaften bei hohen Temperaturen ist von Silikon gegenüber den meisten anderen elastomeren Werkstoffen überlegen.

Silikon-Compounds sind sehr rein. Dadurch, und da sie kein Geruch oder Geschmack weitergeben, werden sie oft in Anwendungen der Lebensmittelindustrie und Pharmazie verwendet. Silikon-Compounds werden nicht für den dynamischen Einsatz empfohlen, da sie eine relativ geringe Reißfestigkeit und einen hohen Reibungskoeffizienten haben. Silikon ist beständig gegenüber Heißluft, Ozon, UV-Strahlung, Motor- und Getriebeöle, tierische und pflanzliche Fette und Öle und Bremsflüssigkeiten. Die Beständigkeit gegenüber Mineralölen ist bei Silikon gering. Silikon kann elektrisch widerstandsfähig, leitfähig oder flammhemmend hergestellt werden. Viele Silikon-Compounds weisen eine besonders hohe Formschrumpfung auf. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für Silikon-Produkte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/neopren-cr/#tab-5359>

Neopren / CR

Neopren-Kautschuke sind Homopolymere aus Chloropren (Chlorbutadien) und unter den ersten Synthetikkautschuken, die für die Herstellung von Dichtungen verwendet wurden. CR hat gute Alterungseigenschaften bei Ozon und Witterungseinflüssen, wie auch eine Abriebs- und Biege Reißbeständigkeit. CR ist für Umgebungen mit aromatischen und sauerstoffangereicherten Lösungsmitteln nicht geeignet. Neopren kann für Temperaturen von -40°C bis +110°C (-40°F bis +230°F) hergestellt werden. Die meisten Elastomere sind entweder gegenüber Schäden durch Einwirkungen von mineralölbasierenden Flüssigkeiten oder Sauerstoff beständig. Neopren ist dabei eher ungewöhnlich, da es eine beschränkte Beständigkeit gegenüber beidem hat. Dadurch, und durch einen breiten Temperaturbereich sowie mäßige Kosten, ist CR für viele Dichtungsanwendungen im Kontakt mit Kühlmittel wie Freon® und Ammoniak attraktiv. CR ist beständig gegenüber Kühlmittel, Ammoniak, Freon® (R12, R13, R21, R22, R113, R114, R115, R134A), Silikonöle, Wasser, Ozon, pflanzliche Öle, Alkohole und Niederdruck-Sauerstoff. CR hat eine sehr geringe Beständigkeit gegenüber Mineralöle.

<http://o-ring.info/de/compounds/weitere/#tab-5299>

Weitere

AU, EU (Polyurethan-Kautschuk)

Polyurethane (Polyester-Urethane (AU), Polyether-Urethane (EU) haben im Vergleich zu anderen Elastomeren überragende mechanische und physikalische Eigenschaften. Urethane bieten eine außergewöhnliche Beständigkeit gegenüber Abrieb und Reißbildung. Sie haben die höchste Zugfestigkeit unter den Elastomeren bei guten Dehnungseigenschaften. Auf Ether basierende Urethane (EU) sind auf Tieftemperaturflexibilität gerichtet.

Auf Ester basierende Urethane (AU) haben eine verbesserte Beständigkeit gegenüber Abrieb, Wärme und Quellung in Öl. Über einen Temperaturbereich von -40°C bis +82°C (-40°F bis +180°F) ist die chemische Beständigkeit gegenüber mineralische Öle, kohlenwasserstoffhaltige Kraftstoffe, Sauerstoff, Ozon und Witterungseinflüsse gut. Die

Beständigkeit verschlechtert sich jedoch schnell im Kontakt mit Säuren, Ketonen und chlorierten Kohlenwasserstoffen. Bestimmte Typen von Polyester-Urethanen (AU) sind darüber hinaus empfindlich gegenüber Wasser und Feuchtigkeit. Polyether-Urethane (EU) bieten eine bessere Beständigkeit gegenüber Wasser und Feuchtigkeit.

Die innere Festigkeit und Abriebsbeständigkeit von Polyuretan-Dichtungen ist besonders begehrenswert in Hydrauliksystemen, in denen hohe Drücke, Stoßbelastungen, große metallische Spalte oder abrasive Verunreinigungen zu erwarten sind.

CO, ECO (Epichlorohydrin)

Epichlorohydrin-Kautschuke sind für ihre außergewöhnliche Gasimpermeabilität und physikalische Eigenschaften über einen breiten Temperaturbereich bekannt, bei Aufrechterhaltung einer hervorragende Beständigkeit gegenüber Mineralölen. Es hat ein stabiles Verhalten gegenüber Temperaturzyklen von niedrigen bis hohen Temperaturen. Die Widerstandfähigkeit gegenüber Ozon, Oxidation, Witterungseinflüsse und Sonnenlicht sind weitere typische Qualitäten von ECO. Die Einsatztemperatur beträgt -51°C bis +150°C (-60°F bis +300°F). Compounds aus diesem Polymer können zu Korrosion neigen, welche den Fertigungsprozess erschweren kann.

IIR (Butyl)

Butyl hat eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Phosphatester-Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Skydrol®, jedoch liegt die maximale Einsatztemperatur im Vergleich zu EPDM tiefer. Butyl bietet die beste Beständigkeit gegenüber Gaspermeabilität sowie einigen Raketentreibmitteln. Für den Einsatz in O-Ring-Anwendungen wurde Butyl so gut wie von EPDM ersetzt. Die Einsatztemperatur von IIR liegt bei -55°C bis +105°C (-65°F bis +225°F).

FEP (Teflon®)

FEP ist ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Hexafluorpropylen. FEP hat einen niedrigeren Schmelzpunkt als PTFE, so dass es für den Spritzguss einsetzbar ist. FEP wird als Ummantelung für die Herstellung von TEFLEX O-Ringen verwendet. Es besitzt eine breite chemische und thermische Beständigkeit sowie hervor-ragende Alterungseigenschaften. Die maximale Einsatztemperatur von FEP beträgt +204°C (+400°F). Eine TEFLEX O-Ring-Ummantelung aus Teflon®-PFA ist für höhere Einsatztemperaturen (bis +260°C) erhältlich.

NBR / PVC

PVC-Granulat wird NBR-Polymeren beigemischt, um bessere Eigenschaften gegenüber Ozon und Abrieb zu erhalten. Das PVC bietet darüber hinaus eine deutliche Verbesserung der chemischen Beständigkeit gegenüber Lösungsmittel. Dennoch bleibt die weitere chemische Beständigkeit sowie auch die physikalischen Eigenschaften deren normaler NBR-Compounds nahezu identisch. Die Zugabe des PVC-Granulats erhöht darüber hinaus die Aufnahmekapazität von Farbpigmenten, so dass Pastelltöne und helle Farben besser vom Compound aufgenommen werden können.

Nitril / NBR

<http://o-ring.info/de/downloads/datenblatter/nitril-nbr/>

FKM / Genuine Viton®

<http://o-ring.info/de/downloads/datenblatter/fkm-genuine-viton/>

Abkürzungen

Chemische Bezeichnung	ASTM- Bezeichnung / Abkürzung	Polymer-Handelsnamen
Acrylnitril-Butadien- Kautschuk	NBR	Chemigum®, Nipol N®, Krynac®, Paracryl®, Perbunan N®, BunaN®, Hycar®, Elaprim®, JSR-N, Europrene®, Breon®
Hochgesättigter Nitril Kautschuk	HNBR	Therban®, Zetpol®
Carboxylierter Nitril Kautschuk	XNBR	Nipol®, Krynac®, Chemigum®
Fluor-Kautschuk	FKM	Viton®, Fluorel®, Technoflon®, Dai-EI®
Ethylen-Propylen-Kautschuk	EPM, EPDM	Buna AP®, Dutral®, Nordel®, Royalene®, Vistalon®, Keltan®, Epcar®, APTK Buna Hüls®, Buna S®, Phioflex®, Phiolite®, Ameripol Synpol®, Stereon®, Polysar S®, Solprene®, Europrene®
Styrol-Butadien-Kautschuk	SBR	Neoprene, Bayprene®, Butaclor®, Petro-Tex Neoprene®, Denka®
Chloropren-Kautschuk	CR	Exxon Butyl®
Chlor-Butyl-Kautschuk	CIIR	Polysar Butyl®, Enjay Butyl®, Petro-Tex Butyl®, Bucar®, Exxon Butyl®
Butyl-Kautschuk	IIR	Silopren®, SE®, Blensil®, Silastic®, SILPLUS®, Elastolsil®, Rhodorsil®
Silikon Kautschuk	VMQ	FSE®, Silastic®, Sylon®
Fluor-Silikon-Kautschuk	FVMQ	Elastosil®
Phenyl-Silikon-Kautschuk	PVMQ	Cyanacryl®, HyTemp®, Thiacril®, Hycar®, Elaprim AR®, Noxtite®, Nipol AR®
Polyacrylat-Kautschuk	ACM	Vamac®
Ethylen-Acrylat-Kautschuk	AEM	Hypalon®
Chlorsulphonyl-Polyethylen- Kautschuk	CSM	Aflas®
Tetrafluor-Ethylen-Propylen- Kautschuk	FEPM / TFE/P	Thiokol®
Polysulfid-Kautschuk	TWT	Herchlor®, Gechron®, Hydrin®
Epichlorhydrin-Kautschuk	CO, ECO	Norsorex®
Polynorbonen-Kautschuk	PNR	
Polysopren-Kautschuk		
<ul style="list-style-type: none"> • natürlich • synthetisch 	NR (RW) IR	SMR®, Pale Crepe®, Smoked Sheet®, Ameripol SN®, Natsyn®
Polyurethan (Polyester- Urethane, Polyether- Urethane)	AU or EU	Baytec®, Desmoflex®, Desmopan®, Urepan®, Estane®, Pellethane®, Adiprene®, Millathane®, Vibrathane®, Vulkollan®
Perfluor-Kautschuk	FFKM	Kalrez®

Was Sie schon immer über O-Ringe wissen wollten

<http://o-ring.info/de/technische-infos/elastomerauswahl/>

Elastomerauswahl

Obwohl der Begriff „Elastomer“ ein Synonym für „Kautschuk“ ist, ist es formell ein Polymer, das modifiziert werden kann, um geringes plastisches Fließen und eine schnelle oder nahezu komplette Regenerierung von einer einwirkenden Belastung in sich zu vereinen. Unmittelbar nach der Entlastung wird er nahezu in seine Ausgangsform zurückkehren. Nach der Definition der Amerikanischen Gesellschaft für Prüfungen und Materialien („American Society for Testing and Materials“, kurz: „ASTM“) ist für ein „Elastomer“ ausschlaggebend, dass: - Ein elastomeres Teil nach einer Dehnung von ungefähr 100% nicht reißt. - Sich ein elastomeres Teil nach einer fünfminütigen Dehnung von 100%, anschließender Entspannung und weiteren 5 Minuten Regenerationsphase 10% seiner ursprünglichen Form zurückerhält.

Beständigkeit gegenüber dem Medium

Wie im gesamten Handbuch verwendet, steht das Wort „Medium“ für den Stoff, gegen den der O-Ring abdichtet. Es kann eine Flüssigkeit, ein Gas oder eine Mischung aus beidem sein. Darüber hinaus kann es auch Pulver oder andere Feststoffe enthalten. Der chemische Effekt des Mediums auf den O-Ring ist dabei von wesentlicher Bedeutung. Es darf die physischen und mechanischen Eigenschaften des O-Rings nicht verändern oder die zu erwartende Lebensdauer verkürzen. Eine übermäßige Alterung des O-Ringes muss vermieden werden. Es ist sehr einfach, sich in diesem Punkt dennoch fehlleiten zu lassen. Eine signifikante Volumenabnahme führt zum Beispiel für gewöhnlich zu einer vorzeitigen Leckage jeder O-Ring-Abdichtung, egal ob statisch oder dynamisch. Andererseits wird ein Compound, das zu einer starken Volumenschwellung oder einer hohen Zu- oder Abnahme der Härte, Zugfestigkeit oder Reißdehnung neigt, weiterhin gute Ergebnisse in statischen Anwendungen erzielen zu können. Trotz auf dem ersten Blick als ungeeignet scheinender ermittelter Testergebnisse des Werkstoffs. Der erste Schritt bei der Auswahl des Dichtungswerkstoffs ist daher die Wahl eines gegenüber den chemischen Einflüssen beständigen Materials.

Compound

Ein Compound ist eine Mischung eines oder mehrerer Polymere und anderen Chemikalien, die ein fertiges Elastomer ergeben. Präziser ausgedrückt, ist ein „Compound“ ein spezifisches Gemisch von Inhaltsstoffen, die auf die Erzielung bestimmter Charakteristiken hin abgestimmt werden. So kann eine bessere Tauglichkeit für spezielle Einsatzbereiche erreicht werden. Die Basis einer Mischungserstellung ist die Wahl des Polymertyps. Zu diesem Polymer fügt der Compounder besondere Füllstoffe hinzu, wie zum Beispiel Ruß, Farbpigmente, Vulkanisationsmittel, Aktivatoren, Weichmacher, Beschleuniger, Anti-Oxidationsmittel oder Strahlenschutzmittel. Es sind mehrere hundert verschiedener Kombinationen möglich.

Die Physik des Kautschuks

Kautschuk besteht aus langen Ketten zufällig angeordneter Moleküle. Diese langen Ketten neigen zu Verwicklungen und Vernetzungen. Die Verwicklungen haben einen signifikanten Einfluss auf die viskoelastischen Eigenschaften wie Spannungsrelaxation. Wenn ein Elastomer Belastung oder innerer Arbeit ausgesetzt wird, treten Umlagerungen wie Rotationen und Dehnungen der Polymerketten auf. Diese Reaktionen sind Resultat der einwirkenden Energie, Dauer und dem Grad der Anwendung, wie auch der Temperatur, mit der die einwirkende Energie einhergeht. Die ISO 1629 benennt rund 25 Elastomere. Dieses Kapitel behandelt die vielen Materialien, die für die Produktion von O-Ringen verwendet werden.

Elastomer	NBR Nitrile	EPM EPR	CR Neoprene	VMQ Silicone
Allgemein				
Härte (Shore A) ¹	20/ 90	30/90	15/95	20/90
Temperaturbereich °F/°C max. ¹	230/110	266/130	248/120	446/230
Temperaturbereich °F/°C min. ¹	-30/-35	-67/-55	-49/-45	-67/-55
Druckverformungsrest²	B	C	C	A
Verschleißfestigkeit ²	C	C	C	E
Gasdurchlässigkeit ²	C	C	C	E
Luft	E	B	C	A
Alkohol	B	A	B	B
Aldehyde	U	B	U	C
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	C	U	E	E
Alkali	B	A	C	B
Amine	B1	B1	B1	E1
Tierische Fette	B	U	C	C
Aromatische Kohlenwasserstoffe	D	U	D	U
Ester, Alkylphosphate (Skydrol®)	U	B	U	C
Ester, Acrylphosphate	U	A	U	C
Ester, Silikate	C	U	E	U
Ether	U	E	U	U
Halogenkohlenwasserstoffe	U	U	U	U
Anorganische Säuren	E	C	B	B
Ketone	U	A	A	C
Mineralöl, hoch aniline Fette	B	U	C	C
Mineralöl, gering aniline Fette	B	U	U	E
Organisch Säuren	C	C	C	B
Silikonöle	A	A2	A	E
Pflanzliche Öle	A	U	C	B
Wasser / Dampf	C	A	E	E

1.

2. Der Temperaturbereich hängt stark von dem speziellen Compound ab;

3. Der Druckverformungsrest von Kalrez® ist relativ zur Temperatur. In Tieftemperaturanwendungen ist der Wert mäßig, in Hochtemperaturanwendungen ist der Wert gut bis sehr gut.

A gut

B befriedigend

C ausreichend

D fragwürdig

E dürftig

U ungenügend

1 Siehe Broschüre „Chemische Beständigkeiten von Elastomeren“

2 EPDM könnte schrumpfen

3 Abhängig vom FKM-Typ

4 Abhängig vom Compound

5 Abhängig vom Elastomer-Kern

+ generell „A“, da die Ummantelung FEP ist

Basiselastomere

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Zugfestigkeit (MPa)	6.9-27.6	31.0-10.0	3.4-20.7	2.1-24.1
Modul bei 100% (MPa)	2.0-15	1.7-20.7	1.4-13.8	0.7-20.7
Härtegrad (Shore A)	20-100	30-95	50-95	30-90
Reißdehnung (%)	100-650	90-450	100-500	100-700
Druckverformungsrest	gut- sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut	dürftig- sehr gut
Tieftemperaturbereich °F	-70 to 0	-50 to 0	-50 to 0	-75 to -40
Tieftemperaturbereich °C	-57 to -18	-46 to -18	-46 to -18	-46 to -18
Hochtemperaturbereich °F	210 to 250	250 to 3000	400 to 500	220 to 300
Hochtemperaturbereich °C	99 to 121	121 to 149	200 to 260	104 to 149
Wärmealterung bei +100°C (+212°F)	gut	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut
Dampfbeständigkeit	bedingt- gut	bedingt- gut	dürftig- gut	sehr gut
Flammbeständigkeit	dürftig	dürftig	gut- sehr gut	dürftig
Witterungsbeständigkeit	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut
Sonnenlichtbeständigkeit	dürftig- gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut
Ozonbeständigkeit	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut
Strahlungsbeständigkeit	bedingt- gut	bedingt- gut	bedingt- gut	gut- sehr gut
Oxidationsbeständigkeit (Luft)	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Wasserbeständigkeit	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Gaspermeabilität	bedingt- sehr gut	bedingt- sehr gut	gut- sehr gut	bedingt- gut
Geruch	gut	gut	gut	gut
Geschmacksneutralität	bedingt- gut	bedingt- gut	bedingt- gut	gut- sehr gut
Adhäsion gegenüber	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Metall				gut
Färbbarkeit	sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut
RMA-Farbcode	schwarz	-	braun	violett
Elastische Rückverformung	gut	gut	bedingt- sehr gut	bedingt- gut
Vibrationsdämpfung	bedingt- gut	gut- sehr gut	bedingt- sehr gut	bedingt- gut
Biege Reißbeständigkeit	gut	gut	gut	gut
Weiter Reißfestigkeit	gut- sehr gut	gut- sehr gut	bedingt- gut	bedingt- gut
Abriebsbeständigkeit	gut- sehr gut	gut- sehr gut	gut	gut
Gewichtsverlust im Vakuum	gut	gut	sehr gut	sehr gut
Säuren (verdünnt)	gut	gut	gut- sehr gut	sehr gut
Säuren (konzentriert)	dürftig- bedingt	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut
Säure, organisch (verdünnt)	gut	gut	bedingt- gut	sehr gut
Säure, organisch (konzentriert)	dürftig	bedingt- gut	dürftig- gut	bedingt- gut
Alkohole (C1 thru C6)	bedingt- gut	gut- sehr gut	bedingt- sehr gut	gut- sehr gut
Aldehyde (C1 thru C6)	dürftig- bedingt	bedingt- gut	dürftig	gut- sehr gut
Alkali (verdünnt)	gut	gut	bedingt- gut	sehr gut
Alkali (konzentriert)	dürftig- gut	dürftig- gut	dürftig	sehr gut
Amine	dürftig	gut	dürftig	beding- gut
Tierische und pflanzliche Fette	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut	gut
Bremsflüssigkeit; Dot 3, 4 und 5	dürftig	bedingt	dürftig- bedingt	gut- sehr gut
Diester-Öle	bedingt- gut	gut	gut- sehr gut	dürftig
Ester, Alkylphosphate	dürftig	dürftig	dürftig	sehr gut
Ester, Arylphosphate	dürftig- bedingt	dürftig- bedingt	sehr gut	sehr gut
Ether	dürftig	dürftig- bedingt	dürftig	bedingt
Kraftstoff, aliphatische Kohlenwasserstoffe	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig

Chemische und physikalische Eigenschaften Polymer	NBR	HNBR	FKM	EP
Kraftstoff, aromatische Kohlenwasserstoffe	bedingt- gut	bedingt- gut	sehr gut	dürftig
Kraftstoff, erweitert (mit Sauerstoff angereichert)	bedingt- gut	gut- sehr gut	sehr gut	dürftig
Ketone	dürftig	dürftig	dürftig	gut- sehr gut
Halogenhaltige Lösungsmittel	dürftig	dürftig- bedingt	gut- sehr gut	dürftig
Lacklösungsmittel	bedingt	bedingt	dürftig	dürftig
Schmierfette und Heizöle	sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig
Mineralöl, aromatisch geringer Anilingehalt	gut- sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut	dürftig
Mineralöl, aliphatisch- hoher Anilingehalt	sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig
Kühlmittel Ammoniak	gut	gut	dürftig	gut
Silikonöle	gut	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut

<http://o-ring.info/de/compounds/kalrez-ffkm/#tab-5253>

Kalrez® / FFKM (Perfluorelastomere)

Fluorelastomere erreichen ihre relative chemische Inertheit durch ihre Fluor- Kohlenstoff-Bindungen an der Polymerkette. Generell gilt, dass mit einer Erhöhung des Fluorgehalts die chemische Beständigkeit zunimmt. Wo Fluorelastomere einen Fluorgehalt von 63-67% haben, liegt der Fluorgehalt bei Perfluorelastomeren (FFKM) bei 73%. Perfluorelastomere haben eine hervorragende Beständigkeit gegenüber extremen Temperaturen von circa -20°C bis +275°C (-15°F bis +527°F). FFKMs (Kalrez®) bieten die beste chemische Beständigkeit aller Elastomere.

Einige Typen sind besonders beständig gegenüber Heißwasser, Dampf und heißen Aminen. Einige bestehen Dauereinsatztemperaturen bis hin zu +327°C (+620°F). Viele FFKM-Compounds haben bei der Produktion eine unübliche Schrumpfrate, so dass sich Fertigungsformen für FFKM-Produkte und denen anderer Elastomere nicht kombinieren lassen.

<http://o-ring.info/de/compounds/viton-fkm/#tab-5353>

Viton® / FKM (Fluorelastomere)

Fluorelastomere wurden in der Dichtungsindustrie immer wichtiger. Aufgrund der weitreichenden chemischen Beständigkeit, dem möglichen Temperaturbereich, den

geringen Druckverformungsrest und den hervorragenden Alterungseigenschaften, ist FKM das bedeutungsvollste alleinstehende Elastomer, welches in der jüngsten Vergangenheit entwickelt wurde. Fluorelastomere sind hochfluorierte, auf Kohlenstoff basierende Polymere, die in Anwendungen rauen chemischen Angriffen und Ozon widerstehen. Die Betriebstemperatur liegt zwischen -20°C und $+204^{\circ}\text{C}$ (-15°F und $+400^{\circ}\text{F}$), kurzzeitig auch höher. Spezielle Compounds haben eine verbesserte chemische Beständigkeit; neue Typen werden fortlaufend entwickelt. Generell gilt, dass mit einer Erhöhung des Fluorgehalts die chemische Beständigkeit zunimmt, wohingegen die Tieftemperatureigenschaften schlechter werden. Es gibt allerdings auch Spezialqualitäten von Fluorelastomeren, die beides vereinen: einen erhöhten Fluorgehalt bei verbesserter Tieftemperaturflexibilität.

Fluorelastomer-O-Ringe sollten für den Einsatz in Flugzeugen, Automobilen und anderen mechanischen Geräten in Frage kommen, bei denen eine maximale Beständigkeit gegenüber erhöhte Temperaturen und vielen Flüssigkeiten gefordert wird. FKM (FPM, Viton®) widersteht Mineralöle und -schmierstoffe, aliphatische, aromatische und auch spezielle chlorierte Kohlenwasserstoffe, Benzin, Diesel-Kraftstoffe, Silikonöle und -schmierstoffe. Es ist in Hochvakuum-Anwendungen einsetzbar. Viele FKM-Compounds besitzen eine besonders hohe Schrumpfrate. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für FKMPprodukte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/tperx/#tab-5354>

TPeRX®

TPE steht für "thermoplastisches Elastomer". Diese Werkstofffamilie besteht aus mehreren Mischungen, die elastisch sind, jedoch mit Temperaturerhöhung flüssig werden und daher wie Thermoplaste verarbeitet werden können. Sie vereinen die einfache Verarbeitbarkeit von Thermoplasten mit den grundlegenden Eigenschaften von Elastomeren

<http://o-ring.info/de/compounds/nitril-nbr/#tab-5355>

Nitril / NBR (Acrylnitril-Butadien)

NBR ist aus chemischer Sicht ein Copolymer aus Butadien und Acrylnitril. Der Anteil an Acrylnitril beträgt dabei in kommerziellen Compounds circa 18 bis 50 Prozent. Wenn der Nitril-Anteil steigt, verbessert sich die chemische Beständigkeit gegenüber mineralölbasierenden Ölen und kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen zuungunsten der Tieftemperaturflexibilität. Die hervorragende Beständigkeit gegenüber Mineralölprodukten und der Möglichkeit, es für einen Betriebstemperaturbereich von circa -35°C bis $+120^{\circ}\text{C}$ (-30°F bis $+250^{\circ}\text{F}$) herzustellen, macht NBR heute zu dem meistverwendeten Elastomer der Dichtungsindustrie. Auch viele militärische Elastomerspezifikationen für den Einsatz bei Kraftstoffen und Ölen fordern als Basispolymer NBR. Um eine bessere Tieftemperaturbeständigkeit erreichen zu können, muss oft auf eine gewisse Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen verzichtet werden. NBR-Compounds sind gegenüber vielen anderen Elastomeren hinsichtlich des Druckverformungsrestes und der Reiß- sowie Abriebfestigkeit überlegen. Standard-NBR-Compounds besitzen jedoch keine guten Eigenschaften gegenüber Ozon, Sonnenlicht oder Witterungseinflüssen. Sie sollten nicht in die Nähe von elektrischen Motoren oder anderen ozongenerierenden Geräten gelagert

werden und vor direktem Sonnenlicht geschützt werden. Einige dieser Nachteile können jedoch durch die Zugabe spezieller Additive beim Mischvorgang verbessert werden.

NBR ist das Standardmaterial für Anwendungen in der Hydraulik und Pneumatik. NBR widersteht ölba-sierten Hydraulikflüssigkeiten, Fetten, tierischen und pflanzlichen Ölen, Flammschutzmitteln (HFA, HFB, HFC), Schmiermitteln, Wasser und Luft. Es gibt spezielle Tieftemperatur-Compounds für den Einsatz im Kontakt mit mineralölbasierten Flüssigkeiten. Bei einer Hydrierung, der Zugabe von Kohlenstoffsäure oder der Beimengung von PVC zum NBR-Grundpolymer kann NBR auch weiteren spezifischen physischen und chemischen Anforderungen gerecht werden. Die Qualität eines NBR-Compounds beruht auf dem prozentualen Anteil von Acrylnitril innerhalb des Grundpolymers. Die folgende Grafik zeigt die Eigenschaftsänderung von NBR in Bezug auf den Anteil an Acrylnitril.

<http://o-ring.info/de/compounds/hnbr-x-nbr/#tab-5356>

HNBR (Hydriertes NBR) / X-NBR (Carboxyliertes NBR)

HNBR wurde vor etwa 30 Jahren entwickelt, um höhere als mit Standard-NBR mögliche Temperaturen zu erreichen und dabei die Beständigkeit gegenüber mineralischen Ölen beizubehalten. Dies erreichte man durch das Hydrieren des NBR-Copolymers. HNBR füllt die Lücke zwischen NBR, EPDM und FKM; also in Anwendungen, bei denen hohe Temperaturen gegeben sind und eine hohe Zugfestigkeit bei Beibehaltung der hervorragenden Beständigkeit gegenüber Motorenölen, saurem Gas, Amin/Öl-Gemischen, oxidierten Kraftstoffen und Schmierölen, gefordert wird. HNBR ist beständig gegenüber auf Mineralöl basierenden Hydraulikflüssigkeiten, tierischen und pflanzlichen Fetten, Dieselkraftstoff, Ozon, saurem Gas, verdünnten Säuren und Basen sowie den neuen Bio-Ölen (biologisch abbaubaren Ölen). HNBR ist geeignet für hohe dynamische Belastungen und weist eine gute Abriebbeständigkeit auf. Es ist bei Temperaturen von circa -30°C bis +150°C (-20°F bis +302°F) einsetzbar.

Die Carboxylgruppe wird dem NBR hinzugefügt, um eine erhebliche Verbesserung der Abriebbeständigkeit von NBR bei Beibehaltung der hervorragenden chemischen Beständigkeit gegenüber Ölen und Lösungsmitteln zu erlangen. XNBR-Compounds bieten eine hohe Zugfestigkeit und gute physikalische Eigenschaften bei hohen Temperaturen. Der Temperaturbereich von XNBR beträgt circa -30°C bis +150°C (-20°F bis +302°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/epdm/#tab-5357>

EPDM (Ethylen-Propylen-Dien Kautschuk)

Ethylen-Propylen-Kautschuk ist ein aus Ethylen- und Propylen-Monomeren hergestelltes Elastomer (Ethylen-Propylen-Copolymer). Teilweise mit Anteilen eines dritten Monomers (Ethylen-Propylen-Terpolymer). Ethylen-Propylen hat eine Temperaturbeständigkeit von ungefähr -50°C bis +120°/150°C (-60°F bis +250°/300°C), abhängig vom Vernetzungssystem. Es besitzt aufgrund dessen hervorragenden Beständigkeit gegenüber Hitze, Wasser und Wasserdampf, Alkali, milden säure- oder sauerstoffhaltigen

Lösungsmitteln, Ozon und Sonnenlicht eine große Anerkennung in der Dichtungstechnik. Diese Compounds halten darüber hinaus den Einwirkungen von Bremsflüssigkeiten und Skydrol® sowie anderen auf Phosphatester basierenden Hydraulikflüssigkeiten stand. EPDM-Compounds werden nicht für den Einsatz im Kontakt mit Benzin, Mineralöl und Schmierstoffen sowie Kohlenwasserstoff-Umgebungen empfohlen.

Spezielle EPDM-Compounds haben eine gute Beständigkeit gegenüber Dampf.

- EPDM schwefelvernetzt: preiswertes Material für den normalen Einsatz; maximale Temperatur +120°C (+250°F).
- EPDM peroxidvernetzt: für Heißwasser, Dampf, Alkohole, Ketone, Motorkühflüssigkeiten, organische und anorganische Säuren und Basen. Nicht beständig gegenüber Mineralöle. Für maximale Temperaturen von +150°C (+300°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/sbr/#tab-5330>

SBR (Styrol-Butadien)

Dieser Werkstoff ähnelt Naturkautschuk. Der Gebrauch von SBR für die O-Ring-Herstellung ging nach Einführung von EPDM zurück. SBR findet heutzutage immer noch Einsatz in Anwendungen mit Bremsflüssigkeiten, obwohl die Hochtemperaturstabilität eher schlechter ist, als die von EPDM. Die Betriebstemperatur von SBR liegt bei -50°C bis +110°C (-65°F bis +225°F).

<http://o-ring.info/de/produkte/fepm/-/aflas/#tab-5331>

FEPM / Aflas®

FEPM ist ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Propylen mit einem Fluorgehalt von ungefähr 54%. Dieser Werkstoff ist hinsichtlich seiner chemischen Beständigkeit gegenüber Erdölprodukte, Dampf und Phosphatester einzigartig. In einigen Empfehlungen weist es die gleiche Medienbeständigkeit wie Ethylen-Propylen und Fluorelastomere auf. Der Druckverformungsrest von FEPM ist bei hohen Temperaturen dem von Standard-FKM unterlegen. Der Einsatztemperaturbereich beträgt ungefähr -5°C bis +204°C (15°F bis +400°F). FEPM hat eine breite chemische Beständigkeit gegenüber viele Flüssigkeiten und Additive im Automobilbereich. Es ist widerstandsfähig gegenüber alle Arten von Motorölen, Motorkühlmitteln mit hohen Anteilen an Rostschutzmitteln, Hochdruckgetriebeölen (EP-Getriebeölen), Getriebeölen, Servolenkungsflüssigkeiten, alle Arten von Bremsflüssigkeiten inklusive DOT 3, Mineralöl und Silikonöl. FEPM ist ideal geeignet für Wärmeträgeröle, Amine, Säuren und Basen, ebenso wie Heißwasser und Dampf bis zu +170°C (+340°F).

<http://o-ring.info/de/compounds/acm-polyacrylat/#tab-5332>

ACM Polyacrylat

Polyacrylat-Acrylsäure-Ester. Diese Compounds wurden entwickelt, um hitze- als auch ölbeständig zu sein. Speziell geeignet für Anwendungen mit schwefelhaltigen Ölen. ACM-

Kautschuke haben eine gute Beständigkeit gegenüber trockener Wärme, Sauerstoff, Sonnenlicht und Ozon, jedoch sind deren geringe Temperatureigenschaften eher dürftig und sie weisen eine geringe Quellung in Mineralölen auf. Die Einsatztemperatur liegt zwischen -20°C und +150°C (-5°F und +300°F). ACM wird vorzugsweise für O-Ringe und Wellendichtungen eingesetzt, um Schweröle bei hohen Temperaturen abzudichten oder in Anwendungen in der Automobilindustrie, in denen Getriebeöle oder Servolenkungsflüssigkeiten vorkommen.

<http://o-ring.info/de/compounds/fluorsilikon-/fvmq/#tab-5333>

Fluorsilikon / FVMQ

Fluorsilikon kombiniert die guten Hoch- und Tieftemperatureigenschaften von Silikon mit guter Kraftstoff- und Ölbeständigkeit. Fluorsilikone bieten einen viel breiteren Betriebstemperaturbereich als Fluorelastomere (FKM). Fluorsilikon O-Ringe werden vorrangig in Kraftstoffsystemen bei Temperaturen bis hin zu +177°C (+350°F) sowie in Anwendungen, in denen die Beständigkeit von Silikon gegenüber trockener Wärme gefordert wird, eingesetzt. Fluorsilikon O-Ringe können auch mineralölbasierenden Ölen und/oder kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen ausgesetzt werden. Bei einigen Ölen und Kraftstoffen wird allerdings empfohlen, die maximale Temperatur herabzusetzen, da Temperaturen annähernd +200°C (+390°F) das Medium zersetzen könnten. Die dabei entstehenden Säuren könnten wiederum das Fluorsilikon angreifen. Bei Tieftemperaturanwendungen dichten Fluorsilikon-O-Ringe bis zu Temperaturen von circa -73°C (-100°F) ab.

Aufgrund der relativ geringen Reißfestigkeit, der hohen Reibung und den ungenügenden Verschleißigenschaften dieses Materials wird Fluorsilikon generell nur für statische Anwendungen empfohlen. Fluorsilikone mit einer hohen Reißfestigkeit sind ebenfalls erhältlich. Einige dieser Compounds weisen einen verbesserten Druckverformungsrest auf. Vielen Fluorsilikon-Compounds besitzen eine besonders hohe Schrumpfrate. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für Fluorsilikon-Produkte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/silikon-vmq/#tab-5358>

Silikon / VMQ

Silikone sind eine Gruppe von elastomeren Materialien, hergestellt aus Silikon, Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff. Ein extremer Temperaturbereich und extreme Kälteflexibilität sind charakteristisch für Silikon-Compounds. Silikone allgemein betrachtet haben schlechte Eigenschaften in der Zugfestigkeit, Reißdehnung und Abriebfestigkeit. Es wurden spezielle Compounds entwickelt, die eine außergewöhnliche Hitzebeständigkeit und einen geringen Druckverformungsrest aufweisen. Hochfeste Compounds wurden ebenfalls entwickelt; nur lassen sich diese nicht mit der Festigkeit herkömmlicher Elastomere vergleichen. Silikone verfügen über eine hervorragende Beständigkeit gegenüber extremen Temperaturen von -50°C bis +232°C (-58°F bis +450°F). Einige spezielle Compounds widerstehen sogar noch höheren oder tieferen Temperaturen. Die

Beibehaltung der Eigenschaften bei hohen Temperaturen ist von Silikon gegenüber den meisten anderen elastomeren Werkstoffen überlegen.

Silikon-Compounds sind sehr rein. Dadurch, und da sie kein Geruch oder Geschmack weitergeben, werden sie oft in Anwendungen der Lebensmittelindustrie und Pharmazie verwendet. Silikon-Compounds werden nicht für den dynamischen Einsatz empfohlen, da sie eine relativ geringe Reißfestigkeit und einen hohen Reibungskoeffizienten haben. Silikon ist beständig gegenüber Heißluft, Ozon, UV-Strahlung, Motor- und Getriebeöle, tierische und pflanzliche Fette und Öle und Bremsflüssigkeiten. Die Beständigkeit gegenüber Mineralölen ist bei Silikon gering. Silikon kann elektrisch widerstandsfähig, leitfähig oder flammhemmend hergestellt werden. Viele Silikon-Compounds weisen eine besonders hohe Formschrumpfung auf. Daher unterscheiden sich Fertigungsformen für Silikon-Produkte oft von denen anderer Elastomere.

<http://o-ring.info/de/compounds/neopren-cr/#tab-5359>

Neopren / CR

Neopren-Kautschuke sind Homopolymere aus Chloropren (Chlorbutadien) und unter den ersten Synthetikkautschuken, die für die Herstellung von Dichtungen verwendet wurden. CR hat gute Alterungseigenschaften bei Ozon und Witterungseinflüssen, wie auch eine Abriebs- und Biege Reißbeständigkeit. CR ist für Umgebungen mit aromatischen und sauerstoffangereicherten Lösungsmitteln nicht geeignet. Neopren kann für Temperaturen von -40°C bis +110°C (-40°F bis +230°F) hergestellt werden. Die meisten Elastomere sind entweder gegenüber Schäden durch Einwirkungen von mineralölbasierenden Flüssigkeiten oder Sauerstoff beständig. Neopren ist dabei eher ungewöhnlich, da es eine beschränkte Beständigkeit gegenüber beidem hat. Dadurch, und durch einen breiten Temperaturbereich sowie mäßige Kosten, ist CR für viele Dichtungsanwendungen im Kontakt mit Kühlmittel wie Freon® und Ammoniak attraktiv. CR ist beständig gegenüber Kühlmittel, Ammoniak, Freon® (R12, R13, R21, R22, R113, R114, R115, R134A), Silikonöle, Wasser, Ozon, pflanzliche Öle, Alkohole und Niederdruck-Sauerstoff. CR hat eine sehr geringe Beständigkeit gegenüber Mineralöle.

<http://o-ring.info/de/compounds/weitere/#tab-5299>

Weitere

AU, EU (Polyurethan-Kautschuk)

Polyurethane (Polyester-Urethane (AU), Polyether-Urethane (EU) haben im Vergleich zu anderen Elastomeren überragende mechanische und physikalische Eigenschaften. Urethane bieten eine außergewöhnliche Beständigkeit gegenüber Abrieb und Reißbildung. Sie haben die höchste Zugfestigkeit unter den Elastomeren bei guten Dehnungseigenschaften. Auf Ether basierende Urethane (EU) sind auf Tieftemperaturflexibilität gerichtet.

Auf Ester basierende Urethane (AU) haben eine verbesserte Beständigkeit gegenüber Abrieb, Wärme und Quellung in Öl. Über einen Temperaturbereich von -40°C bis +82°C (-40°F bis +180°F) ist die chemische Beständigkeit gegenüber mineralische Öle, kohlenwasserstoffhaltige Kraftstoffe, Sauerstoff, Ozon und Witterungseinflüsse gut. Die

Beständigkeit verschlechtert sich jedoch schnell im Kontakt mit Säuren, Ketonen und chlorierten Kohlenwasserstoffen. Bestimmte Typen von Polyester-Urethanen (AU) sind darüber hinaus empfindlich gegenüber Wasser und Feuchtigkeit. Polyether-Urethane (EU) bieten eine bessere Beständigkeit gegenüber Wasser und Feuchtigkeit.

Die innere Festigkeit und Abriebsbeständigkeit von Polyuretan-Dichtungen ist besonders begehrenswert in Hydrauliksystemen, in denen hohe Drücke, Stoßbelastungen, große metallische Spalte oder abrasive Verunreinigungen zu erwarten sind.

CO, ECO (Epichlorohydrin)

Epichlorohydrin-Kautschuke sind für ihre außergewöhnliche Gasimpermeabilität und physikalische Eigenschaften über einen breiten Temperaturbereich bekannt, bei Aufrechterhaltung einer hervorragende Beständigkeit gegenüber Mineralölen. Es hat ein stabiles Verhalten gegenüber Temperaturzyklen von niedrigen bis hohen Temperaturen. Die Widerstandsfähigkeit gegenüber Ozon, Oxidation, Witterungseinflüsse und Sonnenlicht sind weitere typische Qualitäten von ECO. Die Einsatztemperatur beträgt -51°C bis +150°C (-60°F bis +300°F). Compounds aus diesem Polymer können zu Korrosion neigen, welche den Fertigungsprozess erschweren kann.

IIR (Butyl)

Butyl hat eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Phosphatester-Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Skydrol®, jedoch liegt die maximale Einsatztemperatur im Vergleich zu EPDM tiefer. Butyl bietet die beste Beständigkeit gegenüber Gaspermeabilität sowie einigen Raketentreibmitteln. Für den Einsatz in O-Ring-Anwendungen wurde Butyl so gut wie von EPDM ersetzt. Die Einsatztemperatur von IIR liegt bei -55°C bis +105°C (-65°F bis +225°F).

FEP (Teflon®)

FEP ist ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Hexafluorpropylen. FEP hat einen niedrigeren Schmelzpunkt als PTFE, so dass es für den Spritzguss einsetzbar ist. FEP wird als Ummantelung für die Herstellung von TEFLEX O-Ringen verwendet. Es besitzt eine breite chemische und thermische Beständigkeit sowie hervor-ragende Alterungseigenschaften. Die maximale Einsatztemperatur von FEP beträgt +204°C (+400°F). Eine TEFLEX O-Ring-Ummantelung aus Teflon®-PFA ist für höhere Einsatztemperaturen (bis +260°C) erhältlich.

NBR / PVC

PVC-Granulat wird NBR-Polymeren beigemischt, um bessere Eigenschaften gegenüber Ozon und Abrieb zu erhalten. Das PVC bietet darüber hinaus eine deutliche Verbesserung der chemischen Beständigkeit gegenüber Lösungsmittel. Dennoch bleibt die weitere chemische Beständigkeit sowie auch die physikalischen Eigenschaften deren normaler NBR-Compounds nahezu identisch. Die Zugabe des PVC-Granulats erhöht darüber hinaus die Aufnahmekapazität von Farbpigmenten, so dass Pastelltöne und helle Farben besser vom Compound aufgenommen werden können.

Nitril / NBR

<http://o-ring.info/de/downloads/datenblatter/nitril-nbr/>

FKM / Genuine Viton®

<http://o-ring.info/de/downloads/datenblatter/fkm-genuine-viton/>

Abkürzungen

Chemische Bezeichnung	ASTM- Bezeichnung / Abkürzung	Polymer-Handelsnamen
Acrylnitril-Butadien- Kautschuk	NBR	Chemigum®, Nipol N®, Krynac®, Paracryl®, Perbunan N®, BunaN®, Hycar®, Elaprim®, JSR-N, Europrene®, Breon®
Hochgesättigter Nitril Kautschuk	HNBR	Therban®, Zetpol®
Carboxylierter Nitril Kautschuk	XNBR	Nipol®, Krynac®, Chemigum®
Fluor-Kautschuk	FKM	Viton®, Fluorel®, Technoflon®, Dai-EI®
Ethylen-Propylen-Kautschuk	EPM, EPDM	Buna AP®, Dutral®, Nordel®, Royalene®, Vistalon®, Keltan®, Epcar®, APTK Buna Hüls®, Buna S®, Phioflex®, Phiolite®, Ameripol Synpol®, Stereon®, Polysar S®, Solprene®, Europrene®
Styrol-Butadien-Kautschuk	SBR	Neoprene, Bayprene®, Butaclor®, Petro-Tex Neoprene®, Denka®
Chloropren-Kautschuk	CR	Exxon Butyl®
Chlor-Butyl-Kautschuk	CIIR	Polysar Butyl®, Enjay Butyl®, Petro-Tex Butyl®, Bucar®, Exxon Butyl®
Butyl-Kautschuk	IIR	Silopren®, SE®, Blensil®, Silastic®, SILPLUS®, Elastolsil®, Rhodorsil®
Silikon Kautschuk	VMQ	FSE®, Silastic®, Sylon®
Fluor-Silikon-Kautschuk	FVMQ	Elastosil®
Phenyl-Silikon-Kautschuk	PVMQ	Cyanacryl®, HyTemp®, Thiacril®, Hycar®, Elaprim AR®, Noxtite®, Nipol AR®
Polyacrylat-Kautschuk	ACM	Vamac®
Ethylen-Acrylat-Kautschuk	AEM	Hypalon®
Chlorsulphonyl-Polyethylen- Kautschuk	CSM	Aflas®
Tetrafluor-Ethylen-Propylen- Kautschuk	FEPM / TFE/P	Thiokol®
Polysulfid-Kautschuk	TWT	Herchlor®, Gechron®, Hydrin®
Epichlorhydrin-Kautschuk	CO, ECO	Norsorex®
Polynorbonen-Kautschuk	PNR	
Polysopren-Kautschuk		
<ul style="list-style-type: none"> • natürlich • synthetisch 	NR (RW) IR	SMR®, Pale Crepe®, Smoked Sheet®, Ameripol SN®, Natsyn®
Polyurethan (Polyester- Urethane, Polyether- Urethane)	AU or EU	Baytec®, Desmoflex®, Desmopan®, Urepan®, Estane®, Pellethane®, Adiprene®, Millathane®, Vibrathane®, Vulkollan®
Perfluor-Kautschuk	FFKM	Kalrez®