ERIKS Dichtungs-elemente

Technisches Handbuch
Präzisions O-Ringe

www.o-ring.info
www.eriks.de

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 3
1. O-Ring Normen 5
2. O-Ring Abdichtungsarten 6
3. O-Ring Anwendungen 10
4. Basiselastomere 12
5. Auslegung von elastomeren Dichtungen 27
6. Werkstoff-Auswahl 38
- Standard Compounds 41
- Vulc-O-Ring Compounds 42
- Spezielles 43
- Viton® Compounds 46
- Kalrez® Compounds 55
- Ummantelte Teflex Compounds 62
- Datenblätter 70
- Wasser/Dampf 71
- Lebensmittel und Pharma 71
- Vakuum 77
- Kontakt mit Kunststoffe 78
- Hochreinheit – FDA – USP 78
- Permeabilität 79
- Explosive Dekompression 80
- Mineralöle 80
- Hydraulikflüssigkeiten 81
- Kraftstoffe 83
- Temperatur 84
- Abrieb 85
- Ozon 86
- Strahlung 86
- Elektrische Leitfähigkeit/Abschirmung 86
- Farben 87
- Antriedsriemen 87
- Thermische Ausdehnung 88
7. Spezifikationen 89
8. Qualifikationen 96
9. Testverfahren 97
10. Kontrolle 101
11. Lagerung 102
12. O-Ring Nutgestaltung 104
12.A Nutauslegung für statisch, axial dichtende Anwendungen 110
12.B Nutauslegung für statisch, radial dichtende Anwendungen 112
12.C Auslegung von Trapez-Nuten 114
12.D Nutauslegung für O-Ringe als Gewindedichtungen 116
12.E Nutauslegung für dynamische Hydraulik-Anwendungen 117
12.F Nutauslegung für Hydraulik-Anwendungen mit Stützringen 119
12.G Nutauslegung für ummantelte Teflex O-Ringe 123
Standard Teflex O-Ring Abmessungen 124
12.H Nutauslegung für PTFE O-Ringe 126
12.I Grafiken zur O-Ring Verpressung nach DIN 3771 Teil 5 127
12.J Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe 130
13. O-Ring Montagebedingungen 135
14. O-Ring Maßtabellen 142
14 A. AS-568A Standard Abmessungen 143
14 B. Metrische Standard Abmessungen 152
15 C. JIS-Abmessungen 171
15. Toleranzen und Oberflächenabweichungen 176
16. Vulc-O-Ringe und O-Ring Rundschnüre 182
17. O-Ring Zubehör 187
18. O-Ring Sortimente 188
19. X-Ring 193
19.A X-Ring Nutgestaltung 194
19.B Standard X-Ring Abmessungen 197
19.C Nutgestaltung für Rotierende X-Ring Anwendungen 202
20. Problemlösungen 203
21. Glossar 206
22. Umrechnungstabellen 215
23. Zulassungen und Konformitäten 219
24. ERIKS´ weltweites Vertriebsnetz 220

Einleitung

ERIKS begann den Vertrieb von O-Ringen im Jahr 1952. Seit diesen sehr bescheidenden Anfängen in Alkmaar (den Niederlande) entwickelte sich ERIKS zu einem weltweit führenden Unternehmen in der Produktion und dem Vertrieb von O-Ringen und anderen elastomeren Dichtungen.

Im Jahr 2000 beschäftigte ERIKS Mitarbeiter an über 50 Standorten weltweit. Wir produzieren und vertreiben dynamische und statische Dichtungen, elastomere Formteile, technische Kunststoffe, Ventile und Schläuche.

Unser Bestreben nach immer neuen Märkten erweitete unser Know-how in vielen O-Ring Standard Anwendungen der maschinenbauenden Industrie bis hin zu High-tech Anwendungen der Halbleiterindustrie. Unsere mittlerweile 25 jährige Geschäftsbeziehung mit DuPont Performance Elastomers im Bereich Viton® und Kalrez®, unsere weltweit 16.000 verschiedenen Lagerartikel, unser 24h Liefer- und Produktionsservice sowie unser hochqualifiziertes technisches Personal sind nur einige Beispiele unseres Ziels: Ihr Partner für Hochleistungsdichtungen weltweit zu sein.

ERIKS Dichtungen werden nach dem aktuellen Stand der Technik produziert und kontrolliert, um so den geläufigsten Qualitätsanforderungen jedes Industriezweigs gerecht zu werden. Die Lagerhaltungspolitik von ERIKS garantiert Ihnen ein breitgefächertes und tiefes Sortiment an schnell verfügbaren Produkten der gesamten Dichtungstechnik.

Als Ihr Partner für echten Mehrwert bietet Ihnen ERIKS dank des technischen Fachwissens individuelle Lösungen für Ihre Dichtungsanforderungen. Durch die enorme technische Erfahrung sind auch Spezialanwendungen für uns kein Problem.

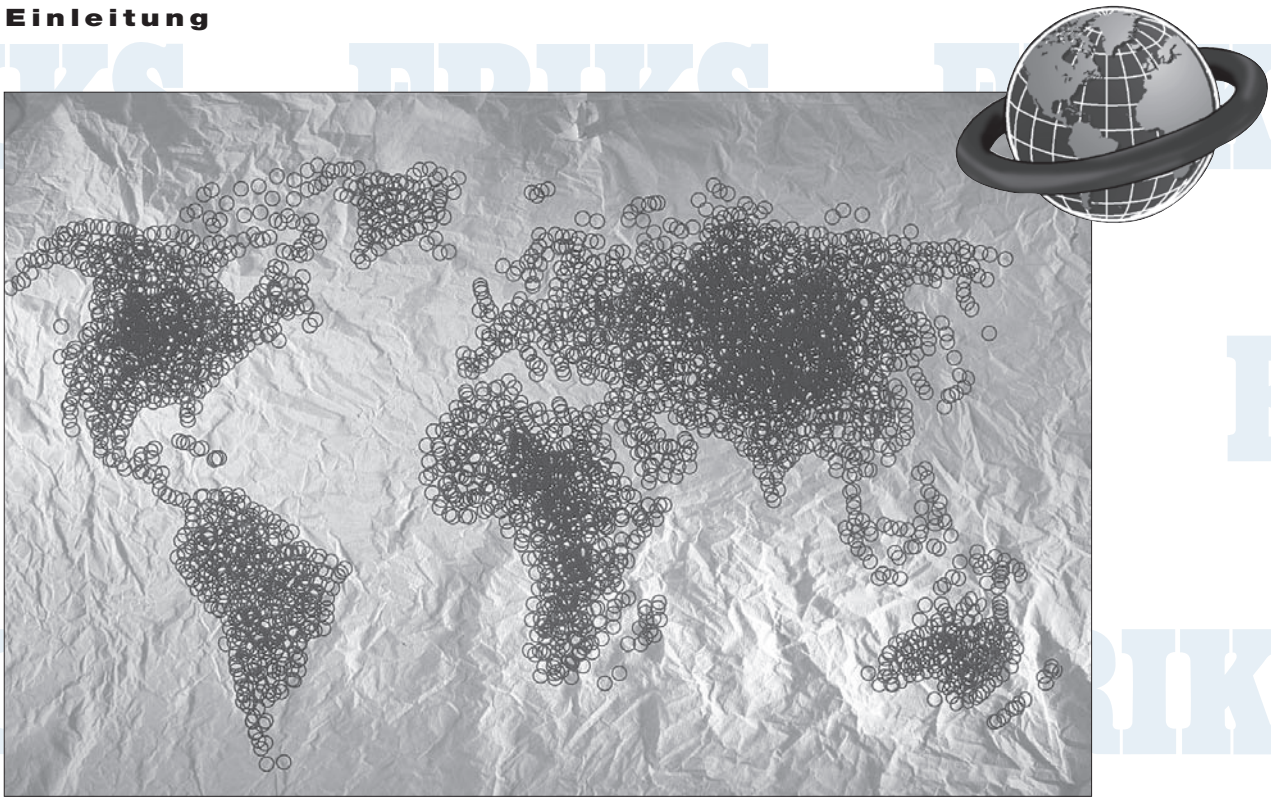
Egal, ob Sie große Mengen an strapazierfähigen formgespritzten Teilen oder eine kleine Menge entwickelter Prototypen benötigen – ERIKS ist Ihr vielseitiger Partner. ERIKS bietet Ihnen nicht nur ein breites Sortiment, sondern auch ein breites Feld an Serviceleistungen. Wenn Sie Dichtungslösungen brauchen, hören wir nicht auf, Ihnen technische Unterstützung, Kundenservice und Lagerhaltung zu bieten, so dass Ihre Dichtungsbedürfnisse schnell und kompetent befriedigt werden.

Die ERIKS Organisation ist besonders kundenorientiert aufgebaut, so dass wir Ihnen einen direkten Kontakt zwischen Ihnen und unseren Dichtungsexperten bereitstellen. Bitte zögern Sie nicht uns auch direkt anzurufen, wenn Sie weitere Informationen über diese Produkte benötigen oder jegliche weitere Hilfe zu Ihren individuellen Dichtungsanforderungen wünschen.

Haftung

Die Informationen in diesem Katalog basieren auf jahrelang gesammelten Erfahrungen in der Dichtungstechnik. Sie sind für den Gebrauch von in der Auslegung von Dichtungen technisch erfahrenen Personen bestimmt. Empfehlungen zur Nutgestaltungen entsprechen den neuesten Entwicklungen und können leicht von vorher gegebenen Empfehlungen abweichen. Aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen und Betriebsbedingungen liegt es einzig und allein am Nutzer, durch eigene Tests und Analysen, die letztendliche Werkstoffauswahl zu treffen sowie sicherzustellen, dass alle notwendigen Leistungs- und Sicherheitsanforderungen erfüllt werden. Bitte kontaktieren Sie einen technisch versierten ERIKS Mitarbeiter, sofern Sie Hilfestellung zur richtigen Auswahl von Produkten benötigen. Produkte, Eigenschaften, Spezifikationen und Informationen zur Nutgestaltung in diesem Katalog können von ERIKS jederzeit und ohne Mitteilung geändert werden.

Einleitung



ERIKS O-Ring Vorteile:

- Qualitätsplus: Ein integriertes Qualitätskontrollsystem
- Ein weltweites Netzwerk für Standard Compounds
- Ein breites Programm an Spezial-Compounds
- Eilproduktionen möglich
- Offizieller Viton® Lizenznehmer und autorisierter Kalrez® Distributor von DuPont Performance Elastomers
- Hochreine Compounds
- Technisische Problemlösungen
- Logistiksysteme
- Kontrolle durch unabhängige Prüflabore

1. O-Ring Normen

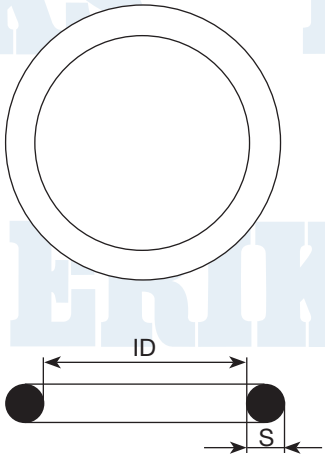
Der O-Ring wurde aufgrund seiner einfachen Form, geringen Platzbedarfs und seiner leichten Verfügbarkeit in einer unglaublichen Anzahl von Abmessungen und Compounds, um so jeder industriellen Anforderung gerecht zu werden, die populärste und vielseitigste Dichtung der Welt. Das ERIKS O-Ring Handbuch wurde erstellt, um Ingenieuren, Einkäufern und allen anderen O-Ring Nutzern eine Hilfestellung zu geben, den richtigen O-Ring aus dem richtigen Werkstoff für die vorhandene Anwendung auswählen zu können. Wir hoffen, dass Sie diese Handbuch zum einen praktisch, als auch hilfreich finden.
Dieses Buch beinhaltet detailierte Informationen bezüglich elastomerer Compounds, dem Einbau von O-Ringen, O-Ring Maßtabellen und Nutabmessungen. Die Maßtabellen geben Ihnen einen Überblick der ERIKS Standard Abmessungen, die bei ERIKS ab Lager verfügbar sind.
Diese O-Ringe werden nach einer Vielfalt internationaler Normen hergestellt:

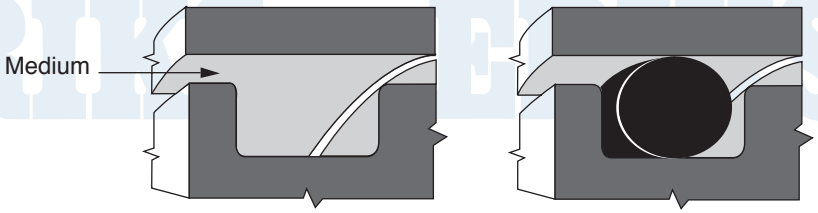
AS 568A	USA
BS 1806	England
DIN 3771	Deutschland
SMS 1586	Schweden
AFNOR 47501	Frankreich
JIS B2401	Japan
ISO 3601-1	International

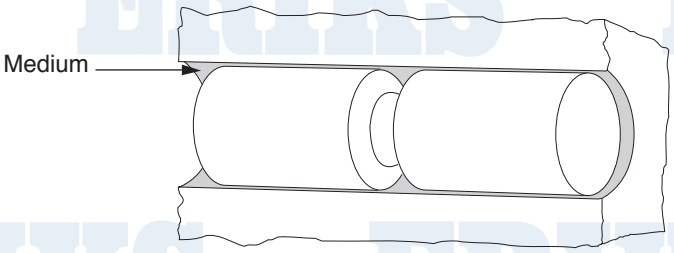
Darüber hinaus gibt es auch Materialien, die den hohen Militäranforderungen (mit sog. „MIL"-Zulassungen) oder den Spezifikationen der Luftfahrtindustrie (mit sog. „AMS"-Zulassungen) entsprechen. Unser Standardprogramm umfasst 20.000 Abmessungen in einer breiten Anzahl von Elastomeren für Ihre speziellen Einsatzzwecke. Technische Daten und Hilfestellungen geben wir Ihnen jederzeit gerne.
Viele Sonderabmessungen sind auf Anfrage erhältlich. Bitte kontaktieren Sie uns dafür. Unser qualifiziertes Personal garantiert Ihnen hervorragenden Service. Wir wollen Ihr Partner sein.

2. O-Ring Abdichtungsarten

O-Ringe sind bidirektionale Dichtungen, kreisförmig in der Form und dem Querschnitt. O-Ringe werden in der Regel aus elastomeren Materialien gefertigt, können allerdings auch aus anderen Materialien wie PTFE oder Metall hergestellt sein. Dieses Handbuch handelt ausschließlich über elastomere sowie nahtlos FEP- bzw. PFA-ummantelte elastomere O-Ringe. Ein O-Ring dichtet einen Spalt zwischen zwei zueinander gehörenden Flächen ab, indem dieser durch die Verformung des Dichtungsmaterials bei der Installation und dem einwirkenden Systemdruck abgesperrt wird. Besonders hohe Systemdrücke können zu einer Deformierung des O-Ringes in den Dichtspalt, bekannt als so genannte Extrusion, führen, welche wiederum zu einem Ausfall der Dichtung führt. Die Wahl eines härteren Compounds oder die Verwendung von Stützringen, die den O-Ring gegen den Dichtspalt absichern, können dieses Problem mindern.
ERIKS O-Ringe sind Präzisions-Dichtungskomponenten, die aus einer Vielzahl von elastomeren Compounds hergestellt werden. Wenn Sie einen O-Ring für eine Bestellung spezifizieren, benötigen wir den O-Ring Innendurchmesser (ID), die O-Ring Schnurstärke (W) sowie den Compound (den elastomeren Werkstoff), aus dem der O-Ring gefertigt werden soll. Alle Dichtungsanwendungen können in zwei Kategorien aufgeteilt werden – jene, in der sich die Dichtung oder die abzudichtende Oberfläche bewegt und solche, in der die Dichtung feststehend ist.







ID = O-Ring Innendurchmesser
W = O-Ring Schnurstärke

2. O-Ring Abdichtungsarten

Eine Dichtung, die sich mit Ausnahme von Pulsierungen aufgrund von zyklischen Drückbeaufschlagungen nicht bewegt, wird als eine so genannte statische Dichtung bezeichnet. Eine Dichtung die bewegt wird, als dynamische Dichtung. Dynamische Dichtungen werden darüber hinaus als wechselseitig (Dichtungen, die linearer Bewegung ausgesetzt sind) oder rotierend (Dichtungen mit festem Sitz, die rotierenden Bewegungen zum Beispiel einer Welle ausgesetzt sind) belasteten Dichtungen definiert.

O-Ringe können erfolgreich in statischen als auch dynamischen Anwendungen eingesetzt werden. Der elastomere O-Ring sollte dabei als eine nicht komprimierbare, viskose Flüssigkeit mit einer sehr hohen Oberflächenspannung betrachtet werden. Entweder durch mechanischen Druck des umschließenden Einbauraumes oder durch einen bedingt durch den vom abzudichtenden Medium aufgebauten und übertragenen Systemdrucks, fließt diese extrem viskose „Flüssigkeit" (das Elastomer) in die Oberflächenunebenheiten und füllt so einen vorhandenen Zwischenraum oder baut eine Blockade gegenüber dem abzudichtenden Medium auf. Der O-Ring gleicht Toleranzen aus und erhält dank seines elastomeren Bestrebens in seine ursprüngliche Lage zurückzukehren, einen abgedichteten Zustand.

Eine sachgemäße Auslegung einer Dichtung beginnt mit einer sorgfältigen Betrachtung der konkreten Anwendung. Die geeignete Härte des Materials wird zum Beispiel durch die Reibung und den Druck, welche die Dichtung ausgesetzt wird, sowie deren Querschnitt bestimmt. Weitere wichtige Schlüsselfaktoren sind der Temperaturbereich, die anliegenden Oberflächen und die in Kontakt mit der Dichtung kommenden Medien.

Dynamisch belastete O-Ringe können möglicherweise durch Abrieb gegenüber dem Zylinder oder der Kolbenwand ausfallen. Daher sollten die Kontaktflächen in Hinblick auf eine längere Lebensdauer der eingesetzten Dichtungen poliert werden.
Das Bewegen von O-Ringen über Kammern, Bohrungen oder sonstigen Oberflächenunregelmäßigkeiten führt besonders unter Druck zu schnellen Beschädigungen.

Bei der Auslegung einer O-Ring Abdichtung stehen einem für gewöhnlich mehrere Standard O-Ring Schnurstärken zur Verfügung. Die Auswahl der geeignetesten Schnurstärke ist von der Anwendung abhängig.
Bei wechselseitig beanspruchten Anwendungen ist die Auswahl automatisch eingeschränkt, da die gängigsten Nutempfehlungen die dynamische Beanspruchung berücksichtigen und von vorn herein nicht alle standardmäßigen O-Ring Abmessungen berücksichtigen. Bei den in den Empfehlungen genannten Kolben- oder Stangendurchmessern tendieren kleine O-Ring Schnurstärken bei Bewegung zur Verdrehung innerhalb der Nut. Dies führt zu einer Leckage und einem Ausfall der Dichtung. Die kleineren O-Ring Schnurstärken des jeweiligen O-Ring Innendurchmesserbereiches wurden daher in den Nutempfehlungen für wechselseitig beanspruchte Dichtungen ausgelassen.

Bei dynamischen Dichtungen sollte die größtmöglich verfügbare O-Ring Schnurstärke eingesetzt werden, um so die Stabilität des O-Ringes zu verbessern.

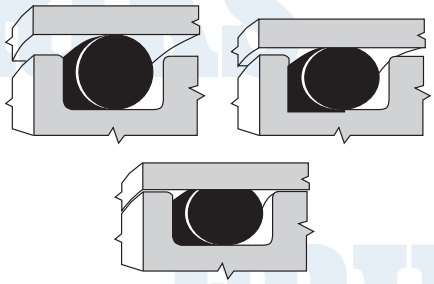
O-Ringe in wechselseitig beanspruchten Anwendungen müssen, um eine einwandfreie Dichtwirkung zu erzielen, radial zwischen dem O-Ring Nutgrund und der Zylinderwand verpresst werden. Diese Verpressung oder Quetschung kann dazu führen, dass sich der O-Ring unter bestimmten Bewegungen leicht in seiner Nut wälzt. Dieses Wälzen ist allerdings nicht für einen normalen Betrieb der Dichtung notwendig.

Die Form der O-Ring Nut ist unwesentlich, solange eine angemessene Verpressung des O-Rings erzielt wird.

Empfehlungen zur Nutauslegung können Sie den auf Seite 104 beginnenden Tabellen entnehmen. Die angegebene Nuttiefe bezieht sich dabei auf die tatsächliche Nuttiefe inklusive des vorhandenen Dichtspalts.

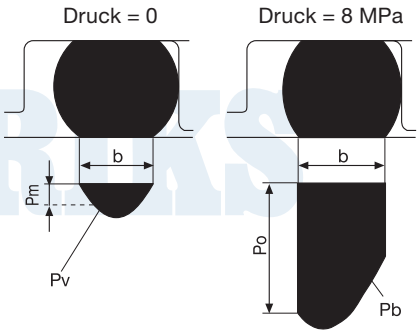
2. O-Ring Abdichtungsarten

Das Bestreben eines elastomeren O-Ringes, nach einer Deformierung seines Querschnitts in seine ursprüngliche Form zurückzugelangen, ist der Hauptgrund, warum ein O-Ring eine so hervorragende Dichtung ist. Die Verquetschung oder der Grad der Verpressung ist eine der wichtigsten Punkte bei der Auslegung einer O-Ring Abdichtung. Elastomere können so Toleranzen überbrücken und durch deren Rückstellvermögen eine Dichtwirkung beibehalten. O-Ringe mit einer kleineren Schnurstärke werden prozentual stärker Verpresst, um so die relativ zur Schnurstärke größeren Toleranzen der O-Ring Nut auszugleichen.



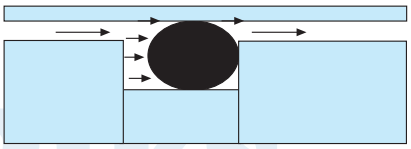
O-Ring Verformung

Für statische Anwendungen liegt die empfohlene Verpressung in der Regel zwischen 15 und 30 Prozent. In einigen Fällen können besonders kleine O-Ring Schnurstärken sogar nominal bis zu 30% verpresst werden.



O-Ring Abdichtungsprinzip

In Vakuum-Anwendungen kann die Verpressung noch höher sein.
Eine Verpressung über 30% ruft eine zusätzliche Belastung des O-Ringes hervor, die zu einer frühen Alterung beitragen kann.



Leckage

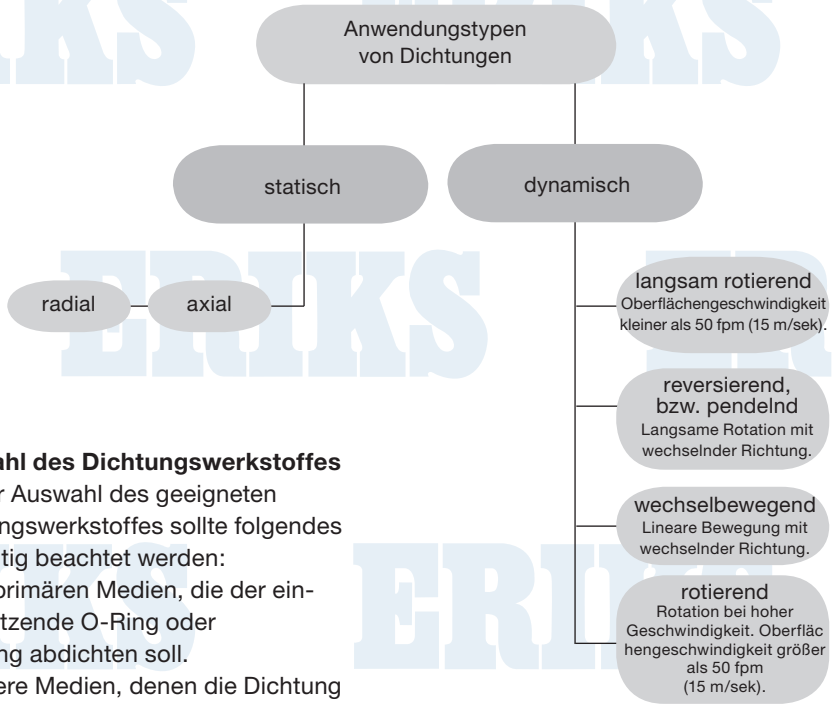
Für dynamische Anwendungen liegt die empfohlene Verpressung zwischen 8 und 16 Prozent. In Hinblick auf entstehende Reibung und damit einhergehenden Verschleiß sollte die Verpressung 20% nicht übersteigen.

(Leckage ist durch die Permeabilität des Dichtungswerkstoffes und der Rauheit der Oberfläche möglich)

2. O-Ring Abdichtungsarten

Bestimmung des Anwendungstyps einer Dichtung

Dichtungen können auf unterschiedliche Weise hinsichtlich deren Anwendungen klassifiziert werden. Eine geläufige Methode ist die Klassifizierung einer Dichtung nach der Art der Bewegung, die auf sie einwirkt.
Die üblichsten Anwendungstypen werden in der rechten Grafik dargestellt.



Dichtungsempfehlungen

- Erstellen Sie detaillierte Einbau- und Montageanweisungen der Dichtung. Besonders wenn Ihre Bauteile durch den Endkunden gewartet werden können. Wenn es angemessen oder erforderlich ist, können Sie den Gebrauch von OEM-Dichtungen vorschreiben.
- Innerhalb von Grenzen weisen größere Schnurstärken eine effektivere Dichtwirkung auf.
- Vermeiden Sie eine gleichzeitig axiale und radiale Abdichtungen mit nur einem O-Ring oder X-Ring.
- Benutzen Sie O-Ringe nicht als ein Lager, um eine Kraft aufzunehmen oder eine Welle zu zentrieren. Dies könnte zu einem Dichtungsversagen führen.

Auswahl des Dichtungswerkstoffes

Bei der Auswahl des geeigneten Dichtungswerkstoffes sollte folgendes sorgfältig beachtet werden:

- Die primären Medien, die der einzusetzende O-Ring oder X-Ring abdichten soll.
- Andere Medien, denen die Dichtung ausgesetzt wird; zum Beispiel Reinigungs- oder Schmiermittel.
- Die Eignung des Werkstoffes hinsichtlich der maximalen und minimalen Betriebstemperaturen.
- Das eventuelle Vorhandensein abrasiver externer Fremdstoffe.
- Das Schmieren der Dichtung und der abzudichtenden Teile mit einem geeigneten Schmiermittel vor dem Einbau der Dichtung.
- Das Fixieren der Dichtung in der Nut – die Dichtung sollte sich nicht mit einem rotierenden und abzudichtenden Bauteil mitdrehen.
- Bei dem Einsatz eines Stützringes, die Erweiterung der Nutbreite um die maximale Stärke des Stützrings.
- Versuchen Sie nicht, mit stirnseitig abdichtenden O-Ringen um eckige Kanten abzudichten. Kanten sollten mindestens einen Radius haben, der dem vierfachen der O-Ring Schnurstärke entsprich.

3. O-Ring Anwendungen

Der O-Ring ist eine der am häufigsten gewählten Dichtungen, da:
1. Der O-Ring kostengünstig im Einkauf sowie dessen Nut günstig herzustellen ist.
2. Der O-Ring sich für wechselseitige Belastungen eignet und dadurch in einer extrem vielseitigen Art erfolgreich in verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden kann; statisch und dynamisch.
3. Der O-Ring ein Maximum an Dehnung und Verpressung zulässt und so sehr einfach zu montieren ist. In der Regel auch ohne spezielles Werkzeug.

Anwendungen:

Statische Anwendungen:
Es gibt vier Arten von statischen Anwendungen:

1. *Axial*
Die O-Ring-Schnur ist wie eine Flachdichtung axial in der Nut verpresst. Siehe Bild 1-10.

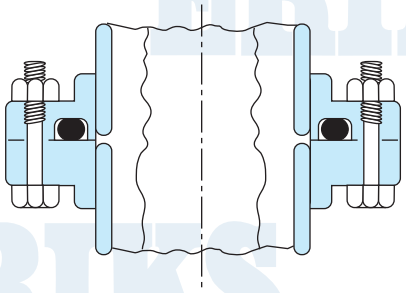


Bild 1-10

2. *Radial*
Die O-Ring-Schnur ist radial in der Nut zwischen dem inneren (ID) und dem äußeren (AD) Durchmesser verpresst.
Siehe Bild 1-11.

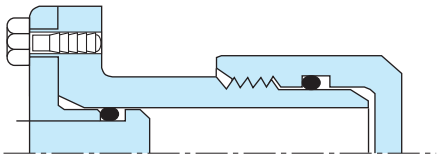


Bild 1-11

3. *Trapeznut*
Der O-Ring wird in einer Trapeznut ebenfalls axial verpresst. Durch diese Nutgeometrie wird der O-Ring bei der Montage oder bei Instandhaltungsarbeiten in der Nut gehalten. Dies ist besonders vorteilhaft für spezielle Anwendungen, bei denen der O-Ring in der Nut fixiert werden muss. Als Beispiel hierfür ist eine regelmäßig zu öffnende Klappe mit Nut in der Klappe zu nennen. Siehe Bild 1-12.

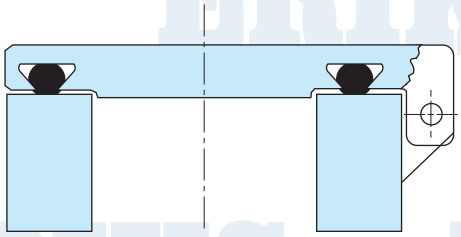


Bild 1-12

4.*. Verschraubungen*
Der O-Ring wird zur Abdichtung von geraden Einschraubverschraubungen verwendet. Der Verschraubungszapfen wird dabei direkt hinter dem Gewinde maschinell bearbeitet, um so eine glatte und flache Kontaktfläche zum O-Ring sicherzustellen. Gerade Einschraubverschraubungen mit einer O-Ring-Abdichtung bieten eine bessere Dichtwirkung, als konische Einschraubverschraubungen ohne zusätzlichen O-Ring. Siehe Bild 1-13.

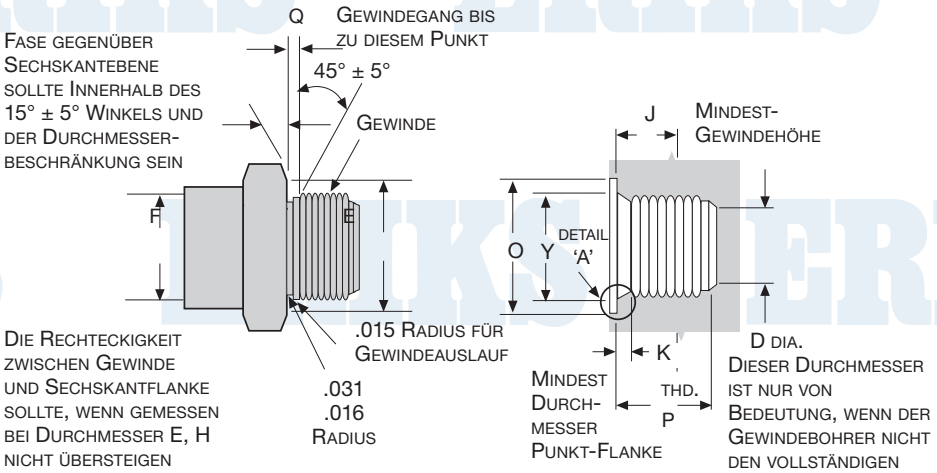


Bild 1-13

3. O-Ring Anwendungen

Dynamische Anwendungen:

Es gibt drei Arten von dynamischen Anwendungen:

1. Wechselbewegend
Wechselbewegende Abdichtungen beziehen sich auf Anwendungen, in denen die Dichtung hin- und hergleitenden Bewegungen ausgesetzt wird. Diese Bewegung bringt Reibung einher, so dass gegenüber statischen Dichtungen andere Punkte bei der Auslegung der Dichtung beachtet werden müssen. Der O-Ring kann in einer Nut in der Zylinderwand (als Stangendichtung) oder stattdessen in einer Nut in der Kolbenoberfläche (als Kolbendichtung) liegen, ohne dabei die Dichtungsauslegung einzuschränken oder die Leistung der Dichtung zu mindern. Siehe Bild 1.14.

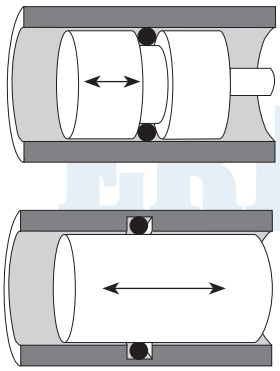


Bild 1-14

2 . Reversierend bzw. pendelnd
Bei reversierenden Anwendungen wird rotierende und wechselnde Bewegung ausgeübt. Eine Ventilspindel ist ein Beispiel für eine reversierende Anwendung. Siehe Bild 1-15.

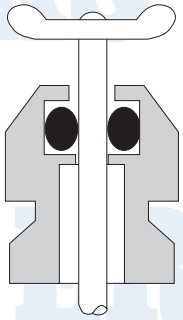


Bild 1-15

3. Rotierend
Rotationsdichtungen beziehen sich auf Dichtungen, die in rotierenden Anwendungen eingesetzt werden. Siehe Bild 1-16.

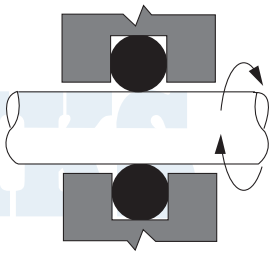


Bild 1-16

Sonstige Anwendungen
O-Ringe werden in einer Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen eingesetzt. Abstreifer, Dämpfer und Antriebsriemen sind nur wenige Beispiele davon. Siehe Bild 1-17.

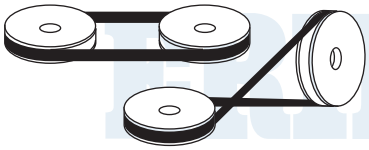


Bild 1-17 a
Riemen

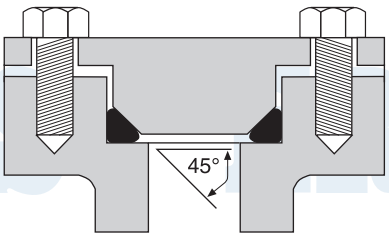


Bild 1-17 b
Quetschdichtung

4. Basiselastomere

4.1. Auswahl des Elastomers

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" auschlaggebend, 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.

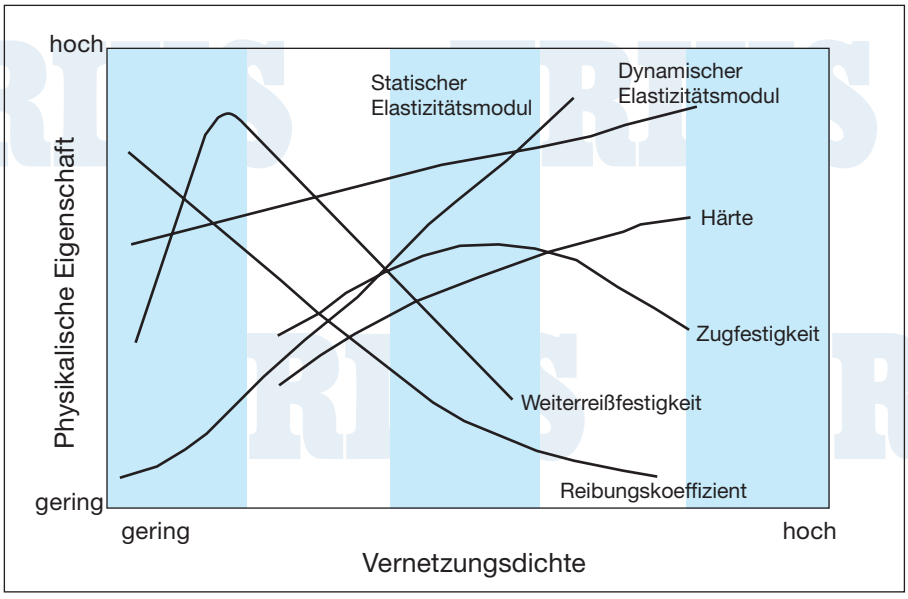
Andererseits wird ein Compound, der zu einer starken Volumenschwellung oder einer hohen Zu- oder Abnahme der Härte, Zugfestigkeit oder Reißdehnung neigt, weiterhin gute Ergebnisse in statischen Anwendungen erzielen zu können. Trotz auf dem ersten Blick als ungeeignet scheinender ermittelter Testergebnisse 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 erreichen 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.

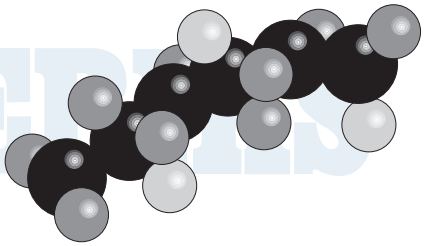
Die Physik des Kautschuks

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.



Zusammenhang zwischen der Vernetzungsdichte und den physikalischen Eigenschaften

4. Basiselastomere

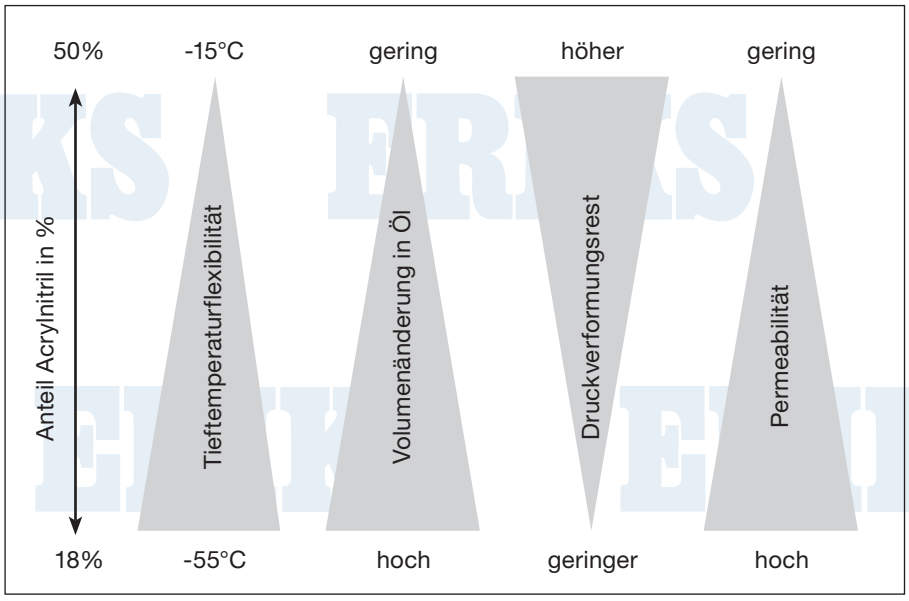


Acrylnitril-Butadien, Nitril oder Buna N (NBR)

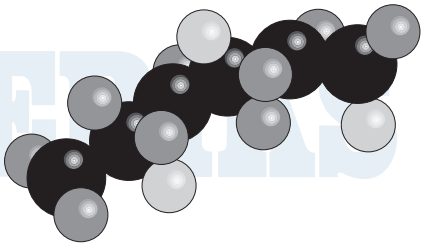
NBR ist aus chemischer Sicht ein Copolymer aus Butadien und Acrylnitril. Der Anteil an Acrylnitril beträgt dabei in kommerziellen Compounds circa 18 bis 50 Prozent. Wenn der Nitril-Anteil steigt, verbessert sich die chemische Beständigkeit gegenüber mineralölbasierenden Ölen und kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen zuungunsten der Tieftemperaturflexibilität. Die hervorragenden Beständigkeit gegenüber Mineralölprodukte 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 Mischungsvorgang verbessert werden.
NBR ist das Standardmaterial für Anwendungen in der Hydraulik und Pneumatik. NBR widersteht ölbasierten 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 den prozentualen Anteil von Acrylnitril innerhalb des Grundpolymers. Die folgende Grafik zeigt die Eigenschaftsveränderung von NBR in Bezug auf den Anteil an Acrylnitril.



4. Basiselastomere



Hydriertes NBR oder hochgesättigtes NBR (HNBR)
HNBR wurde vor etwa 30 Jahren entwickelt, um höhere als mit Standard-NBR mögliche Temperaturen zu erreichen und dabei die Beständigkeit gegenüber mineralische Öle 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 Motorenöle, saurem Gas, Amin/Öl-Gemischen, oxidierte Kraftstoffe und Schmieröle, gefordert wird.
HNBR ist beständig gegenüber auf Mineralöl basierenden Hydraulikflüssigkeiten, tierischen und pflanzlichen Fetten, Diesel-Kraftstoff, 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.

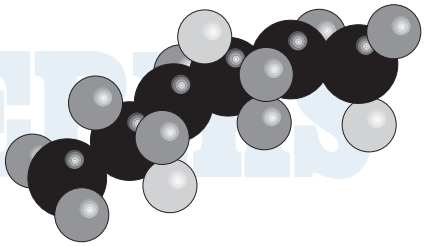
Carboxyliertes NBR (XNBR)
Die Caroxylgruppe wird dem NBR hinzugefügt, um eine erhebliche Verbesserung der Abriebbeständigkeit von NBR bei Beibehaltung der hervorragenden chemischen Beständigkeit gegenüber Öle und Lösungsmittel zu erlangen. XNBR-Compounds bieten eine hohe Zugfestigkeit und gute physikalische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

NBR/PVC-Granulat-Mischungen (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.

Ethylen-Propylen- und Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPM, EPDM)
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, Motorkühlflüssigkeiten, organische und anorganische Säuren und Basen. Nicht beständig gegenüber Mineralöle. Für maximale Temperaturen von +150°C (+300°F).

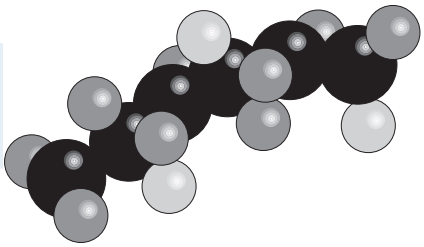
4. Basiselastomere



Neopren, Polychloropren (CR)
Neopren-Kautschuke sind Homopolymere aus Coloropren (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 Biegereißbeständigkeit. 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.

Silikonkautschuk (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.

4. Basiselastomere



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 Verschleißeigenschaften 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.

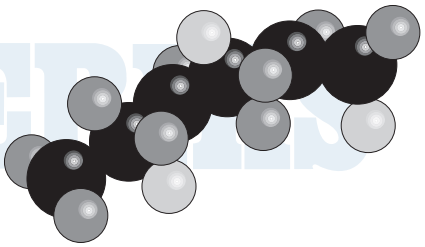
Polyurethan-Kautschuk (AU, EU)
Polyurethane (Polyester-Urethane (AU), Polyether-Urethane (EU)) haben im Vergleich zu anderen Elastomeren überragende mechanische und physikalische Eigenschaften. Urethane bieten eine außergewöhnliche Beständigkeit gegenüber Abrieb und Rißbildung. Sie haben die höchste 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.

Fluorelastomer (FKM)
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 FKM-Produkte oft von denen anderer Elastomere.

MADE WITH DuPont Performance Elastomers Viton® fluoroelastomer GENUINE VITON

Fragen Sie nach unserem Spezialprospekt "Genuine Viton"

4. Basiselastomere



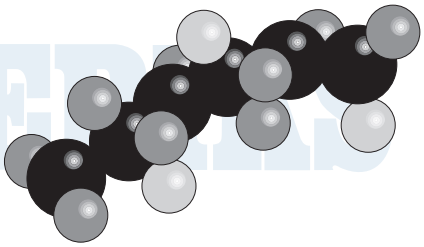
Perfluorelastomer (FFKM)
Fluorelastomere erreichen ihre relative chemische Inertheit durch ihre Fluor-Kohlenstoff-Bindungen an der Polymerkette. Generell gilt, dass mit einer Erhöhung des Fluorgehalts die chemische Beständigkeit zunimmt. Wo Fluorelastomere einen Fluorgehalt von 63-67% haben, liegt der 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.

Teflon®-FEP
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 hervorragende 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.

AUTHORIZED DISTRIBUTOR
Kalrez®
perfluoroelastomer parts
DuPont Performance Elastomers

TFE/P (Aflas®, FEPM)
TFE/P 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 TFE/P ist bei hohen Temperaturen dem von Standard-FKM unterlegen. Der Einsatztemperaturbereich beträgt ungefähr -5°C bis +204°C (15°F bis +400°F). TFE/P 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.
TFE/P ist ideal geeignet für Wärmeträgeröle, Amine, Säuren und Basen, ebenso wie Heißwasser und Dampf bis zu +170°C (+340°F).

4. Basiselastomere



Polyacrylat-Kautschuk (ACM)
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.

Epichlorohydrin (CO, ECO)
Epichlorhydrin-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.

Fragen Sie nach unseren Prospekt "Hochreine Dichtungen". www.eriks.de

Ethylen-Acrylat-Kautschuk (AEM)
Dieser Werkstoff weist nahezu die gleichen Eigenschaften wie Polyacrylat auf, kann jedoch hinsichtlich besser Tieftemperatureigenschaften formuliert werden. Es hat eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Oxidation, Automatikgetriebeöle und Servolenkungs-flüssigkeiten. Die Einsatztemperatur liegt bei -50°C bis +105°C (-65°F bis +300°F).

Styrol-Butadien (SBR, Buna S)
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).

Butyl (IIR)
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).

Spezielle Werkstoffe
Wir bieten Ihnen viele Möglichkeiten von speziellen O-Ring-Compounds, die bestimmte Eigenschaften verbessern.
Als Beispiel: silikonfreie und LABS-freie Behandlungen – nahtlos ummanteltes FEP und PFA – PTFE-O-Ringe – interne Schmierung – hochreine Mischungen – Miniatur-O-Ringe – Vulc-O-Ringe.

Zulassungen
ERIKS hat viele Compounds mit diversen Zulassungen, wie: KTW – FDA – WRC – NSF – DVGW – BFR – USP

4. Basiselastomere

Tabelle 3A-1

Elastomer *ASTM*	*NBR* *Nitril*	*EPDM* *EPM*	*CR* *Neopren*	*VMQ* *Silikon*	*FVMQ* *Fluor-silikon*	*EU* *Urethan*	*FKM* *Fluor-elastomer*	*FFKM* *Perfluor-elastomer*	*Teflon®-FEP* *Umman-telung*
ALLGEMEIN									
Härte (Shore A)	20/ 90	30/90	15/95	20/90	35/80	60/95	50/95	65/90	-
Temperaturbereich °F/°C max.	230/110	266/130	248/120	446/230	446/230	176/80	410/210	620/327	400/205
Temperaturbereich °F/°C min.	-30/-35	-67/-55	-49/-45	-67/-55	-76/-60	-22/-30	5/-15	-58/504	-76/-605
HINWEIS: Der Temperaturbereich hängt stark von dem speziellen Compound ab.									
Druckverformungsrest	B	C	C	A	B	E	C	B	E
Verschleißfestigkeit	C	C	C	E	E	A	C	C	E
Gasdurchlässigkeit	C	C	C	E	E	B	C	C	E
HINWEIS: Der Druckverformungsrest von Kalrez® ist relativ zur Temperatur. In Tieftemperaturanwendungen ist der Wert mäßig, in Hochtemperaturanwendungen ist der Wert gut bis sehr gut.									
Luft	E	B	C	A	B	C	B	A	+
Alkohol	B	A	B	B	B	U	E	A	+
Aldehyde	U	B	U	C	U	U	U	B4	+
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	C	U	E	E	A	C	A	A	+
Alkali	B	A	C	B	B	B	C	A	+
Amine	B1	B1	B1	E1	B1	U	U	B4	+
Tierische Fette	B	U	C	C	A	C	B	A	+
Aromatische Kohlenwasserstoffe	D	U	D	U	B	D	A	A	+
Ester, Alkylphosphate (Skydrol®)	U	B	U	C	U	U	U	A	+
Ester, Acrylphosphate	U	A	U	C	B	U	A	A	+
Ester, Silikate	C	U	E	U	B	U	A	A	+
Ether	U	E	U	U	E	E	U	A	+
Halogenkohlenwasserstoffe	U	U	U	U	B	E	A	A	+
Anorganische Säuren	E	C	B	B	B	U	A	A	+
Ketone	U	A	A	C	A	U	U	B	+
Mineralöl, hoch aniline Fette	B	U	C	C	B	A	A	A	+
Mineralöl, gering aniline Fette	B	U	U	E	B	B	A	A	+
Organische Säuren	C	C	C	B	B	U	C	A	+
Silikonöle	A	A2	A	E	E	A	A	A	+
Pflanzliche Öle	A	U	C	B	B	E	A	A	+
Wasser/Dampf	C	A	E	E	E	U	B3	C4	+

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

Diese Informationen sind als Leitfaden bestimmt und können keine eigenen Versuche des in Frage kommenden Materials unter Praxisbedingungen ersetzen. Aufgrund einer Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen und Betriebsbedingungen liegt es einzig und allein am Nutzer, durch eigene Tests und Analysen, die letztendliche Werkstoffauswahl zu treffen sowie sicherzustellen, dass alle notwendigen Leistungs- und Sicherheitsanforderungen erfüllt werden. Wann immer möglich, sollte die Medienbeständigkeit des Compounds mit „A" bewertet sein. Für statische Abdichtungen ist im vielen Fällen auch eine mit „B" bewertete Beständigkeit ausreichend, allerdings sollte dies unter Praxisbedingungen überprüft und sichergestellt werden. Der Grad des chemischen Angriffs des Mediums auf das Elastomer ist stark temperaturabhängig und bei hohen Temperaturen um ein Vielfaches höher als bei Raumtemperatur.

4. Basiselastomere

Chemische und physikalische Eigenschaften

Polymer	*Zugfestigkeit (MPa)*	*Modul bei 100% (MPa)*	*Härtegrad (Shore A)*	*Reißdehnung (%)*	*Druckverformungsrest*	*Tieftemperaturbereich °F*	*Tieftemperaturbereich °C*	*Hochtemperaturbereich °F*	*Hochtemperaturbereich °C*	*Wärmealterung bei +100°C (+212°F)*	*Dampfbeständigkeit*	*Flammbeständigkeit*	*Witterungsbeständigkeit*	*Sonnenlichtbeständigkeit*	*Ozonbeständigkeit*
NBR	6.9-27.6	2.0-15	20-100	100-650	gut - sehr gut	-70 bis 0	-57 bis -18	210 bis 250	99 bis 121	gut	bedingt - gut	dürftig	bedingt - gut	dürftig - gut	bedingt - gut
HNBR	31.0-10.0	1.7-20.7	30-95	90-450	gut - sehr gut	-50 bis 0	-46 bis -18	250 bis 3000	121 bis 149	sehr gut	bedingt - gut	dürftig	gut - sehr gut	gut- sehr gut	gut- sehr gut
FKM	3.4-20.7	1.4-13.8	50-95	100-500	gut - sehr gut	-50 bis 0	-46 bis -18	400 bis 500	200 bis 260	sehr gut	dürftig - gut	gut- sehr gut	sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut
EP	2.1-24.1	0.7-20.7	30-90	100-700	dürftig - sehr gut	-75 bis -40	-46 bis -18	220 bis 300	104 bis 149	gut - sehr gut	sehr gut	dürftig	sehr gut	sehr gut	gut - sehr gut
SBR	3.4-24.1	2.1-10.3	30-100	450-600	gut - sehr gut	-75 bis -55	-59 bis -48	210 bis 250	99 bis 121	gut	bedingt - gut	dürftig	bedingt - gut	dürftig	dürftig
CR	3.4-27.6	0.7-20.7	15-95	100-800	dürftig - gut	-70 bis -30	-57 bis -34	200 bis 250	93 bis 121	gut - sehr gut	bedingt gut	gut- sehr gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	gut- sehr gut
IIR	13.8-20.7	0.3-3.4	30-80	300-850	dürftig - gut	-70 bis -400	-57 bis -40	250 bis 300	121 bis 149	gut - sehr gut	gut - sehr gut	dürftig	sehr gut	sehr gut	sehr gut
VMQ	1.4-10.3	6.2	20-90	100-900	gut	-178 bis -90	-117 bis -68	400 bis 500	204 bis 260	sehr gut	bedingt - gut	bedingt - sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
FVMQ	3.4-9.7	3.1-3.4	35-80	100-480	bedingt - gut	-112 bis -90	-80 bis -68	400 bis 450	204 bis 232	sehr gut	bedingt	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
ACM	8.6-17.2	0.7-10.3	40-90	100-450	dürftig - gut	-30 bis 0	-34 bis -18	250 bis 350	121 bis 177	sehr gut	dürftig	dürftig	sehr gut	gut - exc .	gut - sehr gut
EA	6.9-20.7	0.7-10.3	35-95	200-650	dürftig - gut	-35 bis -30	-48 bis -34	250 bis 350	121 bis 177	sehr gut	dürftig - bedingt	dürftig	sehr gut	sehr gut	sehr gut
CSM	3-15	0.2-10	40-100	100-700	dürftig - bedingt	-60 bis -40	-51 bis -40	225 bis 270	107 bis 132	gut - sehr gut	dürftig - gut	gut- sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
ECO	10-15	1-10	30-95	200-800	gut - bedingt	-60 bis -15	-51 bis -26	225 bis 275	107 bis 135	gut - sehr gut	bedingt - gut	dürftig - gut	gut	gut	gut - sehr gut
NR; IR	3.4-34.5	0.5-0.8	20-10	300-900	sehr gut	-70 bis -40	-57 bis -40	180 bis 220	82 bis 104	bedingt - gut	bedingt - gut	dürftig	dürftig - bedingt	dürftig	dürftig
AU, EU	6.9-69.0	0.2-34.5	10-100	250-900	dürftig - gut	-65 bis -40	-54 bis -40	180 bis 220	82 bis 104	bedingt - gut	dürftig	dürftig - gut	sehr gut	gut - sehr gut	sehr gut

4. Basiselastomere

Chemische und physikalische Eigenschaften (Fortsetzung)

Polymer	Strahlungs-beständigkeit	Oxidationsbestän-digkeit (Luft)	Wasser-beständigkeit	Gaspermeabilität	Geruch	Geschmacks-neutralität	Adhäsion gegen-über Metall	Färbbarkeit	RMA-Farbcode	Elastische Rückverformung	Vibrations-dämpfung	Biegereiß-beständigkeit	Weiterreißfestigkeit	Abriebs-beständigkeit	Gewichtsverlust im Vakuum
NBR	bedingt - gut	gut	gut - sehr gut	bedingt - sehr gut	gut	bedingt - gut	sehr gut	sehr gut	schwarz	gut	bedingt - gut	gut	gut sehr gut	gut - sehr gut	gut
HNBR	bedingt - gut	sehr gut	sehr gut	bedingt - sehr gut	gut	bedingt - gut	sehr gut	sehr gut	-	gut	gut - sehr gut	gut	gut sehr gut	gut - sehr gut	gut
FKM	bedingt - gut	sehr gut	sehr gut	gut - sehr gut	gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	gut- sehr gut	braun	bedingt - sehr gut	bedingt - gut	gut	bedingt - gut	gut	sehr gut
EP	gut - sehr gut	sehr gut	sehr gut	bedingt - gut	gut	gut- sehr gut	gut - sehr gut	gut - sehr gut	violett	bedingt - gut	bedingt - gut	gut	bedingt - gut	gut	sehr gut
SBR	dürftig - gut	bedingt - sehr gut	gut - sehr gut	bedingt	gut	bedingt - gut	sehr gut	gut	-	bedingt - sehr gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	bedingt - sehr gut	gut - sehr gut	dürftig
CR	bedingt - gut	gut - sehr gut	bedingt - gut	bedingt - gut	bedingt- gut	bedingt - gut	sehr gut	bedingt	rot	bedingt - gut	gut - sehr gut	gut	gut - sehr gut	gut - sehr gut	bedingt
IIR	dürftig - gut	sehr gut	gut - sehr gut	gut	gut	bedingt - gut	gut	gut	-	dürftig - gut	sehr gut	gut - sehr gut	gut	beding - gut	sehr gut
VMQ	dürftig - gut	sehr gut	sehr gut	dürftig - bedingt	gut	gut - sehr gut	gut - sehr gut	sehr gut	rost	gut - sehr gut	bedingt gut	dürftig - gut	dürftig - gut	dürftig - gut	sehr gut
FVMQ	bedingt - sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig - gut	gut	gut	gut - sehr gut	gut - sehr gut	blau	sehr gut	gut	dürftig - gut	dürftig - sehr gut	dürftig	sehr gut
ACM	dürftig- gut	sehr gut	dürftig - bedingt	gut - sehr gut	bedingt- gut	bedingt - gut	gut	gut	-	bedingt - gut	gut - sehr gut	bedingt - gut	dürftig - gut	bedingt - gut	gut
EA	gut	sehr gut	gut - sehr gut	sehr gut	gut	bedingt - gut	gut	gut	-	dürftig - bedingt	gut	gut	gut - sehr gut	gut - sehr gut	bedingt- gut
CSM	dürftig - gut	sehr gut	gut	gut - sehr gut	gut	bedingt - gut	sehr gut	sehr gut	-	bedingt - gut	bedingt - gut	bedingt - gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	bedingt
ECO	dürftig	gut - sehr gut	gut	sehr gut	gut	gut	bedingt - gut	gut	-	gut	gut	gut	bedingt - sehr gut	bedingt - gut	gut
NR, IR	bedingt - gut	gut	sehr gut	bedingt - gut	gut- sehr gut	bedingt - gut	sehr gut	dürftig	-	sehr gut	gut- sehr gut	sehr gut	gut - sehr gut	gut - sehr gut	dürftig
AU, EU	gut - sehr gut	gut - sehr gut	dürftig - gut	gut - sehr gut	sehr gut	bedingt - gut	sehr gut	gut - sehr gut	-	dürftig - gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut

4. Basiselastomere

Chemische und physikalische Eigenschaften (Fortsetzung)

Polymer	*Säuren (verdünnt)*	*Säuren (konzentriert)*	*Säure, organisch (verdünnt)*	*Säure, organisch (konzentriert)*	*Alkohole (C1 bis C6)*	*Aldehyde (C1 bis C6)*	*Alkali (verdünnt)*	*Alkali (konzentriert)*	*Amine*	*Tierische und pflanzliche Fette*	*Bremsflüssigkeit; DOT 3,4 und 5*	*Diester-Öle*	*Ester, Alkylphosphate*
NBR	gut	dürftig-bedingt	gut	dürftig	bedingt - gut	dürftig - bedingt	gut	dürftig - gut	dürftig	gut - sehr gut	dürftig	bedingt - gut	dürftig
HNBR	gut	bedingt - gut	gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	bedingt - gut	gut	dürftig - gut	gut	gut - sehr gut	bedingt	gut	dürftig
FKM	gut - sehr gut	gut - sehr gut	bedingt - gut	dürftig - gut	bedingt - sehr gut	dürftig	bedingt - gut	dürftig	dürftig	sehr gut	dürftig - bedingt	gut - sehr gut	dürftig
EP	sehr gut	sehr gut	sehr gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	gut - sehr gut	sehr gut	sehr gut	beding - gut	gut	gut- sehr gut	dürftig	sehr gut
SBR	bedingt - gut	dürftig - bedingt	gut	dürftig - gut	gut	dürftig - bedingt	bedingt - gut	bedingt - gut	dürftig - gut	dürftig - gut	dürftig - gut	dürftig	dürftig
CR	sehr gut	dürftig	gut - sehr gut	dürftig - gut	sehr gut	dürftig - bedingt	gut	dürftig	dürftig - gut	gut	bedingt	dürftig	dürftig
IIR	gut - sehr gut	bedingt - sehr gut	gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	gut	gut sehr gut	gut sehr gut	gut	gut - sehr gut	gut	dürftig - gut	gut -
VMQ	bedingt - gut	dürftig - bedingt	gut	bedingt	bedingt - gut	gut	dürftig-bedingt	dürftig - sehr gut	gut	gut	gut	dürftig - bedingt	gut
FVMQ	sehr gut	gut	gut	bedingt	bedingt - sehr gut	dürftig	sehr gut	gut	dürftig	sehr gut	dürftig	gut - sehr gut	dürftig - bedingt
ACM	bedingt	dürftig - bedingt	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	bedingt	bedingt	dürftig	gut	dürftig	gut	dürftig
EA	gut	dürftig - bedingt	gut - sehr gut	dürftig - sehr gut	gut sehr gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	dürftig	gut	gut	dürftig	dürftig	dürftig
CSM	sehr gut	gut - sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	dürftig - bedingt	gut - sehr gut	gut - sehr gut	dürftig	gut	bedingt	dürftig	dürftig
ECO	gut	dürftig - bedingt	bedingt	dürftig	bedingt - gut	dürftig	bedingt - gut	dürftig - bedingt	dürftig - gut	sehr gut	dürftig	dürftig - gut	dürftig
NR; IR	bedingt - sehr gut	dürftig - gut	gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	gut	bedingt - sehr gut	bedingt- gut	dürftig - bedingt	dürftig - gut	gut	dürftig	dürftig
AU, EU	bedingt - gut	dürftig	bedingt	dürftig	gut	dürftig	dürftig - sehr gut	dürftig	dürftig - bedingt	bedingt - sehr gut	dürftig	dürftig - gut	dürftig

4. Basiselastomere

Chemische und physikalische Eigenschaften (Fortsetzung)

Polymer	*Ester, Arylphosphate*	*Ether*	*Kraftstoff, aliphatische Kohlenwasserstoffe*	*Kraftstoff, aromatische Kohlenwasserstoffe*	*Kraftstoff , erweitert (mit Sauerstoff angereichert)*	*Halogenhaltige Lösungsmittel*	*Ketone*	*Lacklösungs-mittel*	*Schmierfette und Heizöle*	*Mineralöl, aromatisch – geringer Anilingehalt*	*Mineralöl, aliphatisch – hoher Anilingehalt*	*Kühlmittel Ammoniak*	*Silikonöle*
NBR	dürftig - bedingt	dürftig	gut - sehr gut	bedingt - gut	bedingt - gut	dürftig	dürftig	bedingt	sehr gut	gut - sehr gut	sehr gut	gut	gut
HNBR	dürftig - bedingt	dürftig - bedingt	sehr gut	bedingt - gut	gut - sehr gut	dürftig - bedingt	dürftig	bedingt	sehr gut	gut - sehr gut	sehr gut	gut	gut - sehr gut
FKM	sehr gut	dürftig	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut - sehr gut	dürftig	dürftig	sehr gut	sehr gut	sehr gut	dürftig	sehr gut
EP	sehr gut	bedingt	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	gut - sehr gut	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	gut	sehr gut
SBR	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig - gut	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	gut	dürftig
CR	dürftig - bedingt	dürftig	dürftig - gut	dürftig - bedingt	bedingt	dürftig	dürftig - bedingt	dürftig	gut	gut	gut	sehr gut	bedingt - sehr gut
IIR	sehr gut	dürftig - bedingt	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig - sehr gut	bedingt - gut	dürftig	dürftig	dürftig	gut	dürftig
VMQ	gut	dürftig	dürftig - bedingt	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	bedingt	dürftig	gut	sehr gut	dürftig - bedingt
FVMQ	gut - sehr gut	bedingt	sehr gut	gut - sehr gut	sehr gut	gut - sehr gut	dürftig	dürftig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	sehr gut
ACM	dürftig	dürftig - bedingt	sehr gut	dürftig - gut	bedingt - gut	dürftig - gut	dürftig	dürftig	gut	bedingt	dürftig	bedingt	sehr gut
EA	dürftig	dürftig	gut	dürftig - bedingt	bedingt	dürftig - gut	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig - gut	gut - sehr gut
CSM	bedingt	dürftig	bedingt - gut	bedingt	bedingt	dürftig	dürftig	dürftig	gut	dürftig	bedingt	gut	sehr gut
ECO	dürftig	gut	gut - sehr gut	gut sehr gut	bedingt gut	dürftig	bedingt	bedingt	sehr gut	gut - sehr gut	dürftig	dürftig	gut - sehr gut
NR, IR	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	bedingt - gut	dürftig	dürftig	dürftig	dürftig	gut	gut
AU, EU	dürftig	bedingt	gut - sehr gut	dürftig - bedingt	bedingt - gut	dürftig - gut	dürftig	dürftig	bedingt - gut	gut	gut	dürftig	sehr gut

Hinweis: Die Daten in der Tabelle beinhalten Grundeigenschaften der angegebenen Elastomere. In vielen Anwendungen werden spezielle Compounds benötigt. ERIKS haftet daher in keiner Art und Weise für die Aussage dieser Daten.

4. Basiselastomere

Kautschuke in der Form von Festkautschuk und Latex werden aufgrund der chemischen Zusammensetzung der Polymerkette in folgende Gruppen eingeteilt (aus DIN ISO 1629) :

M-Gruppe
(Kautschuke mit einer gesättigten Kette vom Polymethylen-Typ)

ACN	Polyacrylat-Kautschuk
AEM	Ethylen-Acrylat-Kautschuk
CSM	Chlorsulfonyl-Polyethylen-Kautschuk
CM	Chloropolyäthylen-Kautschuk
EAM	Ethylen-Vynilacetatcoplymere
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk
EPM	Ethylen-Propylen-Kautschuk
FKM	Fluor-Kautschuk
FFKM	Perfluor-Kautschuk

O-Gruppe
(Kautschuke mit Sauerstoff in der Polymerkette)

CO	Epichlorhydrin-Kautschuk
ECO	Epichlorhydrin-Copolymer-Kautschuk
GPO	Propylenoxid-Copolymer-Kautschuk

R-Gruppe
(Kautschuke mit einer ungesättigten Kohlenstoffkette, z.B. Naturkautschuk und synthetische Kautschuke, die sich zumindest teilweise von konjugierten Dienen ableiten)

BR	Butadien-Kautschuk
CR	Chloropren-Kautschuk
IIR	Isobuten-Isopren-Kautschuk (Butyl-Kautschuk)
BIIR	Brombutyl-Kautschuk
CIIR	Chlorbutyl-Kautschuk
IR	Isoprene-Kautschuk
NBR	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk
HNBR	Hydrierter Nitril-Butadien-Kautschuk

Q-Gruppe
(Kautschuk mit Siloxangruppen in der Polymerkette)

FVMQ	Fluor-Silikon-Kautschuk
PMQ	Methyl-Phenyl-Silikon-Kautschuk
PVMQ	Methyl-Phenyl-Vinyl-Silikon-Kautschuk
MQ	Methyl-Silikon-Kautschuk
VMQ	Methyl-Vinyl-Silikon-Kautschuk

U-Gruppe
(Kautschuk mit Kohlenstoff, Sauerstoff oder Stickstoff in der Polymerkette)

AU	Polyester-Urethane
EU	Polyether-Urethane

N-Gruppe
(Kautschuk mit Stickstoff in der Polymerkette)

T-Gruppe
(Kautschuk mit Schwefel in der Polymerkette)

Z-Gruppe
(Kautschuk mit Phosphor und Stickstoff in der Polymerkette)

4. Basiselastomere

Chemische Bezeichnungen, Abkürzungen und Handelsnamen

Chemische Bezeichnung	*ASTM-Bezeichnung / Abkürzung*	*Polymer-Handelsnamen*
Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	NBR	Chemigum®, Nipol N®, Krynac®, Paracryl®, Perbunan N®, Buna N®, 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-El®
Ethylen-Propylen-Kautschuk	EPM, EPDM	Buna AP®, Dutral®, Nordel®, Royalene®, Vistalon®, Keltan®, Epcar®, APTK
Styrol-Butadien-Kautschuk	SBR	Buna Hüls®, Buna S®, Phioflex®, Phiolite®, Ameripol Synpol®, Stereon®, Polysar S®, Solprene®, Europrene®
Chloropren-Kautschuk	CR	Neoprene, Bayprene®, Butaclor®, Petro-Tex Neoprene®, Denka®
Chlor-Butyl-Kautschuk	CIIR	Exxon Butyl®
Butyl-Kautschuk	IIR	Polysar Butyl®, Enjay Butyl®, Petro-Tex Butyl®, Bucar®, Exxon Butyl®
Silikon Kautschuk	VMQ	Silopren®, SE®, Blensil®, Silastic®, SILPLUS®, Elastolsil®, Rhodorsil®
Fluor-Silikon-Kautschuk	FVMQ	FSE®, Silastic®, Sylon®
Phenyl-Silikon-Kautschuk	PVMQ	Elastosil®
Polyacrylat-Kautschuk	ACM	Cyanacryl®, HyTemp®, Thiacril®, Hycar®, Elaprim AR®, Noxtite®, Nipol AR®
Ethylen-Acrylat-Kautschuk	AEM	Vamac®
Chlorsulphonyl-Polyethylen-Kautschuk	CSM	Hypalon®
Tetrafluor-Ethylen-Propylen-Kautschuk	FEPM / TFE/P	Aflas®
Polysulfid-Kautschuk	TWT	Thiokol®
Epichlorhydrin-Kautschuk	CO, ECO	Herchlor®, Gechron®, Hydrin®
Polynorbonen-Kautschuk	PNR	Norsorex®
Polysopren-Kautschuk - natürlich - synthetisch	 NR (RW) IR	 SMR®, Pale Crepe®, Smoked Sheet®, Ameripol SN® Natsyn®
Polyurethan (Polyester-Urethane, Polyether-Urethane)	AU, EU	Baytec®, Desmoflex®, Desmopan®, Urepan®, Estane®, Pellethane®, Adiprene®, Millathane®, Vibrathane®, Vulkollan®
Perfluor-Kautschuk	FFKM	Kalrez®

4. Basiselastomere

Handelsnamen

Die folgenden Namen sind eingetragene Marken der jeweiligen Firmen:

Cyancryl	-	American Cyanamid Co.
Ameripol CB, Ameripol SN, Ameripol Synpol	-	Ameripol Synpol Co.
Aflas	-	Asahi Glas Company Ltd.
Tecnoflon	-	Ausimont
Perbunan, Baytec, Vulkollan, Desmoflex, Desmopan, Urepan, Silopren, Baypren, Krynac, Therban, Buna EP	-	Bayer AG
Buna S	-	Buna Werke
Bucar	-	Cities Service Co.
Norsorex	-	CdF Chemie
Buna Hüls, Buna AP, Buna CB	-	Chemische Werke Hüls
Dai-El	-	Daikin
Fluorel	-	Dyncon
Denka	-	Denka Chem. Co.
Butaclor	-	Distergil
Silastic	-	Dow Corning Corp.
Hypalon, Nordel, Vamac	-	DuPont Performance Elastomers
Kalrez, Viton	-	DuPont Performance Elastomers
Sylon	-	Dyneon
Fluorel	-	3M Company
Keltan	-	DSM
Europrene	-	Enichem
Enjay Butyl	-	Enjay Chem Co.
Vistalon, Exxon Butyl	-	Exxon Chemical Co.
Stereon, Diene	-	Fireston Tire & Rubber Co.
SE, FSE, Silplus, Blensil	-	General Eletric Co.
Hycar, Epcar, Hydrin	-	B.F. Goodrich Chem.Co.
Budene, Chemigum, Natsyn, Phioflex, Phiolite, Budene	-	Goodyear Rubber Products Corp.
Herclor	-	Hercules Inc.
JSR-N	-	Japan Synth. Rubber Co.
Elaprim, Elaprim AR, Tecnoflon	-	Montecatini
Dutral	-	Montedison
Nipon N, Zetpol, Hydrin, Hytemp, Nipon AR	-	Nippon Zeon
Noxtite	-	NOK
Petro-Tex Butyl, Petro Tex Neoprene	-	Petro-Tex Chem. Co.
CIS-4	-	Phillips Petroleum Co.
Krynac, Polysar Butyl, Taktene	-	Polysar Ltd.
Rhodorsil	-	Rhone Poulenc
Thiocol	-	Thiocol Chemical
Adiprene, Royalene, Paracril, Thiacril, Vibrathane	-	Uniroyal Inc.
Pellethane	-	Upjohn
Elastosil	-	Wacker Chemie
Hydrin, Hy Temp, Gechron, Nipol, Zetpol	-	Zeon Inc.

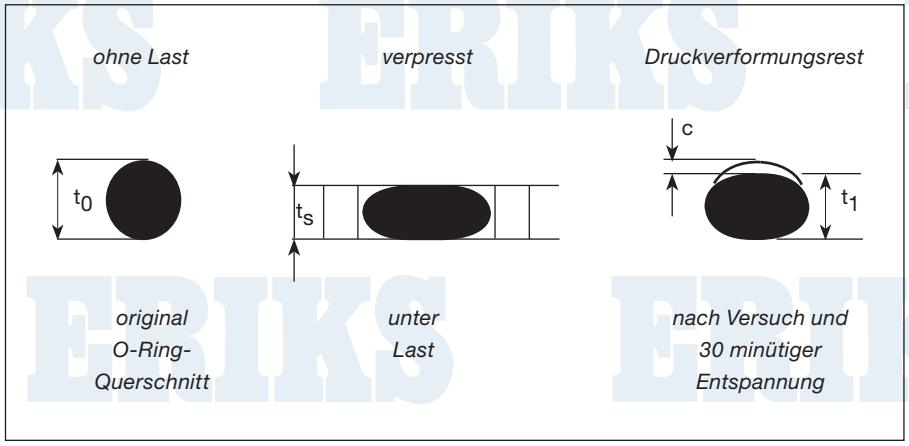
5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Der zu verwendende O-Ring-Werkstoff hat einen Einfluss auf das Nutdesign. Es ist daher bei der Dichtungsauslegung besonders wichtig, den Werkstoff früh zu bestimmen. Der Einsatzfall legt den Elastomer-Compound fest; dabei sollte die Medienbeständigkeit an erster Stelle stehen. Allerdings muss das Elastomer auch gegenüber einer möglichen Extrusion beständig sein, wenn es mit dem maximal möglichen Druck beaufschlagt wird. Darüber hinaus sollte die Beibehaltung von guten physikalischen Eigenschaften über den gesamten Temperaturbereich sichergestellt sein. Dieses Kapitel behandelt die weiteren Merkmale, die für ein Funktionieren der Dichtung berücksichtigt werden müssen, wie den Druckverformungsrest, die Härte, die Zugfestigkeit, die chemische Beständigkeit, die thermischen Auswirkungen, den Druck sowie die Gefahr von Extrusion. Hier finden Sie Daten und Verfahren die es Ihnen ermöglichen, spezielle Anforderungen an die Dichtung zu erkennen oder die maximale Leistung aus einer Dichtung herauszuholen.

Druckverformungsrest und Verpressung

Der Druckverformungsrest ist die prozentuale Verformung, die ein Elastomer nach einer festgelegten Zeit bei festgelegter Temperatur und definierter Verpressung dauerhaft zurückbehält. Der Druckverformungsrest ist ein besonders wichtiger Dichtungsfaktor, da er ein Maßstab für den zu erwartenden Verlust an elastomerer Rückstellkraft ist. Der Druckverformungsrest wird in der Regel in trockener Luft ermittelt und misst den prozentualen Anteil vom ursprünglichen Querschnitt. Obwohl es wünschenswert ist, einen möglichst geringen Druckverformungsrest zu haben, ist es in einigen Fällen nicht so kritisch, wie es zuerst erscheint: Wenn zum Beispiel planmäßige Wartungsarbeiten einen Ersatz der Dichtung fest vorsehen. Darüber hinaus kann ein O-Ring, der einen Druckverformungsrest von 100% aufweist, immer noch abdichten. Vorausgesetzt der Systemdruck und die Temperaturen bleiben gleich und keine Bewegung oder sonstige Kraft unterbricht den Kontakt des O-Rings mit den abzudichtenden Flächen. Darüber hinaus kann eine Volumenquellung, ausgelöst durch den Kontakt des O-Ringes mit dem abzudichtenden Medium, den Druckverformungsrest ausgleichen. Der Zustand, der dabei allerdings am meisten gefürchtet werden muss, ist das Vorhandensein eines hohen Druckverformungsrests und einer chemischen Schrumpfung des O-Ringes. Dies wird zu einem Ausfall der Dichtung führen; es sei denn, die Dichtung wurde außerordentlich stark verpresst.
Der Druckverformungsrest wird folgendermaßen berechnet:

$$C = \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_s} \times 100\ \%$$



Darstellung des Druckverformungsrests

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Ein geringer Druckverformungsrest kennzeichnet eine gute dauerhafte Dichtfunktion. Der Druckverformungsrest erhöht sich allerdings mit zunehmender Temperatur und Zeit.
Für O-Ringe sollte die minimale Verpressung ungefähr 10% betragen. Der Grund dafür ist, dass nahezu alle Elastomere bei einer sehr geringen Verpressung schnell Ihre elastomeren Rückstellkräfte verlieren und einen Druckverformungsrest von 100% erlangen.
Ein Compound mit einer guten Widerstandsfähigkeit gegenüber bleibender Druckverformung kann sich nur gegenüber einem schlechten auszeichnen, wenn die Verpressung über circa 7% liegt.
Die meisten O-Ring-Anwendungen können bei einer derartig geringen Verpressung nicht funktionieren, mit Ausnahme von berührungslosen Dichtungsauslegungen in speziellen Pneumatik- und Rotationsanwendungen.
Die geläufigsten Normen zur Ermittlung des Druckverformungsrests sind die DIN 53517 und ASTM D 395. Die Tabelle 3A-1a beinhaltet die Werte des Druckverformungsrests der ERIKS Standard-Compounds (nach 25%iger Verpressung).

Hinweis:
Bitte beachten Sie, dass sich der Wert des Druckverformungsrests im Laufe der Zeit ändert und von der O-Ring-Schnurstärke abhängig ist. Die rechtsstehende Tabelle zeigt Ihnen diese Unterschiede anhand ermittelter Werte eines gleichen Compounds auf.

Tabelle 3A-1a

Compound	*Härte °IRHD ± 5°*	*Druckverformungsrest 22h/100°C, 25%, auf O-Ring mit 3,53mm Schnur*	*Temperaturbereich °C*	*°F*
NBR 36624	70	max. 20%	-30+120	-22+248
NBR 47702	90	max. 30%	-30+120	-22+248
EPDM 55914	70	max. 30%	-50+120	-58+248
EPDM 55914 PC	70	max. 25% (150 °C)	-50+150	-58+302
Silikon 714177	70	max. 40% (200 °C)	-60+220	-76+428
Neoprene 32906	70	max. 25%	-35+110	-31+230
Viton® schwarz 51414	75	max. 18% (200 °C)	-20+200	-4+392
Viton® grün 51414	75	max. 19% (200 °C)	-20+200	-4+392
Viton® schwarz 514320	90	max. 18% (200 °C)	-20+200	-4+392
X-Ringe aus NBR, FKM, EPDM	70/90	-	-30+120	22+248

NBR 36624 O-Ringe

Schnurstärke in mm	1,78	3,53	6,99
Druckverformungsrest, 22h/100°C (212°F))	14,8	12,8	9,2
Druckverformungsrest, 70h/100°C (212°F)	23,9	22,7	16,8

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

O-Ring Härte

Die Härte des O-Rings ist aus verschiedenen Gründen wichtig.
Je weicher das Elastomer, desto besser passt sich dieses an die abzudichtende Oberfläche an und desto weniger Kraft ist notwendig, eine ausreichende Verpressung und somit Dichtwirkung zu erreichen. Dies ist besonders wichtig für Abdichtungen bei besonders geringen Drücken, die keine zusätzliche Dichtkraftverstärkung durch den Druck des Mediums erhalten.
Je weicher das Elastomer, desto höher ist der Reibungskoeffizient. In dynamischen Anwendungen sind jedoch die tatsächlichen Werte der Gleitreibung und Haftreibung eines härteren Compounds mit geringem Reibungskoeffizient höher. Dies resultiert aufgrund der deutlich höheren Kraft, die zur Verpressung des härteren Materials in der O-Ring-Nut notwendig ist.

Je weicher das Elastomer, desto größer ist die Gefahr der Extrusion des Werkstoffes in den Dichtspalt zwischen den abzudichtenden Bauteilen.
Härtere Compounds bieten eine bessere Widerstandsfähigkeit gegenüber diesem Fließen.
Mit einer Erhöhung der Einsatztemperatur wird ein Elastomer zunächst weicher und dann unter Umständen härter, da der Vernetzungsprozess mit Temperaturerhöhung fortlaufen kann.

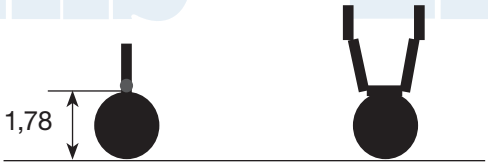
Die Härte der meisten Elastomere wird mittels eines Messgeräts des Herstellers Shore Instrument Company oder ihm entsprechend bestimmt. Elastomere werden in der Regel nach der Shore „A" Skala gemessen. Eine Shore A-Härte von 35° ist sehr weich; 90° ist hart. Shore „D"-Messgeräte werden für Elastomere empfohlen, die eine Härte von über 90° Shore A aufweisen. Die geläufigsten Normen über die Bestimmung der Härte sind die DIN 53505, ASTM D 2240, ISO 7619 und BS 2719. Diese Normen definieren ein Messinstrument, welches auf einem Normteil mit 6mm (0,25") Stärke misst. Verwenden Sie für eine Härtebestimmung nach Shore A immer Standard-Härtemessscheiben mit einem Durchmesser von 32mm (1,28") sowie einer Stärke von 6mm (0,25") oder eine Prüfplatte der Abmessung 150 x 150 x 2mm (6 x 6 x 0,075").

Es ist nahezu unmöglich, zuverlässige und reproduzierbare Härtemessungen an Dichtungen mit gekrümmten Oberflächen und unterschiedlichen Querschnitten wie O-Ringen durchzuführen. Dieses Problem plagte die Dichtungsindustrie seit Jahren und wurde in einigen Prüfnormen anerkannt. Wie zum Beispiel der Paragraph 6.2.1 der ASTM D 2240-00 aussagt: „Eine geeignete Härtebestimmung kann mit dem Messdorn nicht auf einer unebenen oder groben Kontaktstelle durchgeführt werden". Ebenso stellt die amerikanische Militär-Norm MIL-P-5510B, Paragraph 4.4.2 fest: „Prüfmuster für den Zweck der Prüfung von Fertigungslosen sollen aus einem formgepressten Härteprüfkörper aus minimal 0,25" Stärke und 1" Durchmesser (6mm Stärke und 25mm Durchmesser) bestehen. Diese Norm bestätigt in einem Hinweis, dass „die Härte nicht an tatsächlichen Dichtungen bestimmt werden soll".
Für Probekörper, die zu dünn oder eine zu geringe Fläche für eine korrekte Shore A-Messungen bieten, ist die häufigst empfohlene Methode der so genannte Wallace Micro-Härtetest. Messungen in Micro-IRHD sind für O-Ringe präziser.
Diese Messmethode wird unter anderem in den Normen DIN 53519 und ASTM D 1415 behandelt. Die Unterschiede zwischen IRHD- und Shore A-Messwerten auf einem 6mm starken Muster sind unerheblich.

Normalerweise werden Härtegrade in Schrittweiten von fünf oder zehn, wie zum Beispiel in 60°, 70°, 75° usw. und nicht als 62, 66 oder 72 benannt. Dieses Verfahren basiert auf der Tatsache, dass die Härte in Normen generell mit einer Toleranz von ± 5 aufgeführt wird. Dies beruht auf die innewohnenden Abweichungen von Charge zu Charge eines bestimmten Elastomer-Compounds durch seinen geringfügigen Unterschiede der Rohmaterialien sowie der Fertigungsprozesse, als auch auf Schwankungen, die bei Härtemessungen entstehen können.

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

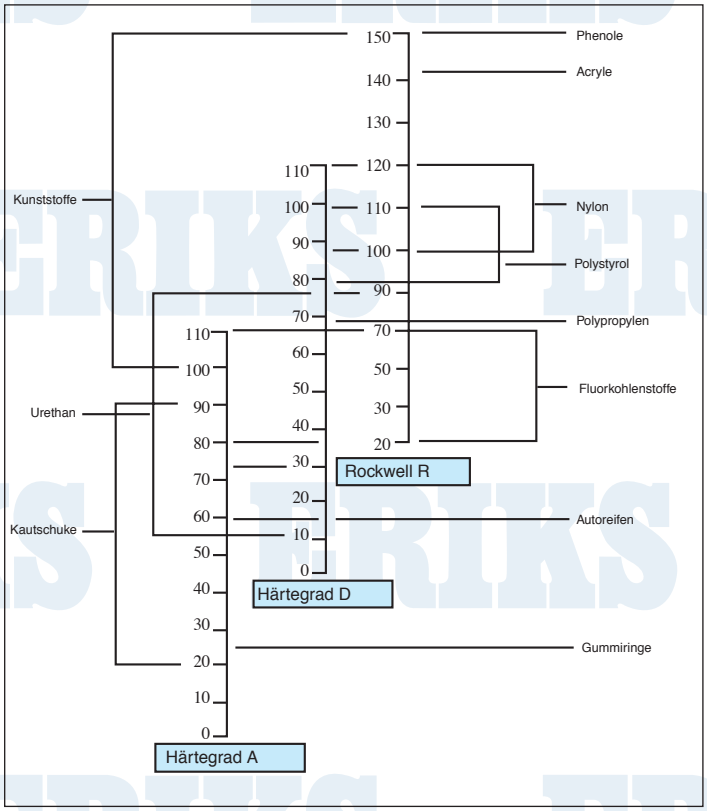
IRHD und Shore A



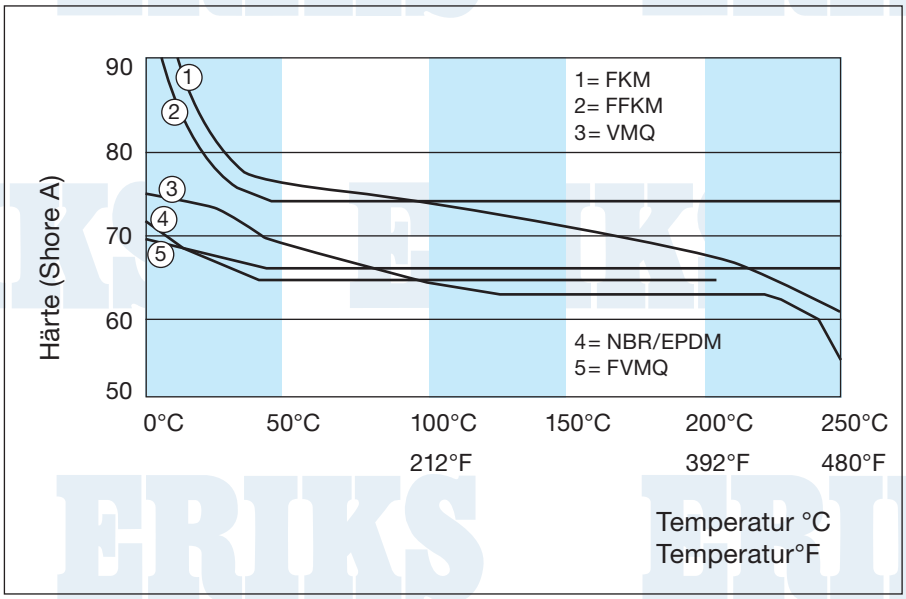
IHRD-Micro
DIN 53 519 Teil 2
Norm : 2 mm Platte
Dauer : 30 sek.

Shore A
DIN 53 505
Norm : 6 mm Platte
Dauer : 3 sek.

Härtebereiche Kautschuke/Kunststoffe



Härte im Vergleich zur Temperatur



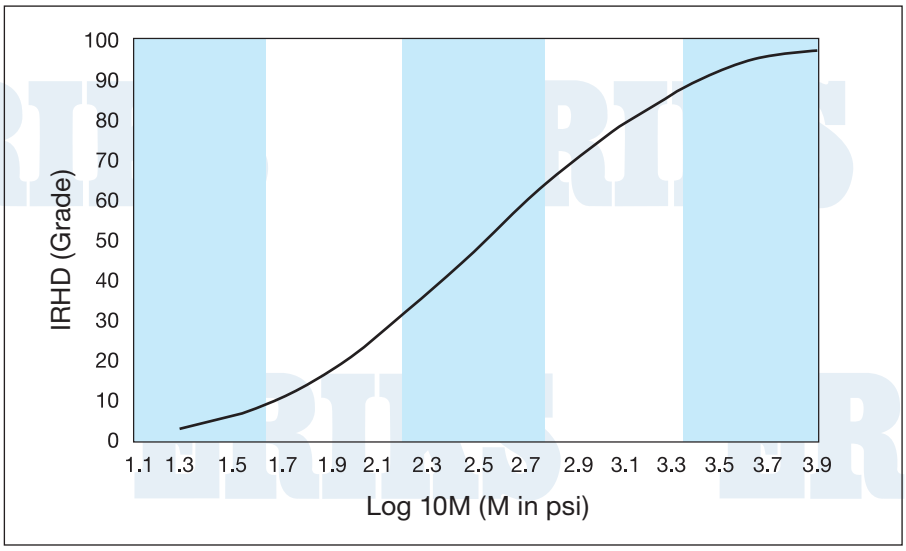
5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Zugfestigkeit und Reißdehnung

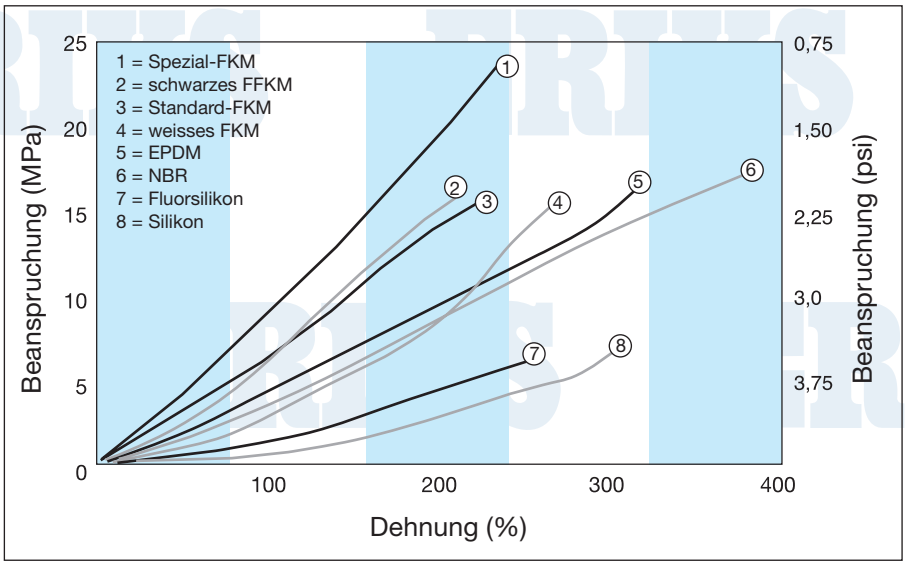
Die Zugfestigkeit ist die Messung der Kraftmenge, die für das Zerreißen eines elastomeren Prüfkörpers benötigt wird. Sie ist ein gutes Mittel zur Überwachung der Compoundierung, so dass eine gleichbleibende Mischung des Compounds sichergestellt werden kann sowie ein nützlicher Indikator zur Bestimmung des zu erwartenden Schadens des Compounds, nachdem er über einen langen Zeitraum mit einem Medium im Kontakt war. Wenn eine deutliche Veränderung der Zugfestigkeit auftritt, könnte die Lebensdauer einer Dichtung relativ gering ausfallen. Ausnahmen dieser Regel können auftreten.
Unter Reißdehnung versteht man den Prozentsatz der anfänglichen Länge zu dem Zeitpunkt des Reißens eines elastomeren Körpers. Diese Eigenschaft bestimmt in erster Linie die Dehnung, die bei dem Einbau einer Dichtung angewandt werden kann. Eine nachteilige Änderung der Reißdehnung eines Compounds nach dem Einwirken eines Mediums ist ein eindeutiges Zeichen einer Verschlechterung des Materials.
Die Reißdehnung wird, wie auch die Zugfestigkeit, von der Industrie als ein Prüfmittel von Compound-Fertigungschargen verwendet. Prüfungen der Zugfestigkeit und Reißdehnung werden an hantelförmigen Mustern durchgeführt. Diese werden maschinell bei einer konstanten Geschwindigkeit von 500 Millimeter pro Sekunde axial auseinandergezogen, während die zur Dehnung der Muster notwendige Kraft aufgezeichnet wird.
Normen zur Prüfung der Zugfestigkeit und Reißdehnung sind zum Beispiel die DIN 53505, ASTM D 412 und BS 903 Teil A3.

Modul

Der Modul, wie er von der Kautschuk-Industrie verwendet wird, bezieht sich auf die Spannung, die bei einer vorher festgelegten Dehnung von normalerweise 100% vorherrscht. Er ist ein gutes Mittel für den Vergleich verschiedener Elastomere hinsichtlich deren Extrusionswiderstandsfähigkeit. Für gewöhnlich steigt der Modul mit zunehmender Härte. Der Modul ist wahrscheinlich der beste Indikator der inneren Kraft eines Compounds; vorausgesetzt alle anderen Faktoren sind gleich.



Härte (IRHD) im Vergleich zu Young's Modul (M)

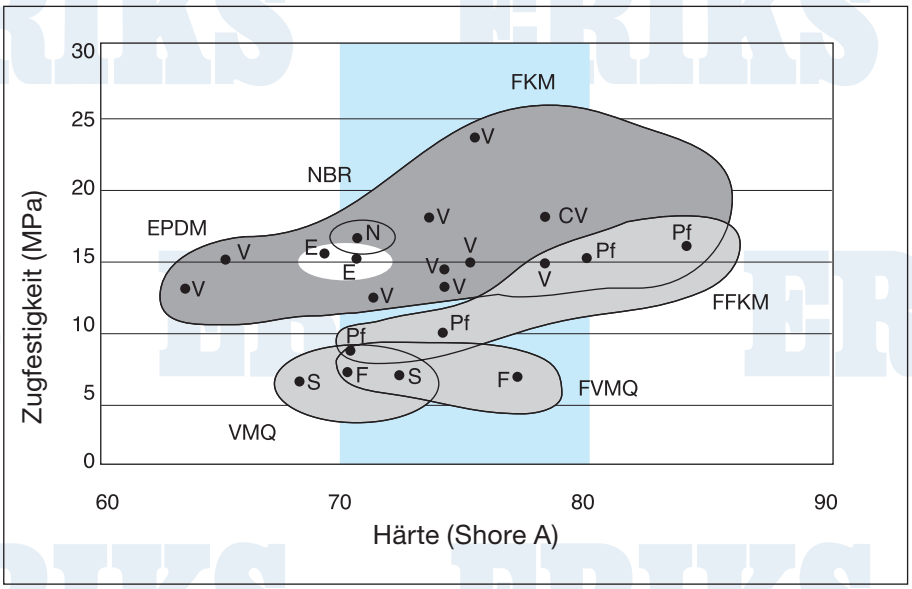


Beanspruchung im Vergleich zur Dehnung

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Zugspannung/-dehnung

Die Zugfestigkeit ist die maximale Spannung, die bei der Dehnung eines Teststückes (entweder ein O-Ring oder ein hantelförmiger Streifen) erreicht wird. Reißdehnung: Die Dehnung oder Reißdehnung ist die Summe der Ausdehnung zum Augenblick des Reißens.
Modul: (auch genannt „Modul 100") Ist die Kraft, die zum Erreichen einer bestimmten Dehnung benötigt wird. Im Falle von Modul 100 wäre dies die notwendige Kraft, ein Muster um 100% zu dehnen.
Bei Elastomeren ist die notwendige Spannung nicht linear mit der Dehnung. Dadurch ist der Modul weder ein Quotient, noch eine konstante Steigung dieser – sondern vielmehr eine Kennzeichnung eines spezifischen Punkts auf der „Spannungs-Dehnungs-Kurve".
Zugprüfungen werden für die Kontrolle der Produktqualität genutzt, sowie für die Beurteilung der Einwirkung von chemischen und thermischen Einflüssen auf ein Elastomer. Im letzten Fall ist die Beibehaltung seiner physikalischen Eigenschaften oft bedeutender, als die absoluten Werte seiner maximalen Zugspannung, der Reißdehnung oder dem Modul.



Weiterreißfestigkeit

Die Weiterreißfestigkeit oder der Weiterreißwiderstand ist bei den meisten Elastomeren relativ gering. Dieser Test misst die notwendige Kraft um eine Kerbe oder einen Schnitt fortzuführen. Dichtungswerkstoffe mit einer schwachen Weitereißfestigkeit versagen schnell unter weiterer Beanspruchung sobald ein Riss entsteht. Eine geringe Weiterreißfestigkeit eins Compounds ist darüber hinaus Hinweis für eine schlechte Abriebsbeständigkeit, welche wiederum zu einem frühzeitigen Versagen eines O-Rings im dynamischen Einsatz führen kann.

Volumenänderung

Die Volumenänderung ist die Zu- oder Abnahme des Volumens eines Elastomers, nachdem es mit einem Medium im Kontakt war. Sie wird als Prozentsatz benannt. Zunahme durch Quellung oder Abnahme durch Schrumpfung des Volumens geht nahezu immer mit einer Änderung des Gewichts einher.
Eine Volumenquellung wird durch die Aufnahme eines gasförmigen oder flüssigen Mediums vom O-Ring verursacht. In statischen Anwendungen kann manchmal sogar eine extreme Volumenquellung toleriert werden. Tatsächlich kann ein O-Ring nur bis zu einer 100%igen Füllung der Nut aufquellen, so dass keine weitere Zunahme des Volumens möglich ist. Gleichgültig, wie viel Volumenquellung in einem Tauchversuch festgestellt wurde. Wenn die Quellung im freien Zustand 50 Prozent übersteigt, kann jedoch eine radial verpresste Baugruppe aufgrund der entstandenen Reibung nahezu unmöglich auseinander zu bauen sein.
In dynamischen Anwendungen ist eine Volumenquellung von bis zu 15 oder 20 Prozent für gewöhnlich akzeptabel. Höhere Verpressungen führen allerdings zu einer starken Zunahme der Reibung und einer Abnahme der Belastbarkeit und des Abriebwiderstandes bis zu dem Punkt, an dem der Gebrauch eines bestimmten Werkstoffes unmöglich wird.
Volumenschrumpfung wird oft von Medien verursacht, die Weichmacher aus dem elastomeren Compound entziehen. Eine Volumenabnahme wird üblicherweise von einer Zunahme der Härte begleitet. Genauso wie eine Quellung den Druckverformungsrest ausgleicht, intensiviert eine Volumenschrumpfung den Effekt des Druckverformungsrests. Dies bewirkt ein Wegziehen des O-Ringes von den abzudichtenden Oberflächen – Leckageweg entsteht. Es ist daher offensichtlich, dass ein chemisches Schrumpfen weitaus kritischer zu betrachten ist, als chemische Quellung. Mehr als 3 oder 4 Prozent Schrumpfung kann ein ernsthaftes Problem für dynamische O-Ring-Abdichtungen sein.

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Chemische Beständigkeit

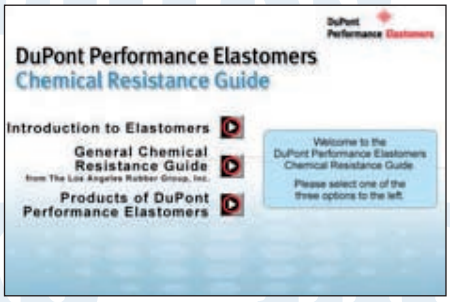
Der „Chemical Resistance Guide" der Firma DuPont Performance Elastomers ist als Unterstützung für den Nutzer gedacht, die Einsetzbarkeit einer Vielzahl von Elastomeren in vielen verschiedenen Chemikalien zu bestimmen.
Die darin enthaltenen Bewertungen basieren auf einer Kombination aus veröffentlichter Literaturangaben, Laboruntersuchungen, tatsächlichen Praxiserfahrungen und Expertenschätzungen. ERIKS verwendet den DuPont Performance Elastomers Chemical Resistance Guide.

Hinweis: die Volumenquellung ist nur ein Indikator zur Bestimmung der chemischen Beständigkeit von Elastomeren und basiert nur allein auf die Einflussgröße „Löslichkeit". Ein chemischer Angriff auf die Polymerkette kann sich auch durch eine Änderung der physikalischen Eigenschaften, wie der Zugfestigkeit, Reißdehnung oder Härte auszeichnen.

Erhöhte Temperaturen oder eine ausgedehntere Einwirkungsdauer können aggressivere Bedingungen erzeugen. In einigen Fällen können spezielle Compounds der gleichen Werkstofffamilie bessere Beständigkeiten in bestimmten Anwendungen aufweisen als andere. Sprechen Sie uns bei weiteren Fragen an oder ziehen Sie den Chemical Resistance Guide von DuPont Performance Elastomers im Internet zu Rate – dort finden Sie die neuesten Informationen.

Elastomere können in chemischen Umgebungen quellen und/oder sich verschlechtern. Dies geschieht durch Reaktionen mit der Polymerkette und dem Vernetzungssystem oder durch Reaktionen mit den Füllstoffen.
In der Halbleiterindustrie kann diese Verschlechterung durch eine erhöhte Verunreinigung und verringerter Standzeit der Dichtung beobachtet werden.

DuPont Performance Elastomers



www.dupontelastomers.com/crg

Bewertungssystem der chemischen Beständigkeit

Bewertung	*Beschreibung*	*Volumenänderung*	*Bemerkungen*
A	geringer oder kein Einfluss	< 10%	Das Elastomer kann eine geringe Quellung und/oder Verlust von physikalischen Eigenschaften unter harten Bedingungen aufweisen.
B	möglicher Verlust von physikalischen Eigenschaften	10-20%	Das Elastomer kann eine Quellung zusätzlich zu einer Änderung der physikalischen Eigenschaften aufweisen. Für statische Anwendungen möglicherweise einsetzbar.
C	deutliche Änderung	20-40%	Das Elastomer weist eine deutliche Quellung und Änderung der physikalischen Eigenschaften auf. Einsetzbarkeit in den meisten Anwendungen fragwürdig.
U	exzessive Änderung	> 40%	Das Elastomer ist für den Betrieb nicht einsetzbar.

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Einflussmechanismen:
Chemische Beständigkeit

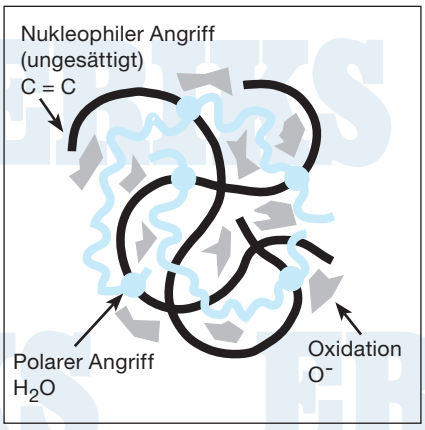
- Der Prozess der chemischen Degeneration oder der chemischen Unverträglichkeit ist sehr komplex. Generell kann eine Degeneration der Polymerkette und der Vernetzung auftreten durch:
- Nukleophiler Angriff – Nukleophile sind Ionen oder Moleküle, die Elekronen spenden können. Dies ist der Haupt-Vernetzungsmechanismus. Bei bestimmten Chemikalien kann ein nukleophiler Angriff zu einer Erhöhung des Vernetzungsgrads oder zu einer Versprödung führen.
- Dehydrofluorierung – Bei Fluorelastomeren (FKM) kann der Angriff von aliphatischen Aminen zu ungesättigten Bindungen in der Polymerkette führen.
- Polarer Angriff – eine Quellung, hervorgerufen von elektrostatischen Interaktionen zwischen dem Dipol und der Polymerkette.

Eine Degradation kann darüber hinaus auch durch Reaktionen der chemischen Umgebung mit dem Füllsystem entstehen. Diese Art von Degradation kann durch die Oxidation der Füllstoffe oder des chemischen Angriffs bestimmter Füllstoffe oder Prozesshilfsmittel verursacht werden.

In vielen Anwendungen sollten spezielle Überlegungen in Hinblick auf Verunreinigung oder der Vakuum-Tauglichkeit gemacht werden. Verunreinigungen sind besonders kritisch bei der Halbleiter-Herstellung oder medizinischen Anwendungen. Dies kann in Form von Partikelbildung, extrahierten Ionen oder anderen Restgasverunreinigungen geschehen.

Prüfverfahren:
ISO 1817 (Flüssigkeiten)
ASTM D 471, D 1460, D 3137 (Flüssigkeiten)

Volumenquellung:
Der geläufigste Maßstab zur Beurteilung der chemischen Beständigkeit ist die Volumenquellung. Die folgende Formel wir zur Auswertung von Messungen der Volumenquellung verwendet. Diese beachtet maßliche Veränderungen in alle drei Dimensionen und ist für die meisten Dichtungsanwendungen präziser als das Ablesen spezifischer Abmessungsänderungen.



Chemische Angriffsmechanismen

Volumenquellung:

$$\text{Volumenquellung (\%)} = \frac{(\text{Gewicht in Luft} - \text{Gewicht in Wasser})_{\text{endgültig}} - (\text{Gewicht in Luft} - \text{Gewicht in Wasser})_{\text{anfänglich}}}{(\text{Gewicht in Luft} - \text{Gewicht in Wasser})_{\text{anfänglich}}} \times 100$$

Hinweis:
Die Messung des „Gewichts in Wasser" wird durchgeführt, indem man ein Muster in ein Behälter mit Wasser legt und sein Gewicht misst. Dies geschieht unter der Berücksichtigung, dass die Dichte eines Körpers gleich seines Gewichts in Luft, geteilt durch die Differenz aus seinem Gewicht in Luft und seinem Gewicht in Wasser, ist.

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Thermische Einwirkungen
Jeder Kautschuk unterliegt der Alterung bei hohen Temperaturen. Die Volumenquellung sowie der Druckverformungsrest werden von der Hitze beeinflusst. Die erste Einwirkung von hoher Temperatur ist die, den Compound zu erweichen. Dies ist eine physikalische Veränderung, die wieder zurückgeht, sobald die Temperatur fällt. Bei Hochdruckanwendungen und steigenden Temperaturen kann der O-Ring durch dieses Erweichenden jedoch beginnen, in den Dichtspalt zu fließen. Mit ansteigender Zeit bei erhöhter Temperatur treten chemische Veränderungen auf. Dies führt im Allgemeinen zu einem Anstieg der Härte zusammen mit Änderungen des Volumens und des Druckverformungsrests sowie der Zugfestigkeit und Reißdehnung. Dadurch, dass diese Änderungen chemischer Natur sind, sind sie nicht reversibel. Änderungen, die durch tiefe Temperaturen hervorgerufen werden, sind hauptsächlich physikalischer Natur und daher reversibel. Ein Elastomer wird bei anschließender Erwärmung nahezu alle dessen ursprünglicher Eigenschaften zurückerhalten.

Thermische Ausdehnung
Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient ist der Quotient der Änderung der Länge pro °C oder °F in Bezug auf die ursprüngliche Länge bei 0°C beziehungsweise 0°F. Der volumetrische Ausdehnungskoeffizient von Festkörpern ist ungefähr drei Mal so hoch wie der lineare. Grob geschätzt besitzen Elastomere einen um das 10-fache höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als Stahl. Bei Fluor- und Perfluorelastomeren ist der thermische Ausdehnungskoeffizient sogar noch höher.

Dies kann bei hohen Temperaturen, wenn die Nut nahezu gefüllt, oder bei tiefen Temperaturen, wenn dadurch die Verpressung besonders gering ist, ein kritischer Faktor sein. Ein Dichtungsversagen kann zur Leckage führen, wenn aufgrund tiefer Temperaturen eine zu geringen Verpressung erreicht wird.
Es gibt bestimmte Reaktionen, die bei bestimmten Bedingungen den O-Ringe dazu führen, hohe Kräfte gegen die Nutseiten auszuüben. Wenn die Dichtung die Nut zu 100% komplett ausfüllt, ist die herrschende Kraft durch die thermische Ausdehnung des Kautschuks bestimmt. Die Nut muss immer ausreichen groß sein, um die maximale Ausdehnung des O-Ringes auffangen zu können. Es gab Anwendungsfälle, bei denen Dichtungen aufgrund deren thermischen Ausdehnung Stahlnuten zerrissen. Als Vorsorge sollte deshalb beachtet werden, dass in keinem Fall der Füllgrad einer Dichtungs-Nut mehr als 95% beträgt. Besonders bei der Auslegung von O-Ring-Nuten für Anwendungen über 150°C (300°F) sollte dies berücksichtigt werden. Bitte setzten Sie sich mit uns für die richtige Auslegung einer O-Ring-Nut in Verbindung.

Thermische Ausdehnung

Werkstoff	*Thermische Beständigkeit*	*$x10^{-5}$ / °C*
FKM	200°C / 392°F	16
NBR	120°C / 250°F	23
VMQ	230°C / 450°F	59-79
FFKM	300°C / 570°F	23
EPDM	150°C / 300°F	16
Rostfreier Stahl	-	1.04
Aluminium	-	1.3
PTFE	230°C / 450°F	5-8
KEL-F	280°C / 540°F	4-7
Polyimid	275°C / 530°F	5

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Auswahl der O-Ring-Schnurstärke (CSD)

Im Allgemeinen kann man bei der Auswahl eines O-Ringes von Vorteilen kleiner und großer O-Ring-Schnurstärken profitieren. Einige dieser Vorteile werden unten für beide Fälle aufgeführt.
Bei statischen Anwendungen, in denen keine schnellen hohen Druckschwankungen auftreten, ist es gewöhnlich besser, wenn möglich eine große Schnurstärke zu wählen. Wie vorher schon erwähnt, sind große O-Ring-Schnurstärken weniger anfällig für Probleme mit einem hohen Druckverformungsrest, Quellung und zufälligen Oberflächenschäden. Darüber hinaus sind große Schnurstärken stabiler und tendieren nicht zur Verdrehung bei der Montage. Wenn jedoch die Dichtung schnellen hohen Druckschwankungen ausgesetzt wird, ist es wenn möglich besser, einen möglichst kleinen Schnurdurchmesser zu wählen. Kleinere Schnurstärken sind weniger anfällig für Dekompressions-Probleme.

In dynamischen Anwendungen sollte eine kleine Schnurstärke gewählt werden, um so Probleme mit erhöhter Reibung zu vermeiden. In dynamischen Anwendungen wird die O-Ring-Schnurstärke oft im großen Maße durch die maximale Oberflächengeschwindigkeit bestimmt (siehe Tabelle 2).

Bei dynamischen Anwendungen mit Oberflächengeschwindigkeiten unter 2,03 m/s ist die zu verwendende O-Ring-Schnurstärke für gewöhnlich unbedenklich.
Es gibt darüber hinaus allgemeine Maßstäbe für das Verhältnis von O-Ring-Schnurstärke zum O-Ring-Innendurchmesser. Diese sind wie folgt:

Wenn: 0 > ID ≤ 20mm CSD = 1,78 oder größer
Wenn: 20 > ID ≤ 100mm CSD = 2,62 oder größer

Tabelle 1 – Eigenschaften von O-Ring-Schnurstärken

Größere Schnurstärken	*Kleinere Schnurstärken*
stabiler	weniger stabil
mehr Reibung	weniger Reibung
benötigt mehr Platz	benötigt weniger Platz
besserer Druckverformungsrest	dürftiger Druckverformungsrest
weniger Quellung (%)	möglicherweise mehr Quellung
schlechte Dekompression	bessere Dekompression
größere Toleranzen	geringere Toleranzen
weniger empfindlich gegenüber Beschädigung	empfindlich gegenüber Beschädigungen

Tabelle 2 – Schnurstärke und Oberflächengeschwindigkeit (dynamische Dichtungen)

O-Ring-Schnurstärke (mm)	*Maximale Oberflächengeschwindigkeit (m/s)*
1,78	7,62
2,62	3,04
3,53	2,03

5. Auslegung von elastomeren Dichtungen

Auswahl des O-Ring-Außen- und Innendurchmessers
Bei der Auswahl des O-Ring-Innendurchmessers (oder -Außendurchmessers) sollte zunächst die auf den O-Ring im eingebauten Zustand einwirkende Aufdehnung berücksichtigt werden. O-Ringe und dazugehörige Nuten sollten so bemessen werden, dass sowohl im eingebauten Zustand, wie auch bei Druckbeaufschlagung eine annehmbare Aufdehnung nicht überschritten wird.
Tabelle 3 zeigt für gute Dichteigenschaften notwendige Abmessungen des O-Ringes und der Nut, bezogen auf unterschiedliche Nuttypen.

Bei Flanschabdichtungen mit internem Druck sollte die Dichtungssituation so ausgelegt werden, dass der Außendurchmesser des O-Ringes an den Außendurchmesser der Nut anliegt. Stellen Sie dabei für gute Dichtungseigenschaften sicher, dass der O-Ring-Außendurchmesser nicht größer als der Außendurchmesser der Nut ist. Dies gewährleistet Ihnen den bestmöglichen Sitz der Dichtung und minimiert die Dehnung bei der Montage.

Wenn die Druckrichtung umgekehrt ist (Flanschabdichtung mit externem Druck), sollte der O-Ring-Innendurchmesser an den Innendurchmesser der Nut anliegen. Im Betrieb stellt dies dann sicher, dass der O-Ring bei Druckbeaufschlagung nicht gestaucht wird.

Tabelle 3 – Gemeinsame O-Ring-/Nutabmessungen für einen guten Sitz der Dichtung

Dichtungsart	*Druckrichtung*	*Gemeinsame Dichtungs-/ Nutabmessungen*
Flanschdichtung	intern	Außendurchmesser
Flanschdichtung	extern	Innendurchmesser
Quetschnut		Innendurchmesser
Trapeznut		Mittendurchmesser
Stangen-/Kolbendichtung		Innendurchmesser

Bei einer Trapeznut oder einer anderen nicht einheitlich geformten Nut sollte zuerst die Druckrichtung betrachtet und dann überlegt werden, wie man eine Aufdehnung möglichst minimal halten könnte. Bei einem trapezförmigen Querschnitt der Nut sollte die Trapez-Mitte als Basis für die Bestimmung eines geeigneten O-Ring-Innendurchmessers genommen werden. Dies sichert eine einfache Montage und normalerweise eine geringe Aufdehnung.

In keinem Fall sollte die anfängliche Aufdehnung im eingebauten Zustand 3-5% übersteigen.

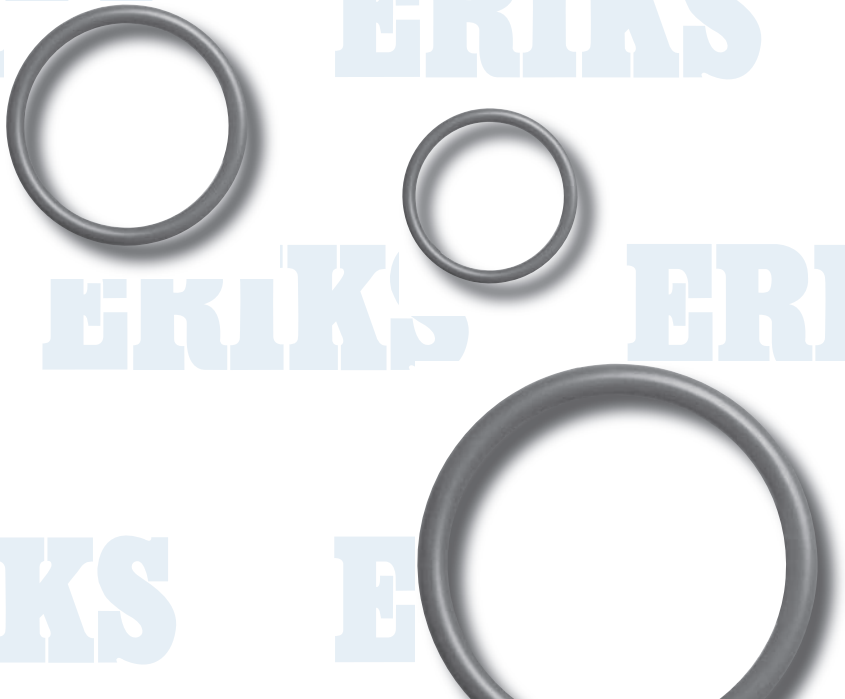
6. Werkstoff-Auswahl

Betriebsbedingungen
Die praktische Auswahl eines Dichtungswerkstoffes hängt von der richtigen Definition der Betriebsbedingungen ab. In ungefährer Reihenfolge der Anwendungswichtigkeit.

Medium
Der erste zu beachtende Faktor bei der Auswahl eines Dichtungswerkstoffes ist die Beständigkeit gegenüber den in Kontakt kommenden Medien. Dies beinhaltet alle Medien, inklusive dem abzudichtenden Öl, der äußeren Luft, eventuelle Schmierstoffe und zum Beispiel Reinigungsmittel. In einem Motorgehäuse kann zum Beispiel unverarbeitetes Benzin, Diesel-Kraftstoff, gasförmige Verbrennungsprodukte, aus dem Betriebseinsatz entstandene Säuren oder kondensiertes Wasser das Motorenöl verunreinigen. In diesem Fall muss der Dichtungswerkstoff gegenüber allen Flüssigkeiten, sowie natürlich auch dem abzudichtenden Medium selbst, beständig sein. Dadurch sollte, wann immer möglich, die abzudichtende Flüssigkeit als Schmiermittel verwendet werden. So kann eine Variable ausgeschlossen werden.
Darüber hinaus muss auch der Einfluss des O-Ring-Compounds auf das Medium berücksichtigt werden.
Als Beispiel:

- Es gibt einige in Elastomer-Compounds verwendeten Bestandteile, die eine chemische Alterung von Freon-Kühlmitteln bewirken.
- Werkstoffe für Lebensmittel- und Beatmungs-Anwendungen sollten nur nichtgiftige Substanzen enthalten.
- O-Ringe in Messgeräten oder anderen Geräten, von denen mittels Glas, einer Flüssigkeit oder Kunststoff abgelesen werden müssen, dürfen diese nicht verfärben und somit die Sicht beeinträchtigen.

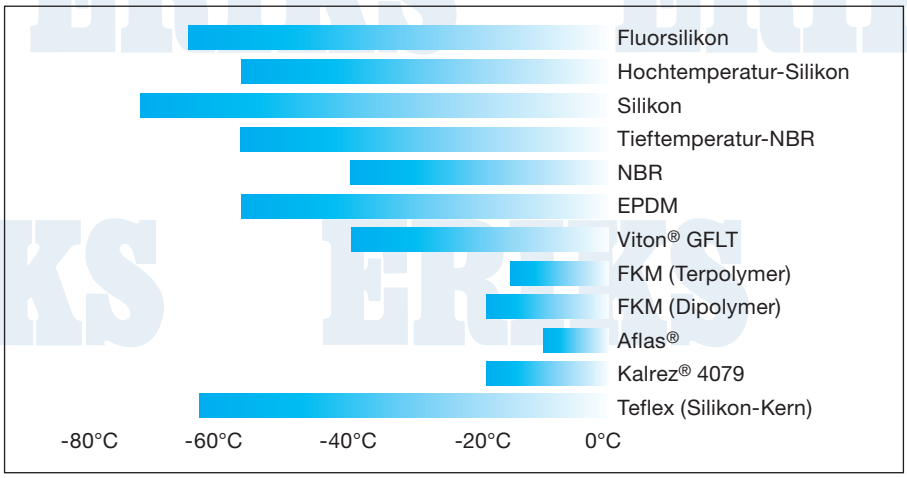
Temperatur
Maximale Temperaturbereiche werden oft zu hoch angegeben. ERIKS hat bei der Angabe der generellen Einsatztemperaturbereiche für Dichtungswerkstoffe realistische Werte mit genügend Sicherheitsreserven aufgeführt. Die Empfehlung der maximalen Temperatur für einen Compound basiert auf eine mögliche Dauereinsatztemperatur. Da sich einige Flüssigkeiten bei Temperaturen unterhalb der maximalen Einsatztemperatur von Elastomeren zersetzen, sollten beide Temperaturgrenzen bei der Auslegung von Grenzwerten des Systems berücksichtigt werden.
Bei Tieftemperaturanwendungen können manchmal einige Temperaturgrade durch die Erhöhung der Verpressung des O-Ringes gewonnen werden. Die maximale Temperaturuntergrenze eines Compounds muss unter Umständen geringer angesetzt werden, wenn der O-Ring einem Medium ausgesetzt wird, welches ein Schrumpfen verursacht.
Im Gegensatz dazu sollte die maximale Temperaturobergrenze eines Compounds herabgesetzt werden, wenn das Medium eine Quellung des O-Ringes verursacht.



6. Werkstoff-Auswahl

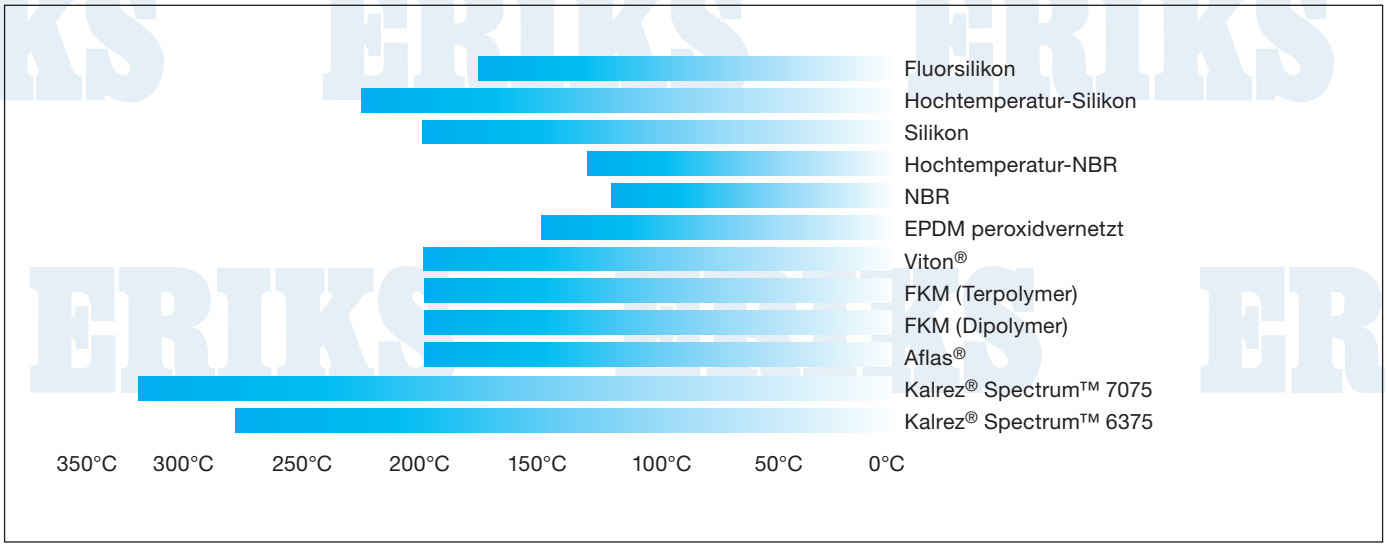
Tieftemperatur

Die Tieftemperaturgrenze bei statischen Dichtungen ist im Allgemeinen 10°C unterhalb des TR10-Werts. Bei dynamischen Dichtungen ist der TR10-Wert wichtiger. Der TR10-Wert ist die Temperatur, bei der ein Elastomer 10% seiner elastomeren Rückstelleigenschaft wiedererhält.
Das Tieftemperaturverhalten von Elastomeren ist generell ein reversibeler Prozess.
Für Auslegungszwecke sollte die Verpressung üblicherweise erhöht werden. Ein in Kontakt mit dem O-Ring kommendes chemisches Medium könnte eine Quellung verursachen und als Weichmacher fungieren. Dies könnte der minimalen Einsatztemperatur positiv entgegenwirken und diese herabsetzen. (Mehr Informationen über den TR10-Wert finden Sie auf Seite 84.)



Hochtemperatur

Mit der Hochtemperaturgrenze eines Dichtungswerkstoffes wird im Allgemeinen die Temperatur angegeben, bei welche der Werkstoff ungefähr 30-50% seiner physikalischen Eigenschaften verloren hat und seine Dichtfunktion noch mindestens 10.000 Stunden Dauereinsatz standhält. Hitzealterung stellt eine Schädigung der Polymerkette sowie des Vernetzungssystems dar, welche nicht reversibel ist. Der Einfluss von hoher Temperatur kann durch Wechselwirkungen mit dem abzudichtenden chemischen Medium beschleunigt werden. Chemische Reaktionen verdoppeln sich üblicherweise mit einem Temperaturanstieg von 10°C.



Siehe Umrechnungstabelle °F/°C auf Seite 215.

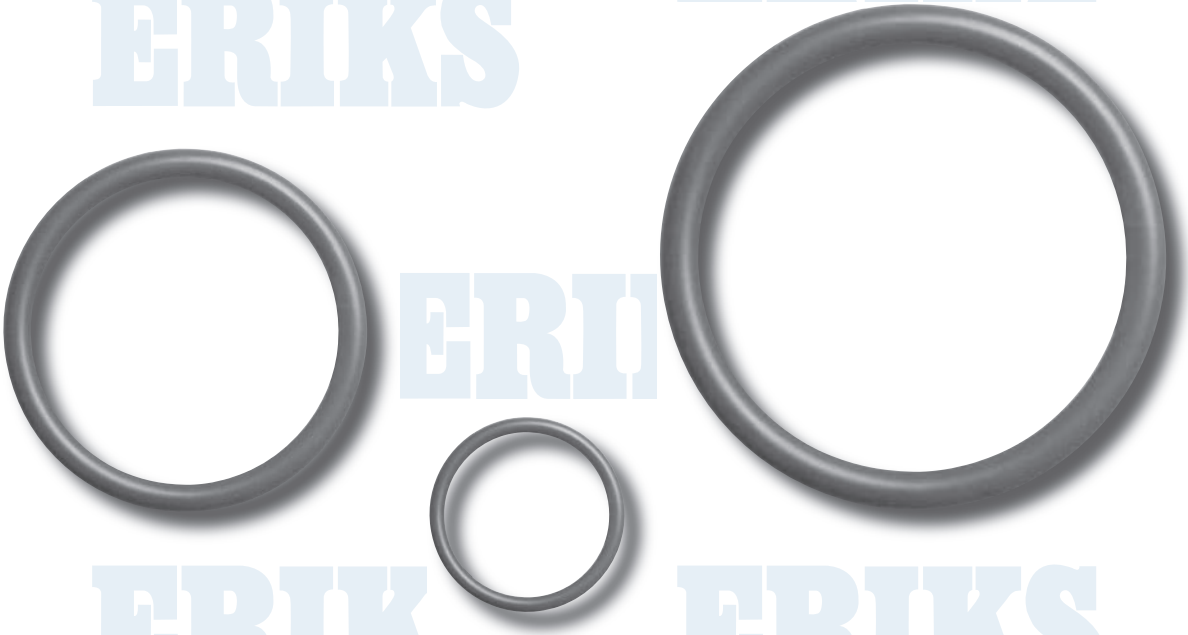
6. Werkstoff-Auswahl

Druck
Der Druck hat einen Einfluss auf die Dichtungsauslegung, da er die Wahl der Werkstoffhärte bestimmen kann. Bei besonders geringen Drücken kann eine einwandfreie Dichtfunktion einfacher erreicht werden, wenn ein Elastomer mit geringer Härte eingesetzt wird. Bei hohen Drücken bestimmt die Kombination aus vorherrschendem Druck und Härte des Dichtungswerkstoffes den maximal zulässigen Dichtspalt, der unter Umständen zu großzügig toleriert wurde. Zyklische Druckschwankungen können eine lokale Extrusion der Dichtung verursachen, wodurch diese „angeknabbert" wird. Besonders wenn eventuelle Spitzendrücke hoch genug sind, um eine Expansion des Zylinders hervorzurufen.

Zeit
Die drei offensichtlichen „Dimensionen" in der Abdichtungstechnik sind Medium, Druck und Temperatur. Die vierte, genauso wichtige, jedoch leicht übersehene Dimension ist die Zeit. Hoch- sowie Tieftemperaturgrenzen wurden aufgrund konventionell kurzfristigen Testtemperaturen veröffentlicht. Diese haben nur einen geringen Einfluss auf die tatsächliche Dauereinsatztauglichkeit von Dichtungen in sowohl statischen, als auch dynamischen Anwendungen.

Ein industrieller NBR O-Ring-Compound wird zum Beispiel für maximale Temperaturen von 120°C (250°F) empfohlen. Es ist jedoch bekannt, dass auch bei höheren Temperaturen und kürzerer Zeit, wie zum Beispiel 149°C (300°F) für 3.000 Stunden und fünf Minuten bei 538°C (1000°F) erfolgreich abgedichtet werden kann.

Es sollte daher, wenn die Anwendung eine höhere Temperatur vorschreibt, als in den Werkstoff-Datenblättern angegeben zulässig ist, die genaue Temperaturkurve geprüft werden um so zu ermitteln, ob die überwiegende Zeit bei erhöhten Temperaturen nicht doch innerhalb der maximal zulässigen Grenze liegt.



6. Werkstoff-Auswahl - Allgemein

Tabelle 3A-2 – Standard ERIKS-Compounds

Elastomer	*Compound-Nummer*	*Härte °Shore A±5*	*Temperatur °C / °F*	*Anwendung*
NBR, Nitril, Buna	33624	70	-35 bis +110 °C -31 bis +230 °F	Hydraulik-Öle, pflanzliche Öle, tierische Fette, Acetylen, Alkohole, Wasser, Luft, Kraftstoffe und viele andere Produkte.
	47702	90	-25 bis +110 °C -13 bis +230 °F	Chemische Beständigkeit wie 36624 mit höherer Härte für Hochdruckanwendungen.
	weitere			Weitere Compounds für spezielle Anwendungen auf Anfrage.
EPDM, EPM, Ethylen-Propylen	55914	70	-55 bis +130°C -67 bis +266 °F	Lösungsmittel, Alkohole, Ketone, Ester, organische und anorganische Säuren, Hydraulikflüssigkeiten. Besonders Alterungsbeständig. Nicht geeignet für tierische Fette, pflanzliche oder mineralische Öle.
	55914 PC	70	-50 bis +150 °C -58 bis +302 °F	Chemische Beständigkeit wie 55914, jedoch mit einer besseren Temperaturbeständigkeit und einem verbesserten Druckverformungsrest. Auch für Dampfanwendungen geeignet.
	55918 PC	80	-50 bis +150 °C -58 bis +302 °F	Chemische Beständigkeit wie 55914 mit höherer Härte für Hochdruckanwendungen.
	weitere			Weitere Compounds für spezielle Anwendungen auf Anfrage.
VMQ, Silikon	714177	70	-55 bis +230 °C -67 bis +446 °F	Für extreme Hoch- oder Tieftemperaturbereiche, Luft, Sauerstoff, trockener Wärme, Ozon, Heißwasser bis 150°C (302°F) und auf Glykol basierende Bremsflüssigkeiten. Beständig gegenüber Hydraulikflüssigkeiten, jedoch nicht beständig gegenüber viele Hydraulikflüssigkeit-Additiven.Silikone und Fluorsilikone werden nur für den statischen Einsatz empfohlen.
FVMQ, Fluorsilikon	614001	70	-55 bis +220 °C -67 bis +428 °F	Chemische Beständigkeit wie Silikon, mit zusätzlicher Beständigkeit gegenüber Kraftstoffen und auf Petroleum basierenden Schmierstoffen.
	weitere			Weitere Compounds für spezielle Anwendungen auf Anfrage.
FKM, Viton®	51414 schwarz und grün	75	-15 bis +210 °C +5 bis +410 °F	Gute chemische Beständigkeit gegenüber Öle, Fette und Kraftstoffe. Sehr geringer Druckverformungsrest bei hohen Temperaturen. Geeignet für Vakuum-Anwendungen.
	514320 schwarz und grün	90	-15 bis +230 °C + 5 bis +446 °F	Chemische Beständigkeit wie 514320 mit höherer Härte für Hochdruckanwendungen.
	weitere			Weitere Compounds für spezielle Anwendungen auf Anfrage.
Kalrez®	Spectrum™ 6375	75	-4 bis +275 °C bis +525 °F	Breiteste chemische und thermische Beständigkeit für die chemische Prozess-Industrie. Empfohlen für Säuren, Basen, Amine, Dampf, Ethylenoxid und viele andere aggressive Chemikalien.
	4079	75	-7 bis +316°C bis +600 °F	Hervorragende chemische und thermische Beständigkeit. Einsetzbar für 95% aller perfluorierter Anwendungen.
	Spectrum™ 7075	75	-2 bis +327 °C bis +620 °F	Hohe Temperaturen, niedrieger Druckverformungsrest, auch für Temperaturzyklen geeignet.
	weitere			Weitere Compounds für spezielle Anwendungen auf Anfrage.
Teflex FEP, PFA	FKM Viton®-Kern		-15 bis +205 °C +5 bis +400 °F	Hohe thermische und chemische Beständigkeit. Nicht empfohlen für dynamische Anwendungen. Kann bei der Montage nicht aufgedehnt werden.
	VMQ-Kern		-60 bis +205 °C -76 bis +400 °F +260°C (PFA)	Chemische Beständigkeit von FPM mit einem verbesserten Druckverformungsrest bei tiefen Temperaturen. Nicht empfohlen für Vakuum-Anwendungen aufgrund hoher Gaspermeabilität. Nicht für dynamische Anwendungen.

Hinweis: Wir haben über 120 verschiedene Compounds für spezifische Anwendungen.
Fragen Sie nach unseren jeweiligen technischen Material-Datenblättern.

6. Werkstoff-Auswahl - Allgemein

Standard ERIKS-Compounds (Vulc-O-Ringe)

Elastomer	*Härte °Shore A±5*	*Anwendung*
Genuine Viton® A 514307 braun	60	Gute chemische Beständigkeit gegenüber Öle, Fette und Kraftstoffe. Sehr geringer Druckverformungsrest bei hohen Temperaturen. Geeignet für Vakuum-Anwendungen.
Genuine Viton® A 514206, 514302, 514306	75	Gute chemische Beständigkeit gegenüber Öle, Fette und Kraftstoffe. Sehr geringer Druckverformungsrest bei hohen Temperaturen. Geeignet für Vakuum-Anwendungen.
Genuine Viton® A 514309, 514310	90	Gute chemische Beständigkeit gegenüber Öle, Fette und Kraftstoffe. Sehr geringer Druckverformungsrest bei hohen Temperaturen. Geeignet für Vakuum-Anwendungen.
Genuine Viton® A 514304 FDA weiss	75	Gute chemische Beständigkeit gegenüber Öle, Fette und Kraftstoffe. Sehr geringer Druckverformungsrest bei hohen Temperaturen. Geeignet für Vakuum-Anwendungen. Lebensmittelqualität mit FDA-Konformität.
Genuine Viton® A 75° FDA schwarz	75	Gute chemische Beständigkeit gegenüber Öle, Fette und Kraftstoffe. Sehr geringer Druckverformungsrest bei hohen Temperaturen. Geeignet für Vakuum-Anwendungen. Lebensmittelqualität mit FDA-Konformität.
VMQ Silikon 714206 FDA rot	75	Für extreme Hoch- oder Tieftemperaturbereiche, Luft, Sauerstoff, trockener Wärme, Ozon, Heißwasser bis 150°C (302°F) und auf Glykol basierende Bremsflüssigkeiten. Beständig gegenüber Hydraulikflüssigkeiten, jedoch nicht beständig gegenüber viele Hydraulikflüssigkeit-Additiven. Silikone und Fluorsilikone werden nur für den statischen Einsatz empfohlen. Lebensmittelqualität mit FDA-Konformität.
FVMQ Fluorsilikon 75° blau	75	Chemische Beständigkeit wie Silikon, mit zusätzlicher Beständigkeit gegenüber Kraftstoffen und auf Erdöl basierenden Schmierstoffen.
EPDM 60° schwarz	60	Lösungsmittel, Alkohole, Ketone, Ester, organische und anorganische Säuren, Hydraulikflüssigkeiten. Besonders Alterungsbeständig. Nicht geeignet für tierische Fette, pflanzliche oder mineralische Öle.
EPDM 559303 schwarz	75	Lösungsmittel, Alkohole, Ketone, Ester, organische und anorganische Säuren, Hydraulikflüssigkeiten. Besonders Alterungsbeständig. Nicht geeignet für tierische Fette, pflanzliche oder mineralische Öle.
EPDM 75° FDA schwarz	75	Lösungsmittel, Alkohole, Ketone, Ester, organische und anorganische Säuren, Hydraulikflüssigkeiten. Besonders Alterungsbeständig. Besunderes Alterungsbeständig. Nicht geeignet für tierische Fette, pflanzliche oder mineralische Öle. Lebensmittelqualität mit FDA-Konformität.
NBR 366304 schwarz	60	Hydraulik-Öle, pflanzliche Öle, tierische Fette, Acetylen, Alkohole, Wasser, Luft, Kraftstoffe und viele andere Produkte.
NBR 366302 schwarz	75	Hydraulik-Öle, pflanzliche Öle, tierische Fette, Acetylen, Alkohole, Wasser, Luft, Kraftstoffe und viele andere Produkte.
NBR 366303 schwarz	90	Hydraulik-Öle, pflanzliche Öle, tierische Fette, Acetylen, Alkohole, Wasser, Luft, Kraftstoffe und viele andere Produkte.
NBR 366185 FDA schwarz	75	Hydraulik-Öle, pflanzliche Öle, tierische Fette, Acetylen, Alkohole, Wasser, Luft, Kraftstoffe und viele andere Produkte. Lebensmittelqualität mit FDA-Konformität.
HNBR 886301 schwarz	75	Bessere Öl- und Temperaturbeständigkeit als NBR.
HNBR 75° FDA schwarz	75	Bessere Öl- und Temperaturbeständigkeit als NBR. Lebensmittelqualität mit FDA-Konformität.
PUR 75° schwarz	75	Abriebsbeständigkeit.
Aflas® 75° schwarz	75	Sehr gut Beständig gegenüber Dampf bis 200°C (392°F).
Aflas® 223302 schwarz	90	Sehr gut Beständig gegenüber Dampf bis 200°C (392°F).
CR 60° schwarz	60	Hohe Ozonbeständigkeit.
CR 329302 schwarz	75	Hohe Ozonbeständigkeit.
CR 329303 FDA schwarz	75	Hohe Ozonbeständigkeit. Lebensmittelqualität mit FDA-Konformität.
Viton® GF 75° schwarz	75	Viton®-Sondertyp mit einem Fluoranteil von 70% und der besten chemischen Beständigkeit der Viton®-Familien A, B und F.
Viton® GLT 75° schwarz	75	Tieftemperatur Viton®-Compound.
Viton® GFLT 75° schwarz	75	Kombination aus Viton® GF und Viton® GLT.
Viton® Extreme ETP 75° schwarz	75	Sehr hohe chemische Beständigkeit, besonders für die Lackierindustrie geeignet.
Viton® Extreme TBR 75° schwarz	75	Sehr hohe Basenbeständigkeit.

6. Werkstoff-Auswahl - Spezielles

Für extreme Einsatzgebiete

ERIKS bietet Ihnen eine Reihe von Compounds für „extreme" Bedingungen in Ihrem Anwendungsumfeld

- verschiedene NBR und EPDM-Compounds für spezielle Anwendungen
- Silikon HT für Temperaturen bis 280°C
- Fluorsilikon nach MIL-R-25988B für Kraftstoff und Tieftemperaturflexibilität
- Aflas® für optimale Beständigkeit bei Dampf und Rohöl
- HNBR für optimale Beständigkeit bei Hydraulikflüssigkeiten bis 150°C – niedrigster Druckverformungsrest
- und viele mehr...
- über 120 Datenblätter stehen Ihnen zur Verfügung (www.o-ring.info)

O-Ringe mit speziellen Zulassungen und Konformitäten
Wir haben eine ganze Palette von Compounds für den Einsatz im Kontakt mit Nahrungsmitteln, Medikamenten, Wasser und Gasen entwickelt.

FDA
- NBR 366470 schwarz
- NBR 32770 schwarz
- NBR 366010 grau
- NBR 366472 weiss
- NBR 366490 schwarz
- Neopren 329303 schwarz
- HNBR 886172 schwarz
- EPDM 55501 schwarz
- EPDM 55641 schwarz
- EPDM 559270 schwarz
- EPDM 559272 weiss
- EPDM 559273 schwarz
- EPDM 55111 schwarz
- EPDM 559274 weiss
- EPDM 559187 schwarz
- EPDM 55920 schwarz
- Genuine Viton® A 514670 schwarz
- Genuine Viton® 514642 grün
- Genuine Viton® A 514672 weiss
- Genuine Viton® A 514674 blau
- Genuine Viton® A 514304 weiss
- Genuine Viton® A 514690 schwarz
- Genuine Viton® A 514694 blau
- Teflex Viton® schwarz
- FKM 514010 weiss
- FKM 514676 schwarz
- VMQ Silikon 714742 weiss
- VMQ Silikon 714747 transparent
- VMQ Silikon 714748 rot
- VMQ Silikon ST-EC60-001 weiss
- VMQ Silikon 714177 rot
- VMQ Silikon 714003 blau
- VMQ Silikon 714001 transparent
- VMQ Silikon 714625 rot
- VMQ Silikon 714002 transparent
- VMQ Silikon 714782 rot
- Teflex Silikon rot
- Kalrez® 6221 weiss
- Kalrez® 6230 schwarz
- und viele mehr in Härten von 20° bis 90° Shore A

DVGW
- NBR 366033 und 366016
- FKM 514023 und 514056
- EPDM 559003 schwarz

KTW
- Silikon 714008 rot
- EPDM 559003 schwarz
- FKM 514002 grün

KIWA
- EPDM 55111 schwarz

WRC
- EPDM 559003 schwarz
- Silikon 714014 rot

NSF
- EPDM 559003 schwarz
- NBR 366016 schwarz

Gastec
- NBR 32770 schwarz

ACS
- EPDM 559003 schwarz

USP
- EPDM 559274 weiss
- Kalrez® 6221 weiss
- Kalrez® 6230 schwarz

MILSPEC's
- fragen Sie nach unserem Spezialprospekt

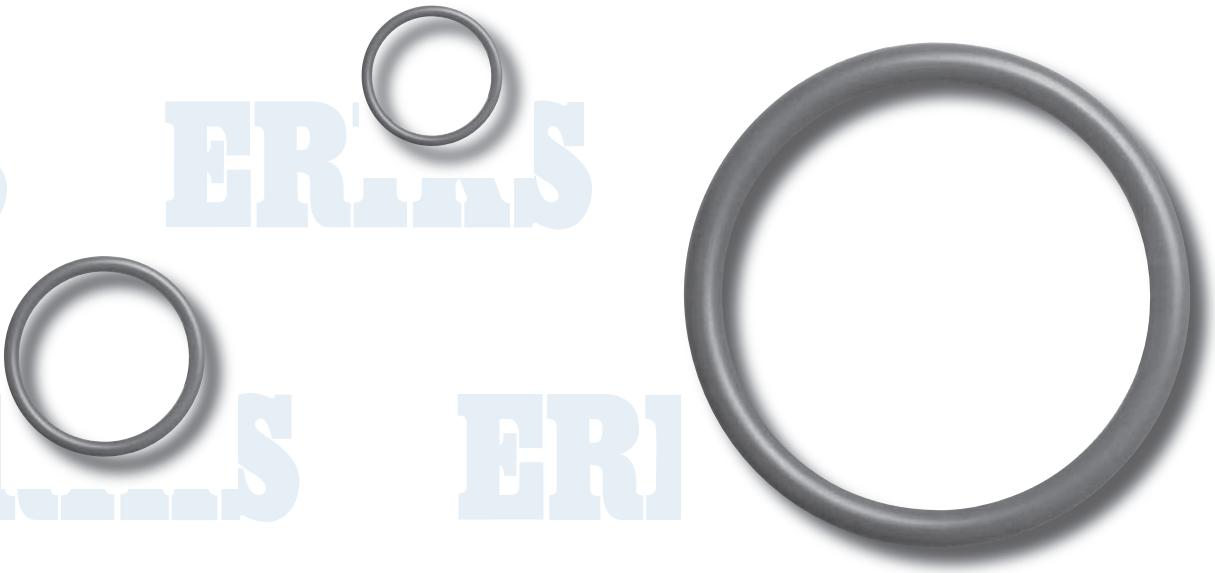
Fordern Sie unser Spezialprospekt über FDA- und USP-O-Ringe an!

6. Werkstoff-Auswahl - Spezielles

O-Ringe in Spezialausführungen

- Quad-Ringe®
- X-Ringe
- silikonfrei
- lackbenetzungsstörungsfrei
- talkumiert
- silikonisiert
- ummantelt mit Silikon, PTFE, FEP, PFA
- mit integrierter Schmierung (PTFE, Graphit, $MoS_{2)}$
- hochreine Compounds
- NBR 90 Stützringe
- PTFE O-ringe
- Omniseals (mit Feder) PTFE
- mit engeren Toleranzen
- mit Oberflächenkontrolle
- Micro-O-Ringe
- Vulc-O-Ringe
- gekapselte O-Ringe
- mit Spezialzulassungen
- elektrisch leitfähig
- dekompressionsbeständig
- entgast
- reinraumverpackt

ERIKS O-RINGE – GEFERTIGT AUF DEN MODERNSTEN PRODUKTIONSANLAGEN.

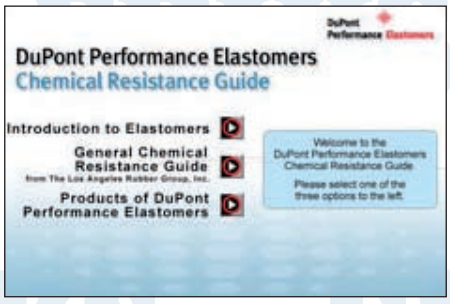


AUTHORIZED DISTRIBUTOR
Kalrez®
perfluoroelastomer parts
DuPont Performance Elastomers

6. Werkstoff-Auswahl - Spezielles

Tabelle 3A-2a Standard und Spezial Kalrez® Compounds

Kalrez® Compound	*Härte °Shore A ± 5*	*100% Modul Mpa*	*DVR (70 h 204 °C)%*	*Max. Temp. °C/°F*	*Farbe und Füllstoff*	*Branche*	*Anwendungen*
4079	75	7.2	25	315 / 600	schwarz	Chemieindustrie	hohe Temperaturen, niedriger Druckverformungsrest
Spectrum™ 6375	75	7.6	27	275 / 536	schwarz	Chemieindustrie	breiteste chemische Beständigkeit bei hohen Temperaturen
Spectrum™ 7075	75	7,58	15	327 / 620	schwarz	Chemieindustrie	höchste Temperaturbeständigkeit, extrem niedriger Druckverformungsrest, auch für Temperatur-Zyklen geeignet, breite chemische Beständigkeit
1050LF	82	12,4	35	280 / 536	schwarz	Chemieindustrie	besonders geeignet gegenüber Heißwasser und Dampf sowie Amine
2035	85	8,6	25	210 / 410	schwarz	Chemieindustrie	besonders geeignet gegenüber Ethylenoxid / Propylenoxid und Dampf
2037	79	6,2	27	220 / 430	weiss	Chemieindustrie	hochrein, generelle chemische Beständigkeit besonderes gegenüber oxidierenden Umgebungen
3018	91	16,9	35	280 / 536	schwarz	Chemieindustrie	hoher Härtegrad, gegen Spaltextrusion bei hohen Drücken
6221	71	7,0	27	250 / 480	weiss	Nahrungsmittel/ Pharmaindustrie	FDA, USP Class VI, FCN 000101
6230	75	7,1	18	270 / 518	schwarz	Nahrungsmittel/ Pharmaindustrie	FDA, USP Class VI, FCN 000101
2085	92	15,2	35	210 / 410	schwarz	Öl- und Gasförderung	besonders gegen Explosive Dekompression
3035	87	14,4	20	280 / 536	schwarz	KVSP/Chemieindustrie	KVSP Ventilschaftdichtungen
4079 UP	75	7,2	25	315 / 600	schwartz	Semicon	thermische Anwendungen
7075 UP	75	7,58	15	327 / 620	schwartz	Semicon	thermische Anwendungen
2037 UP	79	6,2	27	220 / 428	weiss	Semicon	hoher Reinheitsgrad
6375 UP	75	7,6	27	275 / 563	schwartz	Semicon	Naßchemie, geringe Extraktionswerte, statische und dynamische Anwendungen
Sahara 8475 UP	72	2,2	23	300 / 570	weiss	Semicon	Dry, Plasma, thermische Anwendungen
Sahara 8575 UP	62	2,48	27	300 / 572	weiss	Semicon	Etch-Prozesse, geringer Gewichtsverlust in sauerstoff- oder fluorbasierenden Plasmaanwendungen
Sahara 8002 UP	69	2,90	15	250 / 482	glasklar	Semicon	Plasma- und Gasanwendungen, geringe Partikelerzeugung
Sahara 8085 UP	80	7,50	42	240 / 572	beige	Semicon	Plasma- und Gasanwendungen, HDPCVD, PECVD, SACVD, Etch, Ash, geringe Partikelerzeugung



In Zusammenarbeit mit DuPont Performance Elastomers bieten wir Ihnen FEA-Analysen von Ihren Dichtungsanwendungen, um Ihnen so bei der Auswahl des richtigen Kalrez® O-Ring-Compounds behilflich zu sein.

www.dupontelastomers.com/crg

DuPont Performance Elastomers

6. Werkstoff-Auswahl – Viton®

Genuine Viton®

„Nur das Beste ist für Sie gut genug"

Die heutige Industrie arbeitet manchmal unter extremen Bedingungen. Hitze, aggressive Medien, korrosive Gase und mechanische Beanspruchung fordern äußerste Leistungen von Dichtungen. Extreme Anforderungen benötigen strenge Qualitätskontrollen und die Verwendung der besten Materialien. In vielen Fällen ist das von DuPont Performance Elastomers hergestellte Fluorelastomer Genuine Viton® die Lösung. Genuine Viton® wird aus 100% reinem Fluorelastomer hergestellt und mit dem Viton®-Zertifikat bestätigt, welches von DuPont Performance Elastomers erteilt wird. ERIKS ist offizieller Lizenznehmer von Genuine Viton®.

Wie stelle ich sicher, dass ich Genuine Viton® bekomme?
Nur Genuine Viton®-Produkte tragen das spezifische, leicht wiederzuerkennende Emblem auf deren Verpackung. Alle Viton®-Produkte werden streng nach den Richtlinien von DuPont Performance Elastomers gefertigt – dem einzigen Hersteller von Viton®.

Mit Genuine Viton®-Produkten ist eines sicher: die Produkte werden sowohl von DuPont Performance Elastomers, wie auch deren lizenzierten Partnern, nach den in dem Paragraph „Material Integrity" von OSHA 1910.119 (Verfahren zur sicheren Behandlung von hochgefährlichen Chemikalien) festgelegten Richtlinien hergestellt und verarbeitet.
Fragen Sie nach unserem speziellen Genuine Viton®-Prospekt.

Die Viton®-Familien
Viton® wurde im Jahre 1958 kommerziell eingeführt. Es gibt zur Zeit drei hauptsächlich verwendete Familien von Viton®: A, B und F. Sie unterscheiden sich in erster Linie in der Beständigkeit gegenüber Flüssigkeiten und im Besonderen gegenüber aggressiven Schmierölen und mit Sauerstoff angereicherten Kraftstoffen, wie Methanol- und Ethanol-Kraftstoff-Gemische in der Automobilindustrie. Darüber hinaus gibt es auch eine Reihe von Viton®-Hochleistungstypen: GBL, GF, GLT, GFLT, Extreme ETP und Extreme TBR (basenbeständig).

Die wichtigsten Viton®-Familien

Viton®-Typ	*A*	*B*	*F*	*GLT*	*GFLT*	*Extreme ETP*	*Extreme TBR*
Fluoranteil in %	66	68	70	64	67	67	60
Extreme chemische Beständigkeit	++	+++	++++	+	++++	++++	++++
Hochtemperaturbeständigkeit	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Tieftemperaturbeständigkeit	+	0	-	++++	++	+	+
Druckverformungsrest*	+++	++	+	+	+	+	+

- = ungeeignet 0 = ausreichend + = gut ++ = sehr gut +++ = exzellent ++++ = hervorragend
Hinweis: Aus diesen Familien können alle möglichen Viton®-Produkte hergestellt werden.

6. Werkstoff-Auswahl – Viton®

Viton®-Compounds sind ausgezeichnet für extrem chemische Beständigkeit. Dichtungen, die extremen Chemikalien (Aminen, konzentrierte Säuren, Heißdampf) ausgesetzt werden, erfordern einen Compound mit hervorragender chemischer Beständigkeit. Wir bieten
Ihnen die folgenden Lösungen:

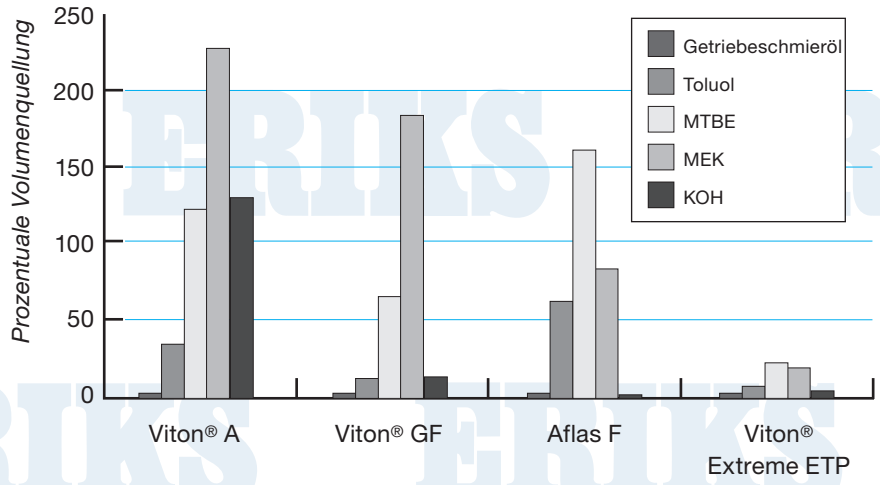
Viton® B
Terpolymer aus Viton® B mit besserer chemischer Beständigkeit als Standard Viton® A Compounds. Allerdings mit einem etwas höheren Druckverformungsrest.

Viton® GF
Dieser Compound bietet die beste chemische Beständigkeit der Viton® Familien A, B und F. Der Druckverformungsrest ist verglichen mit dem ERIKS Standard Viton® Compound 51414 etwas höher.

Viton® Extreme ETP
Viton® Extreme ETP ist die jüngste Entwicklung der Viton® Familie. Es ist ein Terpolymer aus Ethylen, Tetrafluorethylen und Perfluormethylvinylether.
Es schließt die Lücke zwischen Fluorelastomere (Viton®) und Perfluorelastomere (Kalrez®).
Viton® Extreme ETP bietet die beste chemische Beständigkeit aller Fluorelastomere und ist vorzugsweise in den Farben schwarz und grün erhältlich. Eine Liste der chemischen Beständigkeit ist auf Anfrage verfügbar.
Viton® Extreme ETP hat seine höchste chemische Beständigkeit im Kontakt mit Kraftstoffen mit Additiven, Lackierprozessen, Alkoholen und Chemikalien wie MTBE und ETBE bewiesen.

Viton® Extreme ETP besitzt die breiteste chemische Beständigkeit aller Viton® Familien. Ursprünglich wurde es von DuPont Performance Elastomers für den Einsatz in Erdölfeld-Anwendungen oder den Kontakt mit Aminen und sauren Ölen entwickelt. Aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften wird Viton® Extreme ETP heutzutage auch häufig unter den rauesten Bedingungen in Anwendungen der chemischen Prozess-Industrie (CPI) eingesetzt. Viton® Extreme ETP kann häufig Probleme in Fällen lösen, in denen die hohen Kosten von Perfluorelastomeren wie Kalrez® nicht tragbar sind. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der chemischen Beständigkeit von Viton® A, Viton® GF, Aflas® und Viton® Extreme ETP.

Volumenquellung in verschiedenen Flüssigkeiten



6. Werkstoff-Auswahl – Viton®

Tabelle 3A-2c – Unterschiede in der Medienbeständigkeit

Viton® Compound	*A*	*B*	*F*	*Extreme ETP*	*GBL*	*GF*	*GLT*	*GFLT*
CHEMISCHE UMGEBUNG								
Automobil- und Luftfahrtkraftstoffe	1	1	1	1	1	1	1	1
Automobilkraftstoffe mit Sauerstoff angereichert mit MEOH, ETOH, MTBE, usw.	-	2	1	1	2	1	-	1
Motoröl, SE und SF	2	1	1	1	1	1	1	1
Motoröl, SG und SH	3	2	1	1	1	1	2	1
Aliphatische Kohlenwasserstoff-Prozessmedien, Chemikalien	1	1	1	1	1	1	1	1
Aromatische Kohlenwasserstoff-Prozessmedien, Chemikalien	2	2	1	1	1	1	2	1
wässerige Flüssigkeiten, Dampf, mineralische Säuren	3	2	2	1	1	1	1	1
Starke Basen, hoher pH, Ätzmittel, Amine	Viton® Extreme TBR							
VERFORMUNGS- UND TIEFTEMPERATURLEISTUNG								
Bewertung des Druckverformungsrests	1	2	2	1	2	3	2	2
Tieftemperaturdichtwirkung, TR10- Testergebnisse in °Celsius	-17	-14	-7	-11	-15	-6	-30	-24
Tieftemperaturdichtwirkung, TR10- Testergebnisse in °Fahrenheit	+1	+7	+19	+12	+5	+21	-22	-7

1 = hervorragend, minimale Volumenquellung / 2 = sehr gut, geringe Volumenquellung / 3 = gut, mäßige Volumenquellung

Viton® A-Compounds für den allgemeinen Einsatz

ERIKS bietet Ihnen vier Standard O-Ring Compounds, von denen Tausende von verschiedener Abmessungen ab Lager verfügbar sind. Die wichtigsten technischen Daten dieser Compounds finden Sie in der Tabelle 3A-2d.

Tabelle 3A-2d – Standard Genuine Viton® A-Compounds

Technische Daten	51414 *schwarz*	51414 *grün*	*514320 schwarz*	*514206 Vulc-O-Ring*
Härte °IRHD ± 5°, DIN 53519	75	75	90	75
Zugfestigkeit MPa minimal, DIN 53504	13	12	14	10,7
Reißdehnung %, DIN 53504	170	170	120	213
Druckverformungsrest % 25h/200°C auf Platte, maximal, DIN 53517	12	14	14	4,6
auf O-ring 4,53 mm maximal	18	19	18	7,5
Alterung in Luft 70h/200°C				
Härte, DIN 53508	+4°	+5°	+5°	+3°
Tieftemperaturverhalten, TR10-Wert, ASTM D 1329	-16°C	-16°C	-16°C	-22°
Dichte, ASTM D 1817	1,85g/cm^3	2,07g/cm^3	1,87g/cm^3	2,32g/cm^3
Max. Temperatur °C	+200°	+200°	+200°	+200°
Sonstige Informationen	Lager	Lager RAL 6011	Lager in schwarz, grün auf Anfrage	1-5 Tage Fertigung, auch in FDA

6. Werkstoff-Auswahl – Viton®

Petrochemische Industrie

Aufgrund der Permeabilität von O-Ring-Werkstoffen können unter hohem Druck Gase in den O-Ring eindringen. Diese bilden dort zwischen den Molekülketten mikroskopische Bläschen. Bei Rücknahme des Drucks expandieren die Gasbläschen und verursachen in der Dichtungsstruktur Risse. Wir bieten Ihnen den Compound 514162, der die höchsten Anforderungen in diesen Einsatzgebieten erfüllt: hohe Drücke, Extrusionsbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber explosiver Dekompression für den Einsatz im Kontakt mit Erdgas, Dampf und Korrosionsschutzmitteln usw. Offensichtlich sind für weniger kritische Anwendungen auch unsere Standard Viton®-Compounds perfekt geeignet.

Lebensmittelindustrie

Wir bieten Ihnen eine Vielzahl von Compounds, die für den Kontakt mit Lebensmitteln zugelassen sind. Diese Compounds entsprechen den Anforderungen der amerikanischen Food And Drug Administration (FDA) 21 CFR 177.2600 für den Einsatz im Kontakt mit unverpackten Lebensmitteln.

Für Elastomere existieren zwei maßgebende FDA-Klassifizierungen: „Class 2“ für den Kontakt mit wässrigen Medien wie Bier und Erfrischungsgetränke und „Class 1“ für den Kontakt mit Milch, fettigen Lebensmitteln und essbaren Ölen. ERIKS Standard Viton® FDA-O-Ringe erfüllen die Anforderungen der Class 1. Die folgenden Compounds sind unter anderem FDA Class 1 konform:

- Viton® 70 514670 schwarz
- Viton® 70 514672 weiss
- Viton® 70 514674 blau
- Viton® 70 514690 schwarz

Eine Vielzahl von Compounds mit einer Härte von 60° bis 95° IRHD sind auch in FDA Class 2 konformen Qualitäten lieferbar.

Tieftemperaturanwendungen

Fluorelastomere zeichnen sich nicht besonders in Bezug auf Ihre Tieftemperaturbeständigkeit aus. Aufgrund deren molekularen Struktur wird Viton® bei Temperaturen unter -12°C (53,6°F) sehr hart. Mittels einer speziellen Molekularstruktur und Vernetzungssystem ist es allerdings möglich, einen Compound herzustellen, der bei Temperaturen von bis zu -40°C (-40°F) einsetzbar ist: 514115 (basierend auf Viton® GLT). Alternativ hat Viton® GFLT einen Temperaturbereich bis -30°C (-22°F).

Die folgende Tabelle gibt die Testergebnisse verschiedener Viton® Familien bei Tieftemperaturen wieder:

Viton® Familien bei Tieftemperaturen

Polymertyp	*Viton® A 51414 Co-*	*Viton® B Ter-*	*Viton® GLT Tetra-*	*Viton® GFLT Tetra-*
Fluoranteil in %	66	66	64	67
Druckverformungsrest in %	16	24	26	36
TR10-Wert, °C	-17,2	-18,8	-31,1	-25,2
Dichtungstest, Leckage bei °C	-32	-34	-45	-37

Quelle: Tieftemperatur-Dichtungsvermögen von Fluorelastomeren, DuPont Performance Elastomers

6. Werkstoff-Auswahl – Viton®

Spezielle Compounds

Die folgenden Compounds können unter sehr spezifischen Bedingungen verwendet werden. Es sind nur deren Hauptmerkmale beschrieben. Weitere spezifische Details sind auf Anfrage erhältlich.

514270 weiss und 514304 weiss

Beide Compounds wurden auf eine Art hergestellt, durch die sie trotz des Fehlens von Ruß über optimale physikalische Eigenschaften verfügen. Die chemische und thermische Beständigkeit ist mit der unserer Standard Viton®-Compounds identisch.

514162

Extrusionsbeständige Qualität. Beständig gegenüber Säuren und Dampf. Härte 95° Shore A.

514158
Durch die Zugabe von PTFE-Partikeln wird ein optimaler Reibungskoeffizient erreicht, welcher dem Compound eine hervorragende Verschleißfestigkeit verleiht. Dadurch ein hervorragender Compound für dynamische Dichtungen!

Hochreiner Compound SCVBR

Dieser Compound bietet eine einzigartige Kombination von chemischer Beständigkeit und sehr guter Plasmabeständigkeit. Sein Gehalt an verunreinigenden Substanzen ist bis zu 600 Mal geringer als bei Standard Viton®.
Er verliert bei Plasmabehandlungen sehr wenig Gewicht und beinhaltet nur ein Zehntel Oberflächenunreinheiten in reaktivem Plasma. Dadurch ein typischer Compound für die Halbleiterindustrie.

Hinweis:
Für sehr spezifische Bedürfnisse können wir spezielle Viton®-Compounds entwickeln, die einzigartige Anforderungen erfüllen; sogar bessere, als die hier beschriebenen. Derzeit haben wir rund 65 einzigartige Compounds, die bereits überall auf der Welt erfolgreich eingesetzt werden. Es versteht sich von selbst, dass dies kundenspezifische Compounds sind, die in der Regel nicht ab Lager verfügbar sind.

Vulc-O-Ring 514206

Viton® Vulc-O-Ringe werden aus einer sehr gleichförmigen Genuine Viton® O-Ring-Rundschnur der Härten 75° und 90° Shore A hergestellt.
Die O-Ringe werden endlos mit einem 45°-Schnitt mittels eines einzigartigen Verfahrens produziert.
Die Verbindungsstelle wird einer nachfolgenden Behandlung unterzogen und ist nur schwer erkennbar.
Jeder Vulc-O-Ring wird nach DIN 7715 E2 gefertigt. Die O-Ring-Schnur hat einen extrem geringen Druckverformungsrest, welcher zu einer Lebensdauer der Vulc-O-Ringe führt, die durchschnittliche Lebensdauer von Standard Viton® A O-Ringen übertrifft.

Hinweis:
Im nächsten Kapitel „Häufig gestellte Fragen über Viton®“ finden Sie eine Vergleichsaufstellung, die Ergebnisse von Lebensdauertests wiedergibt. Nach 3.000 Stunden bei 200°C (390°F) zeigte die Verbindungsstelle von Vulc-O-Ringen die gleichen elastischen Eigenschaften (Druckverformungsrest), wie die Originalschnur. Dies leitet uns zu der Folgerung, dass Vulc-O-Ringe gleich anzusehen sind, wie Standard, aus einer Form gefertigte, O-Ringe. Eine Kopie des Prüfberichts ist auf Anfrage erhältlich.

Fragen Sie nach unserem speziellen Viton®-Prospekt

6. Werkstoff-Auswahl – Viton®

Häufig gestellte Fragen über Viton®

1. Hat die Farbe des Compounds einen Einfluss auf die Qualität der Dichtung?

Unserer Erfahrung nach ändert sich die Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit nicht. Mechanische Eigenschaften von schwarzen Compounds sind allerdings oft besser als die von farbigen Compounds.

2. Hat der Rußtyp einen Einfluss auf die Qualität der Dichtung?

Definitiv! Der Standard MT990 Rußfüllstoff bietet sehr gute Ergebnisse in allen Gesichtspunkten. Spezielle Ruße, wie das „Austin Black“ zu Beispiel, können die Dichtungseigenschaften stark verbessern. Andere Ruße bieten den Vorteil einer höheren Zugfestigkeit oder Abriebbeständigkeit.

3. Wie schnell können Sondergrößen geliefert werden?

Durch unseren einzigartigen Vulkanisationsprozess können wir Ihnen Vulc-O-Ringe, wenn gewünscht, innerhalb von 48 Stunden liefern. Die Standardlieferzeit beträgt für Sondergrößen etwa 1 bis 2 Wochen.

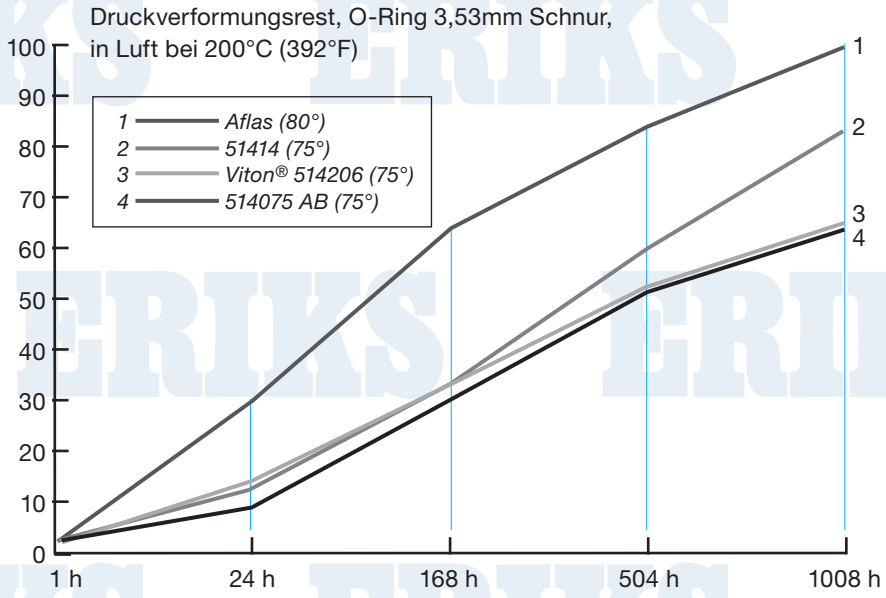
4. Was ist eine Nachvulkanisierung?

Nach der Formpressung müssen Viton®-Teile bei 200°C (392°F) abhängig vom Compound für 8 bis 24 Stunden nachvulkanisiert werden. Die Nachvulkanisierung optimiert die Vulkanisation, indem die Entwicklung aller Vernetzungen in der Molekularstruktur angeregt wird. Die Art und Weise des Nachvulkanisierens kann einen starken Einfluss auf die endgültige Qualität des Compounds und damit der Fertigteile haben.

5. Gibt es einen Unterschied in der Lebensdauer zwischen den verschiedenen Compounds?

Wir haben einige unserer Compounds Lebensdauer-Tests unterzogen.
Der Druckverformungsrest wurde in trockener Luft bei 200°C nach 1.000 Stunden gemessen.
Man kann davon ausgehen, dass ein O-Ring seine Dichtungseigenschaften verliert, nachdem der Druckverformungsrest 100% erreicht hat. Das folgende Diagramm zeigt eine Übersicht über vier Compounds:

• Viton®-Lebensdauertest



6. Werkstoff-Auswahl – Viton®

Häufig gestellte Fragen über Viton®

6. Wie ist der Preisunterschied zwischen den Compounds?

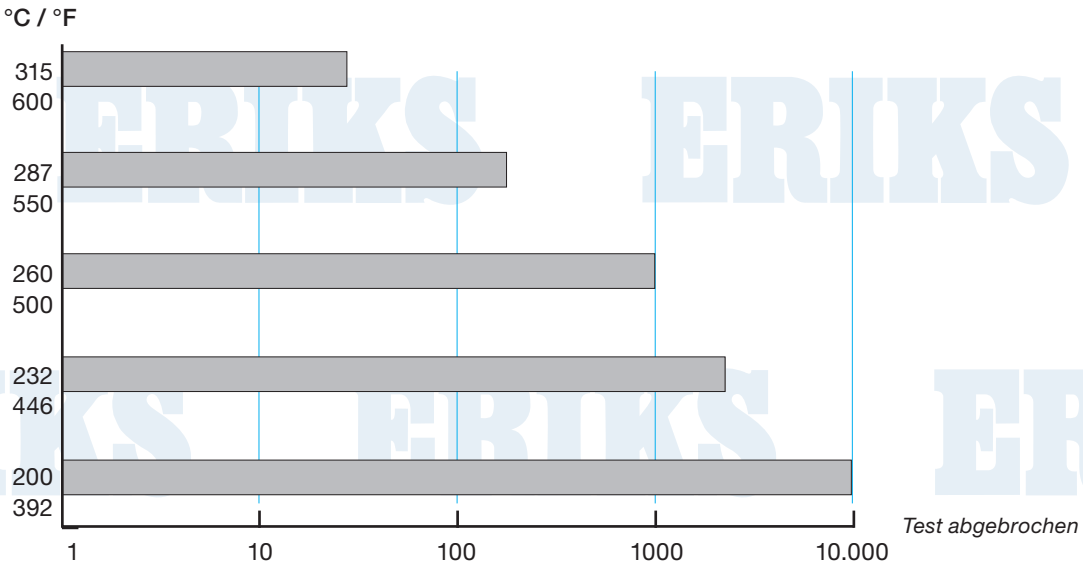
Es ist schwer eine genaue Antwort zu geben, da Preise stark von der Größe und der Produktionsmenge abhängen.
Man kann die folgende Tabelle als Leitfaden nutzen:

Compound	*Preisfaktor*
Viton® A Standard	1
Viton® A Spezial	1,5
Viton® B	5
Viton® GF	10
Viton® Extreme ETP	50

7. Wie beeinflusst die Betriebstemperatur die Lebensdauer einer Viton®-Dichtung?

Die Lebensdauer einer Dichtung wird stark von der Betriebstemperatur beeinflusst. Wir haben die Zeit gemessen, nach der die Reißdehnung bei verschiedenen Betriebstemperaturen um 50% zurückging.
Im Folgenden die Ergebnisse. Diese sind nur auf Genuine Viton®-Compounds anwendbar.

• Hitzebeständigkeit (Luft)



** Zeit-/Temperatureinwirkung zur Reduzierung der Reißdehnung von Viton® auf 100%*

8. Wie kann ich etwas über die chemische Beständigkeit von Viton®-Dichtungen erfahren?

Wir senden Ihnen auf Anfrage gerne eine aktuelle Liste der chemischen Beständigkeit zu. Eine zusammengefasste Liste ist in diesem Handbuch enthalten.
Seitdem wir in einem engeren Kontakt mit den Laboren von DuPont Performance Elastomers in Genf, und Stow (Ohio, USA) stehen, können wir immer sicher gehen, die neuesten Daten zu verwenden. In unserem eigenen Testlabor können wir darüber hinaus spezielle Tests unserer Viton®-Compounds in den von unseren Kunden uns zur Verfügung gestellten Medien organisieren. Besuchen Sie die DuPont Performance Elastomers Homepage für die aktuellsten Angaben zur chemischen Beständigkeit:
www.dupontelastomers.com/crg

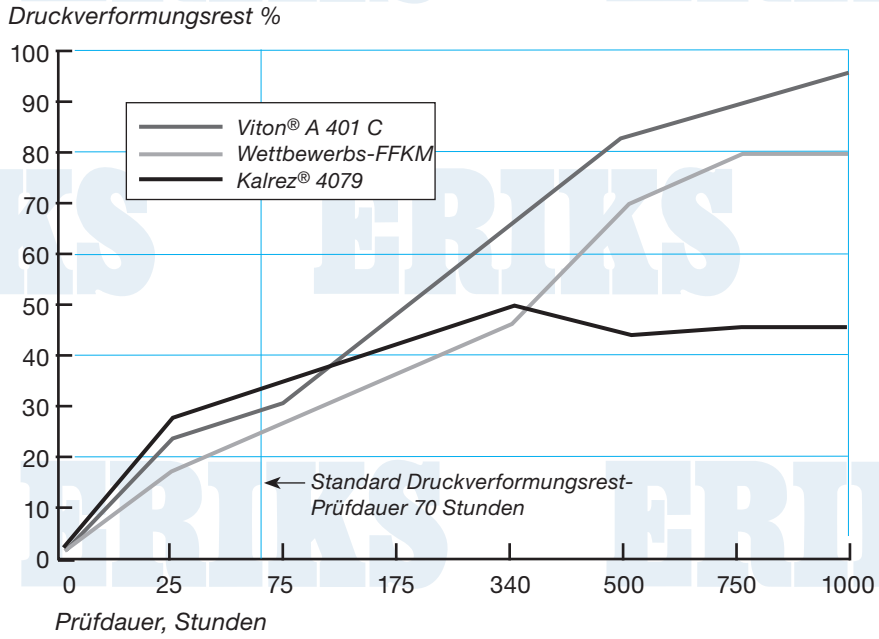
6. Werkstoff-Auswahl – Viton®

Häufig gestellte Fragen über Viton®

9. Wann soll ich Kalrez® vorziehen?

Kalrez® ist ein Perfluorelastomer und bietet als solches verglichen mit Viton® eines chemische und thermische Beständigkeit eines anderen Elastomers. Bitte kontaktieren Sie uns für nähere Informationen zu diesem „Problemlöser Nummer Eins". Folgendes sind die Ergebnisse von Druckverformungsrest-Prüfungen mit Viton® und Kalrez®:

• **Langzeit-Druckverformungsrest in Luft bei 200°C** (Gegenüberstellung als Funktion aus Zeit)



Dieser Test beweist, dass Kalrez®-O-Ringe eine viel längere Lebensdauer als Viton®-O-Ringe bei 200°C besitzen.

6. Werkstoff-Auswahl – Viton® und Kalrez®

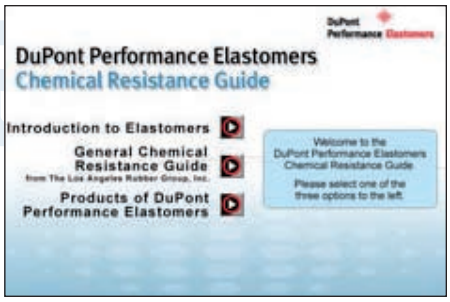
ERIKS und DuPont Performance Elastomers
25 Jahre Partnerschaft in Viton® und Kalrez®

Seit 25 Jahren sind wir und DuPont Performance Elastomers Partner in der Produktion und Vermarktung von Genuine Viton® und Kalrez® High-Tech Elastomer-Compounds.

ERIKS fertigt Genuine Viton®-O-Ringe und -Wellendichtungen. Wir garantieren Qualität vom Rohmaterial bis zum Endprodukt; für kritische Anwendungen, welche die besten Dichtungen erfordern.

Alle Informationen über Viton® und Kalrez® können in zwei verschiedenen ERIKS-Prospekten gefunden werden. Diese fassen die verschiedenen Typen, Compounds und Anwendungen zusammen. Die dort beschriebenen Fallbeispiele können Anregungen für alternative Einsätze von Viton® und Kalrez® bieten.

MADE WITH GENUINE VITON
DuPont Performance Elastomers
Viton®
fluoroelastomer



www.dupontelastomers.com/crg

AUTHORIZED DISTRIBUTOR
Kalrez®
perfluoroelastomer parts
DuPont Performance Elastomers

DuPont
Performance Elastomers

AUTHORIZED DISTRIBUTOR
Kalrez® perfluoroelastomer parts
DuPont Performance Elastomers

6. Werkstoff-Auswahl – Kalrez®

Kalrez® für extreme Bedingungen

Wann immer Dichtungen oder Elastomerteile aggressiven Chemikalien oder hohen Temperaturen ausgesetzt sind, überdauern Kalrez® Perfluorelastomerteile die Alternativen. Nur Kalrez® Teile können die nahezu universelle chemische Beständigkeit und Hochtemperaturstabilität von PTFE, vereint mit dem elastischen, nicht kriechenden Eigenschaften eines echten Elastomers vereinen.
Seit über 25 Jahren haben Kalrez® Teile ihren Wert in kritischen Anwendungen, in denen andere Dichtungen versagten, demonstriert.

Erhöhte Sicherheit

Mit Kalrez® Teile können Sie ruhig schlafen. Sie halten länger und leisten mehr als andere elastomere Materialien in aggressiven chemischen Umgebungen. Kalrez® hilft, die Gefahr eines Dichtungsversagens und chemischer Belastung zu reduzieren.

Reduzierte Instandhaltungskosten

Kalrez® Teile helfen, die störungsfreie Zeit zu vergrößern und senken die Instandhaltungskosten.
Deren Widerstandsfähigkeit minimiert unplanmäßige Ausfallzeiten, während die Zeitspannen von Routineinspektionen und Austauschzyklen für kritische Komponenten vergrößert werden können.

In schwierigen Umgebungen gibt es keine anderen Elastomere, welche die allumfassende Leistungsfähigkeit von DuPont Performance Elastomes´Kalrez® Perfluorelastomerteilen erreichen können. Kalrez® kombiniert das elastomere Verhalten und Dichtkraft eines echten Elastomers mit der chemischen Inertheit und thermischen Stabilität ähnlich der von Teflon®. Das ist der Grund, warum Kalrez® Teile kritische Dichtungsprobleme unter Konditionen, die andere Elastomere zum Versagen führen, erfolgreich lösen.

Chemische Beständigkeit

Kalrez® Teile bestehen Angriffe von nahezu allen chemischen Reagenzen, einschließlich Ether, Lösungsmittel, Ketone, Ester, Amine, Oxidationsmittel, Kraftstoffe, Säure, und Alkali. Als Folge bieten sie langfristige Leistung in praktisch allen chemischen und petrochemischen Prozessströmen, inklusive diesen, in denen korrosive Additive oder Unreinheiten andere Elastomere schnell zerstören können.

Thermische Stabilität

Kalrez® Teile behalten ihre elastischen Eigenschaften im langfristigen Betrieb bei Temperaturen bis 327°C. Das ist verlässliche Leistung bei Temperaturen bis zu 100°C höher als andere aus kommerziellen Elastomeren hergestellte Teile.

Dichtungsleistung

Kalrez® Teile übertreffen andere elastomere Dichtungswerkstoffe in schwierigen Umgebungen.
Verglichen mit anderen Elastomeren, einschließlich anderen Perfluorelastomeren, sind Kalrez® Teile beständiger gegenüber Quellung und Versprödung und halten ihre elastomeren Eigenschaften länger bei.
Verglichen mit Metalldichtungen sind sie einfacher zu montieren und passen sich der Dichtungsfläche trotz Unregelmäßigkeiten durch den Zusammenbau, der Abnutzung oder der Oberflächengüte an.
Im Vergleich zu PTFE-Dichtungen kriechen sie nicht, fließen nicht und führen nicht zum Reibverschleiß einer Welle. Gegenwärtige Einsatzerfahrungen beweisen die überragende Dichtungsleistung von Kalrez® Teilen bei hohen Temperaturen in einer breiten Anzahl von korrosiven Umgebungen.

Sicherstes Abdichten mit Kalrez®: Verhüten Sie Leckagen und vermeiden Sie unplanmäßige Stillstände.

Über 20 Jahre Erfahrung in einer Vielzahl anspruchsvoller Anwendungsumgebungen bewiesen die konkurrenzlose Beständigkeit von Kalrez® Perfluorelastomerteilen. Wo aggressive Chemikalien und/oder erhöhte Temperaturen geringwertigere Materialien zerstören können, hören Kalrez® Teile nicht auf zu funktionieren. Bei einer Verlängerung der Lebensdauer von Dichtungen helfen Kalrez® Teile Leckage und Prozessstromverluste zu vermeiden. Instandhaltungskosten können herabgesetzt und durch Stillstand bedingte Produktionsverluste minimiert werden. Kalrez® Teile zahlen sich vielfach aus; oft auch in einer sehr kurzen Zeit.

Felderprobt

- über 3 Jahre in Dowtherm® A bei 246°C (475°F)
- über 24 Monate in saurem Gas (9% H2S, 15-19% CO2) bei 149°C (300°F)
- über 1 Monat in einem Silikon-Wasser-Nitrid-Prozess mit Chlor- und Ammoniakgas bei 218°C (425°F)
- über 1 Jahr in O-Nitrochlorbenzol bei 220°C (428°F)
- über 1 Jahr in Maleinsäureanhydrid bei 169°C (335°F)
- über 6 Monate in heißem Asphalt bei 316°C (600°F)
- über 4 Monate in 70%iger Essigsäure bei 220°C (428°F)
- über 1 Jahr in trockenem Dampf bei 250°C (482°F)
- 3 Monate mit niedrigstem pbb-ionischen Extraktionslevel in nassen Halbleiterprozesschemikalien bei 100°C (212°F)
- über 17 Monate in Kohlenwasserstoffe bei 288°C (550°F)
- über 1 Jahr in N-Methyl-2-Pyrrolidon bei 232°C (450°F)

® Marke der Dow Chemical Company

6. Werkstoff-Auswahl – Kalrez®

Kalrez®: Langlebige, sichere Dichtungen in nahezu jeder Umgebung

Aufgrund der einzigartigen chemischen Struktur des Materials, können Kalrez® Teile die langlebigsten Dichtungen bei Temperaturen bis zu 327°C (620°F) in nahezu jeden chemischen Medien darstellen. Keine andere Dichtung, eingeschlossen andere Perfluorelastomere, kann ihre Leistung über so einen ausgedehnten Zeitraum in solch aggressiven Umgebungen erfüllen. Kalrez® Teile bieten eine effektive (und kosteneffektive) Lösung in einer Vielzahl von Industrien.

1. In der chemischen Prozessindustrie und der Erdölraffination werden O-Ringe in Gleitringdichtungen, Pumpengehäusen, Reaktoren, Mischern, Kompressorgehäusen, Ventilen, Durchflussmessern und anderen Geräten eingesetzt. Kundenspezifische Teile werden als Ventilsitze, Packungen, Membrane, Flachdichtungen und U-Ringen verwendet. Kalrez® Teile können als Standard Dichtungen für die meisten Gleitringdichtungs-Typen spezifiziert werden.

2. In analytischen und Prozess-Instrumenten, Septa, O-Ringen, Membranen, Ventilsitzen, Hülsen, und Flachdichtungen; Kalrez® löst harte chemische Dichtungsprobleme. Darüber hinaus bietet es eine außergewöhnliche Ausgasbeständigkeit unter Hochvakuum bei Temperaturen, die 100°C (232°F) über den Grenzen anderer Elastomere liegen.

3. Beim Chemikalientransport werden O-Ringe und andere Dichtungen in Sicherheitsablass- und -schaltventilen eingesetzt, um Undichtigkeiten an Tankwagen und -containern, Schienenfahrzeugen und Binnenschiffe zu vermeiden, die gefährliche und korrosive Chemikalien transportieren. Die Einhaltung neuer Sicherheitsauflagen kann durch Kalrez® Teile erleichtert werden.

4. In Verfahren der Halbleiterherstellung werden O-Ringe und andere Dichtungen verwendet, um aggressive chemische Reagenzen und spezielle Gase, die zur Verarbeitung von Silikon-Chips benötigt werden, abzudichten. Darüber hinaus ist ebenfalls die Kombination aus thermischer Stabilität und geringen Ausgasungseigenschaften in Hochöfen zur Herstellung von Kristallen sowie in Hochvakuumanwendungen wünschenswert.

5. In der Energieerzeugung werden V-Ringe, O-Ringe, T-Dichtungen und kundenspezifische Formteile zur Gewinnung von saurem Gas und Öl bei Drücken bis zu 138 MPa (20.000 psi) und Temperaturen von 232°C eingesetzt. Spezielle elektrische Verbinderschuhe werden in Erfassungsgeräten für Gas-, Öl- und Quellen von geothermischen Dampfs bei Temperaturen bis 307°C (575°F) eingesetzt.

6. In der Flugzeug-, Luft- und Raumfahrtindustrie werden Lippendichtungen, Membrane, O-Ringe und kundenspezifische Formteile in Flugzeugtriebwerken und Raketentreibstoffsystemen eingesetzt. Aufgrund der hervorragenden thermischen Stabilität und Beständigkeit gegenüber Flugzeugschmier- und -kraftstoffen, Hydraulikflüssigkeiten, Hydrazin, Oxydationsmittel wie Di-Stickstoff-Tetroxid und anderen aggressiven Flüssigkeiten sind Kalrez® Teile besonders geeignet für eine Vielzahl anspruchsvoller Anwendungen.

Auf den folgenden Seiten präsentiert Ihnen ERIKS die nächste Generation von Kalrez®-Compounds.

6. Werkstoff-Auswahl – Kalrez®

Kalrez® Spectrum™ 6375

Dies ist die beste Kombination aus chemischer und thermischer Beständigkeit in einer Perfluorelastomer-Dichtung. Kalrez® hat sich selbst in über 25 Jahren wirtschaftlicher Perfluorelastomer-Dichtungslösungen in den anspruchsvollsten chemischen und thermischen Umgebungen bewiesen.

Spectrum ist eine neue Familie der Kalrez® Teile, die entwickelt wurde, um noch härtere CPI-Leistungen und Werte in einem breiten Bereich von Anwendungen zu erfüllen.
Der 6375 ist der erste Kalrez® Compound, der auf einer neuen Polymertechnologie von DuPont Performance Elastomers, kombiniert mit einem innovativen, neuen patentierten Vernetzungssystem basiert.

Was ist der Kalrez® Spectrum™ 6375?

- Spectrum ist eine neue Familie von Kalrez® Teile, die entwickelt wurden, um noch härtere CPI-Leistungen und Werte in einem breiten Bereich von Anwendungen zu erfüllen.

- 6375 ist der erste Kalrez® Compound, der auf einer neuen Polymertechnologie von DuPont Performance Elastomers, kombiniert mit einem innovativen, neuen patentierten Vernetzungssystem basiert.

Physikalische Eigenschaften

Die physikalischen Eigenschaften vom Kalrez® Spectrum™ 6375 erlauben es, ihn in einer Vielzahl von chemischen Prozess-Anwendungen einzusetzen. Umfangreiche Labor- und Praxisversuche haben seine außergewöhnlichen Leistungen gezeigt. Der Kalrez® Spectrum™ 6375 wird vermutlich der Dichtungsstandard in dem anspruchsvollen Bereich der CPI werden.

Tabelle 1 – Typische physikalische Eigenschaften(1)

Härte, Shore A	75°
Modul, 100%(2)	7,2 MPa (1050psi)
Zugfestigkeit	15,1 MPa (2200psi)
Reißdehnung	160%
Druckverformungsrest(3) nach 70h/204°C	30%
Maximale Einsatztemperatur	275°C (525°F)
Minimale Einsatztemperatur	-20°C (-4°F)

(1) nicht für Spezifikationen geeignet
(2) ASTM D 412, 500mm/min
(3) ASTM D 395 B, auf O-Ringe

Tabelle 2 – Chemische Beständigkeit

Compound / *Beständigkeit gegenüber*	*Kalrez® Spectrum™ 6375*	*Kalrez® 4079*	*Kalrez® 2035*	*Kalrez® 1050LF*
Aromatische/aliphatische Öle	++++	++++	++++	++++
Säuren	++++	++++	++++	+++
Basen	++++	+++	+++	++++
Alkohole	++++	++++	++++	++++
Aldehyd	++++	+++	++++	++++
Amine	+++	+	++	++++
Ether	++++	++++	++++	++++
Ester	++++	++++	++++	++++
Ketone	++++	++++	++++	++++
Dampf/Heißwasser	++++	+	+++	+++
Oxidationsmittel*	++	++	++	++
Ethylenoxid	++++	x	++++	x
Heißluft	+++	++++	++	+++

++++ = hervorragend, +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mittelmäßig, x = nicht empfohlen
**bei starken Oxidationsmittel wird ein weißer Compound, wie der Kalrez® 2037, empfohlen*

Chemische Beständigkeit

Der Kalrez® Spectrum™ 6375 widersteht aggressiven Chemikalien (Tabelle 2 und 3), inklusive Säuren, Aminen, Basen, Aldehyd, Ethylenoxid und Heißwasser/Dampf. Diese breite chemische Beständigkeit qualifiziert ihn für viele Anwendungen der chemischen Prozess-Industrie. Darüber hinaus hält der 6375 die Dichtungsfunktion in problematischen uneinheitlichen Chemikalienflüssen bei und gibt so eine zusätzliche Sicherheit sowie eine breite Anwendbarkeit.
Eine Reinigung von Anlagen mit Lösungsmitteln oder Dampf ist kein Problem für den Kalrez® Spectrum™ 6375. Und wenn Störfälle auftreten, liefern eine breite chemische Beständigkeit und höhere Dauereinsatztemperaturen ein verringertes Risiko eines Dichtungsversagens.
Bei der Auswahl von Dichtungsmaterialien ist der Kalrez® Spectrum™ 6375 eine Alternative für die meisten derzeit am Markt befindlichen Perfluorelastomere. Durch die Kombination aus breiter chemischer und thermischer Beständigkeit kann die Gefahr eines falschen Teileaustauschs mit dieser „universellen“ Dichtung minimiert werden (Grafik 1, 2, 3, 4).

6. Werkstoff-Auswahl – Kalrez®

Tabelle 3 – Beständigkeit gegenüber Volumenquellung(1)

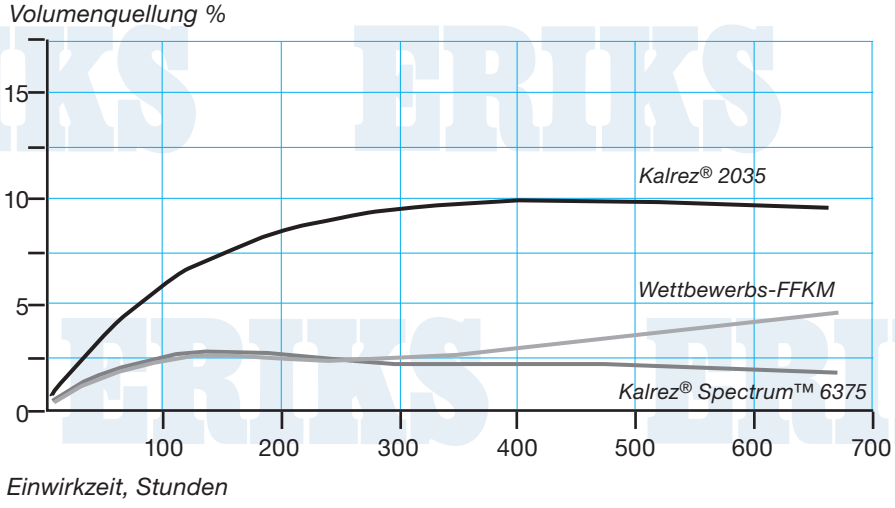
Medium	*Temperatur °C (°F)*	*Kalrez® Spectrum™ 6375*	*Nächstes Wettbewerbs-FFKM*
Wasser	225 (437)	A	C
Eisessig	100 (212)	A	A
Salpetersäure (70%)	85 (185)	B	C
Schwefelsäure (98%)	150 (302)	A	C
Ammoniumhydroxid	100 (212)	B	B
Ethylenoxid	50 (122)	A	A
Epichlorhydrin	100 (212)	A	A
Butylaldehyd	70 (158)	A	B
Toluol-Diisocyanat	100 (212)	A	B
HCFC 134a	25 (77)	A	A

(1) Einwirkzeit = 672 Stunden
A = 1-10% Volumenquellung. B = 10-20% Volumenquellung, C = > 20% Volumenquellung

Kalrez® Spectrum™ 6375 kombiniert geringe Volumenquellung mit guter Beibehaltung physikalischer Eigenschaften.

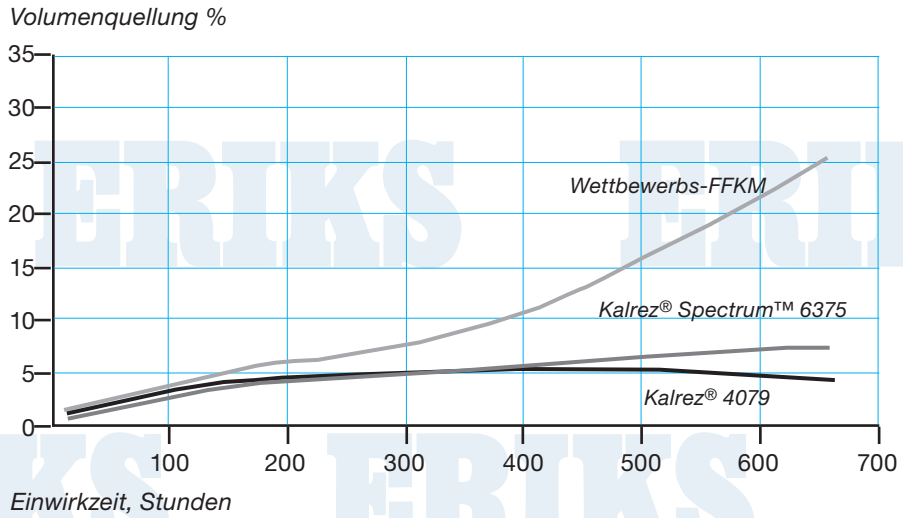
Eine geringe Volumenquellung ist in vielen Anwendungen für die Dichtleistung entscheidend. Die Ergebnisse von Laborversuche zur Ermittlung der Volumenquellung von Kalrez® Spectrum™ 6375 in einigen der aggressivsten Medien in der Industrie werden hier gezeigt:

Grafik 1 – Volumenänderung in Ethylenoxid bei 50°C, AS-214 O-Ringe, ASTM D 471

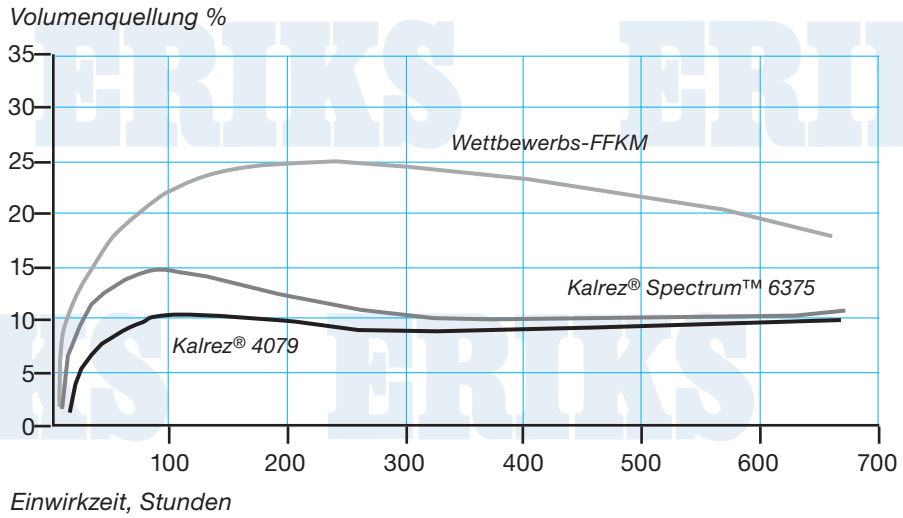


6. Werkstoff-Auswahl – Kalrez®

Grafik 2 – Volumenänderung in 98%iger Schwefelsäure bei 150°C, AS-214 O-Ringe, ASTM D 471

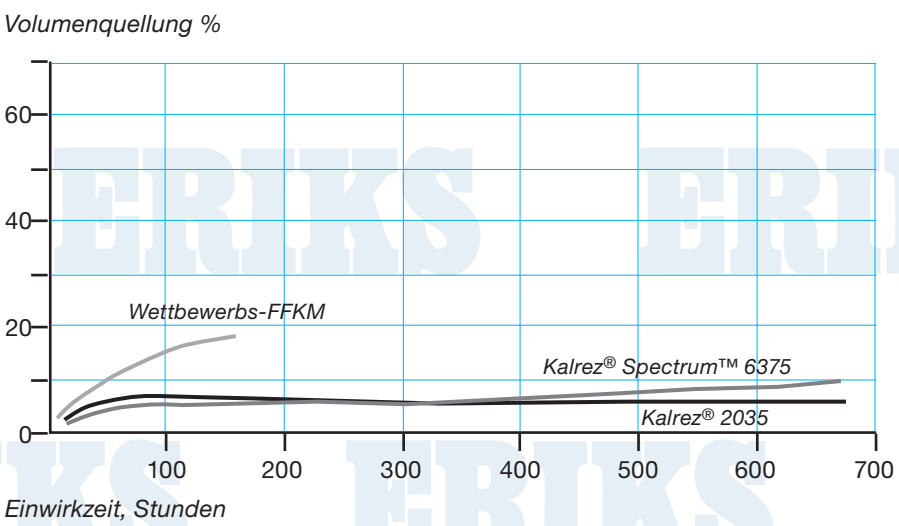


Grafik 3 – Volumenänderung in Toluol-Diisocyanat bei 100°C, AS-214 O-Ringe, ASTM D 471



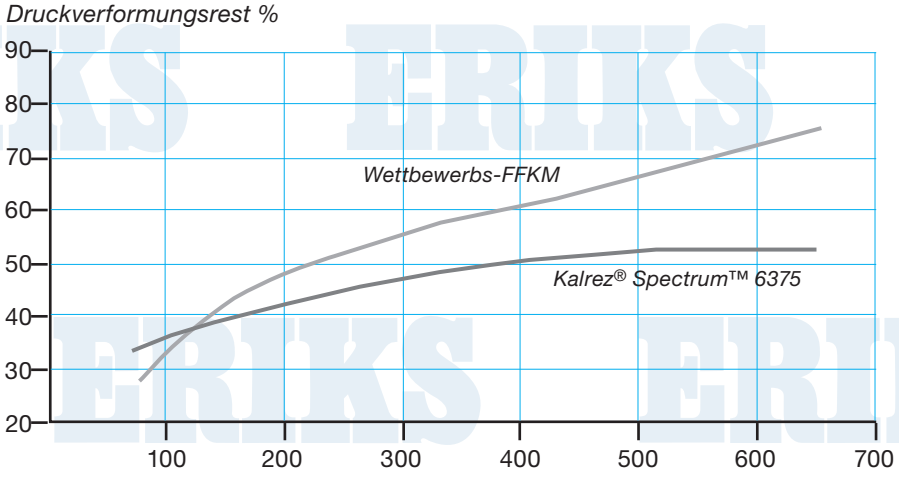
6. Werkstoff-Auswahl – Kalrez®

Grafik 4 – Volumenänderung in Wasser bei 225°C, AS-214 O-Ringe, ASTM D 471



Thermische Leistung
Der Kalrez® Spectrum™ 6375 kombiniert die breiteste chemische Beständigkeit aller Perfluorelastomere mit einer Dauereinsatztemperatur von bis zu 275°C (525°F). Das ist ungefähr 55°C (100°F) höher als andere Produkte, welche die breiteste chemische Beständigkeit für sich in Anspruch nehmen. Unter anspruchsvollen Einsatzbedingungen bei erhöhten Temperaturen hat der Kalrez® Spectrum™ 6375 über einen ausgedehnten Zeitraum einen sehr guten Druckverformungsrest bewiesen (siehe Grafik 5).

Grafik 5 – Druckverformungsrest bei 240°C, AS-214 O-Ringe, ASTM D 471



6. Werkstoff-Auswahl – Kalrez®

Kalrez® in der Halbleiterindustrie
Eine nahezu universelle chemische Beständigkeit, vereint mit überdurchschnittlicher Hochtemperaturstabilität, befähigt Kalrez® Teile nahezu jedem Prozessmedium – inklusive Plasma – bei Temperaturen bis 327°C (620°F) zu widerstehen. Mit der Auswahl des für die spezifische Anwendung am besten geeigneten Kalrez® Compounds können Anwender die Dichtleistung in allen Arbeitsgängen der Halbleiterherstellung, inklusive Thermal-, Gas/Vakuum-, Dry Plasma- und Wet Chemical-Systeme, verbessern.

Kalrez® bietet langfristige Dichtleistung bei hohen Temperaturen
Kalrez® Perfluorelastomerteile behalten Ihre elastomeren Rückstellkräfte wie auch Ihre Dichtkraft weitaus besser als andere hitzebeständigen Elastomere bei – selbst nach Langzeiteinwirkungen bei Temperaturen von bis zu 327°C (620°F). Ein Test der thermischen Relaxation beziehungsweise der Alterung unter Spannung ist ein unmittelbarer Indikator der langfristigen Dichtungseffektivität bei erhöhten Temperaturen.

Kalrez® Spectrum™ 7075 ist der neue Standard für Hochtemperaturstabilität in der chemischen Prozess-Industrie
DuPont Performance Elastomers hat den Kalrez® Spectrum™ 7075 eingeführt; die erste Erweiterung der Kalrez® Spectrum™ Produktlinie, die speziell für Hochtemperaturbeständigkeit in der chemischen Prozess-Industrie entwickelt wurde.
Kunden habe bereits von einer außergewöhnlichen Dichtleistung in vorausgehenden Produkttests, besonders in Gleitringdichtungen, berichtet. Der Kalrez® Spectrum™ 7075 baut auf der außergewöhnlichen Leistungsfähigkeit des Kalrez® 4079 auf. Kunden profitieren bei der Wahl des 7075 von einer noch längeren Standzeit der Dichtung und verlängerten Zeitabständen zwischen Reparaturen. Dies ist das Resultat von

- einem sehr geringen Druckverformungsrest bei 204°C über 70 Stunden (15%)
- erweiterter Beibehaltung der Dichtkraft
- höherer thermischer Beständigkeit bis zu 327°C (620°F)

Zusätzlich bietet der Kalrez® Spectrum™ 7075 eine breitere chemische Beständigkeit und bessere Erholung bei Abkühlung als der Kalrez® 4079. Die Oberfläche ist glatter und das Finish glänzender, als bei anderen Kalrez® Compounds.

Kalrez® Sahara™ 8575 für beste Leistung in Halbleiter-Plasma- und -Gas-Prozesse
Der Kalrez® Sahara™ 8575 wurde besonders aufgrund seiner geringeren Anschaffungskosten und der Vorteile erhöhter Dichtungslebensdauer sehr erfolgreich in den Markt eingeführt.

Halbleiterhersteller sehen immer genauer auf Dichtungskosten, während eine außergewöhnliche Leistungsfähigkeit in aggressiven Medien gefordert wird. Und genau das ist, wo Kalrez® Sahara™ 8575 punktet. Er demonstriert außerordentliche Beständigkeit gegenüber Plasma- und Gasauftragungsprozesse.
Neue geschützte Entwicklungen in dem Polymer- und dem Vernetzungssystem führten zu einem geringeren Gewichtsverlust, geringer Partikelbildung und Ausgasung. Abbildung 1 zeigt einen signifikant reduzierten Gewichtsverlust von Kalrez® Sahara™ 8575 in solch aggressiven Medien. Davon profitieren Fertigungsanlagen durch erhöhter Standzeit der Dichtung, erhöhter Funktionssicherheit der Anlage sowie verlängerten Zeitspannen zwischen Reparaturarbeiten („MTBR“). Dies bedeutet eine erhöhte Wafer-Ausbringung und gesenkte Kosten.

Kalrez® Application Guide
Die jeweils aktuelle Version steht im Internet bereit, um von Ihnen heruntergeladen zu werden.

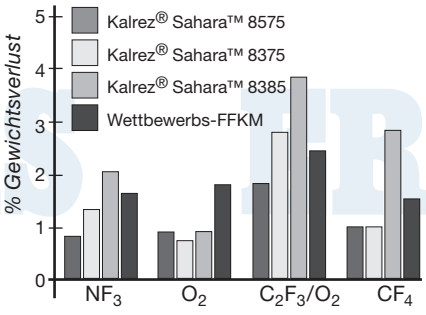


Abbildung 1

Das einfach zu bedienende Programm ist eine ideale Hilfestellung bei der Auswahl des für Ihre Anwendung geeignetsten Kalrez® Perfluorelastomers. Es werden alle aktuellen CPI- und Halbleiter-Compounds von Kalrez® berücksichtigt. Es hilft Ihnen zweierlei: Zum einen hinsichtlich der Compoundauswahl durch eine Bewertung der Kalrez® Compounds gegenüber nahezu jeder Kombination aus Temperatur und chemischem Medium und zum anderen in Ihrer Kalrez® Nutauslegung.

Die Auswahl „Seal Design“ unterstützt Sie in der Auslegung einer Nut für einen spezifischen O-Ring und berechnet Ihnen Dichtungsperformance-Parameter bei verschiedenen Temperaturen und Quellungen bei Berücksichtigung der Minimum- und Maximumtoleranzen der Nut sowie des O-Ringes.
Laden Sie Ihn JETZT herunter: www.dupontelastomers.com/kag

6. Werkstoff-Auswahl – Ummantelte Teflex Ringe

Inhalt

1. Weshalb Teflex O-Ringe?
2. Einführung
3. Materialeigenschaften
4. Märkte und Anwendungen
5. Einbauhinweise
6. Lieferfähigkeit
7. Maßtabelle
8. Chemische Beständigkeit
9. Anpresskräfte
10. Nutabmessungen
11. Zulassungen
12. Qualitätskontrolle und Inspektion
13. Oberflächenrauheit
14. Antworten zu häufig gestellte Fragen

1. Weshalb Teflex O-Ringe?

Es gibt bestimmte Anwendungen, die einen Einsatz von konventionellen elastomeren O-Ringen verbieten. Der Einsatz von besonders aggressiven Chemikalien oder extremen Temperaturen (sowohl hoch als auch tief) bei verschiedenen Prozessen mach eine effektive Abdichtung sehr schwer. Viele Dichtungshersteller haben verschiedene „High-Performance“ Werkstoffe für diese Anwendungen produziert. ERIKS hat dabei mit der Einführung der Teflex Ringe mitgewirkt. Nachstehend eine Übersicht dieser „High-Performance“ Produkte im Vergleich zu Teflex.

Voll-PTFE

O-Ringe aus Voll-PTFE besitzen eine richtige chemische Inertheit. Das ist der einzige Vorteil gegenüber Teflex. PTFE leidet unter Kaltfluss und hat wenig bis gar keine Rückstellkräfte.

PTFE-überlappt

Mit PTFE überlappte O-Ringe besitzen ebenfalls eine chemische Inertheit und sind kostengünstig zu produzieren. Der Aufbau von PTFE-überlappten O-Ringen erlaubt dem Medium, den Kern zu erreichen und möglicherweise anzugreifen. Dies würde zu einem vorzeitigen Dichtungsversagen führen.

PTFE-beschichtet

PTFE-beschichtete O-Ringe haben einen niedrigeren Reibungskoeffizienten, jedoch praktisch keine verbesserte chemische Beständigkeit. Sie werden oft zur Montageerleichterung oder in dynamischen Anwendungen eingesetzt. Die Beschichtung ist unter Umständen nicht besonders langhaltig.

Perfluorelastomere

Ein Perfluorelastomer ist der technisch fortgeschrittenste O-Ring Werkstoff für korrosive Anwendungen. O-Ringe aus einem Perfluorelastomer bieten sehr leichte Montageeigenschaften und zeigen sonst auch typische elastomere Eigenschaften. Sie müssen sehr kostenaufwendig hergestellt werden und bieten keine Vorteile hinsichtlich niedriger Reibung.

Metall O-Ringe

Rohrförmige Metall O-Ringe bieten eine sehr gute chemische Beständigkeit bei hohen Drücken und wechselnden Temperaturen. Sie benötigen jedoch eine sehr präzise Bohrungs- und Oberflächengüte und werden relativ kostspielig produziert.

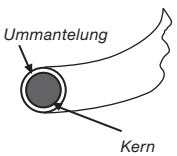
Es gibt einige besondere Anwendungen, für die wir den Einsatz von Teflex O-Ringen nicht empfehlen.

- Dynamische Einsätze, wo hohe Geschwindigkeiten und schlechte Oberflächengüte vorkommen.
- Wo die Montage durch eine hohe Aufdehnung geschehen muss, da Teflex Ringe sehr schlecht dehnbar sind.
- Wenn das abzudichtende Medium eine abrasive Wirkung hat, wie zum Beispiel Sand, Schlamm usw.

2. Einführung

Der Teflex O-Ring besteht aus einem Elastomerkern und einer nahtlosen Fluorpolymer-Ummantelung.

Der elastomere Kern kann dabei aus Viton® oder Silikon bestehen. Die Ummantelung aus Teflon® FEP oder PFA.
Eine 10-jährige Erfahrung mit diesen O-Ringen zeigt, dass dieses Produkt eine perfekte Dichtungslösung für typische Anwendung ist. Unsere weltweite Erfahrung mit Tausenden von Anwendungen versichert Ihnen, dass Teflex ein Qualitätsprodukt ist.



3. Materialeigenschaften

FEP ist ein Copolymer aus Hexafluorpropylen und Tetrafluorethylen (TFE). PFA ist auch ein Copolymer aus TFE, jedoch mit perfluoriertem Ether. Der verwendete ERIKS Viton® Compound wurde speziell für einen besonders niedrigen Druckverformungsrest entwickelt. Diese Eigenschaft ist vorrangig für die Funktion des Kerns, die Teflon®-Ummantelung anzutreiben und Rückstellkräfte nach einer Verpressung zu gewährleisten.

Der verwendete ERIKS Viton® Compound erfüllt die folgenden Spezifikationen:

Härte:	ASTM D 2240	75° ± 5° Shore 'A'
Zugfestigkeit:	ASTM D 412	min. 10.7 MPa
Reißdehnung:	ASTM D 412	min. 213%
Spezifisches Gewicht:	ASTM D 1817	2.32 ± 0.04
Druckverformungsrest:		ASTM D 395B
auf Prüfplatte		4.6% (175°C)
auf O-Ring, 5mm Schnur		< 10% (200°C)

Alterung in Luft nach	**ASTM D 573**
Härteänderung	+3°
Änderung der Zugfestigkeit	+15%
Änderung der Reißdehnung	-29%

Der verwendete ERIKS Silikon-Compound erfüllt die folgenden Spezifikationen:

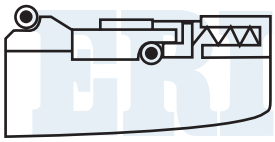
Härte:	ASTM D 2240	min. 70 ± 5° Shore 'A'
Zugfestigkeit:	ASTM D 412	min. 8.6 MPa
Reißdehnung:	ASTM D 412	min. 280%
Spezifisches Gewicht:	ASTM D 1817	1.26
Druckverformungsrest:		ASTM D 395B
22h/175°C		< 32%

Das Silikon-Material ist FDA-konform.

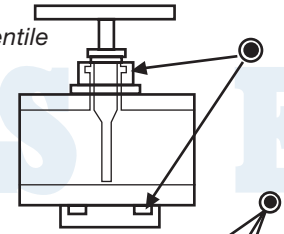
4. Märkte und Anwendungen:

Es gibt kaum einen Markt, in dem Teflex O-Ringe nicht eingesetzt werden. Nachfolgend einige, in denen Teflex O-Ringe bereits gut etabliert sind: Chemische Prozess-Industrie, Ölgewinnung, Petrochemie, Pharmazie, Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, Lackherstellung, Matrizenherstellung, Kältetechnik, Kosmetik und Parfümerie, Fahrzeug- und Flugzeugbau.

Gleitringdichtungen

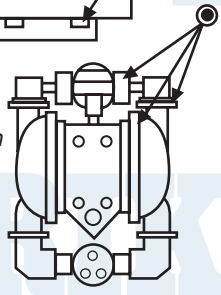


Ventile

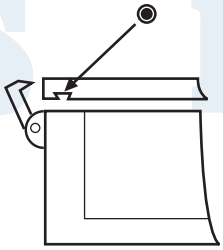


Filterelemente

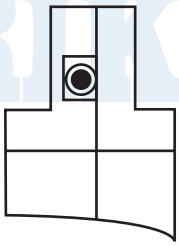
Pumpen



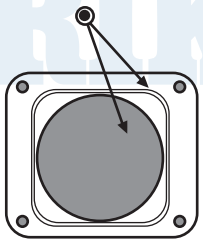
Mischer und Behälter



Flansche

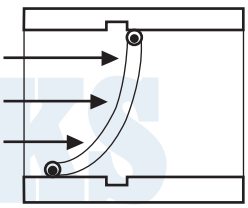


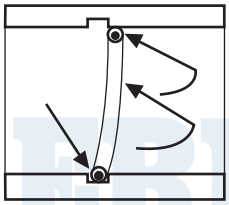
Wärmetauscher



5. Einbauhinweise

Ein exakter Einbau der Teflex O-Ringe ist wichtig für eine lange Lebensdauer. Ein großer Teil der Dichtungsprobleme wird durch einen unsachgemäßen Einbau verursacht.





Bei Montage in einer Innennut schlagen wir vor, den O-Ring bis 70°C aufzuwärmen. Montieren Sie den O-Ring wie auf den beiden Skizzen abgebildet.
Bei Montage in einer Außennut schlagen wir vor, den O-Ring bis 70°C aufzuwärmen und einen Einführkonus zu verwenden. Der Teflex O-Ring darf nicht über scharfe Ecken oder Kanten gezogen werden. Eine kleine Beschädigung kann schon eine Leckage des Teflex O-Rings herbeiführen. Vor der Montage sollten alle Oberflächen mit sauberem Öl oder Fett eingeschmiert werden. Bei besonders schwieriger Montage kann der Teflex O-Ring durch Erwärmen auf maximal 96°C weicher gemacht, um so besser gedehnt oder gestaucht zu werden. Der O-Ring darf bei der Montage nicht zu sehr gebogen werden, da der Mantel dadurch beschädigt werden könnte. Die Oberflächenrauheit sollte 20 Microinch nicht überschreiten.

6. Lieferfähigkeit

Viele verschiedene Formen und Ausführungen der Teflex-Ringe sind lieferbar. Es folgen einige Beispiele:

Rund
Standardausführungen sind rund und haben einen Innendurchmesser von mindestens 5 Millimeter. Es gibt kein oberes Limit für den Innendurchmesser.

Oval
Ovale Ausführungen finden Ihre Anwendung bei der Abdichtung von Behälterdeckeln.

Halbrund
Es existieren keine Standardabmessungen. Preiswerte Formen können immer kurzfristig angefertigt werden.

Rechteckig und vierkant
Diese Ausführungen finden oft Anwendung bei Wämetauschern. Alle oben genannten Formen, bis auf rund, werden mit abgerundeten Ecken gefertigt.

FEP-Ummantelung auf Viton®-Kern

Dieses ist die gebräuchlichste Ausführung. Der verwendete Viton® Compound bietet einen niedrigen Druckverformungsrest und wirkt den sehr geringen Rückstellkräften des FEP sehr gut entgegen. Ein Temperatureinsatz von -20°C bis 204°C (-20°F bis 392°F) ist möglich.

FEP-Ummantelung auf Silikon-Kern

Auch diese Ausführung ist sehr gebräuchlich. Technisch ist sie, bis auf die Tieftemperaturtauglichkeit, weniger hochwertig als Viton®, jedoch preiswerter. Ein Temperatureinsatz von bereits -60°C bis 204°C (-76°F bis 392°F) ist möglich.

PFA-Ummantelung auf Viton®-Kern

PFA bietet eine höhere Abriebfestigkeit als FEP. Die Kosten sind jedoch deutlich höher. Ein Temperaturbereich von -20°C bis 204°C (-20°F bis 392°F) ist möglich.

PFA-Ummantelung auf Silikon-Kern

Diese Kombination wird für Anwendungen mit höheren Temperaturen bevorzugt. Der PFA-Mantel verträgt den gleichen Temperaturbereich wie der Silikon-Kern. Der Temperatureinsatzbereich liegt bei -60°C bis 260°C (-76°F bis 500°F).

FEP-Ummantelung auf Silikon-Hohlkern

Diese Ausführung wird bei geringen Anpresskräften eingesetzt. Bei langsamen linearen oder rotierenden Bewegungen überträgt der Hohlkern geringere Kräfte auf die abzudichtenden Flächen, wodurch die Reibung sowie frühzeitiges Dichtungsversagen verringert wird. Der Temperaturbereich beträgt -60°C bis 204°C (-76°F bis 392°F).

PFA-Ummantelung auf Silikon-Hohlkern

Gleiche Anwendung wie bei FEP auf einem Silikon-Hohlkern. Die Abriebfestigkeit von PFA ist jedoch höher. Der Temperaturbereich beträgt -60°C bis 260°C (-76°F bis 500°F).

FEP-Ummantelung auf Rechteckschnur

Diese Ausführung kann auf Viton®- oder Silikon-Rechteckschnüren gefertigt werden. Sie findet vorzugsweise Anwendung bei Schlauchkupplungen vom Typ Cam-Lock/Eritite und bietet darüber hinaus eine technisch überlegenere Alternative zu PTFE-umwickelten Dichtungen oder Dichtungen aus Voll-PTFE. Ein Temperaturbereich von -20°C (Viton®-Kern) oder -60°C (Silikon-Kern) bis 204°C ist möglich.

7. Maßtabelle

Teflex O-Ringe werden nach den folgenden Standardabmessungen gefertigt:

- metrische Abmessungen
- BS 1806
- BS 4518
- AS 568, AS 871
- JIS B2401
- sowie Sonderabmessungen nach Kundenwunsch

Die Toleranzen des O-Ring Innendurchmessers sind generell nach DIN 7715 M2F. Die Toleranzen der Schnurstärke finden Sie in nachstehender Tabelle:

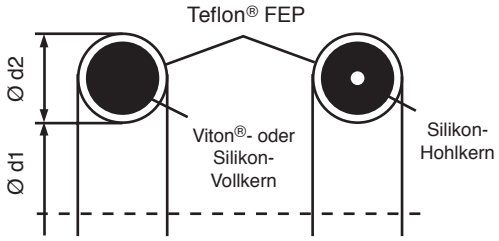
		kleinstmöglicher Innen Ø	
Schnurstärke (CSD) in mm	*Innendurchmesser-bereich (ID) in mm*	*CSD-Toleranz (±)*	*Sonstige ID CSD-Toleranz (±)*
1,60	0,10	5,00	—
1,78	0,10	5,28	8,0
2,00	0,10	6,80	10,00
2,50	0,12	7,40	12,00
2,62	0,12	7,60	16,00
3,00	0,15	12,00	20,00
3,53	0,15	13,00	24,00
4,00	0,25	14,00	28,00
4,50	0,25	15,00	35,00
5,00	0,25	20,00	42,00
5,34	0,25	23,00	50,00
5,50	0,25	23,00	55,00
5,70	0,25	23,05	60,00
6,00	0,30	27,00	75,00
6,35	0,30	40,00	90,00
6,99	0,30	50,00	100,00
8,00	0,40	75,00	150,00
8,40	0,40	80,00	160,00
9,00	0,40	100,00	175,00
10,00	0,50	140,00	230,00
11,10	0,50	150,00	250,00
12,00	0,50	180,00	300,00
12,70	0,50	200,00	350,00

Es gibt keine obere Grenze des Innendurchmessers. Empfohlene Nutabmessungen finden Sie in den Abschnitten „Einbauhinweise“ und „Nutabmessungen“. Es wird nicht empfohlen, Teflex O-Ringe mit einem Innendurchmesser kleiner als 12mm aufzudehnen. Dies führt oft zu Bruchschäden des Elastomerkerns, da dieser bei kleinen Abmessungen nicht vulkanisiert ist.

Dicke der FEP-/PFA-Ummantelung

Folgende Dicken sind Standard:

Schnurstärke	*Dicke FEP-/PFA-Ummantelung*
ab 1,78mm	0,25mm
ab 2,62mm	0,25mm
ab 3,53mm	0,25mm
ab 5,33mm	0,40mm
ab 6,99mm	0,50mm



Abmessungen von ummantelten O-Ringen entsprechen internationalen Standard O-Ring Abmessungen. Die Ummantelung erhöht nicht die O-Ring Schnurstärke im Vergleich zu einem Standard elastomeren O-Ring der gleichen Abmessung.

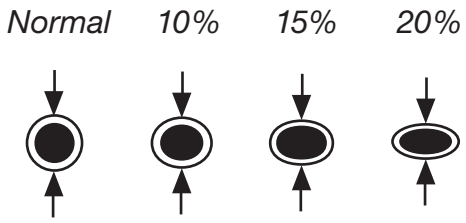
8. Chemische Beständigkeit

Teflex® FEP- oder PFA-ummantelte O-Ringe absorbieren keine oder wenig Säure, Basen oder Verdünnungsmittel bis ca. 200°C. In der folgenden Tabelle finden Sie einige Absorbtionsergebnisse von FEP:

Chemikalie	*Temperatur °C*	*Zeit*	*% Quellung*
Anilin	185	168 h	0,3
Benzaldehyd	200	168 h	0,7
Tetrachlorid	78	168 h	2,3
Freon 113	47	168 h	1,23
Nitrobenzol	210	168 h	0,8
Toluol	110	168 h	0,8
Schwefelsäure 50%	100	168 h	0,01
Phosphorsäure	100	168 h	0,01
Schwefelsäure 30%	70	1 Jahr	0
Chlorsäure 20%	70	1 Jahr	0
Aceton	70	168 h	0
Benzol	78	168 h	0,5

9. Anpresskräfte

Bei der Auslegung einer Teflex O-Ring-Abdichtung werden manchmal Informationen über notwendige Anpresskräfte der Ringe benötigt. Deshalb haben wir für unsere Standard Teflex O-Ring Schnurstärken Tests durchgeführt. Die verwendeten Muster wurden normalen Fertigungschargen entnommen und jeweils 10, 15 und 20 Prozent verpresst. Anhand dieser Tabelle ist es möglich, die insgesamt notwendige Anpresskraft für die einzelnen Schnurstärken zu berechnen und so die Wahl einer angemessenen mechanischen Belastung zu vereinfachen.



Schnurstärke in mm	Viton®-Vollkern Verpressung			Silikon-Vollkern Verpressung			Silikon-Hohlkern Verpressung		
	10%	15%	20%	10%	15%	20%	10%	15%	20%
1,60	16	26	40	20	33	48			
1,78	26	40	53	22	35	48			
2,00	34	53	77	30	46	59			
2,50	40	66	95	40	59	78			
2,62	29	44	64	23	38	53			
3,00	70	107	140	36	60	82	27	38	50
3,53	54	91	120	32	57	83	28	44	58
4,00	51	82	111	56	87	108	23	36	45
4,50	75	107	139	53	84	110	41	55	65
5,00	91	126	182	39	64	89	50	70	87
5,34	82	117	145	96	138	191	54	77	94
5,50	45	83	116	37	65	93			
5,70	79	116	115	58	88	112			
6,00	86	126	169	53	86	113	46	72	91
6,99	95	135	201	101	135	201	46	63	80
8,00	101	147	213	82	122	163	66	96	121
9,52	115	173	247	84	125	175			
10,00	122	192	281	117	174	246			
12,00	124	194	279	59	93	126			

Alle Werte in N/25mm Länge

10. Nutabmessungen

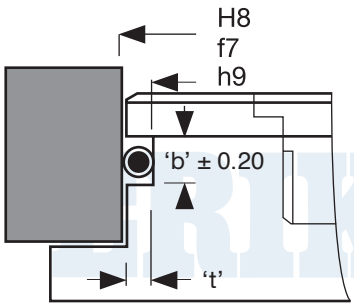
Tabelle 1 (Seite 68)

Schnurstärke in mm	„t“	„b“
1.60	1.20	1.90
1.78	1.30	2.30
2.00	1.50	2.60
2.50	1.90	3.20
2.62	2.00	3.40
3.00	2.30	3.90
3.53	2.75	4.50
4.00	3.15	5.20
4.50	3.60	5.80
5.00	4.00	6.50
5.34	4.30	6.90
5.50	4.50	7.10
5.70	4.65	7.40
6.00	4.95	7.80
6.35	5.25	8.20
6.99	5.85	9.10
8.00	6.75	10.40
8.40	7.20	10.50
9.00	7.70	11.70
9.52	8.20	12.30
10.00	8.65	13.00
11.10	9.65	14.30
12.00	10.60	15.60
12.70	11.45	16.80

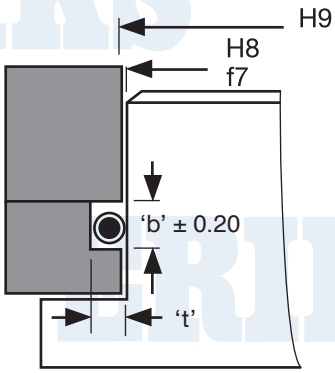
Tabelle 2 (Seite 68)

Schnurstärke in mm	„t“	„b“
1.60	1.20 ± 0.05	2.10
1.78	1.30 ± 0.05	2.30
2.00	1.50 ± 0.05	2.60
2.50	1.90 ± 0.05	3.20
2.62	2.00 ± 0.05	3.40
3.00	2.30 ± 0.05	3.90
3.53	2.75 ± 0.05	4.50
4.00	3.15 ± 0.05	5.20
4.50	3.60 ± 0.05	5.80
5.00	4.00 ± 0.05	6.50
5.34	4.30 ± 0.05	6.90
5.50	4.50 ± 0.05	7.10
5.70	4.65 ± 0.05	7.40
6.00	4.95 ± 0.05	7.80
6.35	5.25 ± 0.05	8.20
6.99	5.85 ± 0.05	9.10
8.00	6.75 ± 0.10	10.40
8.40	7.15 ± 0.10	10.90
9.00	7.70 ± 0.10	11.70
9.52	8.20 ± 0.10	12.30
10.00	8.65 ± 0.10	13.00
11.10	9.70 ± 0.10	14.30
12.00	10.60 ± 0.10	15.60
12.70	11.40 ± 0.10	16.70

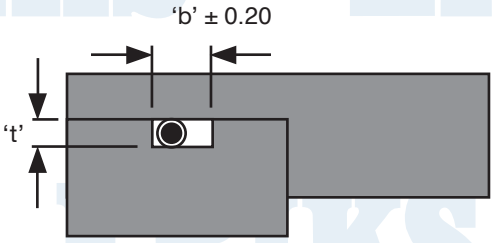
Zu Tabelle 1 – statisch, radial



Zu Tabelle 1 – statisch, radial



Zu Tabelle 2 – statisch, axial



11. Zulassungen

Die bei der Herstellung von Teflex O-Ringen verwendeten FEP- und PFA-Rohstoffe sind konform zu den Regulierungen der FDA 21 CFR 177.1550 und demnach für den Kontakt mit Lebensmitteln geeignet. Diese Konformität beinhaltet auch die Genehmigung der USDA (United States Department of Agriculture) für den Einsatz im direkten Kontakt mit Fleisch- und Geflügelprodukten sowie der „Food Industries Supply Association Inc." für Kontaktoberflächen von Molkereianlagen. Darüber hinaus werden von FEP und PFA die Anforderungen der USP (US Pharmacopeia) Class VI erfüllt, welche einen Einsatz in der pharmazeutischen Industrie ermöglicht.

FDA-Konformitäten von Teflon® FEP

21 CFR 177.1550	21 CFR 177.2600	21 CFR 175.105
21 CFR 176.180	21 CFR 177.1520	21 CFR 175.300
21 CFR 176.170		

FDA-Konformitäten von Teflon® PFA

21 CFR 177.1550	21 CFR 175.105	21 CFR 176.180
21 CFR 175.300	21 CFR 176.170	

12. Qualitätskontrolle und Inspektion

Für die Herstellung von Viton® Teflex O-Ringen wird ausschließlich Genuine Viton® der Firma DuPont Performance Elastomers verwendet. Jeder Teflex O-Ring unterläuft einer visuellen Kontrolle. 10% der Fertigung wird auf Maßgenauigkeit kontrolliert. Eine 100%-Kontrolle ist gegen Aufpreis möglich.
Alle Teflex O-Ringe werden nach ISO 9000-Anforderungen hergestellt.
Besonders große Abmessungen werden um Versandkosten zu sparen geschlungen und gewickelt geliefert.
Bitte entwickeln Sie diese großen O-Ringe nach Erhalt. Sollte dies nicht möglich sein, ist es unter Umständen nach einiger Zeit notwendig, den O-Ring vor der Montage in einem Wasserbad oder einem Ofen bei max. 80° C für 10-20 Minuten zu erwärmen. Der O-Ring kann sich so in seine ursprüngliche Form zurückbilden und die Montage wird erleichtert.

13. Oberflächenrauheit

Die folgende Tabelle enthält empfohlene Oberflächenrauheits-Werte für Standard O-Ring Nuten nach DIN, ISO und BS. Die Oberflächenrauheit aller Kontaktflächen sollte 20 Microinch nicht übersteigen.

Nachstehende Tabelle zeigt Empfehlungen für den statischen Einsatz von Teflex O-Ringen:

	Druck
Dichtfläche	Ra = 0,4 bis 0,8 Rt = 3 bis 6,3
andere Fläche	Ra = 1,6 Rt = 11 bis 16

14. Antworten zu häufig gestellte Fragen

Ist es möglich, Teflex O-Ringe mit einem EPDM- oder NBR-Kern zu fertigen?
Es ist mit speziellen EPDM-Compounds möglich. Aufgrund der hohen Temperaturen, die für die Herstellung von Teflex O-Ringen notwendig sind, sind NBR-Kerne oder Kerne aus anderen elastomeren Standard Werkstoffen nicht möglich, da diese den auftretenden Temperaturen nicht standhalten.

Ist eine 48-Stunden Eilfertigung in besonderen Notfällen möglich?
Es ist möglich, wenn der aktuelle Produktionsplan gestoppt wird. Diese Ringe sind daher teurer.

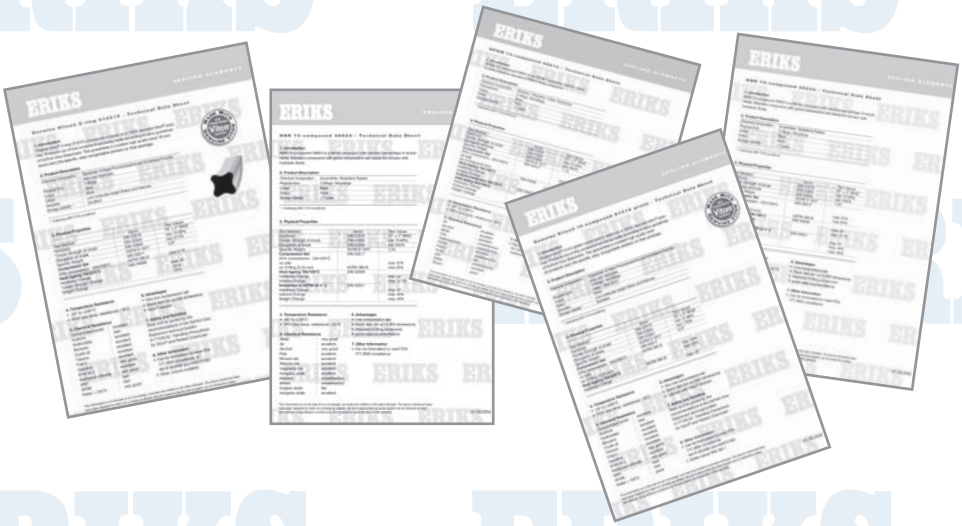
Wieso sind kleinere O-Ringe verhältnismäßig teurer?
Jeder O-Ring wird per Hand gefertigt. Wie man sicherlich denken kann, werden kleinere O-Ringe auf die gleiche Weise hergestellt und kontrolliert, wie größere. Die Zeit des Vorgangs ist nur wesentlich länger.

Sind andere Schnurstärken möglich, als die standardmäßigen?
Durch ein spezielles Verfahren können wir auch spezielle Schnurstärken fertigen. Unter Umständen sind jedoch Werkzeugkosten notwendig.

6. Werkstoff-Auswahl – Technische Material-Datenblätter

Alle ERIKS Standard und einige Sonder Compounds haben technische Material-Datenblätter mit gemessenen Werten des spezifischen Gewichts, Härte, Zugfestigkeit, Reißdehnung, Druckverformungsrest, Tieftemperatur und Wärmealterung unter verschiedenen Bedingungen.
Jedes technische Material-Datenblatt können Sie auf Anfrage erhalten.

In einigen Fällen können Datenblätter jedoch zu erheblicher Verwirrung führen. Hersteller geben in der Regel Werte an, die an Prüfplatten oder Prüfscheiben ermittelt wurden. Obwohl diese Prüfplatten aus dem gleichen Compound hergestellt werden wie der O-Ring, sind einige Faktoren dennoch komplett verschieden: die Vulkanisationsdauer, die Vulkanisationstemperatur, die Dauer der Nachvulkanisierung und die Größe. Die Vulkanisationsdauer so einer Prüfplatte kann 20 Minuten betragen, wohingegen die eines O-Ringes aus ökonomischen Gründen nur 2 Minuten. An Prüfplatten ermittelte Werte unterscheiden sich von denen, die an O-Ringen gemessen werden.



Wir entschlossen uns daher, wann immer möglich, die auf unseren Datenblättern angegebenen Werte an O-Ringen zu ermitteln. Das gibt dem Kunden ein besseres Bild von den vom O-Ring zu erwartenden Eigenschaften. In anderen Worten: Datenblätter, deren Werte an Prüfplatten ermittelt wurden, zeigen die möglichen Eigenschaften eines O-Ringes auf, sofern dieser unter idealen Bedingungen hergestellt wird. Dahingegen geben wir die tatsächliche Dichtungsleistungsfähigkeit des O-Rings an.
Dies kann wie folgt dargestellt sein: in den meisten Datenblättern werden Sie einen auf Prüfplatten von 6mm Stärke gemessenen Druckverformungsrest von zum Beispiel 12% finden. Wenn der Druckverformungsrest nun unter gleichen Bedingungen an einem O-Ring mit einer 3,53mm Schnur gemessen wird, erhalten Sie einen Wert von 19 bis 25%. Für eine Bestimmung der zu erwartenden Betriebsdauer haben wir als Basis für unsere Messungen O-Ringe mit einer Schnurstärke von 3,53mm genommen.
Andere O-Ring Schnurstärken sind von diesen Werten hochzurechnen. Diese Unterschiede gelten auch für andere benannte Werte. Es ist daher sehr gefährlich, Werte von Datenblättern zu vergleichen, wenn man nicht die genaue Prüfmethode kennt. **Es ist immer besser, Prüfungen an O-Ringen selbst in der Anwendung durchzuführen, als an einem Prüfkörper.**

6. Werkstoff-Auswahl

O-Ring Werkstoffe – Anwendungsfelder
Die meisten vorhergehenden Themen in diesem Handbuch handelten von der Auswahl eines geeigneten Werkstoffes für eine gegebene Anwendung. Hier finden Sie Informationen, um die Faktoren zu verstehen, die in diesem Prozess eine Rolle spielen um so eine Hilfe zur Auswahl des richtigen Werkstoffes zu erhalten. Es werden nur Standard Compounds behandelt. Darüber hinaus sind auch viele Sonderwerkstoffe vorhanden; sprechen Sie uns bitte für nähere Informationen an.

Wasser- und Dampfanwendungen
Die meisten Elastomere können für Wasseranwendungen bis 100°C (212°F) verwendet werden. Wasser scheint ein harmloses Medium zu sein; Anwender sind oft erstaunt darüber, dass es Probleme geben kann, wenn nicht mit dem richtigen O-Ring Werkstoff abgedichtet wird. Die bloße Eintauchung in Wasser hat einen nachteiligen Effekt auf die mechanischen Eigenschaften von Kautschuk. Nach einer langen Eintauchzeit im Wasser quellen viele Elastomere an. In statischen Anwendungen kann dies noch annehmbar sein. Solch eine Dichtung wird nicht undicht sein und sie kann durch eine neue Dichtung nach einer Demontage ersetzt werden. Eine fortgeschrittenere Quellung schließt ein größeres Volumen und infolgedessen mehr Reibung ein. Wenn ein O-Ring über lange Zeit dynamisch belastet wird, kann diese allmähliche Quellung in Wasser eine langsame aber sehr ärgerliche Zunahme der Reibung hervorrufen. In Tests hat EPDM nahezu keine Quellung. Dieser Werkstoff wird für O-Ringe empfohlen, die gegen Wasser und Dampf bis 150°C (300°F) abdichten sollen.

ERIKS hat Compounds aus: EPDM PC 55914, HNBR und Aflas®. Es gibt eine Vielzahl von Perfluorelastomer-Compounds, die hervorragende Dichtungseigenschaften in Dampfumgebungen besitzen. Silikon (VMQ) kann ebenfalls auf eine Weise hergestellt werden, durch die es in drucklosen Dampfumgebungen bis 250°C (480°F) eingesetzt werden kann.

Hinweis:
Wenn Sie Dampf oder Heißwasser mit EPDM abdichten, sollten Sie daran denken, dass EPDM nicht gegenüber mineralölbasierenden Schmiermitteln beständig ist.
Falls eine Schmierung notwenig ist, wird Silikonöl, Glyzerin oder Ethylenglykol empfohlen.
Wenn Wasser zu Dampf wird, muss der O-Ring seine effektive Dichtwirkung beibehalten; auch da die Temperatur steigt. Dies führt manchmal dazu, dass der O-Ring schwammig wird und infolge dessen alle Dichtungseigenschaften verliert. Einige Compounds sind dahingegen jedoch dampfbeständig.

Nahrungsmittelanwendungen
Elastomere im Kontakt mit Nahrungsmittel müssen spezielle Anforderungen erfüllen. Es gibt eine Anzahl von Einrichtungen, die Vorschriften und Testverfahren aufstellen. Die Haupteinrichtungen sind: die FDA und NSF in den USA; KTW und BfR (ehemals BGVV) in Deutschland; WRC in Großbritannien und die KIWA in den Niederlande.

Dieses Handbuch behandelt vorzugsweise das FDA-Programm, da es in vieler Hinsicht die anspruchsvollste Richtlinie ist.

6. Werkstoff-Auswahl – FDA

FDA-Konformität

Allgemeine Informationen über FDA
Seit vielen Jahren hat ERIKS eine führende Rolle in der Herstellung und dem Vertrieb von hochqualitativen Dichtungen.
Wir entwickelten auch eine riesige Auswahl an elastomeren Compounds, die den Richtlinien der „United States Food and Drug Administration“ (FDA) entsprechen.
Diese Richtlinien werden im so genannten „Title 21, Chapter 1, Subchapter B, Section 177.2600“ des „Federal Food and Cosmetic Act“ der FDA behandelt. Diese Regulierungen definieren, welche Elastomerpolymere und weiteren Inhaltsstoffe in Gummiprodukte, die für den wiederholten Einsatz im Kontakt mit Nahrungsmittel verwendet werden, eingesetzt werden dürfen. Darüber hinaus verhindern sie den Einsatz von gefährlichen Stoffen, die Krebs erregende Eigenschaften haben könnten.

Arten der FDA-Konformität
Es existieren zwei wichtige Arten der FDA-Konformität (Class 1 und Class 2), abhängig von dem prozentualen Anteil von Ruß, der dem Compound hinzugefügt wird.
Class 1: für wässrige und fettige Lebensmittel;
Class 2: für wässrige Lebensmittel.

Die USP Class VI wurde speziell für die pharmazeutische Industrie entwickelt. ERIKS bietet Ihnen eine Vielzahl von Compounds mit einer USP-Konformität; alle erfüllen sehr strenge Anforderungen.

Bescheinigung
ERIKS gewährleistet „Konformität“ durch
- strenge Herstellungsverfahren,
- einen FDA-Aufkleber, der auf die Verpackung aufgebracht sowie
- eine Konformitätsbescheinigung, die jeder Lieferung beigelegt werden kann.

Im Allgemeinen gewährleistet ERIKS, dass die FDA-Werkstoffe „FDA-konform“ sind, was heißt, dass sie aus Inhaltsstoffen bestehen, die den FDA-Richtlinien entsprechen.

Migrationtests
Einige Compounds wurden von unabhängigen Laboren getestet. Gummiprodukte, die für den wiederholten Einsatz im Kontakt mit wässrigen Lebensmitteln bestimmt sind, sollten folgendem Migrationsverhalten entsprechen: Die in destilliertem Wasser geprüften Extraktionswerte dürfen innerhalb der ersten sieben Stunden 20 mg/inch^2 und innerhalb der nächsten zwei Stunden 1 mg/inch^2 nicht überschreiten.

Gummiprodukte, die für den wiederholten Einsatz im Kontakt mit wässrigen und fettigen Lebensmitteln bestimmt sind, sollten folgendem Migrationsverhalten entsprechen: die in Pentahexan geprüften Extraktionswerte dürfen innerhalb der ersten sieben Stunden 175 mg/inch^2 und innerhalb der nächsten zwei Stunden 4 mg/inch^2 nicht überschreiten.

6. Werkstoff-Auswahl – FDA

Vulc-O-Ringe FDA Class 1

Vulc-O-Ringe werden in kleinen Mengen hergestellt. Der Innendurchmesser reicht dabei von 30 mm bis zu 5.000 mm in den verschiedensten Schnurstärken von 1,78 bis zu 25mm und mehr.

Es werden keine chemischen Additive bei der Verbindung der beiden Schnurenden verwendet. Technische Material-Datenblätter sind auf Anfrage erhältlich.

Vulc-O-Ringe, FDA Class 1

Standard Compounds	*Beschreibung*	*Konformität*	*Härte °Shore A*
NBR 366185	Vulc-O-Ring – NBR 75, schwarz		75
NBR 366302	Vulc-O-Ring – NBR 75, schwarz	FDA	75
NBR 366303	Vulc-O-Ring – NBR 90, schwarz		90
Aflas® 223301	Vulc-O-Ring – Aflas® 80, schwarz		80
Aflas® 223302	Vulc-O-Ring – Aflas® 90, schwarz		90
Neopren 329303	Vulc-O-Ring – Neopren 75, schwarz	FDA	75
HNBR 886301	Vulc-O-Ring – HNBR 75, schwarz		75
X-NBR 886390	Vulc-O-Ring – X-NBR 75, schwarz		75
EPDM 55903	Vulc-O-Ring – EPDM 75, schwarz		75
Viton® A 514307	Vulc-O-Ring – Viton® 60, schwarz		60
Viton® A 514206	Vulc-O-Ring – Viton® 75, schwarz		75
Viton® A 514302	Vulc-O-Ring – Viton® 75, schwarz		75
Viton® A 514309	Vulc-O-Ring – Viton® 90, schwarz		90
Silicone 714006	Vulc-O-Ring – Silikon 75, rot	FDA	75
Silicone 714782	Vulc-O-Ring – Silikon 80, weiss	FDA	80
Silicone 714787	Vulc-O-Ring – Silikon 80, transparent	FDA	80
Silicone 714788	Vulc-O-Ring – Silikon 80, rot	FDA	80

ERIKS hat über 25 FDA-konforme Compounds. Bitte setzen Sie sich mit uns für nähere Informationen in Verbindung.

Mehr Informationen über Vulc-O-Ringe finden Sie in Kapitel 16.

Fragen Sie nach dem FDA-Prospekt oder besuchen Sie unsere Homepage: www.o-ring.info.

6. Werkstoff-Auswahl – FDA

Kalrez® FDA O-Ringe

Kalrez® Perfluorelastomerteile für Anwendungen der Pharma- und Nahrungsmittelindustrie

Kalrez® Teile aus den Compounds 6221 und 6230 bieten sehr hohe chemische Beständigkeit und geringe Kontamination durch Extraktionen in Anwendungen in der Pharma- und Legensmittelindustrie, die den Anforderungen der FDA genügen müssen. Die Compounds 6221 und 6230 eignen sich insbesondere für den Einsatz in WFI-Systemen (Water For Injection), die Steam-in-Place (SIP)-Reinigung sowie andere kritische Systeme.

Thermische Stabilität
Im Gegensatz zu anderen Dichtungen aus Elastomeren mit FDA-Konformität sind Kalrez® Perfluorelastomerteile bis zu Temperaturen von 260°C stabil. Sie eignen sich deshalb auch für Anwendungen wie Sterilisationsprozesse der Stufe II, wo andere Elastomere ihre Dichteigenschaften verlieren.

Beständigkeit gegen aggressives Wasser
Unter den aggressiven Umgebungsbedingungen der Pharma- und Halbleiterindustrie können Dichtungen aufgrund von übermäßiger Volumenquellung, Versprödung oder chemischem Abbau versagen. Mögliche Folgen sind außerplanmäßige Maschinenstillstände oder Produktverunreinigungen. Durch die sorgfältige Auswahl der Elastomerwerkstoffe, die mit hochreinem und aggressivem Wasser (z.B. WFI) in Kontakt kommen, lassen sich längere Dichtungslebensdauern erreichen. Für Kalrez® Perfluorelastomer-Compounds ergaben Prüfungen extrem niedrige bis nicht messbare Extraktionen in Systemen mit aggressivem Wasser. Weil die Polymerkette der Kalrez® Perfluorelastomere vollständig gesättigt ist, eignet sich diese auch sehr gut für den Einsatz im Kontakt mit ozonhaltigem, entionisiertem Wasser. Auch nach wiederholter Einwirkung von Heißdampf zeigen Teile aus Kalrez® 6221 beziehungsweise 6230 nur sehr geringe Quellung und geringen Verlust von mechanischen Eigenschaften.

Tabelle 1 – Chemische Beständigkeiten von Elastomeren*

Medium	*Kalrez®*	*EPDM*	*VMQ*	*FKM*
Essigsäure	A	A	A	B
Aceton	A	A	C	U
Zitronensäure	A	A	A	
Wasserstoffperoxid	A	B	B	B
Isopropyl-Alkohol	A	A	A	
Methyl-Ethyl-Keton (MEK)	A	A	U	U
Mineralöl	A	U	B	A
NaOH	A	A	B	B
Salpetersäure	A	B	B	A
Natriumhypochlorit	A	B	B	A
Sojaöl	A	C	A	A
Dampf (< 150°C)	A	A	C	U
Dampf (> 150°C)	A	C	U	U
Toluol	A	U	U	A
Xylol	A	U	U	A
Maximale Betriebstemperatur	260°C	135°C	200°C	200°C

A = geringer oder kein Einfluss; B = geringe Quellung und/oder Verlust von physikalischen Eigenschaften; C = mittelmäßige bis starke Quellung und/oder Verlust von physikalischen Eigenschaften/begrenzte Funktionalität; U = nicht geeignet oder empfohlen.
** Diese Daten entstammen Tests von DuPont Performance Elastomers und industriellen Quellen. Sie sind nur als allgemeine Richtlinie gedacht und sollten nicht als Grundlage einer Dichtungsauslegung genommen werden. Kontaktieren Sie bitte DuPont Performance Elastomers oder ERIKS für nähere Informationen.*

Tabelle 2 – Typische physikalische Eigenschaften**

Compound	*Kalrez® 6221*	*Kalrez® 6230*
Farbe	weiss	schwarz
Härte, °Shore A ± 5°	70	75
Modul 100%, psi	1.050	1.020
Zugfestigkeit(1), psi	2.200	2.400
Reißdehnung(1), %	150	170
Druckverformungsrest(2), 70h/160°C	20	18

(1) ASTM D 412 (500 mm/min); (2) ASTM D 395 B, AS-214 O-Ringe
*** Typische physikalische Eigenschaften sollten nicht als Grundlage für Dichtungsauslegungen dienen. Setzen Sie sich bitte mit DuPont Performance Elastomers für nähere Informationen in Verbindung.*

AUTHORIZED DISTRIBUTOR
Kalrez®
perfluoroelastomer parts
DuPont Performance Elastomers

Allgemeine chemische Beständigkeit
Die chemische Beständigkeit von EPDM, Silikon und Fluorelastomeren (FPM/FKM) ist durch deren jeweilige Polymerstruktur begrenzt. Teile aus Kalrez® bieten demgegenüber eine universelle chemische Beständigkeit, ähnlich wie PTFE. Da Kalrez® jedoch im Gegensatz zu PTFE ein Elastomer ist, behalten Teile aus Kalrez® ihre guten Dichteigenschaften dauerhaft. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der chemischen Eignung von Kalrez® Perfluorelastomerteilen und anderen Elastomeren, die als Dichtungsmaterialien in der Pharma- und Lebensmittelindustrie eingesetzt werden.

6. Werkstoff-Auswahl – FDA

AUTHORIZED DISTRIBUTOR
Kalrez®
perfluoroelastomer parts
DuPont Performance Elastomers

Kalrez® FDA O-Ringe

Kalrez® Perfluorelastomerteile werden nicht standardmäßig entsprechend dem USP Prüfprotokoll getestet. Vernetzte Proben aus den Compounds 6221 und 6230 wurden in Übereinstimmung mit den USP Protokollen geprüft und erfüllen die Anforderungen an ein Polymer der USP-Klasse VI.
Die Prüfung nach USP wurde durchgeführt, um den Einsatz von Kalrez® Teilen in der Pharma- und Lebensmittelindustrie zu fördern. Zwar setzen Anwendungen in der Pharma- und Lebensmittelindustrie keine Werkstoffe der USP-Klasse VI voraus, aber Kunden aus diesen Bereichen, insbesondere solche, die eine Zertifizierung nach ISO 9000 anstreben, hatten diesen Nachweis gefordert. Die Prüfung von Fertigprodukten, in denen Kalrez® Perfluorelastomerteile zum Einsatz kommen, liegt in der Verantwortung des Herstellers oder Händlers des Fertigprodukts, wenn der Nachweis erforderlich ist, dass die Anforderungen der USP erfüllt werden.

Hinweis:
Bitte setzen Sie sich mit uns in Verbindung, um einen geeigneten Kalrez® Compound für Ihre Anwendung zu bestimmen.

Medizinischer Einsatz

Setzen Sie Kalrez® Perfluorelastomerteile nicht in medizinischen Anwendungen ein, bei denen eine Implantation in den menschlichen Körper oder die ständige Berührung mit körpereigenen Flüssigkeiten oder Geweben vorgesehen ist. Hinweise auf den Einsatz in anderen medizinischen Anwendungen gibt die Firmenschrift Medical Applications Policy, H-69237 von DuPont Performance Elastomers. DuPont Performance Elastomers vertreibt und unterstützt keine Produkte für Implantationen in den menschlichen Körper. DuPont Performance Elastomers produziert keine Typen von Kalrez® Perfluorelastomerteilen für medizinische und chirurgische Anwendungen. DuPont Performance Elastomers behält sich das Recht vor, von Zeit zu Zeit Änderungen beim Herstellungsprozess vorzunehmen, die die Einhaltung der FDA und anderen Vorschriften nicht beeinträchtigen.

Kalrez® erlangt eine Food Contact Substance Notification

Wir freuen uns Ihnen mitteilen zu können, dass die United States Food and Drug Administration (FDA) nochmals bestätigte, dass Kalrez® 6221 und 6230 Perfluorelastomerteile für den wiederholten Einsatz im Kontakt mit Lebensmitteln geeignet sind.

Die Food Contact Substance Notification FCN000101, welche die Perfluorelastomere Kalrez® 6221 und 6230 behandelt, wurde am 19. Dezember 2000 gültig. Die Erfüllung dieser strengen Anforderung zusätzlich zur bestehenden Konformität nach FDA 21 CFR 177.2600 bestätigt DuPont Performance Elastomers` Bestreben, Standards in der pharmazeutischen Industrie zu übertreffen. Das Food Contact Substance Notification-Verfahren der FDA ist in Abschnitt 409(h) des Federal Food, Drug, and Cosmetic Act beschrieben; es ist die wichtigste Methode, nach der die FDA die Eignung von Substanzen für den Lebensmittelkontakt feststellt. Eine Notification einer Substanz beinhaltet genügend Informationen um zu zeigen, dass die Substanz für den beabsichtigten Gebrauch sicher ist (das ist der Sinn der Notification (21 U.S.C. 348(h)(1)).

Bewiesene Eignung für Nahrungsmittel- und Pharma-Anwendungen

DuPont Performance Elastomers begrüßt die neue Gesetzesgebung als eine Möglichkeit, die Eignung von Kalrez® 6221 und 6230 Perfluorelastomere für den wiederholten Einsatz im Kontakt mit Nahrungsmitteln nochmals zu bestätigen. Die FCN verlangt, dass Kalrez® 6221 und 6230 nicht mehr als 0,2 mg/inch^2 (0,031 mg/cm^2) extrahierbare Substanzen enthalten. Das Risiko von Verunreinigungen durch Kalrez® Perfluorelastomerteile ist damit sehr gering und es besteht eine langfristige Dichtungslösung für anspruchsvolle Nahrungsmittel- und Pharma-Anwendungen.

Konformitätsbescheinigung

Teile aus Kalrez® 6221und 6230 erfüllen die Extraktionsanforderungen der FDA 21 CFR 177.2600(E) und können für den wiederholten Gebrauch eingesetzt werden, gemäß den Richtlinien des Food, Drug and Cosmetics Act und allen anwendbaren Richtlinien über Nahrungsmittelzusatzstoffe. Kalrez® 6221 und 6230 wurde außerdem nach den Vorschriften der United States Pharmacopeia USP Class VI untersucht und erfüllen die Anforderungen an ein Polymer der USP Class VI. Die Tests zur Migration und die Untersuchungen entsprechend der USP Class VI wurden von einem externen Prüflabor in Übereinstimmung mit der Vorschrift 21 CFR, Part 58 Good Laboratory Practice for Nonclinical Laboratory Studies durchgeführt.
Die Kalrez® Compounds 6221 und 6230 bieten eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Dampf-Zyklen und reduzieren die Migrationswerte auf Spurenniveau.

Fragen Sie nach der speziellen ERIKS Broschüre über Hochreine Dichtungen!

6. Werkstoff-Auswahl – Zulassung

KTW:
Die KTW wurde als Norm für Trinkwasser entwickelt. Die KTW kontrolliert dabei die Migration von schädlichen Substanzen. Eine Vielzahl dieser Substanzen unterliegt Grenzwerten. O-Ringe werden im Bereich D2 behandelt.
ERIKS hat Standard Compounds, welche die Anforderungen der KTW erfüllen aus unter anderem:
• EPDM 70 – Compound 559003
• Silikon 70 – Compound 714008

WRC:
Die WRC kontrolliert schädlichen Bestandteile in Kautschuken, wie zum Beispiel die Extraktion von Metallen und Mikroorganismen.
Wir haben Compounds im Programm, welche die Anforderungen der WRC erfüllen aus EPDM 70 – Compound 559003, Silikon 70 – Compound 714014, FKM und NBR.

NSF:
NSF = National Sanitation Foundation. Diese Norm wird hauptsächlich in den USA angewandt.

ERIKS hat eine Vielzahl von Compounds mit NSF-Konformität.

DVGW-Zertifikate
ERIKS hat verschiedene Compounds für Anwendungen in der Gasindustrie mit DVGW-Zertifikaten.
Die folgende Tabelle listet eine Übersicht der DVGW Normen.

Norm	*Anwendung*	*Temperatur (°C)*		*Druck (bar)*
		Min.	*Max.*	
DIN 35351 DIN EN 549	Gasanlagen	-20,-15	60,8	≤ 5
EN 549	Gasanlagen und Gasapparate	-20	60,80,100 125,150	≤ 5
EN549	Gasgeräte	-20	80 bis 150	≤ 5
DIN 3535-3 EN 682	Gastransport	-5 -5	50 50	≤ 40 ≤ 4

6. Werkstoff-Auswahl

Vakuum-Anwendungen
Die Rate des Gasflusses bei einer O-Ring Abdichtung von der Druckseite zur Vakuumseite hängt im großen Maße von der Dichtungsauslegung ab. Eine Erhöhung der Verpressung durch eine Reduzierung der Nutabmessungen verringert die Leckagerate erheblich.

Das Erhöhen der O-Ring Verpressung reduziert die Permeabilität aufgrund der Vergrößerung der Länge des Weges, welche das Gas zurückzulegen hat (den O-Ring Querschnitt) und verkleinert die verfügbare Fläche, in die das Gas eindringen kann (die Nuttiefe). Eine Erhöhung der Verpressung kann durch kleinere Nuten geschehen. Darüber hinaus drängt eine höhere Verpressung das Elastomer in jede kleine Untiefe der abzudichtenden Metallflächen, was eine Leckage um den O-Ring herum verhindert. Oberflächen, gegen die ein O-Ring in Vakuum-Anwendungen abdichten soll, müssen also eine geringere Oberflächenrauheit als normal aufweisen. Oberflächengüten von 0,4 μm Ra sind üblich. Ein Einschmieren des O-Ringes mit einem Hochvakuum-Fett reduziert ebenfalls eine mögliche Leckage. Das Vakuum-Fett hilft dem O-Ring, indem es seine mikroskopischen Vertiefungen und Riefen füllt und so einen möglichen Leckageweg um den O-Ring herum einschränkt.

Obgleich eine sehr hohe Verpressung notwendig ist, um eine Leckage in einer O-Ring Abdichtung auf ein Minimum zu reduzieren, könnte diese Art der Auslegung eine schwere Konstruktion erfordern. Wenn eine flache Nut erwünscht wird, muss diese weit genug sein, um das volle O-Ring Volumen aufnehmen zu können – auch bei höheren Betriebstemperaturen.

Der Vakuumlevel bezeichnet den Grad des Vakuums, je nach dessen Druck in Torr (oder mm Hg).

Geringes Vakuum: 760 Torr bis 1 Torr, mittleres Vakuum: 1 Torr bis 10-3 Torr, hohes Vakuum: 10-3 Torr bis 10-6 Torr, sehr hohes Vakuum: 10-6 Torr bis 10-9 Torr, übermäßig hohes Vakuum: unter 10-9 Torr.

Für eine effektive Vakuumabdichtung muss der Dichtungswerkstoff bestimmte Eigenschaften erfüllen: einen geringen Druckverformungsrest sowie geringe Gaspermeabilität aufweisen und wenig Weichmacher enthalten. Die beste Wahl ist Butyl, jedoch ist Butyl ein sehr unüblicher O-Ring Werkstoff, gefolgt von einem Fluorelastomer.
Extrahierte Weichmacher können einen Belag auf Instrumente hinterlassen. Bei statischen Vakuumanwendungen wird eine Verpressung des O-Ringes von mindestens 25-30% empfohlen, um so Unebenheiten der Metalloberflächen auszugleichen.
Es ist besonders wichtig, dass ein Compound mit dem geringst möglichen Druckverformungsrest verwendet wird, da Temperaturschwankungen die Dichteigenschaften sogar schon vorher verschlechtern können.

ERIKS hat Compounds, die gut geeignet sind für Vakuum-Anwendungen: Viton® 51414 schwartz (75° IRHD), Viton® 51414 grün (75° IRHD) und Viton® 514320 (schwarz in 90° IRHD).

Vakuum-Anwendungen

Polymertyp	*Gewichtsverlust %*
Butyl	0,18
CR	0,13
EPDM	0,76
Fluorsilikon	0,28
NBR	1,06
Polyurethan	1,29
Silikon	0,31
FKM	0,07

Gewichtsverlust bei 10-6 Torr nach 2 Wochen bei 23°C/73°F.

6. Werkstoff-Auswahl

Ausgasung
Wenn man O-Ringe im Hochvakuum einsetzt, spielt die Permeabilität und die Ausgasung von Materialbestandteilen von O-Ringen eine wichtige Rolle. Daher müssen diese Aspekte mit berücksichtigt werden. Je geringer die Permeabilität des Elastomers, desto einfacher ist es, das Vakuum zu erhalten.
Einige Elastomercompounds enthalten auch noch nach der Vulkanisation relativ flüchtige Substanzen, welche insbesondere bei Hochvakuum-Anwendungen austreten. Die Ausgasung ist der Verlust von flüchtigen Substanzen eines Elastomercompouds in Vakuum-Anwendungen. Dies resultiert in einem Volumenverlust des Dichtungsmaterials, welcher zu einem Dichtungsversagen führt.
Als Fazit kann folgendes genommen werden:
Vakuumdichtungen werden verbessert durch schrittweise Änderungen des Systemdrucks, der Verwendung von Elastomeren mit höherer Härte und höherer Dichte und einer Verringerung der Systemtemperatur, welche zu einer geringeren Ausgasung führt. Aus diesem Grund werden Fluorelastomere und Perfluorelastomere oft in Vakuum-Anwendungen eingesetzt.
Vakuum-Anwendungen kombiniert mit extremen Betriebsbedingungen, wie Hochtemperatur, Strahlenbeständigkeit und der Aussetzung gegen verschiedene Kombinationen von flüssigen Medien erfordern eine sorgfältige Analyse, um den richtigen O-Ring auszuwählen.

Kontakt mit Kunststoffen
O-Ringe werden mehr und mehr als Dichtungen im Kontakt mit Kunststoffen verwendet. Das Problem, das im Kontakt mit Kunststoffen auftritt, ist die Migration von Weichmachern oder anderen Prozesshilfsmitteln vom Elastomer in den Kunststoff. Die angreifenden Inhaltsstoffe sind für gewöhnlich Ester-Weichmacher, die in einigen Elastomeren verwendet werden. Darüber hinaus können Additive aus dem Kunststoff in den O-Ring migrieren, was eine wesentliche Veränderung dessen Eigenschaften verursacht. Nach der Migration von Weichmachern in den Kunststoff können Oberflächenrisse entstehen, welche eine Verschlechterung der Zugfestigkeit zur Folge haben. Nicht alle Kunststoffe sind in selbem Ausmaß für dieses Phänomen anfällig. Kunststoffe, die am meisten anfällig gegenüber diesen Weichmachern sind, sind ABS, Noryl und Polycarbonat.
Tests haben gezeigt, dass peroxidisch vernetztes EPDM, FKM, Neopren und einige Silikone die beste Wahl sind. ERIKS hat auch einen EPDM Compound (55914PC), der gut geeignet ist.

Hochreine Werkstoffe
In vielen modernen Industrien werden für einen optimalen Ablauf des Produktionsprozesses mehr und mehr hochreine O-Ringe eingesetzt. Fluorelastomere werden oft in Wet Chemical- und Plasma-Umgebungen in der Herstellung von IC-Bausteinen verwendet.
Traditionelle Dichtungen beinhalten oft Carbon Black Ruß als verstärkenden Füllstoff. Viele spezielle Fluorelastomer-Compounds beinhalten anorganische oder metallische Füllstoffe, um eine verbesserte Dichtleistung in aggressiven Umgebungen zu erreichen. Der Gebrauch dieser metallischen Füllstoffe kann, während es vorteilhaft für die Dichtungslebensdauer ist, die Partikelbildung und Verunreinigungen durch Extraktion erhöhen. Aus hochreine Fluorelastomere und Perfluorelastomere hergestellte O-Ringe wurden speziell entwickelt, um die strengen Anforderungen an Verunreinigungen der Halbleiterindustrie zu entsprechen. Von Anwendungen der Lithographie bis Ätzen und Reinigen, bieten aus hochreinem Fluoerelastomer hergestellte O-Ringe gegenüber denen aus traditionellem Fluorelastomer unerreichte Leistung in Hinblick auf Verunreinigungen durch Extraktion. Dank spezieller Produktion, Mischungsherstellung, Kontrolle und besonderen Umgebungsfaktoren, sind verschiedene Grade der Reinheit verfügbar.

Wir bieten Ihnen gerne verschiedene hochreine Compounds aus zum Beispiel Viton® SCVBR (bis +200°C) oder Kalrez® (bis +327°C) an.

Hinweis:
- Reinraumverpackung auf Anfrage.
- ERIKS kann hochreine Compounds aus Silikon, Viton® und Kalrez® für die Halbleiterindustrie liefern.

6. Werkstoff-Auswahl

Permeabilität / Kontakt mit Gasen
Alle Elastomere sind mehr oder weniger permeabel gegenüber Gas. Der Grad der Permeabilität gegenüber Gasen der verschiedenen Compounds variiert.
Permeabilität ist die Neigung eines Gases, durch das Elastomer zu gehen oder diffundieren. Dies sollte nicht mit Leckage verwechselt werden, da dies die Neigung eines Mediums, um die Dichtung herum zu gehen, ist.
Alle Elastomere sind in einem Umfang permeabel, so dass sie Luft und andere Gase oder leicht flüchtige Flüssigkeiten unter Druck erlauben, in den Dichtungswerkstoff einzudringen und schrittweise auf der Seite mit geringerem Druck zu entweichen. Permeabilität kann in Vakuum-Anwendungen oder einigen Anwendungen in der Pneumatik von höchster Wichtigkeit sein. Die Permeabilität wird durch einen Temperaturanstieg erhöht und durch eine Erhöhung der Verpressung des Dichtungswerkstoffes gesenkt. Der Permeabilitätsgrad von verschiedenen Gasen durch unterschiedliche Elastomere variiert auf einer schwer einzuschätzenden Weise. Sogar gleiche Grundwerkstoffe zeigen große Unterschiede; verschiedene Gase geben unterschiedliche Werte für den gleichen Compound. Permeabilität wird darüber hinaus auch von Anwendungsparametern wie Schnurstärke, Druck und Temperatur beeinflusst.
Typisch ist, dass härtere Compounds, die im Allgemeinen einen höheren prozentualen Anteil an Ruß besitzen, bessere Werte aufweisen.
Wenn NBR zum Einsatz kommt, ist ein prozentual höherer Gehalt an Acrylnitril (ACN) vorteilhafter.

Laborversuchen zur Folge, ist die Permeabilität von eingeschmierten O-Ringen geringer, als die von trockenen O-Ringen. Diese Tests zeigten darüber hinaus, dass stärker verpresste O-Ringe eine geringere Permeabilität aufweisen als geringer verpresste O-Ringe.
Tatsächlich schwankt die Permeabilität eines Grundpolymers entsprechend den Anteilen des Copolymers. Die beste Wahl ist Butyl, Fluorelastomer (Viton® 51414) und NBR mit einem hohen Anteil an ACN. Butyl ist als O-Ring Werkstoff sehr unüblich.

Die folgende Liste deutet die Permeabilität von anderen Werkstoffen an, gelistet von der geringsten bis zur höchsten Permeabilität:
- AU: Polyurethan
- NBR: Nitril
- FKM : Fluorelastomer
- FFKM: Perfluorelastomer
- EPDM: Ethylen-Propylen
- SBR: Styren-Butadien
- NR: Naturkautschuk

Silikone und Fluorsilikone haben sogar eine noch höhere Gaspermeabilität. Fragen Sie nach Informationen über Permeabilitätsraten anderer ERIKS Compounds.

Gaspermeabilität
Die folgende Tabelle gibt den Koeffizient der Gaspermeabilität für verschiedene Medien und Compounds wieder.

Gaspermeabilität

Gaspermeabilitäts-Koeffizient 10-17 m^2 / (s x Pa)	*IIR*	*AU*	*NBR (38% ACN)*	*NBR (33% ACN)*	*NBR (28% ACN)*	*CR*	*NR*	*VMQ*
Luft 60°C/140°F	2,0	2,5	2,5	3,5	7,5	6,0	25,0	330
Luft 80°C/175°F	5,0	7,0	5,5	7,0	21,0	12,0	40,0	410
Stickstoff 60°C/140°F	1,5	2,5	1,0	2,0	4,0	4,5	18,0	280
Stickstoff 80°C/175°F	3,5	5,5	2,5	5,5	7,0	8,0	33,0	360
CO2 60°C/140°F	13	26	30	56	58	58	160	950
CO2 80°C/175°F	29	73	48	63	97	71	210	1500

6. Werkstoff-Auswahl

Hochdruckgase / Explosive Dekompression
In Hochdruckanwendungen über 100 bar (1500 psi) neigen Gase dazu, die mikroskopischen Poren des Elastomers zu füllen. Wenn O-Ringe bei Gas (oder leicht flüchtige Flüssigkeiten) unter hohem Druck eingesetzt werden, muss die Permeabilität des Elastomers berücksichtigt werden.
Wenn ein Gas unter hohem Druck die Möglichkeit hat, in das Elastomer einzudringen, wird sich dieses Gas (oder flüchtige Flüssigkeit) bei einem plötzlichen Drucksturz ausdehnen und versuchen, aus dem Elastomer zu dringen. Je größer der Druck, desto größer ist die Menge des Gases, die in das Elastomer eindringt. Wenn der Druck plötzlich fällt, dehnt sich das Gas im O-Ring aus und wird seinen Weg durch diesen in die Atmosphäre finden. Das Gas entweicht möglicherweise harmlos in die Atmosphäre oder es bildet Blasen auf der Oberfläche. Infolgedessen entwickeln sich kleine Risse tief in den O-Ring hinein. Einige können zerreißen, Risse oder Vertiefungen hinterlassen und die Dichtung beschädigen. Dieses Phänomen wird explosive Dekompression genannt. Im Allgemeinen wird vermutet, dass dieses Phänomen in Fällen von Druckstürzen über ungefähr 30 bar (3 MPa oder 400 psi) auftreten kann. Zu berücksichtigende Variablen sind das verwendete Gas, der Druck, die Temperatur und der Elastomercompound. Generell verursacht Kohlenstoffdioxid (CO_2) mehr Probleme, als zum Beispiel Stickstoff. Eine Verbesserung kann durch eine schrittweise Reduzierung des Drucks und dem Einsatz einer höheren Härte und einer höheren Dichte erfolgen. Die Beständigkeit kann durch einer höheren Härte von bis zu 90-95° Shore A verbessert werden. Eine andere Methode ist es, die Schnurstärke des O-Ringes zu reduzieren. Allerdings ist dies nicht immer erfolgreich. NBR und FKM sind die besten Standardwerkstoffe für diese Anwendung.

ERIKS hat Compounds in:
Aflas® für Anwendungen mit Gas und Dampf.
FKM 514162 in 95° IRHD, speziell für die Öl- und Gasindustrie.

Nur wenn sehr ausgewählte Elastomercompounds verwendet und die Inhaltsstoffe sorgfältig gemischt werden, kann ein gegenüber explosiver Dekompression beständiges Material erreicht werden. Normalerweise sind diese Compounds auch beständig gegenüber Extrusion.

Offshore-Anwendungen
In Offshore-Anwendungen werden O-Ringe extremen Drücken, Temperaturen und aggressiven Medien ausgesetzt. Die kritischen Verhältnisse werden sogar noch kritischer durch sehr aggressive Öladditive, schwankenden Temperaturen, Spaltextrusion und explosiver Dekompression. Unter solchen Bedingungen sind nur Spezialcompounds einsetzbar.
ERIKS Compounds:
NBR-95, extrem extrusionsbeständig, getestet vom American Petroleum Institute.
AFLAS-90, hochmolekulares Aflas® mit verbesserter Extrusionsbeständigkeit und sehr gutem Druckverformungsrest. Ideal für Anwendungen mit Aminen und starken Laugen geeignet. Eine Einsatztemperatur von bis zu 200°C (390°F) ist möglich.
HNBR-XNBR 90, eine Mischung aus HNBR und XNBR 90° IRHD, welche eine hervorragende Abriebbeständigkeit, kombiniert mit einer sehr guten Extrusionsbeständigkeit gewährleistet. Es kann bis 150°C (300°F) eingesetzt werden. Auch erhältlich in 80° IRHD.

Verträglichkeit von Elastomeren mit Mineralölen
Eine bekannte schnelle Methode für eine Werkstoffbestimmung für O-Ring Anwendungen in Mineralölen ist eine basierend auf den Anilinpunkt des Öls durchgeführte Auswahl. Die ASTM D 471 Testreferenzöle decken eine Reihe von Anilinpunkten ab, die in Schmierölen vorzufinden sind.

Testöl ASTM Nr. 1 hat einen hohen Anilinpunkt von 124°C (225°F) und bewirkt geringe Quellung;
Testöl IRM 902 hat einen mittleren Anilinpunkt von 93°C (200°F) und bewirkt mittelmäßige Quellung;
Testöl IRM 903 hat einen geringen Anilinpunkt von 70°C (157°F) und bewirkt hohe oder extreme Quellung von O-Ring Werkstoffen.

Hinweis: Der Anilinpunkt von einem Mineralöl scheint das Quellverhalten von Ölen auf Elastomerteile zu charakterisieren. Im Allgemeinen gilt, je niedriger der Anilinpunkt, desto heftiger ist das durch das Öl hervorgerufene Quellverhalten. In statischen O-Ring Anwendungen kann eine Volumenquellung von 20% akzeptabel sein. In dynamischen Anwendungen sollte die Volumenquellung unter 10% betragen.
Jedes andere kommerziell verfügbare Öl sollte erwartungsgemäß den gleichen Effekt auf O-Ringe haben, wie dessen entsprechende ASTM Testöl. Es wurde allerdings festgestellt, dass die Anilinpunkt-Methode nicht immer zuverlässig ist. Einige kommerzielle Öle mit dem gleichen Anilinpunkt können sich deutlich unterscheiden, da sie verschiedene Additive beinhalten.
Es wird daher empfohlen, Eignungstests von Werkstoffen in dem in der Anwendung zu verwendendem Öl durchzuführen.

B-Test-Flüssigkeiten führen zu einer Extraktion von den geringmolekularen Weichmachern des Elastomercompounds. Je mehr Weichmacher in einem Compound enthalten sind, desto mehr verhärtet und schrumpft ein O-Ring in einer Anwendung. Eine Schrumpfung in O-Ring Anwendung ist nicht annehmbar. Leckage kann davon die Folge sein. Eine populäre B-Test-Flüssigkeit ist ein Gemisch aus 42,25% Toluol, 20,35% Isooktan, 12,7% Diisobutylen, 4,3% Ethanol, 15% Methanol und 0,5% Wasser.

6. Werkstoff-Auswahl

Mineralöle, Hydraulikflüssigkeiten
Diese Öle werden in der Industrie am häufigsten verwendet. Deren größte Nachteile sind deren giftige Eigenschaften und schwere Entflammbarkeit. Diese Öle oder Hydraulikflüssigkeiten sind nicht klar definiert, allerdings sind sie ein Gemisch von verschiedenen Kohlenwasserstoffen. Die folgenden Richtlinien können für die verschiedenen Arten von Elastomeren gemacht werden.
Allgemein: Nahezu alle Hydraulikflüssigkeiten beinhalten aktive Additive, die das Elastomer angreifen können, insbesondere bei hohen Temperaturen.
NBR ist das „Arbeitspferd" dieser Flüssigkeiten. Je höher der ACN-Gehalt in dem NBR, desto besser ist die Beständigkeit. Standard NBR-Typen neigen bei Temperaturen von 110°C (230°F) und höher zu Verhärten, da dann eine zusätzliche Vernetzung auftritt.

ERIKS Compounds für Hydraulikflüssigkeiten
- NBR: alle Typen können eingesetzt werden. Bitte fragen Sie eine Verfügbarkeitsliste an.
- HNBR: kann bis 150°C (300°F) eingesetzt werden; insbesondere peroxidisch vernetzte Compounds.
- Neopren: zeigt starke Quellung in Petroleumöle, wodurch kaum Bedarf an diesem Werkstoff besteht.
- FKM: kann generell bis 200°C (400°F) eingesetzt werden. Widersteht vielen Additiven, mit Ausnahme von bestimmten Aminen. Diese Amine können das Elastomer dazu führen, schnell zu verhärten. Das ist der Grund, weshalb peroxidisch vernetzte FKM-Typen (Viton® GF) oder Kalrez® in diesen Fällen eingesetzt werden. Auch Aflas® hat eine hervorragende Beständigkeit bei sehr hohen Drücken.
- Silikon: Silikon O-Ringe können nur in hochviskosen Ölen eingesetzt werden, sind allerdings sehr sensibel gegenüber aktive Additive.
- Fluorsilikon: sehr gut bis 175°C (350°F). Kann darüber hinaus bis -60°C (-76°F) eingesetzt werden.
- ACM: generell gut beständig gegenüber Öle bis 150°C (300°F).
- ECO: Epichlorhydrin hat eine gute Mineralölbeständigkeit und einen breiten Temperaturbereich von -51°C (-60°F) bis 150°C (300°F).
- Polyurethan: sehr hoch beständig, jedoch sehr empfindlich gegenüber Hydrolyse.

Synthetische Öle, Hydraulikflüssigkeiten
Diese Flüssigkeiten haben einige Vorteile gegenüber Mineralöle.
Sie besitzen eine bessere thermische Stabilität, breitere mögliche Anwendungstemperaturen und geringere Flüchtigkeit. Auf der anderen Seite sind diese teurer. Eine ausführliche Auflistung der Flüssigkeiten würde zu weit gehen. Folgend finden Sie eine Auflistung von allgemeinen Regeln über die Medienbeständigkeit:
Polare Elastomere wie NBR, FKM, ACM, HNBR, ECO und AU haben eine gute Beständigkeit.
Die Beständigkeit gegenüber Hydraulikflüssigkeiten kann nicht immer vorhergesehen werden, weil die Additive oft eine wichtige Rolle beim chemischen Angriff spielen. Da in den meisten Fällen diese Additive nicht immer bekannt sind, ist es empfehlenswert, einen Test durchzuführen, um so die tatsächliche Beständigkeit sicherzustellen.

HFA- und HFB-Flüssigkeiten
Diese schwer entflammbaren Öle sind aggressiver. Speziell formulierte NBR-Compounds sollten ein akzeptables Quellverhalten bieten.
ERIKS hat mehrere Compounds aus NBR. Wenn ein Minimum an Quellung gefordert wird, sollte ein Fluorelastomer wie der Viton® 51414 verwendet werden. Standard Polyurethan ist aufgrund dessen Empfindlichkeit gegenüber Hydrolyse auf 50°C (122°F) beschränkt.

Pflanzliche Öle
Dies sind Öle aus Samen, Früchten oder Pflanzen, wie zum Beispiel Olivenöl, Palmöl und Rapsöl. Sie haben die Vorteile, biologisch abbaubar und ungiftig zu sein. Hydraulikflüssigkeiten wurden aufgrund jüngster Fortschritte in deren Entwicklung, welche diese Öle biologisch abbaubar machten, immer populärer. Biologisch abbaubare Öle haben allerdings eine geringe Temperaturbeständigkeit von 80°C (176°F).
Hochtemperaturbeständige Elastomere sind daher nicht notwendig.
In den meisten Fällen kann man mit NBR gute Ergebnisse erzielen. Da NBR-Compounds viele Weichmacher enthalten, können Sie unter Umständen quellen. Der Einsatz von Polyurethan ist bedingt möglich, obwohl ein kurzzeitiger Gebrauch nur zu einer geringen Quellung führen wird. Eine zunehmende Schädigung tritt jedoch in den meisten Fällen auf; zweifellos nachdem sich Hydrolyse entwickelt.
EPDM und Butyl weisen eine gute chemische Beständigkeit auf, obwohl eine Quellung von bis zu 40% auftreten kann. Diese Elastomere können daher nur in statischen Anwendungen eingesetzt werden.
ERIKS hat Compounds in NBR 70 36624 (70° IRHD), NBR 90 47702 (90° IRHD) sowie spezielle NBR-Compounds für FDA-, WRC- und KTW-Anwendungen.

Hinweis:
Diese Beständigkeits-Informationen sind nur als Empfehlungen gedacht. Der Endnutzer ist verantwortlich für die Sicherstellung der Verträglichkeit.

6. Werkstoff-Auswahl

Hydraulik- und Getriebeöle und der ACN-Gehalt
Ein hoher ACN-Gehalt mit einem geringen Grad an Weichmachern bietet eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Mineralöle. Ein geringer ACN-Gehalt mit einem hohen Weichmacheranteil führt zu einer besseren Flexibilität bei tiefen Temperaturen. Eine peroxidische Vernetzung bietet den bestmöglichen Druckverformungsrest bei erhöhten Temperaturen. Dies sind alles Eigenschaften, die für den Einsatz in Hydraulik-Anwendungen wichtig sind.

ERIKS hat mehrere NBR-Compounds mit einem hohen ACN-Gehalt für die extremen Anforderungen von Schwermaschinen, für Automatikgetriebeflüssigkeiten (ATF) und Erdöl, sowie auch NBR mit geringem ACN-Gehalt für Flexibilität bei besonders tiefen Temperaturen.

Silikonflüssigkeiten
Silikonflüssigkeiten sind chemisch sehr stabil. Laut Angaben aus der Fachliteratur können nahezu alle elastomeren Dichtungswerkstoffe, mit Ausnahme von Silikon-Kautschuk, im Kontakt mit Silikonölen oder Silikonfetten eingesetzt werden. Es gibt jedoch einige Ausnahmen: Silikonflüssigkeiten haben die Neigung, Weichmacher aus den Elastomeren zu ziehen, was daraufhin zu einem Schrumpfen führt. Dieser Effekt ist bei gering viskosen Flüssigkeiten und Hochtemperaturanwendungen am schwersten. Aufgrund dieses Verhaltens sollten zur Abdichtung von Silikonflüssigkeiten keine militärischen NBR-Compounds oder andere NBR-Compounds mit einer Tieftemperatureignung von unter -40°C (-40°F) verwendet werden. Diese Compounds müssen Weichmacher enthalten. Andere Werkstoffe sollten vor deren Einsatz getestet werden, um so sicherzustellen, dass diese nicht mehr als ein oder zwei Prozent in der Anwendung schrumpfen.

Silikon-Kautschuk hat eine schlechte chemische Beständigkeit im Kontakt mit Silikonflüssigkeiten. Silikon-Kautschuke neigen zur Absorbierung von Silikonflüssigkeiten, was zu einer Quellung und Erweichung des O-Rings führt. Gelegentlich wird allerdings erwünscht, eine Silikonflüssigkeit mit einem O-Ring aus Silikon-Kautschuk abzudichten. Diese Kombination ist im Allgemeinen akzeptabel, wenn die Viskosität der Silikonflüssigkeit 100.000 cSt oder mehr beträgt und die Temperatur 150°C (300°F) nicht übersteigt.

Übersicht der Beständigkeit gegenüber mineralischen und biologisch abbaubaren Öle

Mineralöle	*Zu verwendendes Elastomer*
Typ:	
H	NBR, FKM, HNBR, AU
H-L	NBR, FKM, HNBR, AU
H-LP	NBR, FKM, HNBR, AU
H-LPD	NBR, FKM, HNBR, AU
H-V	NBR, FKM, HNBR, AU
Wasserbasierende Öle	*Zu verwendendes Elastomer*
Typ:	
HFA (>80% Wasser)	-5° +55°C – NBR, FKM, AU
HFB (40% Wasser)	-5° +60°C – NBR, FKM, AU
HFC (35% Wasser)	-20° +60°C – NBR
HFD-R	-20° +150°C – EPDM (aeronotique)
HFD-S	-20° +150°C – FKM
Bioöle	*Zu verwendendes Elastomer*
Typ:	
HETG HNBR	für die Landwirtschaft bis zu 80°C: AU, NBR,
HEPG	Für Wasserschutzgebiete bis zu 80°C: AU, NBR, ANBR, FKM* +80°C: HNBR, FKM* (*nur peroxidisch vernetzte FKM-Compounds)
HEES	bis zu 80°C: AU, NBR, HNBR, FK M+80°C: HNBR, FKM* (*nur peroxidisch vernetzte FKM-Compounds)

6. Werkstoff-Auswahl

Kontakt mit Kraftstoffe
Kraftstoffe sind in Hinblick auf einen Kontakt mit Elastomeren sehr komplexe Flüssigkeiten. Kraftstoffe sind ein Gemisch aus aromatische oder aliphatische Kohlenwasserstoffe mit der Zugabe von Alkohol. Die Durchführung von eigenen Tests wird immer empfohlen, wenn auch FKM-, Epichlorhydrin- (ECO) und spezielle NBR-Compounds am häufigsten im Kontakt mit Kraftstoffen eingesetzt werden.
Einen Überblick über Fluorelastomer-Compounds können Sie der allgemeinen Fluorelastomer-Broschüre entnehmen, die wir Ihnen bei Bedarf gerne zusenden.
Die UL (Underwriters Laboratories, Inc.) ist eine gemeinnützige Organisation, die von der American Insurance Association finanziert wird. Sie testet und listet viele elektrische Sicherheits- und Brandschutzgeräte sowie Ausrüstungen für den Einsatz im Kontakt mit giftigen Flüssigkeiten und Chemikalien. Seit vielen Jahren testen und prüfen sie Elastomer-Compounds, die für den Einsatz mit Benzin, Naphtha, Kerosin, Autogase und Heizöle geeignet sind.
UL-gelistete O-Ring Compounds können mit Gewissheit für Benzin- und Autogasbefüllventile, Pumpen, Dosiergeräte, Autogasflaschen, Ventile und anderen Geräten verwendet werden, die eine zuverlässige Dichtung erfordern.

Kraftstoffe für Automobilmotoren
Es gibt auf dem Markt verschiedene Automobilkraftstoffe; verbleites und bleifreies Benzin, mit und ohne MTBE, wobei jedes in der Zusammenstellung und dem Gehalt an Gasohol variieren kann. Gasohol ist eine Mischung aus Benzin und 10-20 Prozent Alkohol. Der Alkohol kann dabei entweder Ethyl (auch genannt Ethanol oder Getreidealkohol) oder Methyl (Methanol oder Holzalkohol) sein.
Der am besten geeignete Werkstoff hängt nicht nur von dem Kraftstoff selbst ab, sondern auch von dem zu erwartenden Temperaturbereich oder der Art des Einsatzes – das heißt entweder in einer statischen oder dynamischen Anwendung – ab. In Automobilkraftstoff-Anwendungen sind extrem hohe Temperaturen nicht zu erwarten, jedoch können manchmal in nördlichen Klimazonen Tieftemperaturen bis hin zu -40°C (-40°F) oder sogar -55°C (-65°F) vorkommen.
Die meisten Werkstoffe, die für diesen Einsatzbereich im Kontakt mit Kraftstoffe empfohlen werden, haben eine geringe Tieftemperaturflexibilität in Luft. Diese verbessert sich jedoch in einer Flüssigkeit, die den Werkstoff leicht anquillen lässt.

Kraftstoffe für Luftfahrt-Systeme
Luftfahrtkraftstoff-Systeme sind Tieftemperaturanwendungen.
NBR-Compounds müssen eine gute Tieftemperaturflexibilität, im Allgemeinen einen geringen ACN-Gehalt und einen höheren Anteil an Weichmachern aufweisen. Fluorsilikon wird auch in Luftfahrtkraftstoff-Systeme eingesetzt und ist bis zu circa -80°C beständig.

Extreme Temperaturen
Wenn Luft oder andere Gase bei Temperaturen unter -55°C (-65°F), der empfohlenen Tieftemperaturgrenze der meisten Silikon-Compounds, abgedichtet werden müssen, müssen spezielle Compounds verwendet werden. Wenn die Permeabilitätsrate von Silikon-Kautschuk für die Anwendung zu hoch ist (die Permeabilitätsrate verringert sich bei einer Abnahme der Temperatur), muss ein alternativer Werkstoff zum Einsatz kommen.
Für Anwendungen, die sowohl mäßig hohe, als auch tiefe Temperaturen benötigen, ist es möglich, zwei O-Ringe zu verwenden. Einen Silikon O-Ring, um die Abdichtung bei tiefen Temperaturen aufrecht zu erhalten und einen FKM O-Ring, der die Permeabilität reduziert, wenn die Abdichtung wärmeren Temperaturen ausgesetzt ist. Falls ein Tieftemperatur O-Ring eine Flüssigkeit abdichtet, welche Silikon angreift, wird Fluorsilikon empfohlen. Dieser Werkstoff hat eine hervorragende chemische Beständigkeit gegenüber eine Vielzahl von Medien, ist einsetzbar bis 177°C (350°F) und in vielen Anwendungen auch höher und erhält seine Dichtkraft oft auch bei Tieftemperaturanwendungen bis -73°C (-100°F).
Durch eine Erhöhung der Verpressung erhalten oft auch andere Werkstoffe Ihre Dichtwirkung unterhalb deren eigentlicher Tieftemperaturgrenze. Diese Vorgehensweise ist jedoch im Allgemeinen oft nur auf statische Flanschabdichtungen begrenzt.
Eine starke Verpressung einer radialen Dichtung macht die Montage sehr schwierig.

6. Werkstoff-Auswahl

Extrem hohe Temperaturen
Extrem hohe Temperaturen können zu einem physikalischen und/oder chemischen Angriff führen, welcher in einem Dichtungsversagen endet. Durch eine extreme Hitzeenergie fängt der O-Ring in der Nut an zu quellen, wodurch die Reibung bei dynamischen Anwendungen erhöht wird. In vielen Fällen verhärtet der O-Ring beachtlich und der Druckverformungsrest ist höher, als bei tieferen Temperaturen. Bei hohen Temperaturen können thermoplastische Werkstoffe sogar anfangen zu fließen, wodurch eine Leckage entsteht.
Die beste Wahl: eine Reihe von speziellen Werkstoffen wurden entwickelt, um eine optimale Dichtungsleistung unter diesen Konditionen zu erreichen. Diese Werkstoffe sind: Aflas®, Viton®, Kalrez®, Silikon oder Fluorsilikon. PTFE kann als thermoplastischer Werkstoff die beste Wahl sein; vorausgesetzt, es wird keine Elastizität gefordert.
Kalrez® kann dauerhafte Temperaturen von bis zu 327°C (620°F) widerstehen. Standard NBR- und EPDM-Compounds können dahingehend zur Erreichung einer besseren Temperaturbeständigkeit formuliert werden. Als Beispiel: der ERIKS Compound EPDM 55914PC bietet eine außergewöhnlich hohe Temperaturbeständigkeit für Ethylen-Propylen Elastomere. Bestimmte Fluorpolymere degenerieren sich über 300°C und können gesundheitsgefährdende Gase freisetzen, sofern die Temperatur weiterhin steigt. Bitte beachten Sie darüber hinaus, dass hohe Temperaturen viele Eigenschaften des Werkstoffes wie die Gaspermeabilität, Zugfestigkeit und der Druckverformungsrest deutlich verschlechtern.

ERIKS bietet Ihnen Compounds:
- bis 200°C (390°F): alle FKM's, Teflex-FKM, Teflex-Silikon;
- bis 220°C (430°F): Kalrez®, Silikon 714177, Fluorsilikone
- bis 280°C (540°F): Kalrez® und spezielle Silikon-Compounds;
- bis 327°C (620°F): Kalrez®.

Bitte beachten Sie, dass die Temperaturbeständigkeit sehr von der Abdichtdauer und der chemischen Umgebung abhängt. Fragen Sie uns um Unterstützung für die Auswahl anderer Werkstoffe oder ziehen Sie Datenblätter zu rate.

Extrem tiefe Temperaturen
Tiefe Temperaturen verringern die molekulare Aktivität und führen elastomere Compounds dazu, härter zu erscheinen. Bei extrem tiefen Temperaturen erreichen Elastomere einen glasartigen Zustand und werden sehr brüchig. Sie können allerdings immer noch abdichten und oft ihre normale Flexibilität ohne Schäden bei Erwärmung zurückerhalten. Dieser Zustand ist während die Temperatur steigt reversibel. Die Temperatur, bei welcher der glasartige Zustand auftritt, kann durch Versuche bestimmt werden.
Normen dieses Versuchs sind zum Beispiel die ISO 812, ASTM D 2137, BS 90 Teil 25 und ASTM D 746.
Extreme Kälte führt dazu, dass der O-Ring in der Nut schrumpft und sich zusammenzieht. Dies kann zu einer Leckage der Dichtung führen. Wenn die Temperatur noch weiter fällt, setzt die Schrumpfung fort und der O-Ring wird brüchig – er kann bei Krafteinwirkung brechen.
Die beste Wahl kann Silikon sein, welches flexibel bei Temperaturen bis zu -50°C (-58°F) bleibt. Bitte beachten Sie allerdings, dass Silikon eine geringe chemische Beständigkeit und eine hohe Gaspermeabilität hat. Fluorsilikon sollte eingesetzt werden, wenn Kraftstoffe oder Öle im Prozess vorhanden sind. Es wird generell in Flugzeugkraftstoff-Systemen eingesetzt und ist tieftemperaturbeständig bis circa -80°C (-112°F).
PTFE kann bis -170°C (-275°F) eingesetzt werden, hat allerdings keine elastischen Eigenschaften. Es beginnt unter Druckbeaufschlagung schnell zu fließen (sogenannter Kaltfluss). PTFE mit Füllstoffen kann dieses Problem deutlich reduzieren. Eine mit einer metallischen Feder vorgespannte Dichtung kann dabei nützlich sein. Federvorgespannte PTFE-Dichtungen bieten unter diesen Bedingungen eine gute Abdichtleistung. Fragen Sie bitte nach den technischen ERIKS Prospekten.
Darüber hinaus kombinieren auch Teflex FEP-ummantelte O-Ringe (mit Silikonkern) eine Tieftemperaturbeständigkeit mit einer sehr guten chemischen Beständigkeit. Die Tieftemperaturbeständigkeit kann sich ebenfalls verbessern, wenn eine höhere Verpressung auf den O-Ring angewandt wird. Dies kann natürlich nur bei statischen Dichtungen angewendet werden.

ERIKS bietet Ihnen Compounds aus:
- FKM und NBR bis -40°C (-40°F);
- EPDM 55914 und EPDM 55914PC bis -50°C (-56°F);
- Silikon 714177 bis -60°C (-76°F);
- speziellem Fluorsilikon für Tieftemperaturen bis -90°C (-130°F);
- mit metallischer Feder vorgespannte PTFE Nutringe bis -200°C (-325°F).

Der TR-10 Wert ist ein guter Indikator der Tieftemperaturgrenze einer dynamischen oder statischen Dichtung, die pulsierenden Drücken ausgesetzt ist. In einer statischen Anwendung mit konstanter Druckbeaufschlagung liegt die Tieftemperaturgrenze eines O-Ringes ungefähr 8°C (15°F) tiefer als die TR-10 Temperatur. Bitte beachten Sie, dass die auf den ERIKS Datenblättern angegebenen TR-10 Temperaturen nur Testwerte sind. Erfahrungsgemäß ist die untere Betriebstemperatur circa 10°C (18°F) geringer als ermittelte TR-10 Werte.

Hinweis:
Bitte beachten Sie für Informationen über Viton® auch Seite 46ff.

6. Werkstoff-Auswahl

Reibungskoeffizient
Reibung führt zu Verschleiß; Dichtungen bilden da keine Ausnahme. Der Grad des Verschleiß wird durch fünf Faktoren bestimmt: die schmierenden Eigenschaften des Mediums, die Oberflächenrauheit des Metalls, der Druck sowie die Temperatur und die Besonderheiten des Elastomers.

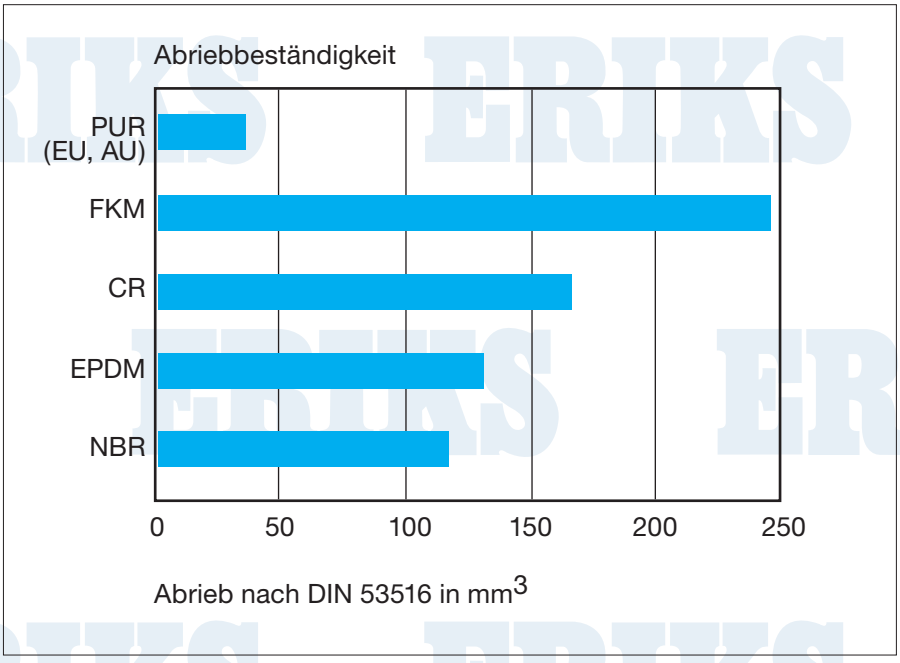
Im Allgemeinen ist die Haftreibung ein Vielfaches höher, als die Gleitreibung. Dies hängt allerdings von vielen Faktoren ab, jedoch hauptsächlich der Härte des O-Rings. Wenn ausschließlich die Härte des O-Ringes verändert wird, führt eine Erhöhung der Härte zu einer Steigerung der Haftreibung. Eine Verringerung der Härte führt hingegen zu einer Senkung der Haftreibung.

Für spezielle Anwendungen, in denen eine externe Schmierung unmöglich ist, gibt es spezielle Compounds mit eingeschlossenen Schmiermitteln. Diese interne Schmierung ist die Beimischung eines reibungsreduzierenden Stoffes in den Elastomer-Compound. Da bei einer internen Schmierung die Zusammensetzung des Compounds verändert wird, wurden diesen Compounds spezielle Nummern vergeben. Interne Schmiermittel können zum Beispiel Grafit, Molybdän-Disulfid, gepulvertes PTFE oder üblicher, ein organisches Schmiermittel sein. Dieses Schmiermittel migriert durch den O-Ring und setzt sich allmählich auf der Oberfläche ab.
Darüber hinaus gibt es Prozesse, welche die Oberfläche eines O-Rings modifizieren. Der Reibungskoeffizient sinkt bis zu 50%. Die Oberfläche ist, um sicherzugehen, dass alle Eigenschaften des Elastomers erhalten bleiben, nicht beschichtet. Dieses Verfahren ist sehr umweltfreundlich und kann daher auch für Trinkwasseranwendungen verwendet werden.

Abrieb- und Verschleißbeständigkeit
Abriebbeständigkeit ist ein allgemeiner Begriff, der den relativen Verscheiß eines Werkstoffes wiedergibt. Sie bezieht sich auf die Abreibung oder Abschabung der O-Ring Oberfläche und ist daher für O-Ringe im Einsatz als dynamische Dichtung wichtig. Dies ist ein sehr komplexes Problem und kann hier nicht tiefer behandelt werden. Bitte wenden Sie sich für weitere Informationen an uns.

Die ideale Kontaktoberfläche sollte eine Oberflächenrauheit von 0,4-0,8 R_a ohne längs- und umlaufende Schrammen haben. Idealerweise sollte die Oberfläche fein geschliffen, prägepoliert oder hartverchromt sein. Der Zustand von dynamischen Kontaktoberflächen ist für die Lebensdauer einer Dichtung sehr entscheidend. Sachgerechte Oberflächenfinishs sind wichtig. Die zulässige maximale Rauheit der Nutflächen ist begrenzt, da rauere Nutflächen zu einer übermäßigen Abnutzung führen würden. Feinere Flächen führen dagegen zu einer Mangelschmierung des O-Ringes, die zu einem Ruckgleiten (dem sogenannten Slip-Stick Effekt) oder einem ungleichmäßigen Verschleiß führen könnte. Eine Oberflächenrauheit von weniger als 5 millionstel Zoll (0,15µm R_a) werden für dynamische O-Ring Anwendungen nicht empfohlen. Die Oberfläche muss rau genug sein, um kleine Mengen von Öl halten zu können. Oberflächenfinishs unter 0,2 R_a streifen das Öl zu sauber ab, wodurch die Lebensdauer der Dichtung leidet.

Nur einige Elastomere werden für den Einsatz, bei dem bewegende Teile den O-Ring tatsächlich berühren, empfohlen. Härtere O-Ringe von bis zu 85° IRHD sind dabei normalerweise beständiger gegenüber Abrieb, als weichere. Natürlich muss die Abriebbeständigkeit auch unter den anderen Gesichtspunkten wie Oberflächenzustand und Schmierung betrachtet werden. Die beste Abriebbeständigkeit bietet PUR (Polyurethan) und spezielle XNBR-Compounds, die Ihr Können bereits in Offshore-Anwendungen bewiesen haben.



6. Werkstoff-Auswahl

Kontakt mit Ozon
Ozon wird ein zunehmend lästigerer Faktor im Einsatz von O-Ringen. Große Konzentrationen, wie sie im Sommer auftreten, können bestimmte Elastomere sehr schnell schädigen. Viele Elastomere wie Viton®, Silikon, Neopren und EPDM sind sehr gut geeignet im Kontakt mit hohen Ozonkonzentrationen. NBR jedoch, das im Maschinenbau am meisten verwendete Elastomer, ist hochsensibel gegenüber Ozon. Schon bei geringen Konzentrationen von 50ppm treten in NBR Dichtungen kleine Risse, senkrecht zur Richtung der Dehnung auf.

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, dem vorzubeugen:
- die Verwendung von Viton® aufgrund des großen Lagervorrats.
- die Verwendung von HNBR.
- die Verwendung eines NBR/PVC-Compounds.

Allerdings sollte der schlechtere Druckverformungsrest von NBR/PVC gegenüber NBR berücksichtigt werden.
- die Verwendung von Neopren CR 32906.
- die Verwendung von andersartigen Compounds (meistens zu höheren Preisen, wie Kalrez®).
- die Verwendung von ozonbeständigem NBR.
- die Verwendung von weissen Compounds für hohe Konzentrationen von Ozon.

Strahlung
Eine der wichtigsten Eigenschaften eines Elastomers, welches als O-Ring eingesetzt wird, ist dessen Druckverformungsrest.
Bei einer Aussetzung gegenüber Gammastrahlen ist der Druckverformungsrest besonders betroffen (von den Strahlenarten hat die Gammastrahlung den schlimmsten Einfluss auf Elastomere).
Nach einer Einwirkung von 108 rad haben alle Elastomere einen Druckverformungsrest von ungefähr 85%. Genug Verlust der elastomeren Rückstellkraft, um eine Leckage zu ermöglichen. Bei 107 rad gibt es starke Unterschiede zwischen den Werkstoffen, während bei 106 rad der Strahleneinfluss auf alle Elastomere nur noch gering ist. Im Bereich von 107 rad sollte daher ein O-Ring Compound mit Sorgfalt ausgewählt werden, da er für höhere Konzentrationen nicht in Frage kommen könnte. Bei geringeren Konzentrationen sind andere Faktoren als die Strahlung bedeutender. Es ist daher wichtig, einen Dichtungswerkstoff vorab unter Praxisbedingungen zu testen. Fragen Sie uns nach Daten über die Strahlenbeständigkeit von Elastomeren.

Elektrische Leitfähigkeit / Abschirmung
Elastomer können hinsichtlich deren elektrischer Eigenschaften von elektrisch isolierend bis hin zu elektrisch leitfähig reichen. Dies ist insbesondere von den Additiven abhängig, die dem Elastomer beigemischt werden.
Im Speziellen:
- isolierend: mehr als 10^9 Ohm/cm (nahezu alle Kautschuke)
- begrenzt leitfähig: 10^5 bis 10^9 Ohm/cm (Neopren)
- leitfähig: geringer als 10^5 Ohm/cm (spezielle Compounds)

Es ist oft unerlässlich, elektronische Geräte von elektromagnetischen Interferenzen (EMI) abzuschirmen, um so eine Verflüchtigung von elektromagnetischer Energie vorzubeugen oder elektronische Geräte zu erden. Leitfähige Compounds wurden entwickelt, um eine hermetische Abdichtung in Kombination mit einer Abschirmung oder Erdung zu bieten. Diese Werkstoffe können zu O-Ringen, X-Ringen, kundenspezifischen Formteilen, Plattenmaterialien sowie Stanzteilen verarbeitet werden.

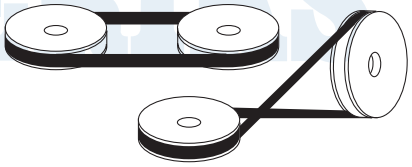
Elektrische Eigenschaften

Polymer	*Spezifischer Widerstand (Ohm)*		*Widerstandsgröße*	
	von	bis	von	bis
NBR	10^4	10^{10}	15	17
FKM	10^{10}	10^{14}	20	35
VMQ	10^{15}	10^{16}	20	40
EPDM	10^6	10^{16}	10	25
CR	10^2	10^{13}	5	15
FFKM	10^{17}	5×10^{17}	16	18
VMQ	0,002	5	-	-
FVMQ	0,004	0,1	-	-
EPDM	0,006	10	-	-
FKM	0,006	0,006	-	-

6. Werkstoff-Auswahl

Farbige O-Ringe
Farbige Werkstoffe bieten eine Identifikationsmöglichkeit zur richtigen Montage und Rückverfolgbarkeit sowohl vor als auch nach deren Einsatz. Im Allgemeinen sind O-Ringe schwarz (mit Ausnahme von Silikon), da die meisten von Ihnen mit Ruß gefüllt sind. Mit Ruß erzielt man die bestmöglichen mechanischen Eigenschaften. In bestimmten Fällen können allerdings auch weiße Additive, wie Titandioxid, verwendet werden. Grün und braun wird häufig für Viton® verwendet. Für Silikon rot ist im Allgemeinen Eisenoxid im Einsatz. Im Prinzip kann jede Farbe hergestellt werden; vorausgesetzt, es wird eine genügende Menge in Auftrag gegeben.
Darüber hinaus können O-Ringe auch mit einem farbigen Punkt auf der Oberfläche versehen werden, der die Differenzierung gegenüber anderen Werkstoffen erleichtert.
Ein farbiger Punkt kann auch während des Vulkanisationsprozesses angebracht werden. Dieser kann dann nicht mehr entfernt werden. Der Punkt ist aus der gleichen Qualität wie der O-Ring und es treten keine negativen Reaktionen auf.
Eine andere Technik, einen O-Ring wiederzuerkennen, wird bei bestimmten Viton® O-Ringen eingesetzt.
Eine spezielle Substanz – ein Indikator – wird beigemischt, die den O-Ring unter UV-Licht fluoreszieren lässt.
Eine Identifikation des O-Ringes ist so einfacher.

O-Ringe als Antriebsriemen
O-Ringe werden oft als Antriebsriemen bei relativ geringen Kräften in audiovisuellen Geräten eingesetzt. O-Ringe wurden vorzugsweise entwikkelt, um bei einer Verpressung eine Dichtwirkung aufrechtzuerhalten, wohingegen ein Antriebsriemen seine Form und Abmessung gegenüber einer konstanten Aufdehnung behalten muss. Der Werkstoff eines O-Ringes muss daher im Einsatz als Antriebsriemen eine Beständigkeit gegenüber eine Vielzahl von Faktoren haben:



- Beständigkeit gegenüber Kriechen, der Neigung von Kautschuk gering zu dehnen oder entspannen.
- Beständigkeit gegenüber starker Biegung.
- Beständigkeit gegenüber Abrieb, der durch den Weg des Riemens über die Riemenscheiben und Sprossenräder bei hoher Geschwindigkeit entsteht.

Kritische Umgebungsfaktoren können die Anwesenheit von Ozon, extreme Betriebstemperaturen und weitere sein.
Für optimale Ergebnisse werden die folgenden Punkte empfohlen:

- Die O-Ring Aufdehnung sollte maximal 10-15% des O-Ring Innendurchmessers betragen.
- Halbkreisförmige Nuten sollten halb abgerundet sein und einen Radius gleich der O-Ring Schnurstärke aufweisen.
- Der Durchmesser der Riemenscheibe sollte größer als die 4-fache O-Ring Schnurstärke sein.
- Abriebbeständigkeit ist wichtig.

Die meisten O-Ringe, die als Antriebsriemen verwendet werden, bestehen aus EPDM oder Polyurethan. Polyurethan kann eine gute Betriebslebensdauer bieten, wenn es maximal 20-25% aufgedehnt wird.
Je nach Anwendung können auch verschiedene andere elastomere Compounds wirksam eingesetzt werden. Bitte setzten Sie sich mit uns für weitere Informationen in Verbindung.

6. Werkstoff-Auswahl

Lineare Ausdehnung

Elastomere haben andere Ausdehnungsraten als Kunststoffe oder Stahl. Die Auslegung der Nutgeometrie muss daher darauf abgestimmt werden.

Thermischer Ausdehnungskoeffizient

	EPDM	*FKM*	*NBR*	*VMQ*	*CR*	*FFKM*	*Stahl*	*Alumi-nium*
Linearer Ausdehnungs-koeffizient 10-6 x 1/°C	160	ca. 200	150	200	185	231	ca. 10	ca. 20
Tieftemperatur °C	-45	-30	-40	-50	-40	-15	-	-
Max. Temperatur °C	200	250	135	250	135	316	-	-
Lineare Ausdehnung bei Hochtemperaturgrenze in °C	3,2	5,0	2,0	5,0	2,5	7,3	-	-
Volumenausdehnung bei Hochtemperaturgrenze in °C	9,6	15,0	6,0	15,0	7,5	21,9	-	-

Gaspermeabilität

Die folgende Tabelle gibt den Koeffizient der Gaspermeabilität für verschiedene Medien und Compounds wieder.

Gaspermeabilität

Gaspermeabilitäts-Koeffizient 10-17 m^2 / (s x Pa)	*IIR*	*AU*	*NBR (38% ACN)*	*NBR (33% ACN)*	*NBR (28% ACN)*	*CR*	*NR*	*VMQ*
Luft 60°C/140°F	2,0	2,5	2,5	3,5	7,5	6,0	25,0	330
Luft 80°C/175°F	5,0	7,0	5,5	7,0	21,0	12,0	40,0	410
Stickstoff 60°C/140°F	1,5	2,5	1,0	2,0	4,0	4,5	18,0	280
Stickstoff 80°C/175°F	3,5	5,5	2,5	5,5	7,0	8,0	33,0	360
CO_2 60°C/140°F	13	26	30	56	58	58	160	950
CO_2 80°C / 175°F	29	73	48	63	97	71	210	1500

7. Spezifikationen – MILSPEC's (U.S. Militärspezifikationen)

Spezifikationen sind wichtig. Deshalb – wenn sie auch schwer zu erstellen ist – wird eine Leisungsspezifikation für Dichtungen empfohlen. Meiden Sie jedoch Spezifikationen, die vorschreiben, wie ein Compound herzustellen oder was für ein Verfahren anzuwenden ist. Ein gut qualifizierter Compounder kennt die Materialien und Verfahren, um den besten Compound für eine Anwendung mischen zu können. Dennoch sollte es bewusst sein, dass wenn man eine physikalische Eigenschaft eines Compounds durch ein anderes Mischungsverhältnis ändert oder anpasst, all seine anderen physikalischen Eigenschaften auch beeinflusst werden können und der Compound nicht länger der gleiche ist.

Dies ist wichtig für O-Ringe, die Militärspezifikationen entsprechen. Sobald die Spezifikation anerkannt wurde, müssen all seine Anforderungen erfüllt werden. Sogar wenn von einem neuen Compound alle physikalischen und chemischen Anforderungen einer gegebenen Militärspezifikation erfüllt werden, ist es unmöglich dies auch zu bescheinigen. MILSPEC's werden durch eine Qualified Products List (QPL) verwaltet, die vorschreibt, dass alle Testergebnisse von der U.S. Regierung überprüft und bestätigt werden müssen. Sie duldet keine Änderungen eines MILSPEC's zugelassenen Compounds, so dass eine komplett neue Beurteilung des neuen Compounds nach allen Anforderungen fällig werden würde.

Wir bieten Ihnen zugelassene oder konforme Compounds nach nahezu jeder industriellen Norm für elastomere Dichtungen. Diese Normen beinhalten das Militär, die Luftfahrt, ASTM, SAE, die Automobilindustrie, Erdölindustrie und weitere kommerzielle, spezifische Regelungen.

Die am meisten verwendeten Spezifikationen sind die AN, M, MS und NAS.

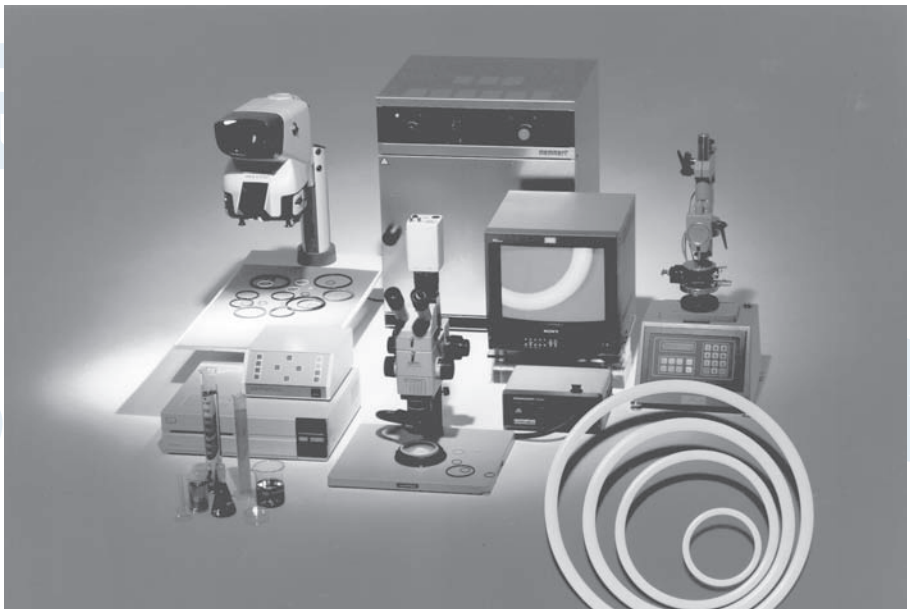
Die untenstehende Tabelle ist nach Referenznummern geordnet.

Derzeit werden viele MILSPEC's zu nichtmilitärische AMS Spezifikationen umgeschrieben.

Populäre Militär-/Aerospace-Spezifikationen

Referenz-nummer	*Spezifikation*	*Medien*	*Empfohlener Temperaturbereich in °F*	*Elastomer*	*Bemerkungen*
AS 3569	AMS 7270	Flugzeugkraftstoffe	-67 bis +302	NBR	früher AN 123951 – AN 123040
AS 3570	AMS 7274	mineralölbasierendes Flugzeugschmieröl	-67 bis +302	NBR	früher AN 123851 – AN 123950
AS 3578	AMS 7271	Flugzeugkraftstoffe	-58 bis +257	NBR	früher MS 9020 und MS 9021
AS 3582	AMS 3304	trockene Hitze und mineralölbasieren des Schmieröl	-85 bis +400	Silikon	nicht empfohlen für dynamische Anwendungen unter hohen Drücken
M 25988/1	MIL-R-25988 Class 1, Grade 70 I	Flugzeugkraftstoffe und -schmiermittel	-70 bis +392	Fluorsilikon	blaue Farbe, wie von der MILSPEC vorgeschrieben; Nicht empfohlen für dynamische Anwendungen unter hohen Drücken.
M 25988/2	MIL-R-25988 Class 3, Grade 75 I	Flugzeugkraftstoffe und -schmiermittel	-70 bis +437	Fluorsilikon	blaue Farbe, wie von der MILSPEC vorgeschrieben; Höherer Modul und bessere Temperaturbeständigkeit
M 25988/3	MIL-R-25988 Class 1, Grade 60 I	Flugzeugkraftstoffe und -schmiermittel	-70 bis +392	Fluorsilikon	blaue Farbe, wie von der MILSPEC vorgeschrieben. Geringere Härte. Für Anwendung bei niedrigerem Druck.
M 25988/4	MIL-R-25988 Class 1, Grade 80 I	Flugzeugkraftstoffe und -schmiermittel	-70 bis +392	Fluorsilikon	blaue Farbe, wie von der MILSPEC vorgeschrieben. Höhere Härte.
M 83248/1	MIL-R-83248 Class 1 I	Flugzeugkraftstoffe und -schmiermittel	-20 bis +400	FPM	hervorragender Druckverformungsrest
M 83248/2	MIL-R-83248 Class 2 I	Flugzeugkraftstoffe und -schmiermittel	-20 bis +400	FPM	höhere Härte
M 83461/1A	MIL-P-83461 I	MIL-H-5606	-65 bis +275	NBR	bessere dynamische Eigenschaften und verbesserte Betriebsdauer bei +257°F
MS 28775	MIL-P-25732 I	MIL-H-5606	-65 bis +275	NBR	MIL-H-5606 ist eine mineralölbasierte Hydraulikflüssigkeit, die in militärischen Flugzeugen eingesetzt wird; nicht für neue Konstruktionen zu verwenden; siehe M 83461/1A
MS 28900	AMS 3209	Ozon	-40 bis +212	Neopren	für witterungsbeständige Dichtungen (nicht Standard Abmessungen)
MS 29512	MIL-P-5315 I	Flugzeugkraftstoffe	-65 bis +158	NBR	diese Spezifikation beinhaltet nur Abmessungen für Rohrverschraubungen
MS 29513	MIL-P-5315 I	Flugzeugkraftstoffe	-65 bis +158	NBR	diese Spezifikation beinhaltet alle Abmessungen außer denen für Rohrverschraubungen
MS 29561	MIL-R-7362, Type I	synthetische Diester- Düsentriebwerksschmiermittel (MIL-L-7808)	-65 bis +257	NBR	diese Spezifikation beinhaltet alle Abmessungen außer denen für Rohrverschraubungen
MS 9385	AMS 7267	trockene Hitze und mineralölbasierendes Schmieröl	-85 bis +500	Silikon	diese Spezifikation beinhaltet nur Abmessungen für Rohrverschraubungen
MS 9386	AMS 7267	trockene Hitze und mineralölbasierendes Schmieröl	-85 bis +500	Silikon	diese Spezifikation beinhaltet alle Abmessungen außer denen für Rohrverschraubungen
NAS 617	MIL-R-7362, Typ I	synthetische Diester- Düsentriebwerksschmiermittel (MIL-L-7808)	-65 bis +257	NBR	diese Spezifikation beinhaltet alle Abmessungen außer denen für Rohrverschraubungen

7. Spezifikationen



Es gibt einige Hauptpunkte, die immer bei der Erstellung einer Spezifikation beachtet werden müssen. Mit unterschiedlich großen Teilen werden andere Ergebnisse erzielt. Alle Teile mit verschiedenem Querschnitt oder verschiedener Form können keine spezifischen Anforderungen erfüllen, die anhand eines anderen bestimmten Teils oder Prüfkörpers, der von einer Prüfplatte ausgeschnitten oder gestanzt wurde, erhoben wurden. Es sollten daher immer Standard Prüfkörper oder O-Ringe mit der gleichen Schnurstärke verwendet werden. Darüber hinaus wird wenn möglich empfohlen, Standard Testverfahren anzuwenden.
ERIKS Daten werden nach ISO-, ASTM- und DIN-Prüfverfahren ermittelt.

FDA KTW NSF WRC DVGW USP ACS KIWA

7. Spezifikationen – ASTM D 2000

Das Klassifizierungssystem der ASTM D 2000.
Eine der vielseitigsten Spezifikationen in der Kautschukindustrie ist das Klassifizierungssystem der ASTM D 2000. In dieser Norm werden verschiedene Klassen, Qualitäten und Kurzzeichen verwendet, um spezifische Eigenschaften von Elastomeren zu definieren.

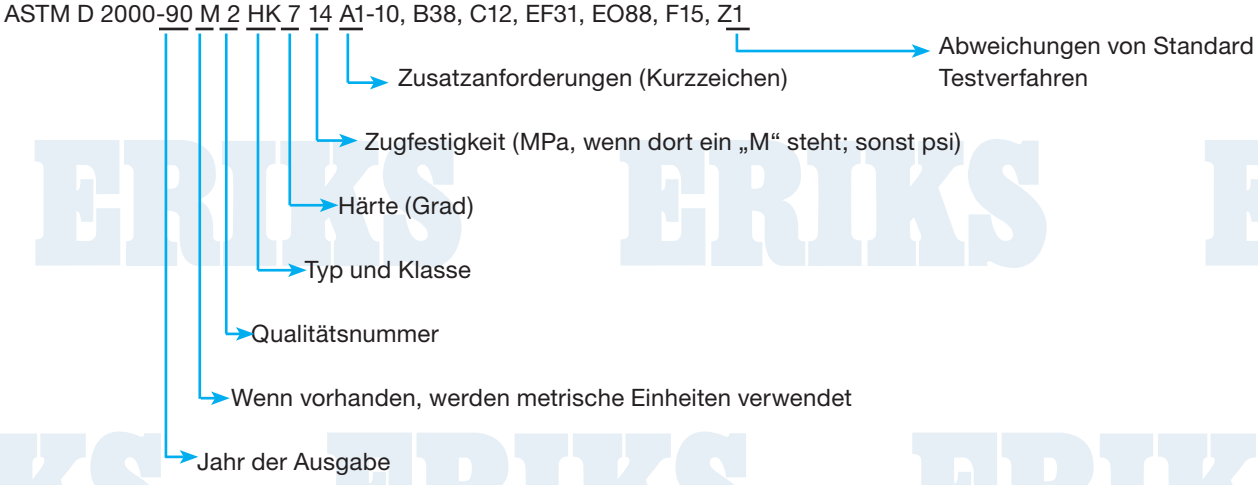
Die ASTM D 2000 Klassifizierung.
Wie kann jemand eine sachkundige Auswahl einer elastomeren Dichtung durchführen, wenn es mindestens genauso viele Variationen von elastomeren Compounds gibt, wie metallische Produkte?

Die relative Leistungsfähigkeit eines Elastomers kann im Allgemeinen durch ein Prüfprotokoll, dem D 2000, welches von der American Society for Testing and Materials (ASTM) herausgegeben wird, definiert werden. Dieses Protokoll stellt ein Elastomer als eine Funktion aus dessen thermischer Stabilität und Ölbeständigkeit, beides gemessen unter definierten Bedingungen, dar.

Es gibt deutliche Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der unterschiedlichen Elastomere. Elastomere mit geringerer Leistung werden als Elastomere mittlerer Leistungsfähigkeit benannt. Zu diesen gehören Butyl, Chloropren (CR), EPDM und NBR.

Elastomere mit den breitesten Fähigkeiten sind Hochleistungs-Elastomere. Sie beinhalten Fluorelastomere und Perfluorelastomere. Dennoch bezieht sich die ASTM D 2000 nicht auf besonders raue Medien oder aggressive Umgebungen, wie sie in der chemischen Industrie aufzufinden sind. Diese umfassen Säuren, Basen, Lösungsmittel, Wärmeträgerflüssigkeiten, Oxydationsmittel, Wasser, Dampf und viele mehr. Anders als das im ASTM D 2000 Protokoll verwendete ASTM Öl Nummer 3, können Medien in der chemischen Industrie die Polymerkette oder das Vernetzungssystem oder die Füllstoffe angreifen und so zu einer Verminderung der elastomeren Rückstellkraft oder sogar einem Versagen der Dichtung führen. Obwohl die ASTM D 2000 ein guter vorhersehbarer Startpunkt ist, muss man die zum tragen kommenden Medien genau identifizieren, um so eine richtige Werkstoff-Auswahl für viele Anwendungen durchführen zu können.

Das folgende Beispiel zeigt eine typische ASTM D 2000 Klassifizierung. Sie finden unten eine Erklärung der verschiedenen Positionen.



7. Spezifikationen – ASTM D 2000

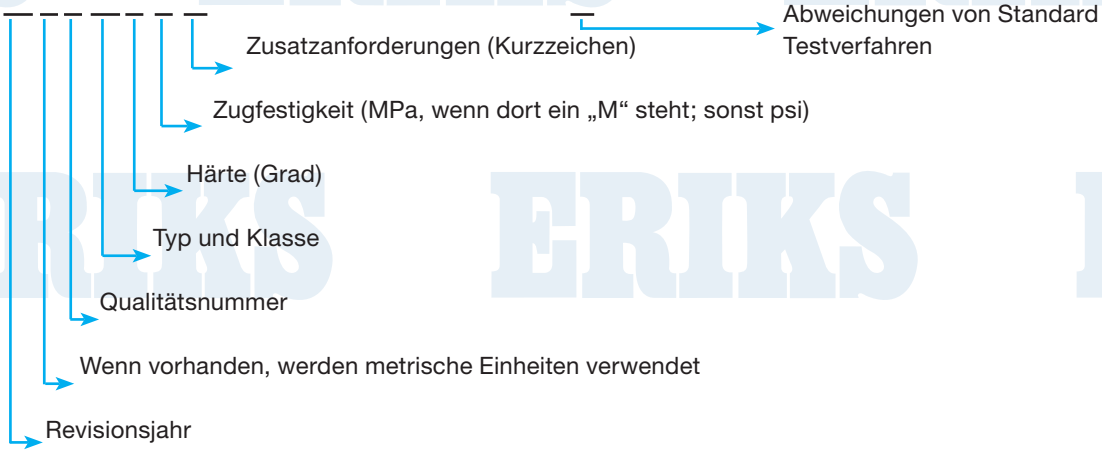
Verwirrung beginnt oft bei der Nummer 90. Diese definiert nur das Jahr der Revision der ASTM D 2000, auf welche die jeweilige Klassifizierung Bezug nimmt. Das Vorhandensein (oder Nichtvorhandensein) des Buchstabens „M“ bestimmt die Einheiten, die für die Benennung von Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Temperatur und Weiterreißwiderstand verwendet werden. Wenn eine Klassifizierung mit einem M beginnt, werden SI-Einheiten (metrische Einheiten) wie MPa (Zugfestigkeit), °C, kN/m (Reißdehnung) benutzt. Wenn eine Klassifizierung ohne einem M am Anfang beginnt, kommen englische Einheiten zum Einsatz, so dass die Zugfestigkeit in psi, die Temperatur in °F und der Weiterreißwiderstand ebenfalls in psi ausgewiesen wird.

Nach dem M wird eine Qualitätsnummer ausgewählt, welche die Prüfanforderungen bestimmt, nach denen ein Werkstoff eines bestimmten Typs und Klasse getestet werden kann. Eine Qualität von 1 gibt an, dass nur Grundeigenschaften gefordert werden. Qualitäten von 2 bis 9 setzten zusätzliche Prüfanforderungen wie Tieftemperaturbrüchigkeit oder spezielle Wärmealterungstests voraus. (Hinweis: nicht alle Qualitätsnummern sind auf alle Werkstofftypen und -klassen anwendbar.)

Die verschiedenen verfügbaren Werkstofftypen und -klassen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Materialbenennung (Typ und Klasse)	*Typ des Polymers, welches am meisten verwendet wird*
AA	Natur, Regenerat, SBR, Butyl (IIR), EPDM, Polyisoprene
AK	Polysulfid (TWT)
BA	EPDM, Hochtemperatur SBR und Butyl (IIR)-Compounds
BC	Chloropren (CR)
BE	Chloropren (CR)
BF	NBR
BG	NBR, Urethane
CA	EPDM
CE	Chlorsulfonyl-Polyethylen (Hypalon®, CSM)
CH	NBR, Epichlorhydrin (CO, ECO)
DA	EPDM
DF	Polyacryl (ACM, Butylacrylat-Typ)
DH	Polyacryl (ACM)
FC	Silikone (Hochtemperatur)
FE	Silikone
FK	Fluorsilikone
GE	Silikone
HK	Fluorelastomere

ASTM D 2000-90 M 2 HK 7 14 A1-10, B38, C12, EF31, EO88, F15, Z1



7. Spezifikationen – ASTM D 2000

Als nächstes stehen in der Klassifizierung 3 Ziffern, die den Härtebereich und die minimale Anforderung an die Zugfestigkeit benennen. Die erste Ziffer „7“ steht für eine nominale Härte von 70° (in der Einheit Shore A) des klassifizierten Werkstoffes mit einer Toleranz von plus oder minus 5°. In diesem Fall würde das benötigte Material eine Härte von 70° ± 5° Shore A aufweisen. In gleicher Weise würde bei einer „6“ die Härte des spezifizierten Materials 60° ± 5° Shore A betragen. Die beiden darauf folgenden Ziffern geben die minimale Zugfestigkeit an, die der Werkstoff erreichen muss. Da die Klassifizierung durch das M metrische Einheiten benennt, benötigt das spezifizierte Material eine Mindestzugfestigkeit von 14 MPa. Wenn das M fehlen würde, würde die Zugfestigkeit in psi benannt werden. Die 14 würde in diesem Fall durch eine 20 ausgetauscht werden (14 MPa = 2031psi; die ersten beiden Ziffern der Zugfestigkeit in psi).

In den meisten Anwendungen genügen Grundeigenschaften jedoch nicht mehr aus, einen angemessenen Werkstoff für eine bestimmte Anwendung zu gewährleisten.

Oft werden spezielle Prüfungen benötigt. Und deshalb werden spezifische Kurzzeichen in der Klassifizierung eingesetzt. Diese Kurzzeichen sind eine Kombination aus Buchstaben und Zahlen, die, zusammen mit einer Qualitätsnummer, spezifische Prüfungen und Leistungskriterien beschreiben, die von einem Elastomer zu erfüllen sind. In der folgenden Tabelle wird der Zusammenhang zwischen den Kurzzeichen und den Arten der Prüfungen gegenübergestellt:

A	Hitzebeständigkeit
B	Druckverformungsrest
C	Ozon- und Witterungsbeständigkeit
D	Druckwiderstand
EA	Wasserbeständigkeit
EF	Beständigkeit gegen Flüssigkeiten (außer Öle und Wasser)
EO	Ölbeständigkeit
F	Tieftemperaturbeständigkeit
G	Weiterreißwiderstand
H	Biegerißwiderstand
J	Abriebwiderstand
K	Adhäsion
M	Flammwidrigkeit
N	Schlagfestigkeit
P	Beständigkeit gegen Kontaktverfärbung
R	Elastizität
Z	besondere Anforderungen, die im Detail spezifiziert werden

7. Spezifikationen – ASTM D 2000

Die Nummern bei den Kurzzeichen bestimmen die zu verwendende Prüfmethode (inklusive Dauer) und die Prüftemperatur.

Die unter Z benannten besonderen Anforderungen werden für gewöhnlich zur näheren Spezifizierung der Härte (zum Beispiel 75° ± 5°), zur Einengung von erlaubten Grenzwerten eines spezifischen Tests, für die Bestimmung einer speziellen Farbe (Standard ist schwarz) oder zur Hinzufügung von zusätzlichen Prüfungen durch Dritte benutzt.
Zurückblickend auf das anfängliche Beispiel dieser bestimmten Anwendung lautet die Klassifizierung „übersetzt“: ein 70° ± 5° Shore A harter, schwarzer Fluorkautschuk mit einer Mindestzugfestigkeit von 14 MPa. Der Werkstoff muss darüber hinaus die Grenzanforderungen der in der Qualitätsklasse 2 (der 1990er Revision der ASTM D 2000) spezifizierten Prüfungen der Hitzebeständigkeit, des Druckverformungsrests, der Ozonbeständigkeit, der Flüssigkeitsbeständigkeit, der Ölbeständigkeit, der Tieftemperaturbeständigkeit und spezifischer Z-Anforderungen erfüllen.

Weiteres Beispiel:
2 BG 720 B14 EO14 EO34 EF11 EF21 F17 EA14, NBR Shore A 70 ± 5

2	Qualitätsnummer
B	Typ (basierend auf Hitzebeständigkeit)
G	Klasse (basierend auf Quellbeständigkeit im Testöl IRM 903)
7	Härte 70° ± 5° Shore A
20	Zugfestigkeit mindestens 2000psi (13,8 Mpa)
B	Druckverformungsrest (nach ASTM D 395)
1	Prüfdauer: 22 Stunden
4	Prüftemperatur: 212°F (100°C)
EO	Quellverhalten in Testöl ASTM Nr. 1 (nach ASTM D 471)
1	Prüfdauer: 70 Stunden
4	Prüftemperatur: 212°F (100°C)
EO	Quellverhalten in Testöl IRM 903 (nach ASTM D 471)
3	Prüfdauer: 70 Stunden
4	Prüftemperatur: 212°F (100°C)
EF	Quellverhalten in Testkraftstoff Nr. 1 (Fuel A) Isooktan (nach ASTM D 471)
1	Prüfdauer: 1 Stunde
1	Prüftemperatur: 70°F (21°C)
EF	Quellverhalten in Testkraftstoff Nr. 2 (Fuel B) Isooktan/Toluol 70:30 (nach ASTM D 471)
2	Prüfdauer: 70 Stunden
1	Prüftemperatur: 70°F (21°C)
F	Tieftemperaturverhalten (nach ASTM D 746, Methode B)
1	Prüfdauer: 3 Minuten
7	Prüftemperatur: -40°F (-40°C)
EA	Quellverhalten in Wasser (nach ASTM D 471)
1	Prüfdauer: 70 Stunden
4	Prüftemperatur: 212°F (100°C)

(Referenz-Testergebnisse finden Sie im ASTM Rubber Handbook, Section 9, Volume 09.01.)

7. Spezifikationen – ASTM D 2000

Es existieren verschiedene internationale Normen für Elastomere. In der folgenden Tabelle finden Sie eine Gegenüberstellung der DIN-, ISO- und ASTM-Normen. Diese Normen sind relativ identisch, können sich allerdings geringfügig unterscheiden.

Internationale Normen für Elastomere

DIN-Norm	*ISO-Norm*	*Bemerkungen*	*ASTM-Norm*
DIN 53 519/T2	ISO 48 Methode M	IRHD-Härte	ASTM D 1415
DIN 53 479	ISO 2781	Spezifisches Gewicht	ASTM D 1817
DIN 53 505	ISO 868	Shore A-Härte	ASTM D 2240
DIN 53 517	ISO 815	Druckverformungsrest	ASTM D 395
DIN 53 504	ISO 37	Zugfestigkeit	ASTM D 412
DIN 53 518	ISO 2285	Zugverformungsrest	
DIN 53 521	ISO 1817	Quellverhalten	ASTM D 471
DIN 53 508	ISO 188	Künstliche Alterung	
	ISO 2921	TR 10	ASTM D 1329
DIN 53 509	ISO 1431	Ozonbeständigkeit	
DIN 53 515	ISO 34	Weiterreißwiderstand	

8. Qualifikationen

Funktionsanforderungen sollten immer zuerst gegeben sein. Eine Funktionsprüfung ist immer mehr wert, als eine Prüfung der mechanischen oder chemischen Eigenschaften. Der erste Schritt ist daher die Festlegung der Grenzen der ursprünglichen physikalischen Eigenschaften, um so sicherzustellen, dass die erwünschten mechanischen Eigenschaften des O-Ringes vorhanden sind. Beachten Sie dabei jedoch, dass es einen Unterschied zwischen den ursprünglichen physikalischen Eigenschaften und den gealterten physikalischen Eigenschaften gibt.

Ursprüngliche physikalische Eigenschaften

Härte
Bestimmen Sie die für Ihre Anwendung geeignetste IRHD-Härte und runden Sie diese auf 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90° oder 95° Shore A oder IRHD auf. Eine Toleranz von ± 5° ist festgelegt, um normal auftretende Variationen durch das Herstellungsverfahren und der Härtebestimmung zuzulassen.

Zugfestigkeit
Bestimmen Sie die Mindestzugfestigkeit, die für Ihre Anwendung notwendig ist. Berücksichtigen Sie dabei immer die innere Kraft des Elastomers, welches höchstwahrscheinlich zum Einsatz kommt, um die Spezifikation erfüllen zu können. Die meisten Silikone haben eine viel geringere Zugfestigkeit als andere Elastomere. Sobald Sie die Mindestzugfestigkeit bestimmt haben, multiplizieren Sie diese mit dem Faktor 1,2. Diese Differenz deckt den Toleranzbereich zwischen verschiedenen Fertigungschargen eines Compounds genügend ab. Es können zwischen verschiedenen Chargen Variationen der Zugfestigkeit von in der Regel bis zu ± 15% auftreten.

Reißdehnung
Ermitteln Sie die maximal aufzuwendende Dehnung, die eine Dichtung bei der Montage ausgesetzt ist und legen Sie diese fest. Multiplizieren Sie diesen Wert mit 1,25 um einen ausreichenden Sicherheitsfaktor zu erhalten und so normale Fertigungsabweichungen von ± 20% aufzufangen.

Modul
Wählen Sie einen Mindestmodul, der einen guten Vernetzungsgrad, gute Extrusionsbeständigkeit, und eine gute Wiederherstellung nach Spitzenbelastungen gewährleistet.
Der Modul ist unmittelbar und in Bezug zur Zugfestigkeit und Reißdehnung und bezieht sich auf die Beanspruchung bei einer vorher festgelegten Spannung, wie üblicherweise 100%.

Spezifisches Gewicht
Das spezifischen Gewicht sollte bei einer Spezifizierung nicht unter dem Punkt Qualifikationen festgelegt, sondern in ihr lediglich benannt werden, wie zum Beispiel mit „wie ermittelt“. Der tatsächliche Wert des spezifischen Gewichts wird dann in der Spezifikation unter dem Punkt „Kontrolle“ gebraucht.

Gealterte physikalische Eigenschaften
Bestimmen Sie die Beständigkeit eines O-Ringes gegenüber der zu erwartenden Betriebsumgebung. Dies geschieht durch die Bestimmung der Änderung des Volumens und der physikalischen Eigenschaften von Prüfmustern nach der Einwirkung verschiedener Bedingungen bei einer spezifischen Dauer und spezifischen Temperatur. Empfohlene Zeiten, Temperaturen und Prüfmedien können in der ASTM D 471 gefunden werden. Es ist für gewöhnlich wünschenswert, für die Prüfungen die tatsächlich zu verwendende Flüssigkeit zu verwenden. Da diese Flüssigkeiten nicht in den Maßen kontrolliert werden wie genormte Prüfmedien, kann es Unterschiede geben. Diese Flüssigkeitsunterschiede tragen zu unterschiedlichen Prüfergebnissen bei.

Härteänderung
Die Härteänderung wird üblicherweise kontrolliert, um exzessives Erweichen (was zu druckbedingter Extrusion führt) oder Verhärten (führt zu Rissbildung) zu vermeiden.

Änderung der Zugfestigkeit
Eine angemessene Toleranzgrenze wird normalerweise als Versicherung gegen übermäßiger Schädigung und vorzeitigem Dichtungsversagen gesetzt. Jedes individuelle Medium schreibt dabei seine spezifischen Grenzen vor, die aus der Erfahrung heraus resultieren. Eine 10% Toleranz ist dabei jedoch unrealistisch, da größere Schwankungen in der Zugfestigkeit zwischen zwei Testkörper aus dem gleichen Musterstück vorkommen können.

Änderung der Reißdehnung
Grenzwerte resultieren aus der Erfahrung heraus, wie unter dem Punkt „Änderung der Zugfestigkeit“ ebenfalls geschildert wurde.

Volumenänderung
Bestimmen Sie die maximal tolerierbare Quellung in Ihrer O-Ring Anwendung (üblicherweise 15% bis 20% für dynamische Anwendungen und 50% für statische Anwendungen). Bestimmen Sie die maximale Schrumpfung, die in Ihrer O-Ring Anwendung toleriert werden kann (üblicherweise 3% für dynamische und statische Anwendungen).

Schließen Sie eine Austrocknungsprüfung nach der Quellprüfung mit ein, um so eine mögliche Schrumpfung nach einer Trocknung des Werkstoffes zu kontrollieren. Schrumpfung von O-Ringen kann ein Grund von Dichtungsversagen sein. Es ist wichtig, den Unterschied zwischen unterschiedlich großen Dichtungen hervorzuheben. Ein O-Ring mit kleinerer Schnurstärke wird nicht die gleiche Volumenquellung wie ein O-Ring mit größerer Schnurstärke erreichen, obwohl beide unter den gleichen Bedingungen getestet wurden. Der Unterschied liegt bei deren Höchstwerten während der ersten 70 Stunden einer Prüfung (die meisten beschleunigten Prüfungen werden in dieser Zeitspanne durchgeführt). Erst nach vier bis sechs Wochen erreicht die Volumenquellung von verschieden großen Ringen einen Gleichwertigen stand.

Druckverformungsrest
Ein realistischer Wert des Druckverformungsrests ist oft alles notwendige, um einen guten Vulkanisationsgrad und gute elastomere Rückstellkräfte sicherzustellen.

Tieftemperaturbeständigkeit
Bestimmen Sie die tiefste Temperatur, unter welcher der O-Ring abdichten muss. Die meisten Tieftemperaturprüfungen sind für die Ermittlung der Brüchigkeitstemperatur eines Werkstoffes ausgelegt. Diese Prüfungen verraten nur, bei welcher Temperatur der Compound absolut unbrauchbar für die meisten Standard O-Ring Anwendungen ist. Sie verraten jedoch nur sehr wenig über die Temperatur, in der ein O-Ring noch einsetzbar ist. Nur der TR-10 Test gibt Informationen über die tiefste Temperatur, bei der ein Compound noch über elastomere Eigenschaften verfügt. Der TR-10 Test bezieht sich daher auf die möglichen Tieftemperaturdichteigenschaften. O-Ringe in dynamischen Anwendungen dichten bei der TR-10 Temperatur noch erfolgreich ab. O-Ringe in statischen Anwendungen funktionieren darüber hinaus in vielen Anwendungen noch erfolgreich bis ca. 10°C (ca. 15°F) unter der ermittelten TR-10 Temperatur.

9. Testverfahren

Es gibt Standard ASTM-, DIN- und ISO-Verfahren, um die gängigsten Prüfungen von elastomeren Werkstoffen durchzuführen. Eine sorgfältige Befolgung dieser Verfahren ist besonders wichtig, um einheitliche Prüfergebnisse zu erzielen. Beispielsweise wird für das Ziehen von Prüfkörpern zur Ermittlung der Zugfestigkeit, Reißdehnung oder dem Modul nach ASTM D 412 eine einheitliche Geschwindigkeit von 500mm (20 Zoll) pro Minute gefordert. Wenn man die Geschwindigkeit auf 50mm (2 Zoll) pro Minute senken würde, ergebe dies eine Verringerung der Zugfestigkeit um 5%. Eine Senkung auf 5mm (0,2 Zoll) pro Minute würde die Zugfestigkeit um sogar 30% verringern.

Prüfkörper

ASTM Prüfverfahren beinhalten für jede Prüfung Beschreibungen von zu verwendenden Standard Prüfkörpern. Oft sind zwei oder mehr Prüfkörper erlaubt – jedoch werden sich Testergebnisse von den verschiedenen Prüfkörpern nur selten gleichen. Die Art, in welcher sich Ergebnisse von verschiedenen Prüfkörpern unterscheiden, ist nicht einheitlich. Mit NBR O-Ringen einer größeren Schnurstärke erreicht man beispielsweise geringere Werte der Zugfestigkeit, Reißdehnung und des Druckverformungsrests. O-Ringe aus EPDM haben ein ähnliches Verhaltensmuster für die Zugfestigkeit und die Reißdehnung, jedoch nicht für den Druckverformungsrest.
Bei FKM-Compounds ändert sich nur die Reißdehnung.
Bei Quellprüfungen in Flüssigkeiten können O-Ringe mit einer kleineren Schnurstärke stärker quellen als O-Ringe mit größerer Schnurstärke; währenddessen weisen kleinere O-Ring Schnurstärken bei Prüfungen der explosiven Dekompression eine bessere Beständigkeit gegenüber Gas bei Hochdruck auf, als größere.

9. Testverfahren

Wie man richtig mit der Härte und dem Druckverformungsrest umgeht

Eine Härteprüfung ist die einfachste Prüfung, die an O-Ringen durchgeführt werden kann. Eine richtige Interpretation der Härte ist jedoch möglicherweise schwierig. Härtegrade, wie sie geläufig in Datenblättern zu finden sind, beziehen sich oft auf Standard ASTM- oder DIN-Messverfahren. Das heißt, dass die Härteprüfung an Standard Prüfplatten von 2mm (.08 Zoll) oder einem Prüfbutton von 12mm (.5 Zoll) Stärke durchgeführt wurde. Härtemessungen an O-Ringen unterscheiden sich von Messungen an Prüfplatten. Zusätzlich variieren die Werte jeder individueller O-Ring Schnurstärke ebenfalls: eine kleine Schnurstärke von zum Beispiel 2mm (.08 Zoll) ergibt höhere Werte, als eine Schnurstärke von 7mm (0.275 Zoll) des gleichen Compounds.

Um es dann noch komplexer zu machen, muss eine Unterscheidung zwischen zwei Messmethoden gemacht werden: Shore A und IRHD. Messungen nach IRHD werden für O-Ringe immer öfter verwendet. Gemessene Werte beider Verfahren können sich unterscheiden. Dabei ist es eigenartig, dass der Unterschied abhängig von der Art des Elastomers ist. HNBR wird einen größeren Unterschied zeigen, als FKM.

Was für eine Schlussfolgerung soll letztendlich gemacht werden? Mit einen Blick auf die Anwendung ist die Härte ein Parameter von relativ geringer Wichtigkeit. Die Betriebsdauer wird sich nicht drastisch verändern, wenn es einen kleinen Unterschied in der Härte gibt. Beachten Sie dabei bitte auch, dass Datenblätter immer eine Toleranz von ± 5° IRHD oder Shore A aufweisen. Es wird empfohlen, dass bei einer Härteprüfung die Prüfmethoden immer gleich sein sollten (gleiche Ausrüstung, gleiche Prüfkörper). Unter diesen Umständen ist ein Vergleich brauchbar.

Shore A Härtemessungen an tatsächlichen O-Ringen sind notorisch variabel, da O-Ringe eine gekrümmte Oberfläche haben und die Messung womöglich nicht immer an der stärksten Stelle des O-Ringes durchgeführt wird, welche die verlässlichsten Werte einer Messung liefert. Daher ist es besser, Prüfbuttons, wie sie zum Beispiel auch für Prüfungen des Druckverformungsrests verwendet werden, aus der gleichen Fertigungscharge des O-Rings zu bestellen.

Ebenso sollte beim **Druckverformungsrest** beachtet werden, dass die Informationen aus einem Datenblatt sorgfältig gelesen werden. In den meisten Fällen wurde der darin genannte Druckverformungsrest an einer Platte oder einem Button ermittelt. Dies ergibt vollkommen andere Werte, als Messungen an tatsächlichen O-Ringen. O-Ringe zeigen darüber hinaus je nach Schnurstärke unterschiedliche Ergebnisse. Kleine Schnurstärken ergeben höhere Werte, als große Schnurstärken. Druckverformungsrest-Werte von NBR und EPDM werden für gewöhnlich bei 100°C (212°F); peroxidisch vernetztes EPDM bei 150°C (300°F) und Silikon und FKM bei 200°C (390°F) angegeben.
Je geringer die Werte, desto besser ist im Allgemeinen die Dichtleistung. Siehe dazu auch die Berechnungen der Betriebsdauer, in welchen dieses Thema weitgehend behandelt wird. Der Druckverformungsrest von ERIKS Standard O-Ringen wird an einem O-Ring mit 3,53mm (.139 Zoll) Schnurstärke gemessen. Folglich können alle Qualitäten verglichen werden.

Änderungen in der Umgebung
Änderungen einer Flüssigkeit können durch den Einfluss von Hitze sowie Verschmutzung während des Betriebs auftreten, so dass ein Elastomer, welches von einer neuen Flüssigkeit nahezu nicht beeinflusst wird, von einer Flüssigkeit, die schon eine bestimmte Zeit im Einsatz ist, angegriffen wird. Aus diesem Grund ist es manchmal besser, Prüfungen in „alten“ Flüssigkeiten durchzuführen.

Alterung
Die Degeneration nach Zeit oder Alterung bezieht sich auf die Natur der Bindungen der Elastomermoleküle. Drei grundsätzliche Arten von chemischen Reaktionen werden der Alterung zugeordnet:

- Risse. Die molekularen Bindungen reißen und teilen die Molekularkette in kleinere Segmente. Ozon, ultraviolettes Licht und Strahlung führt zu einem Verfall dieser Art.
- Vernetzung. Ein Oxidationsprozess, wodurch zusätzliche zwischenmolekulare Bindungen entstehen. Dieser Prozess kann regenerativ sein. Hitze und Sauerstoff sind Grundbestandteile , die zu einem Angriff dieser Art führen.
- Modifikation der Seitengruppen. Eine Änderung des Molekularkomplexes aufgrund einer chemischen Reaktion. Feuchtigkeit kann diese Aktivität zum Beispiel vorantreiben.

Alle Mechanismen, durch die ein Elastomer nach einer gewissen Zeit angegriffen wird, können Umgebungsbedingungen zugeschrieben werden. Der Hauptgegenstand dieses Handbuchs ist die Auswahl und Anwendung von O-Ringen, um eine akzeptable Betriebsdauer zu erreichen.

9. Testverfahren

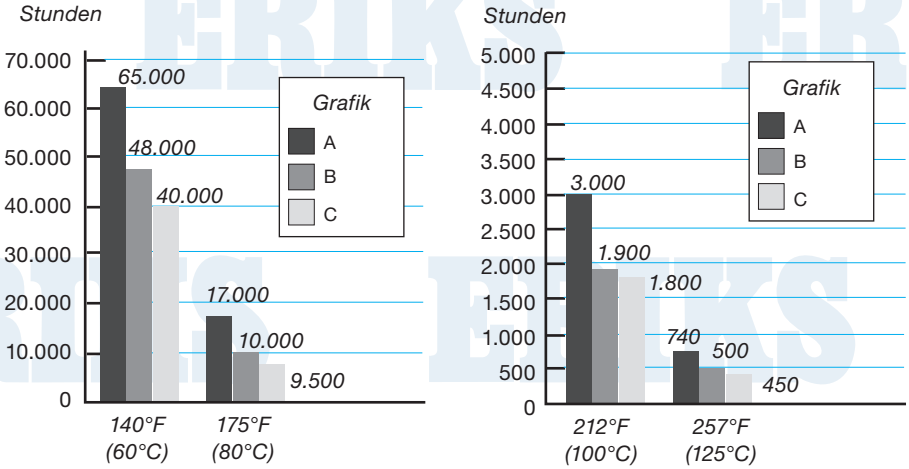
Betriebsdauer eines O-Ringes

Berechnungen der Betriebsdauer
Für die Berechnung der Betriebsdauer machen wir die Unterstellung, dass die Betriebsdauer eines O-Ringes null erreicht, wenn der Druckverformungsrest 100% beträgt. Dies zeigt an, dass das Elastomer praktisch keine Elastizität mehr hat und die Dichtkraft so minimal wurde, dass sich eine Leckage leicht entwickeln kann. Die beste Methode zur Bestimmung dieser Werte ist die Durchführung von Langzeittests bei einer bestimmten Temperatur unter einem bestimmten Druck in einem bestimmten Medium. Dies wird im Allgemeinen in Luft durchgeführt, da Luft am empfänglichsten gegenüber Alterung ist. Praxistests zeigten, dass sich die zu erreichende Betriebsdauer von Dichtungen gleicher Polymere stark unterscheiden, beispielsweise zwischen 1.000 und 6.000 Stunden. Wir testeten verschiedene Compounds über Tausende von Stunden, um die Zeit zu bestimmen, nach der eine Leckage unter spezifizierten Bedingungen auftritt.
Wie zuvor erwähnt, hängt die Betriebsdauer von sowohl der Mischungsqualität als auch der Produktqualität zusammen. Die Mischungsqualität zeigt die maximalen Eigenschaften eines Compounds an. Sie wird im Allgemeinen an jeder Fertigungscharge geprüft.
Die Produktqualität hängt stark von der Kontrolle des Produktionsprozesses ab.

Lebensdauerprüfungen
Für die Bestimmung der O-Ring Betriebsdauer führten wir umfangreiche Prüfungen durch. Anhand dieser Prüfungen sammelten wir Erfahrungen, durch die wir heute in der Lage sind, die Betriebsdauer anhand von Kurzzeitprüfungen, beziehungsweise Betriebsdauerprüfungen, voraussehend einzuschätzen.
Eine Betriebsdauerprüfung ist ein Laborverfahren zur Bestimmung der Menge und Dauer der Widerstandsfähigkeit eines Produkts gegenüber festgelegte schädigende Kräfte oder Bedingungen. Heutzutage ist es möglich, solche Tests unter gleichen Bedingungen durchzuführen, wie sie in tatsächlichen Anwendungssituationen vorherrschen. Auf diese Art und Weise kann ein Bild der zu erreichenden Betriebsdauer einer Dichtung erreicht werden.

Bitte beachten Sie, dass die Betriebsdauer in Abhängigkeit von der O-Ring Schnurstärke und der Temperatur variiert. Neueste und modernste Computerprogramme können nun Betriebsdauervorhersagen für jede individuelle Schnurstärke berechnen und grafisch darstellen. Untenstehend finden Sie Beispiele der Ergebnisse dieser nach ISO 815 durchgeführten Betriebsdauerprüfungen.
Für die Durchführung wurden 70° Shore A harte O-Ringe der Schnurstärke 3,53mm (.139 Zoll) aus verschiedenen NBR-Compounds verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass verschiedene NBR 70 Compounds eine unterschiedliche Betriebsdauer erreichen.

Lebensdauer-Tests an NBR 70° Shore A O-Ringen 3,53mm (.139 Zoll) Schnurstärke / nach ISO 815 / Druckverformungsrest 100% / heiße Luft



NBR Compound	Compound A	Compound B	Compound C
Bei 60°C (140°F)	65.000 Stunden (6,5 Jahre)	48.000 Stunden (4,8 Jahre)	40.000 Stunden (4 Jahre)
Bei 80°C (175°F)	17.000 Stunden (1,7 Jahre)	10.000 Stunden (1 Jahr)	9.500 Stunden (11 Monate)
Bei 100°C (212°F)	3.000 Stunden (4 Monate)	1.900 Stunden (2,3 Monate)	1.800 Stunden (9 Wochen)
Bei 125°C (257°F)	740 Stunden (4 Wochen)	500 Stunden (18 Tage)	450 Stunden (16 Tage)

*Sprechen Sie uns bitte für weiteren Lebensdauerprüfungen an.

9. Testverfahren

Lebensdauerprüfungen an 70° Shore A harten O-Ringen mit einer Schnurstärke von 3,53mm (.139 Zoll) aus zum einen, einem schwefelvernetzten EPDM-Compound und zum anderen, einem peroxidisch vernetzten EPDM-Compound ergeben die folgenden Werte. Diese Werte zeigen die großen Unterschiede zwischen diesen beiden Vernetzungssystemen.

EPDM Compound	schwefelvernetzt	peroxidisch vernetzt
Bei 60°C (140°F)	100.000 Stunden (10 Jahre)	1.000.000 Stunden (100 Jahre)
Bei 80°C (175°F)	52.000 Stunden (5,2 Jahre)	250.000 Stunden (25 Jahre)
Bei 100°C (212°F)	8.000 Stunden (10 Monate)	34.000 Stunden (3,4 Jahre)

Faktoren für kleine Schnurstärke 1,78mm (.070 Zoll)	Faktoren für große Schnurstärke 6,99mm (.275 Zoll)
Bei 80°C (175°F): x 0,75	: x 1,80
Bei 100°C (212°F): x 0,65	: x 1,60
Bei 125°C (257°F): x 0,65)	: x 1,50

Im Allgemeinen reicht die Betriebsdauer der verschiedenen NBR-Compounds in Luft bei 100°C (212°F) von 2.000 bis 3.000 Stunden. EPDM O-Ringe halten diesen Bedingungen je nach deren Vernetzungssystem – Schwefel oder Peroxid – von 8.500 bis 34.000 Stunden stand. Lebensdauer-Tests für andere ERIKS Compounds sind ebenfalls erhältlich. Bitte setzen Sie sich mit uns für nähere Informationen in Verbindung.

Diese Testergebnisse geben die zu erwartenden Stunden an, nach denen der Druckverformungsrest in Luft 100% erreicht. Wenn solche Prüfungen in Ölen stattfinden, ist die zu erwartende Lebensdauer um einiges höher (nicht für EPDM).
Warme Luft kann für Elastomere ein sehr aggressives Medium sein.

Zusätzlicher Service für Ihre O-Ringe

Angelehnt an unsere eigenen Testverfahren bieten wir Ihnen verschiedene Möglichkeiten der Qualitätssicherung:

- Druckverformungsrest-Tests
- Härteprüfungen nach Shore A oder IRHD
- Oberflächenkontrolle nach Sortenmerkmal S
- spezielle Messungen von Sondertoleranzen
- Prüfungen der Zugfestigkeit
- Prüfungen der Reißdehnung
- Ozonprüfungen
- Lebensdauerprüfungen
- Überprüfung der chemischen Beständigkeit
- Infrarotspektroskopie
- TGA-Analysen
- Migrationsprüfungen nach FDA
- TOC-Analysen
- FEA-Berechnungen

10. Kontrolle

Der Zweck der Kontrolle ist es, eine bleichbleibende Qualität der bestellten Ware von Lieferung zu Lieferung zu gewährleisten. Eine Kontrolle kann auf Grundlage von Mindestanforderungen oder tatsächlichen Prüfergebnissen vorangegangener Lieferungen erfolgen. Man sollte jedoch nicht den Fehler machen, sich auf Prüfergebnisse einer einzigen Lieferung festzulegen. Es ist äußerst unwahrscheinlich, dass Ergebnisse einer einzigen Fertigungscharge Durchschnittswerte darstellen, die bei nachfolgenden Fertigungsprozessen immer im gleichen Maße erreicht werden können. Kontrollprüfungen sollten nur auf die Eigenschaften beschränkt werden, die der Werkstoffspezifikation wirklich sachdienlich sind.

Abessungen und die Oberflächenbeschaffenheit werden nach den Normen DIN 3771 Teil 1 und Teil 4, AS 568A, AS 871A und MIL-STD-413C geprüft.

Die Härte wird oft als eine zu kontrollierende Eigenschaft festgelegt. Dies ist häufig problematisch, da es immer schwieriger ist, die Härte an O-Ring Mustern zu bestimmen, als an Standard Härte-Prüfbuttons. Eine Toleranz von ± 5° wird standardmäßig toleriert, um Fehler bei der Härtemessung oder normal auftretende Fertigungsabweichungen verschiedener Chargen des selben Compounds aufzufangen. Die Härte hat darüber hinaus eine hohe Anfälligkeit für Unstimmigkeiten zwischen verschiedenen Härtemessgeräten. Die meisten Messgeräte-Hersteller weisen daher eine Toleranz von ± 3 Härtegraden auf. Die Härte ist ein Parameter von relativ geringer Wichtigkeit. Die Betriebsdauer wird sich nicht drastisch bei einem geringen Unterschied der Härte verändern.

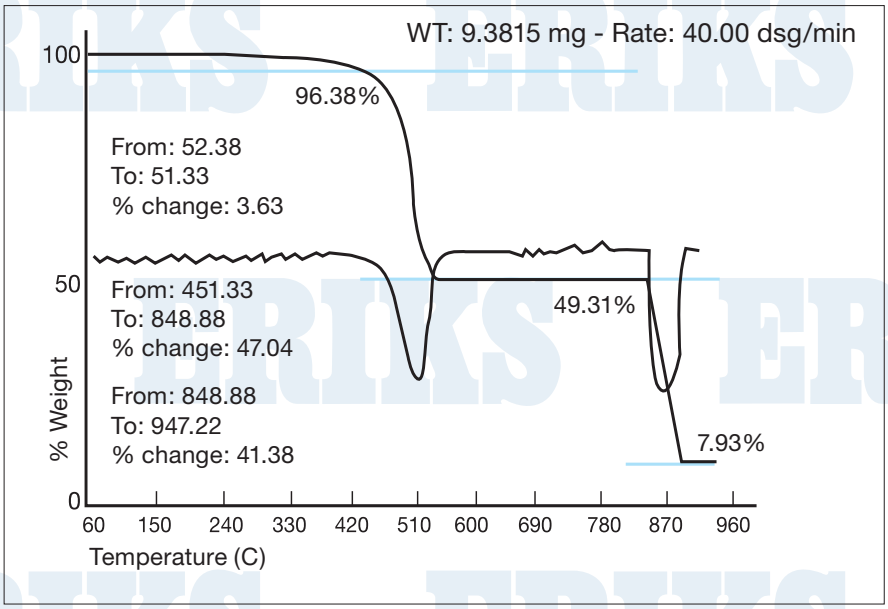
Bei der **Reißdehnung** ist im Allgemeinen eine Toleranz von ± 20% akzeptabel.

Beim **Modul** ist eine Toleranz von standardmäßig ± 25% üblich. Der Modul ist ein empfindlicherer Indikator der Beschaffenheit des Compounds als die Zugfestigkeit und die Reißdehnung. Dies bedeutet, dass der Modul von Charge zu Charge stärker variiert und daher einen größeren Toleranzbereich benötigt.

Spezifisches Gewicht
Eine Toleranz von ± 0,02 g/cm² (± 0,03 g/cm² bei Silikon) kann angewendet werden.

Bei der **Volumenquellung** ist eine Plus- oder Minustoleranz häufig unrealistisch, da aufgrund der Zweckmäßigkeit für gewöhnlich die kritischste Zeit für die Prüfung festgelegt wird. Dies, kombiniert mit der Abweichung von kommerziellen Flüssigkeiten und der Abmessung des Musters, ergibt eine dermaßen große Ansammlung negativer Einflussfaktoren, dass es nicht immer möglich ist, die Volumenquellung zur Kontrolle zu verwenden.

TGA
Eine thermogravimetrische Analyse (TGA) ist ein relativ kostengünstiges Verfahren, um den Aufbau eines Elastomercompounds zu ermitteln. Wir nutzen TGA-Analysen für besonders tiefgreifende Kontrollen von kundenspezifischen Compounds. In Kooperation mit Ihrer Qualitätssicherung können spezifische TGA-Standards entwickelt werden. Unten sehen Sie ein Beispiel einer TGA-Analyse.



11. Lagerung und Alterungskontrolle von Elastomere

Maximale Lagerdauer

Nach SAE-ARP5316 Ausgabe 1998-11 ist die maximale Lagerdauer die maximale Zeitspanne, in der ein elastomeres Dichtungselement in einer angemessenen Verpackung unter festgelegten Bedingungen von Beginn dessen Herstellung bis zu dem Zeitpunkt, an dem es als unfähig zur Ausübung seines ursprünglichen Herstellungszweckes gesehen wird, gelagert werden kann. Die Herstellung ist dabei bei Elastomeren das Datum der Vernetzung und bei Thermoplasten das Datum der Umwandlung in das Endprodukt.

Die Haltbarkeit eines Elastomers bei ordnungsgemäßer Lagerung wird insbesondere durch den jeweiligen Compound bestimmt.
Tabelle 3A-3 wurde dem MIL-HDBK-695C entnommen und differenziert 3 Hauptgruppen von Elastomeren.

Die Werte in dieser Aufstellung sind Minimalwerte. In der Praxis können längere Lagerdauern möglich sein, vor allem wenn besonders haltbare Elastomere eingesetzt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Teile sachgerecht gelagert und regelmäßigen Kontrollen unterzogen werden. Im Allgemeinen stellen Polyethylen-Beutel, die in Pappkartonagen gelagert werden, oder mit Polyethylen ausgekleidete Kraftpapierbeutel eine optimale Lagerdauer sicher.

Durch bedeutende Verbesserungen in Compoundierungsverfahren ist auch die Lagerdauer von alterungsempfindlichen Elastomeren unter normalen Lagerbedingungen beachtlich. Das MIL-HDBK-695C enthält Richtlinien für die empfohlene Lagerfähigkeit von verschiedenen O-Ring Werkstoffen.

Tabelle 3A-3 MIL-HDBK-695C

Art des Elastomers	*Üblicher Name oder Handelsname*	*ASTM D1418 Abkürzung*	*ASTM D2000 Abkürzung*	*MIL-STD-417 Bezeichnung*
20 JAHRE ODER MEHR:				
Silikon	Silikon	VMQ	FE	TA
Fluorsilikon	Silastic LS	FVMQ	FK	TA
Polysulfid-Kautschuk	Thiokol	T	BK	SA
Fluorkautschuk	Fluorel, Viton®	FKM	HK	-
Polyacrylat-Kautschuk	Acryl	ACM, ANM	DF, DH	TB
BIS ZU 10 JAHRE:				
Chlorsulphonyl-Polyethylen	Hypalon	CSM	CE	-
Isobutyl/Isopren	Butyl	IIR	AA, BA	RS
Polychloropren	Neoprene	CR	BC, BE	SC
Polyether-Urethan	Urethan	EU	BG	-
Polypropylenoxid	Polypropylenoxid	GPO	-	-
Ethylen-Propylen-Dien	Ethylen-Propylen-Terpolymercopolymer	EPDM	BA, CA	-
Ethylen-Propylen	Ethylen-Propylen	EPM	BA, CA	-
Epichlorhydrin	Hydrin 100	CO	-	-
BIS ZU 5 JAHRE:				
Acrylnitril-Butadien	Nitril, NBR	NBR	BF, BG, BK, CH	SB
Styrol-Butadien	SBR	SBR	AA, BA	RS
Cis-Polybutadien	Butadien	BR	AA	RN
Cis 1,4, Polyisopren	Natur-Kautschuk, Pale Crepe	NR	AA	RN
Cis 1,4, Polyisopren	Synthetischer Natur-Kautschuk	IR	AA	RN
Polyester-Urethan	Urethan	AU	-	-

11. Lagerung und Alterungskontrolle von Elastomere

Die Erfahrung zeigte, dass die Lagerungsbedingungen viel wichtiger für die Bestimmung der maximalen Lagerdauer sind, als die Zeit.
Die SAE-ARP5316 behandelt allgemeine Anforderungen an Dokumentationsverfahren, Verpackung und Lagerung von elastomeren Dichtungen in der Luft- und Raumfahrt:

1. Temperatur
Die Lagerungstemperatur sollte nicht 38°C (100°F) übersteigen, mit Ausnahme von höheren Temperaturen, die durch kurzfristige Klimawechsel ausgelöst werden. Die Teile sollen fern von direkten Wärmequellen wie Kesseln oder Heizkörpern und vor direktem Sonnenlicht geschützt gelagert werden.

2. Luftfeuchtigkeit
Die relative Luftfeuchtigkeit soll so sein, dass keine Kondensation durch die bei der Lagerung vorherrschenden Temperaturschwankungen auftritt. Wenn die Elastomere nicht in verschlossenen wasserdichten Beuteln verpackt sind, darf die relative Luftfeuchtigkeit bei der Lagerung nicht 75% übersteigen. Falls Polyurethane gelagert werden, muss die relative Luftfeuchtigkeit unter 65% liegen.

3. Licht
Elastomere Dichtungen müssen gegenüber Lichtquellen geschützt werden, wie insbesondere direktem Sonnenlicht oder intensivem künstlichen Licht mit einem Anteil ultravioletter Strahlung. Einzelne Lagerbeutel bieten den besten Schutz, solange sie UV-beständig sind.
Hinweis: Es ist ratsam, dass Fenster von Lagerräumen, in denen O-Ringe in Mengen gelagert werden, mit einer roten oder orangen Farbschicht bedeckt werden.

4. Strahlung
Es müssen Vorsorgemaßnahmen getroffen werden, um eingelagerte Teile von allen Quellen ionisierender Strahlung zu schützen. Diese fügt den eingelagerten Teilen wahrscheinlich Schaden zu.

5. Ozon
Da Ozon eine besonders schädigende Wirkung auf einige elastomere Dichtungen hat, dürfen Lagerräume keine Geräte beinhalten, die ozongenerierende Eigenschaften haben. Beispiele dafür sind Quecksilberdampflampen, elektrische Hochspannungsgeräte, die elektrische Funken oder stumme elektrische Entladungen bilden. Verbrennungsgase und organische Dämpfe sollen von Lagerräumen ferngehalten werden, da sie durch photochemische Prozesse Ozon verursachen können.

6. Deformation
Elastomere Dichtungen sollten frei von überlagernden Zug- oder Druckbeanspruchungen oder anderen Ursachen, die zur Deformierung führen, gelagert werden. Belastungsfrei verpackte Teile sollten daher in deren Originalverpackung eingelagert werden. O-Ringe mit einem großen Innendurchmesser sollten zu mindestens 3 überlappenden Schlaufen geformt gelagert werden, um Rillen oder Verwindungen zu vermeiden.
Hinweis: Es ist nicht möglich, diesen Zustand mit nur mit 2 Schlaufen zu erreichen. Es werden dazu 3 benötigt.

7. Kontakt mir flüssigen oder halb festen Stoffen
Elastomere Dichtungen dürfen zu keinem Zeitpunkt der Lagerung mit flüssigen oder halb festen Stoffen (zum Beispiel Kraftstoffe, Schmiermittel, Säuren, Desinfektionsmittel und Reinigungsmittel) in Kontakt kommen, sofern diese nicht integrierter Bestandteil der Komponente oder der Verpackung des Herstellers sind. Wenn elastomere Dichtungen mit deren Betriebsmedium benetzt angeliefert werden, sollten sie in diesem Zustand eingelagert werden.

8. Kontakt mit Metallen
Bestimmte Metalle und deren Legierungen (besonders Kupfer, Mangan und Eisen) sind bekannt dafür, schädliche Wirkungen auf Elastomere zu haben. Elastomere Dichtungen sollten nicht in Kontakt mit solchen Metallen gelagert werden (Ausnahme: Mit Metall verbundene Dichtungen), ohne dass sie durch individuelle Verpackung geschützt werden.

9. Kontakt mit staubendem Pulver
Staubende Pulver sollten nur für die Verpackung von Elastomerteilen dienen, um vor mögliche Anhaftung der Teile zu schützen. Es sollte nur so viel Pulver eingesetzt werden, wie es für diesen Zweck notwendig ist.

10. Kontakt zwischen verschiedenen Elastomeren
Kontakt zwischen verschiedenen Elastomeren und Elastomere verschiedener Dichtungen sollte vermieden werden.

11. Mit Metall verbundene elastomere Dichtungen
Das Metallteil von mit Metall verbundenen elastomeren Dichtungen sollte nicht in den Kontakt mit dem elastomeren Element anderer Dichtungen kommen. Eine Gummi-Metall-Dichtung sollte separat verpackt werden. Jegliche Schutzmaßnahme des Metallteils darf das elastomere Element oder die Verbindung nicht in dem Maße beeinflussen, dass die festgelegten Eigenschaften des Produkts nicht mehr gewährleistet sind.

12. Lagerbewegung
Die Lagerung von elastomeren Dichtungen sollte nach dem FIFO-Prinzip (First In, First Out) geschehen.

Im Allgemeinen empfehlen wir die folgenden Lagerbedingungen:
- Raumtemperatur (möglichst nicht höher als 50°C (120°F)
- trockene Umgebung ohne Verunreinigungen
- Schutz gegen direkter Sonneneinstrahlung
- Schutz gegen Strahlung
- Schutz gegen künstlichem Licht, das UV-Strahlung enthält
- Schutz gegen ozongenerierenden elektrischen Geräten
- lagern Sie Teile ohne Spannung (hängen Sie O-Ringe niemals auf).

12. O-Ring Nutgestaltung

Die folgenden Seiten beinhalten Informationen über die Auslegung von Standard O-Ring Nuten. Bitte setzen Sie sich mit uns in Verbindung, wenn Ihre Anwendung nicht eindeutig einer dieser Anwendungsarten zuzuordnen ist.

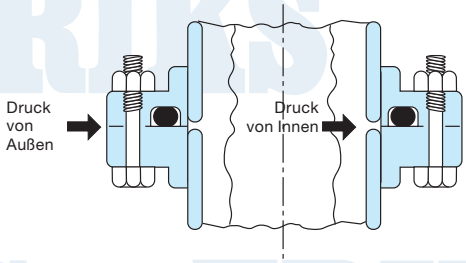


Fig. 1-26

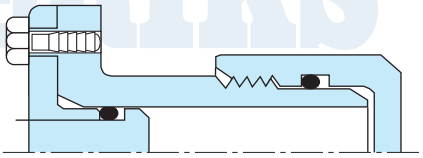


Fig. 1-27

Statische Anwendungen
Es gibt fünf Arten von statischen O-Ring Anwendungen:
- Flanschdichtung
- Radialdichtung
- Trapezdichtung (Schwalben-schwanzdichtung)
- Verschraubungsdichtung
- Quetschdichtung

Flanschdichtung (Axialdichtung)
Bei Flanschdichtungen werden die beiden Flansche Metall auf Metall montiert. Es gibt demnach also keinen bemerkenswerten Dichtspalt und kein Risiko der Spaltextrusion, soweit sich die Konstruktion unter Systemdruck nicht deformiert (Fig. 1-26).
Wenn der Druck von Außen kommt, sollte der O-Ring Innendurchmesser an der Innenwand der Nut anliegen. Bei Druck von Innen an der Außenwand der Nut.

Radialdichtung
Da die Metallteile entweder zusammengepresst oder verschraubt sind, existiert immer ein gewisses Spiel mit dem Risiko der Extrusion (Fig. 1-27).

Trapezdichtung (oder Schwalben-schwanzdichtung)
Auch hier handelt es sich um eine Metall auf Metall Verbindung, solange die Konstruktion sich unter Systemdruck nicht deformiert (Fig. 1-30).

Verschraubungsdichtung
Die Nutabmessungen sind mit den Standard O-Ring Abmessungen verbunden.

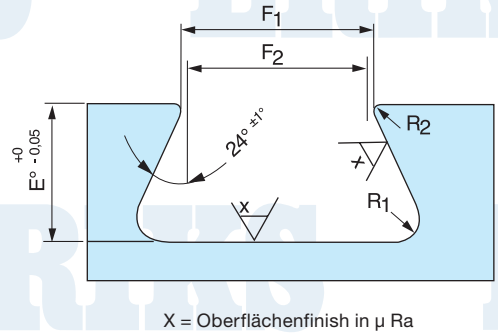


Fig. 1-30

Oberflächenfinish für statische Nuten
Geradwandige Nuten vermeiden Extrusion oder das Abknabbern des Elastomers am wirkungsvollsten. Um fünf Grad geneigte Nutwände können einfacher hergestellt werden und eignen sich für niedrigere Drücke. Oberflächenfinishs von 64 bis 125 RMS ohne Grat, Ausbrüche oder Kratzer werden empfohlen.
Das Verfahren der Oberflächenbehandlung ist wichtig. Wenn das Finish maschinell auf der Drehbank oder einem anderen Verfahren durchgeführt wurde, bei dem Kratzer und Grate in Richtung des Maschinenkopfes entstehen, kann eine sehr raue Oberfläche immer noch effektiv dichten. Andere Verfahren hingegen, wie zum Beispiel das Fräsen, führen zu Längskratzern, die den O-Ring überqueren. Sogar diese können einen eher höheren Rauheitswert haben, sofern das Profil der Kratzer abgerundet ist, so dass der O-Ring leicht hineinfließen kann.

12. O-Ring Nutgestaltung

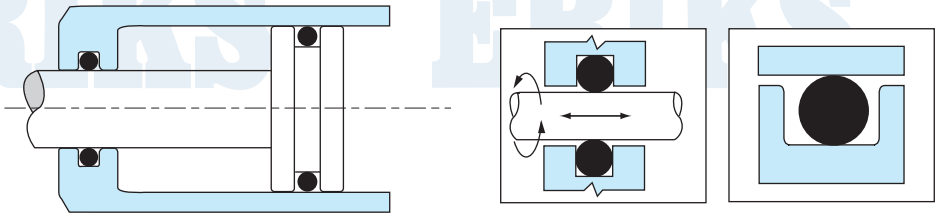


Fig. 1-33

Dynamische Anwendungen
Es gibt drei Arten von dynamischen O-Ring Anwendungen:
- wechselseitig bewegte Dichtung
- reversierend, bzw. pendelnd bewegte Dichtung
- rotierend bewegte Dichtung

Anwendung in wechselseitigen und pendelnden Bewegungen
Die Nutabmessungen von wechselseitig und pendelnd bewegenden Anwendungen sind identisch. Dynamische Anwendungen sind aufgrund der Bewegung gegen den O-Ring komplizierter als statische Anwendungen. Die Medienbeständigkeit muss sorgfältig geprüft werden, da eine Quellung der Dichtung von über 20% zu ernsthaften Problemen durch erhöhter Reibung führen kann. Eine Schrumpfung von maximal 4% kann zur Vermeidung von Leckageproblemen toleriert werden. Aufgrund der Bewegung der abzudichtenden Teile ist immer ein Dichtspalt mit der potentiellen Gefahr der Spaltextrusion des O-Ringes vorhanden.
O-Ring Dichtungen funktionieren in dynamischen Anwendungen mit kurzen Hüben und relativ geringen Durchmessern optimal. O-Ring Dichtungen im Einsatz mit langen Hüben und großen Durchmessern sind anfälliger für Spiralfehler.

Anwendung von O-Ringen in rotierenden Bewegungen
In einer rotierenden Anwendungen rotiert eine Welle kontinuierlich im Innendurchmesser des O-Ringes, was zu Reibung und Wärme führt. Da Kautschuk ein schlechter Wärmeleiter ist, kann der O-Ring seine Eigenschaften verlieren. Um die Abnutzung zu minimieren oder reduzieren, können nachfolgende Punkte durchgeführt werden. Bitte setzen Sie sich darüber hinaus jedoch mit uns in Verbindung.
- Klären Sie die eingesetzte Höhe der Verpressung.
- Setzen Sie die geringmöglichste O-Ring Schnurstärke ein.
- Wählen Sie einen O-Ring mit interner Schmierung oder benutzen Sie Mineralstoffe für geringere Reibung.
- Übersteigen Sie keine Temperatur von 100°C (212°F).
- Sorgen Sie für Schmierung.
- Der O-Ring darf in der Nut nicht rotieren; die Bewegung sollte nur relativ zur Stange erfolgen.
- Raue Nutoberflächen verhindern ein Rotieren des O-Ringes.
- Kontrollieren Sie das Oberflächenfinish (könnte zu rau sein).

Einbau des O-Ringes
Metallische Kontaktflächen sind im Allgemeinen aus verschiedenen Metallen, wobei eines dieser Metalle weicher ist, als das andere. Die O-Ring Nut sollte in das weichere der beiden Metalle gestochen werden. Für den Fall, dass sich die Metalle gegenseitig abnutzen, wird das härtere Metall weniger beschädigt. Eine gute Dichtfläche bleibt so länger erhalten.

Oberflächenfinish für dynamische Nuten
Geradwandige Nuten vermeiden Extrusion oder das Abknabbern des Elastomers am wirkungsvollsten. Um fünf Grad geneigte Nutwände können einfacher hergestellt werden und eignen sich für Drücke bis zu 100 bar (1.500psi).
Die ideale Kontaktoberfläche sollte eine Oberflächenrauheit von 8-16 RMS ohne längs- und umlaufende Schrammen haben. Bestmöglich sollte die Oberfläche fein geschliffen, prägepoliert oder hartverchromt sein. Der Zustand von dynamischen Kontaktoberflächen ist sehr entscheidend für die Lebensdauer einer Dichtung. Sachgerechte Oberflächenfinishs sind wichtig.
Die zulässige maximale Rauheit der Nutflächen ist begrenzt, da rauere Nutflächen zu einer übermäßigen Abnutzung führen würden. Feinere Flächen führen dagegen zu einer Mangelschmierung des O-Ringes, die zu einem Ruckgleiten (dem sogenannten Slip-Stick Effekt) oder einem ungleichmäßigen Verschleiß führen könnte. Eine Oberflächenrauheit von weniger als 5 millionstel Zoll (0,15mm Ra) werden für dynamische O-Ring Anwendungen nicht empfohlen. Die Oberfläche muss rau genug sein, um kleine Mengen von Öl zu halten. Oberflächenfinishs unter 5 RMS streifen das Öl zu sauber ab, wodurch die Lebensdauer der Dichtung leidet. Zylinderbohrungen aus Stahl oder Gusseisen sollten bevorzugt eingesetzt werden. Sie sollten stark genug sein, um sich bei Druckbelastung nicht aufzuweiten oder zu atmen, da sich sonst der radiale Dichtspalt unter den Druckschwankungen aufweiten und zusammenziehen könnte, was wiederum zu einem Anknabbern des O-Rings führt.

12. O-Ring Nutgestaltung

Reibung
In normalen Anwendungen bieten härtere Materialien eine geringere Reibung als weichere. Wenn die Härte eines O-Ringes jedoch 70° Shore A übersteigt, nimmt die Reibung zu. Dies resultiert daraus, dass die Druckkraft bei gleicher Verpressung höher ist, als die von weicheren Materialien.

Eine Quellung des Compounds verringert dessen Härte und erhöht möglicherweise die Reibung. Je geringer die Betriebstemperatur, desto härter wird ein elastomerer Compound, was ebenfalls zu einer Erhöhung der Reibung führen kann. Eine thermische Schrumpfung des Dichtungswerkstoffes, welche zu einer Verringerung der effektiven Verpressung führt, kann jedoch eine durch eine Zunahme der Härte hervorgerufene Erhöhung der Reibung ausgleichen.

Die Haftreibung ist die notwendige Kraft, die aufgewendet werden muss, um eine relative Bewegung zu beginnen. Diese ist abhängig von der Zeitspanne zwischen Arbeitsgängen, sowie dem Oberflächenfinish des Metalls, der Kautschukhärte, Verpressung und anderen reibungsbeeinflussenden Faktoren. Nach einem Stillstand von 10 Tagen ist die Haftreibung zwei bis fünf Mal so hoch wie die Reibung einer Dichtung unter geringer Last. Die Haftreibung kann verringert werden, indem man einen weicheren Compound oder speziell modifizierte Compounds verwendet.

Die Gleitreibung ist von zwei Faktoren abhängig: zum einen die Kraft, die auf die reibende Oberfläche des O-Ringes durch die Druckkraft der Verpressung ausgeübt wird und zum anderen die Kraft des Systemdrucks, die auf den O-Ring einwirkt und diesen zu einem „D“ formt. Der erste Faktor hängt von der Härte des O-Rings, der prozentualen Verpressung und der Länge der reibenden Fläche ab.

Die Oberfläche, über die der O-Ring gleitet, ist ebenfalls sehr wichtig. Sie muss hart und abriebfest sein sowie genügend glatt, so dass der O-Ring nicht abgeschliffen wird. Sie sollte dennoch winzige Krater haben, um Schmiermittel halten zu können.

Weiche Metalle wie Aluminium, Messing, Bronze, Monelmetall und einige Edelstähle sollten vermieden werden. Metallische bewegende Oberflächen, die durch einen O-Ring abgedichtet werden, sollte sich idealer Weise niemals berühren. Wenn Sie sich jedoch berühren müssen, sollte die Fläche, in der die O-Ring Nut eingearbeitet wurde, aus einem nachgiebigen tragenden Material sein.
Wenn ein übermäßiges Spiel entsteht, führt dies zu Extrusion. Falls eine angemessene Verpressung nicht erreicht wird, führt dies zu Leckage.

Es gibt eine Vielzahl möglicher Lösungen, um einer übermäßig hohen Reibung entgegenzuwirken:
- wählen Sie eine andere O-Ring Härte.
- wählen Sie einen anderen O-Ring Werkstoff mit besserem Reibungskoeffizienten.
- erhöhen Sie die Nuttiefe.
- denken Sie über den Einsatz eines anderen Dichtungsdesigns nach.
- Viton® hat eine viel geringere Reibung als NBR, EPDM oder Silikon.
- prüfen Sie, ob sich die Verpressung noch im empfohlenen Bereich befindet.
- reduzieren Sie nicht die Verpressung unter den empfohlenen Bereich, um so die Reibung zu verringern. Dies würde zu Leckage führen.

Extrusion der Dichtung
Wenn der radiale Spielraum zwischen der abzudichtenden Fläche und den Nuteckpunkten (Dichtspalt) zu groß ist und der Druck die Deformierungsgrenze des O-Ringes übersteigt, tritt eine Extrusion des O-Ring Werkstoffs in den Dichtspalt auf.
Wenn dies geschieht, schleift sich der extrudierte Werkstoff mit fortlaufenden Arbeitsgängen ab oder franst aus und die Dichtung beginnt undicht zu werden.

Informationen über Extrusion und Druckrichtung statischer Dichtungen können Sie der Grafik Fig. 1-26 (Seite 110) entnehmen. In einer wechselseitig bewegenden Anwendung steigt die Neigung zu Extrusion, indem die Reibung und der Systemdruck in die gleiche Richtung agieren. Durch eine entsprechende Nutgestaltung kann dieser Neigung entgegengewirkt werden. Siehe Grafiken Fig. 1-32 a und b.

Wenn die Reibung der bewegenden Metalloberfläche die gleiche Richtung hat wie der Systemdruck, wird der O-Ring leichter in den Dichtspalt gedrückt. Ein O-Ring kann so schon bei nur 35% des sonst für eine Extrusion notwendigen Drucks extrudieren. Durch eine Platzierung der Nut in dem gegenüberliegenden Metallteil wird die Reibung gegen den Druck arbeiten.

Eine der besten Wege zur Reduzierung von Extrusion ist die Verwendung von Stützringen (siehe Seite 119).

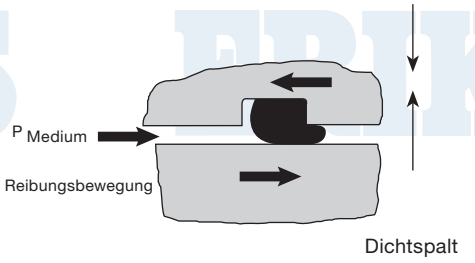


Fig. 1-32 a

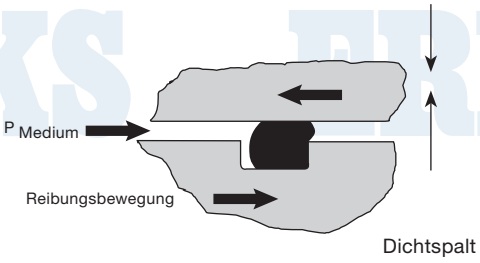


Fig. 1-32 b

12. O-Ring Nutgestaltung

Nuttiefe und Dichtspalt
Die richtige Nuttiefe ist in O-Ring Anwendungen sehr wichtig, da sie die Verpressung des O-Ring Querschnitts stark beeinflusst. In den Tabellen zur Nutgestaltung beinhaltet die Nuttiefe immer die ausgestochene Nut und den Dichtspalt. Der Dichtspalt beeinflusst die Extrusionsrate. Da es sehr schwer ist, die Nuttiefe zu messen, ist es besser, die Berechnung mit der Bohrung, dem Kolben-/Stangendurchmesser und dem Nutdurchmesser wie unten genannt durchzuführen.

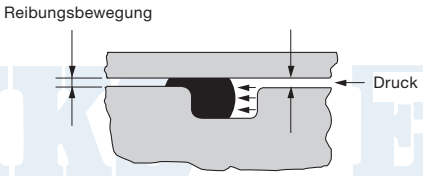
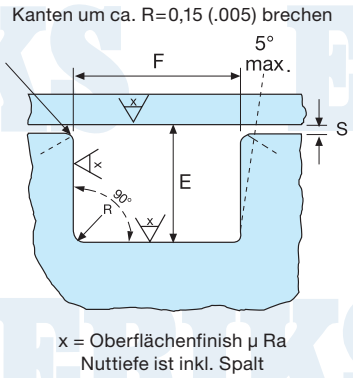


Fig. 1-19



x = Oberflächenfinish µ Ra
Nuttiefe ist inkl. Spalt

Dichtungsauslegung
Dichtungen werden in drei grundlegende Kategorien unterteilt: statisch axiale, statisch radiale, und dynamisch radiale Dichtungen.
Statisch axiale Dichtungen (so genannte Flanschdichtungen) besitzen keinen Dichtspalt und bestehen aus einer Nut, die in einen Flansch eingestochen wurde, der mit einem anderen paarweise zusammengefügt wird. So entsteht ein Kontakt von Oberfläche auf Oberfläche.
Statisch radiale Dichtungen und dynamisch radiale Dichtungen benötigen zur Montage das Vorhandensein eines diametrischen Spielraumes und somit Dichtspalts.

Es gibt zwei Arten von radialen Dichtungsauslegungen:
1.) Nut im Innenteil, bzw. Vaterteil – die O-Ring Nut befindet sich auf einem Kolben, der in eine Bohrung oder Zylinder eingeführt wird (Fig. 1-23).
2.) Nut im Außenteil, bzw. Mutterteil – die O-Ring Nut befindet sich in der Bohrung oder im Zylinder und eine Stange wird durch den O-Ring Innendurchmesser montiert (Fig. 1-24).

Dichtungsauslegungen mit der Nut im Innenteil basieren auf den folgenden Faktoren (siehe dazu Fig. 1-23):
Bohrungsdurchmesser (A)
Kolbendurchmesser (H)
Nutdurchmesser (B)
Nutbreite (F) wie in den Abmessungstabellen zur Nutauslegung gezeigt.
Nuttiefe (E) wie in den Abmessungstabellen zur Nutauslegung gezeigt.

Die erzielte mechanische Verpressung des O-Rings in der Nut wird durch den Bohrungsdurchmesser und dem Durchmesser der Nut im Vater- oder Mutterteil bestimmt. (Fig. 1-23).
Die Formel zur Berechnung des Nutdurchmessers (B) bei gegebenem Bohrungsdurchmesser (A) und Nuttiefe (E) lautet:

$B_{min} = A_{min} - 2 \times E_{max}$
$B_{max} = A_{max} - 2 \times E_{min}$

Die Verpressung wird vom Nutgrund bis zur abzudichtenden Gegenfläche inklusive des vorhandenen Dichtspalts (Spielraums) gemessen. Die folgende Formel wird für die Bestimmung der tatsächlichen Nuttiefe mit Toleranzen genommen:

Maximale Nuttiefe =
$(Ø\ Bohrung_{max} - ØNut_{min}) / 2$

Minimale Nuttiefe =
$(Ø\ Bohrung_{min} - ØNut_{max}) / 2$

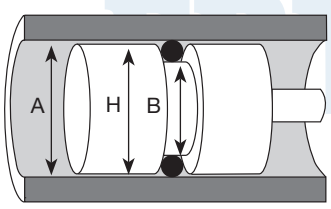


Fig. 1-23

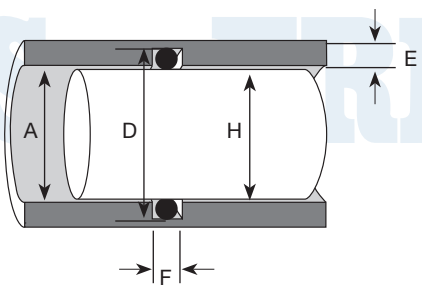


Fig. 1-24

12. O-Ring Nutgestaltung

Das gesamte diametrische Spiel ist der Unterschied zwischen dem Bohrungsdurchmesser (A) und dem Kolben-/Stangendurchmesser (H). Die Toleranzen des Bohrungs- und Kolben-/Stangendurchmessers bestimmen den maximalen und minimalen diametrischen Dichtspalt. Diese Werte, dividiert durch zwei, ergeben den maximalen und minimalen radialen Dichtspalt.

Dichtungsauslegungen mit der Nut im Außenteil (Fig. 1-24) basieren auf den folgenden Faktoren:
Bohrungsdurchmesser (A)
Kolbendurchmesser (H)
Nutdurchmesser (D)
Nutbreite (F) wie in den Abmessungstabellen zur Nutauslegung gezeigt.
Nuttiefe (E) wie in den Abmessungstabellen zur Nutauslegung gezeigt.

Die mechanische Verpressung einer Dichtung dieser Art wird durch den Nutdurchmesser (D) und dem Kolbendurchmesser (H) bestimmt. Die Formel zur Berechnung des Nutdurchmessers (D) bei gegebenem Kolbendurchmesser (H) und Nuttiefe (E) lautet:
$D_{max} = H_{max} + 2 \times E_{max}$
$D_{min} = H_{min} + 2 \times E_{min}$

Die Verpressung wird vom Nutgrund bis zur abzudichtenden Gegenfläche inklusive des vorhandenen Dichtspalts (Spielraums) gemessen. Verwenden Sie die folgende Formel zur Ermittlung der tatsächlichen Nuttiefe mit Toleranzen:

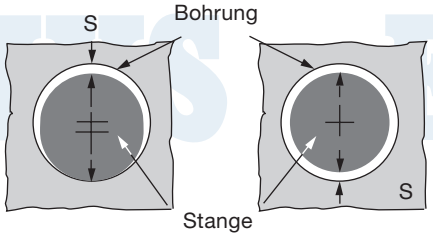
Maximale Nuttiefe =
(Ø Nutmax - Ø Kolbenmin) / 2
Minimale Nuttiefe =
(Ø Nutmin - Ø Kolbenmax) / 2

Das gesamte diametrische Spiel ist der Unterschied zwischen dem Bohrungsdurchmesser (A) und dem Kolben-/Stangendurchmesser (H). Die Toleranzen des Bohrungs- und Kolben-/Stangendurchmessers bestimmen den maximalen und minimalen diametrischen Dichtspalt. Die Größe des Dichtspalts wird darüber hinaus auch durch den Grad der „Atmung“ der Metallteile beeinflusst. Bitte berücksichtigen Sie jede mögliche Atmung oder Expansion der paarenden Teile, die durch Druckbelastung auftreten kann sowie insbesondere den diametrischen Dichtspalt bei Ihrer Dichtungsauslegung. Auch bei der Verwendung der tabellarischen Empfehlungen zur Nutauslegung auf den folgenden Seiten.

In einigen Konstruktionen ist der Dichtspalt über den gesamten Umfang des O-Ringes gleich. Dies ist das gesamte Spiel bei maximaler Konzentrizität. Wenn die Konzentrizität zwischen Stange und Zylinder unverändert erhalten bleibt, ist das radiale Spiel gleich dem diametrischen Spiel.

In der Praxis besteht in den meisten Konstruktionen aufgrund von Seitenlast und Fehlausrichtungen an einem Punkt des O-Ring Umfangs ein Minimum oder sogar Null an Dichtspalt und an dem gegenüberliegenden Punkt ein Maximum an Dichtspalt. Dies ist das gesamte Spiel bei maximaler Exzentrizität (Fig. 1-20).

• Bitte setzen Sie sich mit uns für nähere Informationen über Führungsbänder und weiteren Produkten zur Verbesserung der Konzentrizität in Verbindung.



gesamtes Spiel mit max. Exzentrizität

gesamtes Spiel mit max. Konzentrizität

Fig. 1-20

12. O-Ring Nutgestaltung

Effektivste und zuverlässigste Abdichteigenschaften werden im Allgemeinen durch ein wie in Tabelle 3.B-1a gelistetes maximales diametrisches Spiel erreicht. Die maximal erlaubten Dichtspalte werden für O-Ringe mit verschiedenen Schnurstärken und einer Härte von 70° in wechselbewegenden und statischen Dichtungsanwendungen ohne den Einsatz von Stützringen genannt. Diese Werte basieren auf eine Druckbeaufschlagung von ca. 80 bar (8 MPa, 1.200psi) bei 21°C (70°F). Wenn größere Zwischenräume auftreten, zeigt Fig. 1-21 – je nach Druck und Härtegrad des O-Rings – allgemein mögliche maximale Dichtspalte.
[Siehe Tabelle 3.B-1a]

Hinweis: reduzieren Sie bitte für Silikon- und Fluorsilikon-Compounds alle aufgelisteten maximalen Dichtspalte um 50%.

Das Diagramm (Fig. 1-21) gibt eine Richtlinie über die Relation zwischen Härte, Druck, Dichtspalt und Extrusion wieder. Diese Grafik basiert auf NBR O-Ringe mit einer Schnurstärke von 3,53mm (.139 Zoll) ohne Stützringe. Falls ein Risiko der Extrusion besteht, sollten konkave Stützringe aus Hartkautschuk oder Stützringe aus Kunststoff, wie zum Beispiel PTFE, verwendet werden. Die Ergebnisse basieren auf Prüfungen bei Temperaturen bis 70°C.

Tabelle 3.B-1a Dichtspalt in Relation zur Härte und der O-Ring Schnurstärke

Schnurstärke		*Max. Dichtspalt, 70° Shore A O-Ring*	
Zoll	*Millimeter*	*Zoll*	*Millimeter*
.070	1,0-2,0	.002 - .004	0,05 - 0,1
.103	2,0-3,0	.002 - .005	0,05 - 0,13
.139	3,0-4,0	.002 - .006	0,05 - 0,15
.210	4,0-6,0	.003 - .007	0,07 - 0,18
>.275	>6,0	.004 - .010	0,1 - 0,25

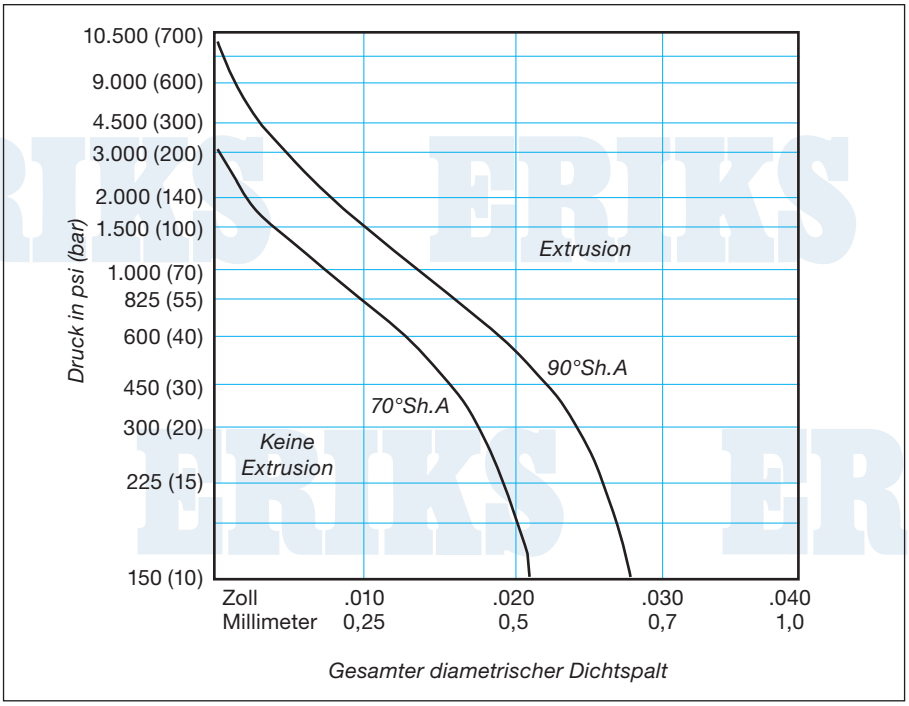


Fig. 1-21

12. O-Ring Nutgestaltung

12 A. Nutauslegung statisch axiale Anwendungen

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe mit axialer Verpressung

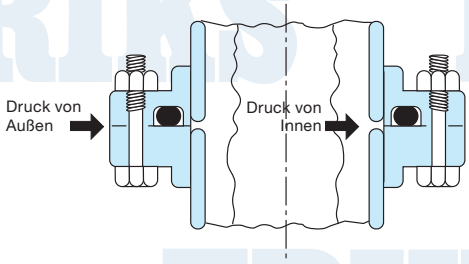
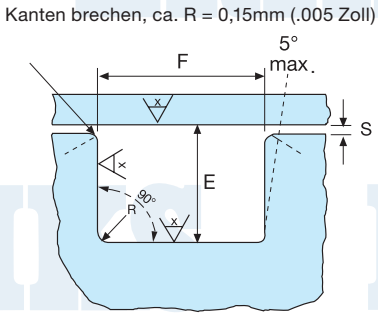


Fig. 1-26

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)



X = Oberflächenfinish µ R_a
Nuttiefe ist inklusive Spalt

Fig. 1-27 a

Tabelle AS C1 – Nutabmessungen (Zoll) für industrielle O-Ring Flanschdichtungen

O-Ring Schnurstärke W		*Nuttiefe axial statisch (Zoll) E*	*Statische Verpressung für Flanschdichtungen*		*Nutbreite W*		*Nutradius R*
nominal	*effektiv*		*effektiv (Zoll)*	*%*	*Flüssigkeiten*	*Vakuum und Gase*	
1/16	.070	.050/.054	.013/.023	27	.101/.107	.084/.089	.005/.015
3/32	.103	.074/.080	.020/.032	21	.136/.142	.120/.125	.005/.015
1/8	.139	.101/.107	.028/.042	20	.177/.187	.158/.164	.010/.025
3/16	.210	.152/.162	.043/.063	18	.270/.290	.239/.244	.020/.035
1/4	.275	.201/.211	.058/.080	16	.342/.362	.309/.314	.020/.035

Diese Abmessungen sind vorzugsweise für O-Ring Flanschdichtungen von Anwendungen mit normalen Temperaturen gedacht.

12. O-Ring Nutgestaltung

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe als Flanschdichtung mit axialer Verpressung (metrisch)

O-Ringe, die axial in statischen Anwendungen verpresst werden, werden auch Flanschdichtungen genannt (siehe Fig. 1-26 und 1-27).

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)

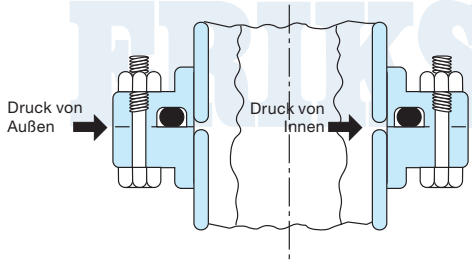


Fig. 1-26

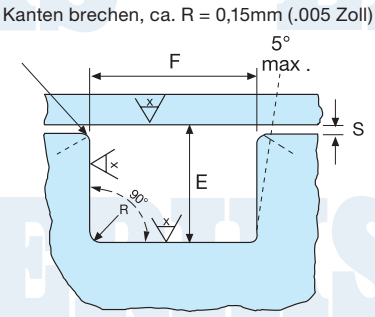


Fig. 1-27 a

Tabelle 3.C-1 Nutabmessungen (metrisch) für statische Anwendungen - Flanschdichtungen

W *O-Ring Schnurstärke*		*E* *Nuttiefe*		*F* *Nutbreite*		*R* *Nutradius*
Durchmesser (Millimeter)	*Toleranz +/- DIN 3771*		*Toleranz +0/-*	*Flüssigkeiten Toleranz -0/+*	*Vakuum/ Gase*	
0,90	0,08	0,68	0,02	1,30	1,10	0,2
1,0 - 1,02	0,08	0,75	0,02	1,45	1,20	0,2
1,20	0,08	0,90	0,02	1,75	1,45	0,2
1,25 - 1,27	0,08	0,94	0,02	1,80	1,50	0,2
1,42	0,08	1,07	0,02	2,05	1,70	0,2
1,50	0,08	1,13	0,02	2,20	1,80	0,2
1,60 - 1,63	0,08	1,20	0,03	2,35	1,90	0,2
1,78* - 1,80	0,08	1,34	0,03	2,60	2,15	0,2
1,90	0,08	1,43	0,03	2,75	2,30	0,2
2,0	0,08	1,51	0,04	2,90	2,40	0,2
2,20 - 2,21	0,08	1,67	0,04	2,90	2,55	0,2
2,40	0,08	1,82	0,04	3,20	2,80	0,2
2,46	0,08	1,87	0,04	3,25	2,85	0,2
2,50	0,08	1,90	0,04	3,30	2,90	0,2
2,62*	0,08	1,99	0,04	3,50	3,05	0,2
2,70	0,09	2,05	0,04	3,60	3,15	0,2
2,95	0,09	2,24	0,04	3,90	3,40	0,5
3,0	0,09	2,27	0,04	3,90	3,45	0,5
3,15	0,09	2,38	0,05	4,15	3,60	0,5
3,50 - 3,53*	0,09	2,67	0,05	4,60	4,05	0,5
3,60	0,1	2,72	0,05	4,70	4,10	0,5
4,0	0,1	3,03	0,06	5,25	4,60	0,5
4,50	0,1	3,60	0,06	6,10	5,10	0,5
4,70	0,1	3,76	0,06	6,40	5,35	0,5
4,80	0,1	3,84	0,06	6,50	5,45	0,5
5,0	0,10	4,00	0,06	6,80	5,70	0,7
5,33* - 5,34	0,13	4,26	0,08	7,25	6,05	0,7
5,50	0,13	4,40	0,08	7,45	6,25	0,7
5,70	0,13	4,56	0,08	7,75	6,50	0,7
5,80	0,13	4,64	0,08	7,90	6,60	0,7
6,0	0,13	4,98	0,08	7,80	7,75	0,7
6,40	0,13	5,31	0,1	8,30	7,20	0,7
6,50	0,13	5,40	0,1	8,40	7,30	0,7
6,90	0,13	5,73	0,1	8,95	7,75	0,7
6,99*	0,15	5,80	0,1	9,05	8,85	0,7
7,0	0,15	5,81	0,1	9,05	7,90	0,7
7,50	0,15	6,23	0,1	9,70	8,40	1,0
8,0	0,18	6,64	0,1	10,35	9,00	1,0
8,40	0,18	6,97	0,15	10,90	9,45	1,0
9,0	0,2	7,65	0,15	11,10	10,40	1,0
10,0	0,2	8,50	0,15	12,30	11,55	1,0
11,0	0,2	9,35	0,15	13,55	12,70	1,0
12,0	0,2	10,20	0,15	14,80	13,85	1,5
13,0	0,2	11,05	0,15	16,00	15,00	1,5
14,0	0,2	11,90	0,3	17,25	16,15	1,5
16,0	0,2	13,60	0,3	19,70	18,45	1,5
18,0	0,2	15,30	0,3	22,15	20,80	1,5
20,0	0,2	17,00	0,3	24,65	23,10	1,5

12. O-Ring Nutgestaltung

12 B. Nutauslegung für statische, radiale Anwendungen

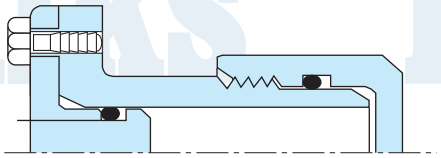


Fig. 1-28

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe mit radialer Verpressung (zöllige Abmessungen)

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)

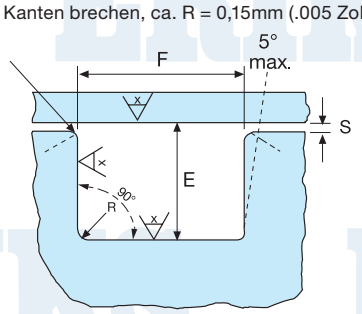


Fig. 1-27 a

Tabelle AS.C2 – Nutabmessungen für statische Dichtungen – industrielle radiale Anwendungen (Zoll)

O-Ring Schnurstärke W		*Nuttiefe radial statisch E*	*Statische Verpressung für radiale Dichtungen*		*Diametrisches Spiel*	*Nutbreite F*			*Nutradius R*	*Max. erlaubte Exzentrizität[1]*
nominal	*effektiv*		*effektiv (Zoll)*	*%*		*Standard*	*ein Stützring[2]*	*zwei Stützring[2]*		
1/16	.070	.050/.052	.015/.023	22/32	*.002 min.	.093/.098	.138/.143	.205/.210	.005/.015	.005/.015
3/32	.103	.081/.083	.017/.025	17/24	*.002 min.	.140/.145	.171/.176	.238/.243	.005/.015	.005/.015
1/8	.139	.111/.113	.022/.032	16/23	*.003 min.	.187/.192	.208/.213	.275/.280	.010/.025	.010/.025
3/16	.210	.170/.173	.032/.045	15/21	*.003 min.	.281/.286	.311/.316	.410/.415	.020/.035	.020/.035
1/4	.275	.226/.229	.040/.055	15/20	*.004 min.	.375/.380	.408/.413	.538/.543	.020/.035	.020/.035

1. Gemessen zwischen Nut und anliegendem abzudichtenden Bauteil.
2. Diese Nutabmessungen beziehen sich auf Compounds, die im Betrieb weniger als 15% quellen. Bei stärker quellenden Werkstoffen muss die Nutbreite entsprechend angeglichen werden.
** Siehe Fig. 1-22 für die Bestimmung des maximal tolerierbaren Spiels, basierend auf den vorhandenen Druck und der Härte des Compounds.*
** Das maximale Spiel sollte für Compounds mit geringer Festigkeit um die Hälfte reduziert werden.*
Die Abmessungen des Vaterteils (Stange bzw. Zapfen) und des Mutterteils (Bohrung) sollten anhand der maximalen und minimalen Dichtspalte berechnet werden.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 B. Nutauslegung für statische, radiale Anwendungen

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe mit radialer Verpressung (metrische Abmessungen)

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)

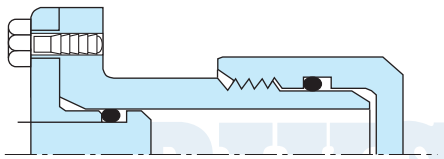
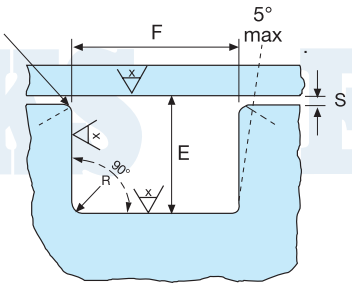


Fig. 1-28

Kanten brechen, ca. R = 0,15mm (.005 Zoll)



X = Oberflächenfinish µ R_a
Nuttiefe ist inklusive Spalt

Fig. 1-27 a

Tabelle 3.C-2 – Nutabmessungen für statische Dichtungen – industrielle radiale Anwendungen (metrisch)

W		*E*		*S Diametrisches Spiel*	*F Nutbreite*	*R*	*Maximale*
O-Ring Schnurstärke		*Nuttiefe*				*Nutradius*	*Exzentrizität*
Durchmesser in Millimeter	*Toleranz +/- DIN 3771*		*Toleranz -0/+*		*Toleranz -0/+0,13*		
0,90	0,08	0,65	0,02	0,1	1,20	0,2	0,05
1,0 - 1,02	0,08	0,72	0,02	0,1	1,35	0,2	0,05
1,20	0,08	0,87	0,02	0,1	1,60	0,2	0,05
1,25 - 1,27	0,08	0,91	0,02	0,1	1,65	0,2	0,05
1,42	0,08	1,03	0,02	0,1	1,90	0,2	0,05
1,50	0,08	1,09	0,02	0,1	2,00	0,2	0,05
1,60 - 1,63	0,08	1,16	0,03	0,1	2,10	0,2	0,05
1,78* - 1,80	0,08	1,29	0,03	0,1	2,35	0,2	0,05
1,90	0,08	1,38	0,03	0,1	2,50	0,2	0,05
2,0	0,08	1,45	0,04	0,1	2,65	0,2	0,05
2,20 - 2,21	0,08	1,74	0,04	0,1	3,00	0,2	0,05
2,40	0,08	1,90	0,04	0,1	3,25	0,2	0,05
2,46	0,08	1,94	0,04	0,1	3,35	0,2	0,05
2,50	0,08	1,98	0,04	0,1	3,40	0,2	0,05
2,62*	0,08	2,07	0,04	0,1	3,55	0,2	0,05
2,70	0,09	2,13	0,04	0,1	3,65	0,2	0,05
2,95	0,09	2,33	0,04	0,1	4,00	0,5	0,05
3,0	0,09	2,40	0,04	0,15	4,05	0,5	0,07
3,15	0,09	2,52	0,05	0,15	4,25	0,5	0,07
3,50 - 3,53*	0,09	2,82	0,05	0,15	4,75	0,5	0,07
3,60	0,1	2,88	0,05	0,15	4,85	0,5	0,07
4,0	0,1	3,20	0,06	0,15	5,40	0,5	0,07
4,50	0,1	3,64	0,06	0,15	6,00	0,5	0,07
4,70	0,1	3,80	0,06	0,15	6,30	0,5	0,07
4,80	0,1	3,88	0,06	0,15	6,40	0,5	0,07
5,0	0,1	4,04	0,06	0,15	6,70	0,7	0,10
5,33* - 5,34	0,13	4,31	0,08	0,15	7,15	0,7	0,10
5,50	0,13	4,45	0,08	0,15	7,35	0,7	0,10
5,70	0,13	4,61	0,08	0,15	7,65	0,7	0,10
5,80	0,13	4,69	0,08	0,15	7,75	0,7	0,10
6,0	0,13	4,91	0,08	0,18	8,15	0,7	0,13
6,40	0,13	5,24	0,1	0,18	8,70	0,7	0,13
6,50	0,13	5,32	0,1	0,18	8,85	0,7	0,13
6,90	0,13	5,65	0,1	0,18	9,40	0,7	0,13
6,99*	0,15	5,72	0,1	0,18	9,50	0,7	0,13
7,0	0,15	5,73	0,1	0,18	9,55	0,7	0,13
7,50	0,15	6,14	0,1	0,18	10,20	1,0	0,13
8,0	0,18	6,55	0,1	0,18	10,90	1,0	0,13
8,40	0,18	6,87	0,15	0,18	11,45	1,0	0,13
9,0	0,2	7,65	0,15	0,18	11,85	1,0	0,13
10,0	0,2	8,50	0,15	0,18	13,20	1,0	0,13
11,0	0,2	9,35	0,15	0,18	14,50	1,0	0,13
12,0	0,2	10,20	0,15	0,18	15,85	1,0	0,13
13,0	0,2	11,05	0,15	0,18	17,15	1,5	0,13
14,0	0,2	11,90	0,3	0,18	18,45	1,5	0,13
16,0	0,2	13,60	0,3	0,18	21,10	1,5	0,13
18,0	0,2	15,30	0,3	0,18	23,75	1,5	0,13
20,0	0,2	17,00	0,3	0,18	26,40	1,5	0,13

12. O-Ring Nutgestaltung

12 C. Auslegung von Trapez-Nuten (Schwalbenschwanz-Nuten)

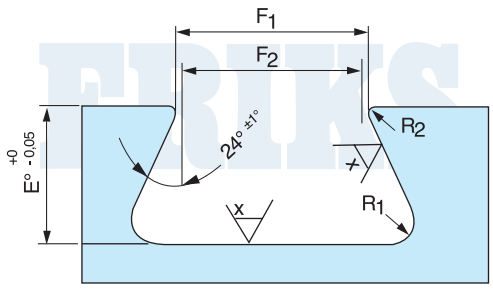
Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe in Trapez-Nuten (Zoll)

Trapez-Nuten werden verwendet, um den O-Ring bei der Montage oder Wartungsarbeiten in der Nut zu halten. Diese Nutauslegung ist sehr unüblich sowie sehr aufwendig herzustellen und sollte nur Anwendung finden, wenn dies absolut notwendig ist. Eine Trapez-Nut wird nur für O-Ringe mit einer Schnurstärke von 3,53mm (.139 Zoll) und größer empfohlen.

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)



X = Oberflächenfinish µ R_a

Fig. 1-30

Tabelle AS.C3 – Nutabmessungen für Trapez-Nuten (Zoll)

O-Ring Schnurstärke W		*Nuttiefe E*	*Verpressung %*	*Nutbreite zum scharfen Winkel F_2*	*Nutradius*	
1/16	.070	.050/.052	27	.055/.059	.005	.015
3/32	.103	.081/.083	21	.083/.087	.010	.015
1/8	.139	.111/.113	20	.113/.117	.010	.030
3/16	.210	.171/.173	18	.171/.175	.015	.030
1/4	.275	.231/.234	16	.231/.235	.015	.060
3/8	.375	.315/.319	16	.315/.319	.020	.090

Der Radius „R2“ ist kritisch. Ein ungenügender Radius führt zu einer Beschädigung des O-Rings bei dessen Montage, wohingegen ein zu großer Radius Extrusion fördern kann. R2 ist ein Größenradius, R1 ein Fertigungsradius.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 C. Auslegung von Trapez-Nuten (Schwalbenschwanz-Nuten)

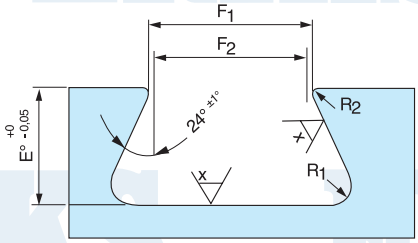
Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe in Trapez-Nuten (metrisch)

Trapez-Nuten werden verwendet, um den O-Ring bei der Montage oder Wartungsarbeiten in der Nut zu halten. Diese Nutauslegung ist sehr unüblich sowie sehr aufwendig herzustellen und sollte nur Anwendung finden, wenn dies absolut notwendig ist. Eine Trapez-Nut wird nur für O-Ringe mit einer Schnurstärke von 3,53mm (.139 Zoll) und größer empfohlen.

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)



X = Oberflächenfinish µ R_a

Fig. 1-30

Tabelle 3.C-3 – Nutabmessungen für Trapez-Nuten (metrisch)

W O-Ring Schnurstärke	*E Nuttiefe*	*F Nutbreite*		*R Radius*	
Millimeter	*E+0/-0,05*	*F_2 +/-0,05*	*F_1 +/-0,05*	*R_1*	*R_2*
3,0	2,40	2,45	2,60	0,4	0,25
3,5 - 3,53*	2,80	2,80	3,05	0,8	0,25
4,0	3,20	3,10	3,40	0,8	0,25
4,5	3,65	3,50	3,75	0,8	0,25
5,0	4,15	3,85	4,10	0,8	0,25
5,33*	4,40	4,10	4,35	0,8	0,25
5,5	4,6	4,20	4,60	0,8	0,4
5,7	4,8	4,35	4,75	0,8	0,4
6,0	5,05	4,55	4,95	0,8	0,4
6,5	5,50	4,90	5,30	0,8	0,4
6,99* - 7,0	5,95	5,25	5,65	1,5	0,4
7,5	6,40	5,60	6,00	1,5	0,4
8,0	6,85	6,00	6,50	1,5	0,5
8,4	7,25	6,25	6,80	1,5	0,5
8,5	7,35	6,35	6,90	1,5	0,5
9,0	7,80	6,70	7,25	1,5	0,5
9,5	8,20	7,05	7,60	1,5	0,5
10,0	8,70	7,40	7,95	1,5	0,5

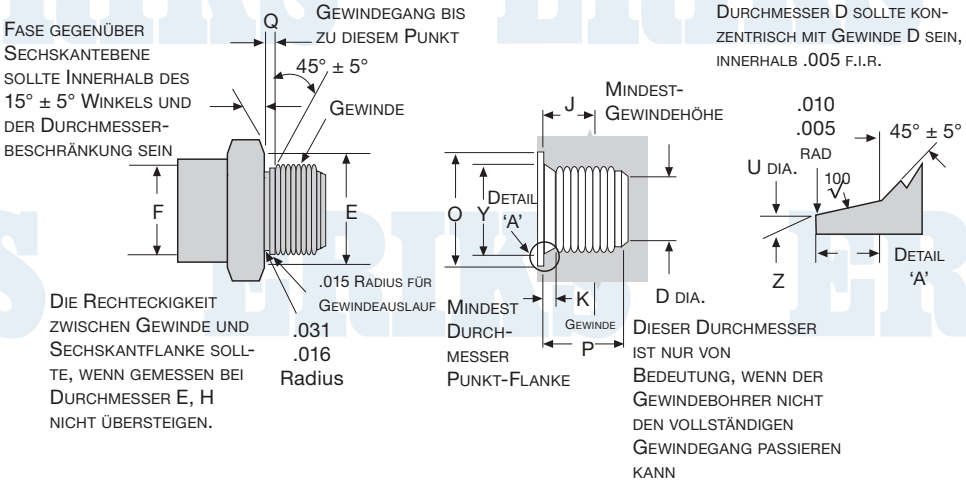
*Abmessungen in Millimeter, *US/BS Norm AS 568*
Der Radius „R2" ist kritisch. Ein ungenügender Radius führt zu einer Beschädigung des O-Rings bei dessen Montage, wohingegen ein zu großer Radius Extrusion fördern kann.
R2 ist ein Größenradius, R1 ein Fertigungsradius.
F1 ist die Nutbreite, gemessen vom/zum scharfen Winkel; F2 ist die Nutbreite vom/zum runden Winkel.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 D. Nutauslegung für O-Ringe als statische Gewindedichtungen

O-Ring Gewindedichtungen für gerade Einschraub-Rohrverschraubungen.

Die 900er Reihe der AS 568 Dash-Nummern legen die Größen der Nabendichtungen von Rohrverschraubungen fest. Die Ziffern nach der 9 identifizieren die nominale Rohrgröße in 16tel Zoll. Die Rohrgröße ist der Außendurchmesser (AD). Als Beispiel: Größe 903 ist für den Einsatz mit einem Rohr mit 3/16 Zoll Außendurchmesser gedacht.



Gewindegang Abmessungen

AS 568 Nr. der O-Ring Größe	*O-Ring Schnur-stärke*	*I.D.*	*Rohr Außen Ø*	*Gewinde*	*J min. Gewin-detiefe*	*D min.*	*U +.005 -.000*	*K +.015 -.000*	*Y min.*	*P min.*	*Z ±1°*	*0 min.*
-902	.064 ± .003	.239 ± .005	1/8	5/16-24 UNF-2B	.390	.062	.358	.074	.672	.468	12°	.438
-903	.064 ± .003	.301 ± .005	3/16	3/8-24 UNF-2B	.390	.125	.421	.074	.750	.468	12°	.500
-904	.072 ± .003	.351 ± .005	1/4	7/16-20 UNF-2B	.454	.172	.487	.093	.828	.547	12°	.563
-905	.072 ± .003	.414 ± .005	5/16	1/2-20 UNF-2B	.454	.234	.550	.093	.906	.547	12°	.625
-906	.078 ± .003	.468 ± .005	3/8	9/16-20 UNF-2B	.500	.297	.616	.097	.909	.609	12°	.688
-908	.087 ± .003	.644 ± .009	1/2	3/4-16 UNF-2B	.562	.391	.811	.100	1.188	.688	15°	.875
-910	.097 ± .003	.755 ± .009	5/8	7/8-14 UNF-2B	.656	.484	.942	.100	1.344	.781	15°	1.000
-912	.116 ± .004	.924 ± .009	3/4	1 1/16-12 UN-2B	.750	.609	1.148	.130	1.625	.906	15°	1.250
-913	.116 ± .004	.986 ± .010	13/16									
-914	.116 ± .004	1.047 ± .010	7/8	1 3/16-12 UN-2B	.750	.719	1.273	.130	1.765	.906	15°	1.375
-916	.116 ± .004	1.171 ± .010	1	1 5/16-12 UN-2B	.750	.844	1.398	.130	1.910	.906	15°	1.500
-920	.118 ± .004	1.475 ± .014	1 1/4	1 5/8-12 UN-2B	.750	1.078	1.713	.132	2.270	.906	15°	1.875
-924	.118 ± .004	1.720 ± .014	1 1/2	1 7/8-12 UN-2B	.750	1.312	1.962	.132	2.560	.906	15°	2.125
-932	.118 ± .004	2.337 ± .018	2	2 1/2-12 UN-2B	.750	1.781	2.587	.132	3.480	.906	15°	2.750

Verschraubungsabmessungen (MS 33656)

O-Ring Größe, Nr.	*O-Ring Schnurstärke*	*I.D.*	*Rohr Außen Ø*	*Gewinde*	*F +.002 -.003*	*D max.*	*U ±.010*	*K +.015 -.000*
AS-902	.064 ± .003	.239 ± .005	1/8	5/16-24 UNF-2B	.250	.005	.549	.063
AS-903	.064 ± .003	.301 ± .005	3/16	3/8-24 UNF-2B	.312	.005	.611	.063
AS-904	.072 ± .003	.351 ± .005	1/4	7/16-20 UNF-2B	.364	.005	.674	.075
AS-905	.072 ± .003	.414 ± .005	5/16	1/2-20 UNF-2B	.426	.005	.736	.075
AS-906	.078 ± .003	.468 ± .005	3/8	9/16-18 UNF-2B	.481	.005	.799	.083
AS-908	.087 ± .003	.644 ± .009	1/2	3/4-16 UNF-2B	.660	.005	.986	.094
AS-910	.097 ± .003	.755 ± .009	5/8	7/8-14 UNF-2B	.773	.005	1.111	.107
AS-912	.116 ± .004	.924 ± .009	3/4	1 1/16-12 UN-2B	.945	.008	1.361	.125
AS-914	.116 ± .004	1.047 ± .010	7/8	1 3/16-12 UN-2B	1.070	.008	1.475	.125
AS-916	.116 ± .004	1.171 ± .010	1	1 5/16-12 UN-2B	1.195	.008	1.599	.125
AS-920	.118 ± .004	1.475 ± .014	1 1/4	1 5/8-12 UN-2B	1.507	.008	1.849	.125
AS-924	.118 ± .004	1.720 ± .014	1 1/2	1 7/8-12 UN-2B	1.756	.008	2.095	.125
AS-932	.118 ± .004	2.337 ± .018	2	2 1/2-12 UN-2B	2.381	.008	2.718	.125

12. O-Ring Nutgestaltung

12 E. Nutauslegung für die dynamische Hydraulik

Nutauslegung für dynamische Hydraulik-Anwendungen (Zoll)

Die folgenden Tabellen geben Nutabmessungen für wechselseitig bewegende und reversierende Anwendungen wieder, bei denen gegen Hydraulikflüssigkeiten und anderen viskosen Flüssigkeiten abgedichtet wird.

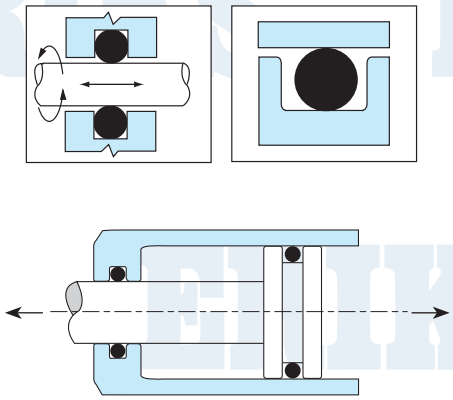


Fig. 1-33/34

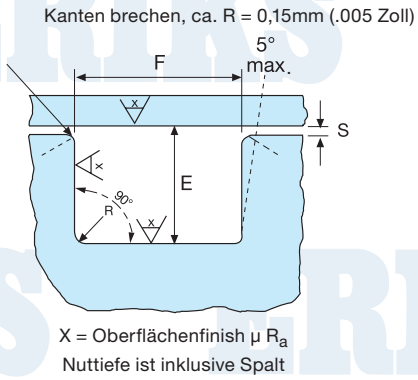


Fig. 1-27

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

Tabelle AS.D1 – Nutabmessungen für dynamische Dichtungen – industrielle, wechselseitig bewegende Anwendungen (Zoll)

O-Ring Schnurstärke W		*Nuttiefe Radial dynamisch E*	*Dynamische Verpressung für radiale Dichtungen*		*Diametrisches Spiel*	*Nutbreite** F*			*Nutradius R*	*Maximale Exzentrizität[1]*
nominal	*effektiv*		*effektiv*	*%*		*Standard*	*ein Stützrng[2]*	*zwei Stützringe[2]*		
1/16	.070	.055/.057	.010/.018	15/25	*.002 min.	.093/.098	.138/.143	.205/.210	.005/.015	.002
3/32	.103	.088/.090	.010/.018	10/17	*.002 min.	.140/.145	.171/.176	.238/.243	.005/.015	.002
1/8	.139	.121/.123	.012/.022	9/16	*.003 min.	.187/.192	.208/.213	.275/.280	.010/.025	.003
3/16	.210	.185/.188	.017/.030	8/14	*.003 min.	.281/.286	.311/.316	.410/.415	.020/.035	.004
1/4	.275	.237/.240	.029/.044	11/16	*.004 min.	.375/.380	.408/.413	.538/.543	.020/.035	.005

1. Gemessen zwischen Nut und anliegendem abzudichtenden Bauteil.

2. Diese Nutabmessungen beziehen sich auf Compounds, die im Betrieb weniger als 15% quellen. Bei stärker quellenden Werkstoffen muss der Nutbreite entsprechend angeglichen werden.

*** Die Nutbreite basiert auf die Verwendung von elastomeren Stützringen. Für Nutauslegungen mit spiralförmigen PTFE Stützringen siehe Tabelle 3.D-2.*

** Siehe Tabelle 13.A für die Bestimmung des maximal tolerierbaren Spiels, basierend auf den vorhandenen Druck und der Härte des Compounds.*

** Die Abmessungen der Stange bei Nutauslegungen im Vaterteil sollte anhand des maximalen Spiels, welches aus der Extrusions-Tabelle 13.A abgeleitet werden kann und des oben genannten minimalen Spalts berechnet werden.*

** Die Abmessungen der Bohrung bei Nutauslegungen im Vaterteil sollte anhand des maximalen Spiels, welches aus der Extrusions-Tabelle 13.A abgeleitet werden kann und des oben genannten minimalen Spalts berechnet werden.*

12. O-Ring Nutgestaltung

12 E. Nutauslegung für die dynamische Hydraulik

Nutauslegung für dynamische Hydraulik-Anwendungen (Zoll)

Die folgenden Tabellen geben Nutabmessungen für wechselseitig bewegende und reversierende Anwendungen wieder, bei denen gegen Hydraulikflüssigkeiten und anderen viskosen Flüssigkeiten abgedichtet wird.

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

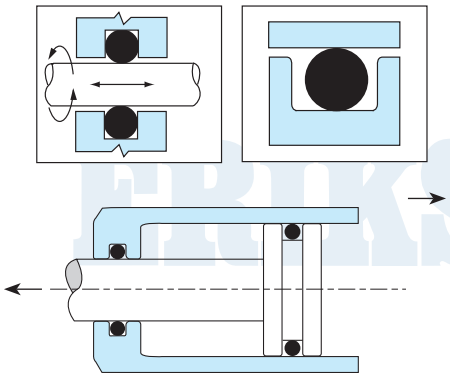
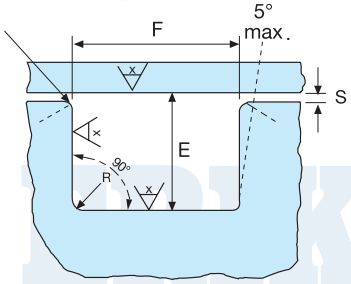


Fig. 1-33/34

Kanten brechen, ca. R = 0,15mm (.005 Zoll)



X = Oberflächenfinish µ R_a
Nuttiefe ist inklusive Spalt

Fig. 1-27

Tabelle 3.D-1 – Nutabmessungen für statische Dichtungen – industrielle, wechselseitig bewegende Anwendungen (metrisch)

W O-Ring Schnurstärke		E Nuttiefe		S Diametrisches Spiel	F Nutbreite	R Nutradius	Maximale Exzentrizität
Durchmesser in Millimeter	Toleranz +/- DIN3771	in Millimeter	Toleranz -0/+		Toleranz -0/+0,13		
0,90	0,08	0,72	0,02	0,1	1,20	0,2	0,05
1,0 - 1,02	0,08	0,80	0,02	0,1	1,35	0,2	0,05
1,20	0,08	0,96	0,02	0,1	1,60	0,2	0,05
1,25 - 1,27	0,08	1,00	0,02	0,1	1,70	0,2	0,05
1,42	0,08	1,13	0,02	0,1	1,90	0,2	0,05
1,50	0,08	1,20	0,02	0,1	2,00	0,2	0,05
1,60 - 1,63	0,08	1,28	0,03	0,1	2,10	0,2	0,05
1,78* - 1,80	0,08	1,42	0,03	0,1	2,40	0,2	0,05
1,90	0,08	1,52	0,03	0,1	2,50	0,2	0,05
2,0	0,08	1,60	0,04	0,1	2,65	0,2	0,05
2,20 - 2,21	0,08	1,89	0,04	0,1	3,00	0,2	0,05
2,40	0,08	2,06	0,04	0,1	3,25	0,2	0,05
2,46	0,08	2,11	0,04	0,1	3,35	0,2	0,05
2,50	0,08	2,15	0,04	0,1	3,40	0,2	0,05
2,62*	0,08	2,25	0,04	0,1	3,55	0,2	0,05
2,70	0,09	2,32	0,04	0,1	3,70	0,2	0,05
2,95	0,09	2,53	0,04	0,1	4,00	0,5	0,05
3,0	0,09	2,61	0,04	0,15	4,05	0,5	0,07
3,15	0,09	2,74	0,05	0,15	4,25	0,5	0,07
3,50 - 3,53*	0,09	3,07	0,05	0,15	4,75	0,5	0,07
3,60	0,1	3,13	0,05	0,15	4,85	0,5	0,07
4,0	0,1	3,48	0,05	0,15	5,40	0,5	0,07
4,50	0,1	3,99	0,05	0,15	6,00	0,5	0,07
4,70	0,1	4,17	0,05	0,15	6,30	0,5	0,07
4,80	0,1	4,26	0,05	0,15	6,40	0,5	0,07
5,0	0,1	4,44	0,05	0,15	6,70	0,7	0,10
5,33* - 5,34	0,13	4,73	0,05	0,15	7,15	0,7	0,10
5,50	0,13	4,88	0,05	0,15	7,40	0,7	0,10
5,70	0,13	5,06	0,05	0,15	7,60	0,7	0,10
5,80	0,13	5,15	0,05	0,15	7,75	0,7	0,10
6,0	0,13	5,19	0,05	0,18	8,15	0,7	0,13
6,40	0,13	5,54	0,05	0,18	8,70	0,7	0,13
6,50	0,13	5,63	0,05	0,18	8,85	0,7	0,13
6,90	0,13	5,97	0,05	0,18	9,40	0,7	0,13
6,99*	0,15	6,05	0,05	0,18	9,50	0,7	0,13
7,0	0,15	6,06	0,05	0,18	9,55	0,7	0,13
7,50	0,15	6,49	0,05	0,18	10,20	1,0	0,13
8,0	0,18	6,92	0,05	0,18	10,90	1,0	0,13
8,40	0,18	7,27	0,05	0,18	11,45	1,0	0,13
9,0	0,2	7,92	0,05	0,18	12,10	1,0	0,13
10,0	0,2	8,80	0,05	0,18	13,40	1,0	0,13

** US/BS Norm AS 568A*

*** Für Nutbreiten mit Stützringe für O-Ringe nach AS 658A, siehe Tabelle 3.D-2. Setzten Sie sich bitte mit uns für Nutbreiten von metrischen O-Ringen mit Stützringen in Verbindung.*

12. O-Ring Nutgestaltung

12 F. Nutauslegung für statische und dynamische Anwendung und der Verwendung von Stützringen

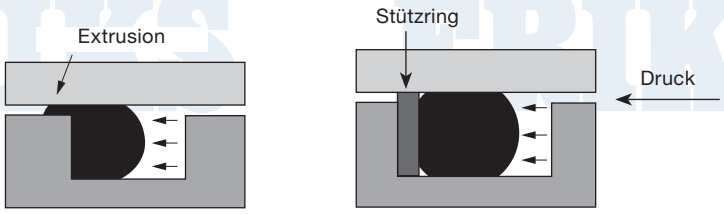


Fig. 1-38

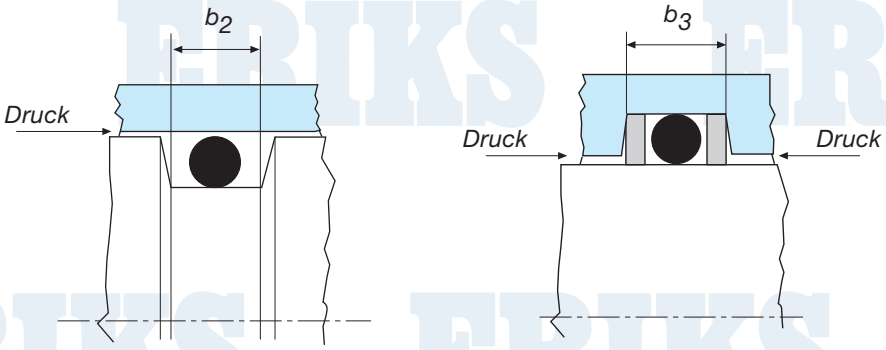
Die Verwendung von Stützringen
Extrusion tritt auf wenn Teile des O-Rings aufgrund des Systemdrucks durch den Spalt zwischen zwei aneinanderliegenden Metallteilen gedrückt werden.

Eine Extrusion kann auf verschiedene Arten verhindert werden:
- eine Reduzierung des Spalts hilft bei der Verhinderung.
- ein härterer O-Ring Werkstoff, zum Beispiel NBR 90° Shore A, FKM 90° oder 95° Shore A und PUR (Polyurethan), kann zur Vorbeugung eingesetzt werden. (FKM 95° Shore A ist darüber hinaus hervorragend geeignet gegenüber explosive Dekompression, siehe dazu Seite 80.)
- ein O-Ring kann mit einem Stützring aus einem härteren Werkstoff eingebaut werden, der den Spalt schließt und den O-Ring abstützt.

Verschiedene Formen von Stützringen:

spiralförmig *geschlitzt (mit Schrägschnitt)* *endlos*

Die Verwendung von Stützringen ist von der O-Ring Härte, des Systemdrucks und der Art der Anwendung, entweder statisch oder dynamisch, abhängig. Im Allgemeinen gelten die folgenden Richtlinien:



Statische Hochdruckanwendungen:
Bis 70 bar (7 MPa, 1.000psi) ohne Stützring, bis 400 bar (40 MPa, 6.000psi) mit Stützring, bis 2.000 bar (200 MPa, 30.000psi) mit einer Spezialkonstruktion.

Dynamische Anwendungen:
Wechselseitig bewegende Anwendungen bis 50 bar (5 MPa, 750psi) ohne Stützring; höhere Drücke mit Stützring.

Geschwindigkeit:
Wechselseitig bewegend bis 0,5 m/sek.

12. O-Ring Nutgestaltung

Lösungen mit Stützringen

In der Praxis tritt eine Extrusion von 70° Shore A harten O-Ringen in statischen Anwendungen bei einer Temperatur von 20°C (70°F), den richtigen Spaltmaßen und Drücken von bis zu 80 bar (8 MPa, 1.200psi) nicht auf.

Um das Risiko der Extrusion zu vermeiden, wird der Einsatz von 90° Shore A harte O-Ringe ab Drücken von 50 bar (5 MPa, 750psi) empfohlen, sofern die Nutabmessungen zu klein für den Einsatz von Stützringen sind, oder die Nut nicht für den Einsatz von Stützringen hergestellt werden kann. Im Allgemeinen ist es empfehlenswert, in dynamischen Anwendungen mit Drücken über 50 bar (5 MPa, 750psi) Stützringe einzusetzen.
Stützringe werden für gewöhnlich aus einem Werkstoff hergestellt, der härter ist, als der O-Ring Werkstoff. Stützringe können aus PTFE, PTFE-Verbundstoffe, 90° bis 95° harten Elastomeren und einigen Kunststoffen wie Polyamide oder PEEK für Hochtemperaturanwendungen, hergestellt werden.
Stützringe werden in die Nut in Druckrichtung hinter dem O-Ring eingebaut. Siehe dazu auch Fig. 1-22.

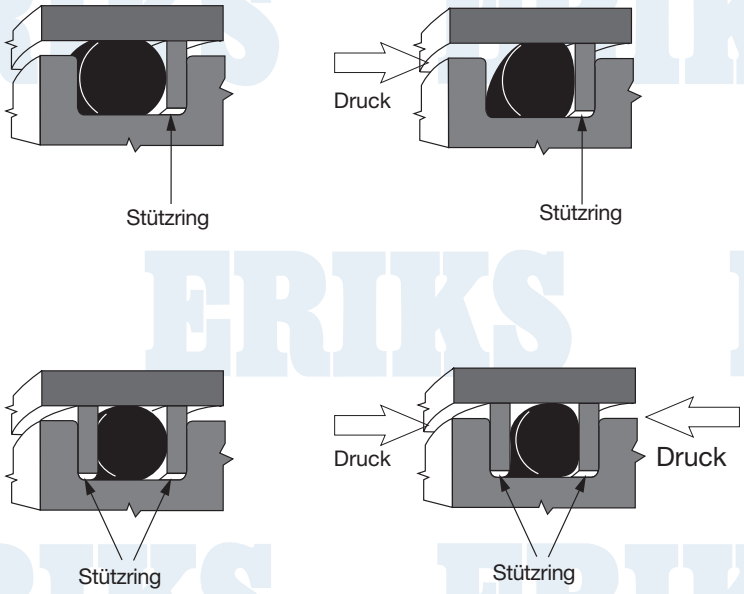


Fig. 1-22

In Anwendungen mit wechselseitiger Druckbeaufschlagung werden zwei Stützringe eingesetzt; einer an jeder Seite des O-Rings. Bei der Verwendung von Stützringen müssen die Nuten angepasst werden, um diese auch aufnehmen zu können. Die empfohlenen Nutbreiten aus den Tabellen zur Nutauslegung sollten daher um die Stärke des Stützringes, beziehungsweise der Stützringe, erhöht werden.

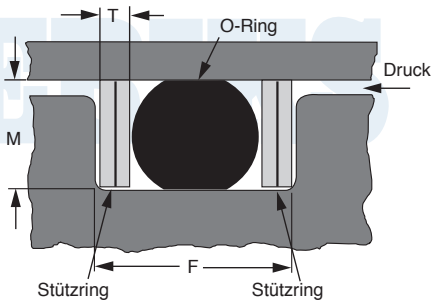


Fig. 1-35

12. O-Ring Nutgestaltung

Stützring-Ausführungen

Spiralförmige und geschlitzte (oder Schrägschnitt) PTFE Stützringe sind aufgrund der Einfachheit der Montage dieser Ausführungen eine gebräuchliche Wahl. Bitte beachten Sie dabei, dass die Höhe des Stützrings gleich die Nuttiefe plus des Dichtspalts ist. Siehe Fig. 1-23.
Ein endloser PTFE Stützring wird für Anwendungen mit höheren Systemdrücken empfohlen. Endlose PTFE Stützringe können allerdings nur in zweiteiligen Nuten eingebaut werden.
Konkave NBR Stützringe werden für Anwendungen mit höheren Systemdrücken empfohlen, bei denen der Stützring während des Einbaus aufgedehnt werden muss. Siehe Fig. 1-24.
Standard Abmessungen für AS 568 O-Ringe mit Stützringe sind in der Tabelle 3.D-2 aufgeführt.
PTFE Stützringe sind in kundenspezifischen Abmessungen verfügbar. Bitte setzten Sie sich mit uns für weitere Informationen in Verbindung.

Für US Standard O-Ringe nach AS 568 sind spiralförmige PTFE Stützringe in Standardabmessungen verfügbar. Aus der Tabelle 3.D-2 können Sie empfohlene O-Ring Nutabmessungen mit Standard Stützringen entnehmen. Siehe Fig. 1-35.

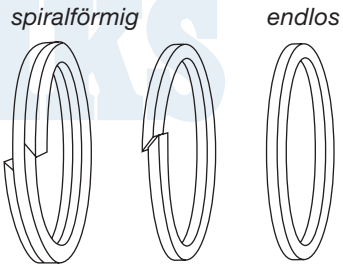


Fig. 1-23

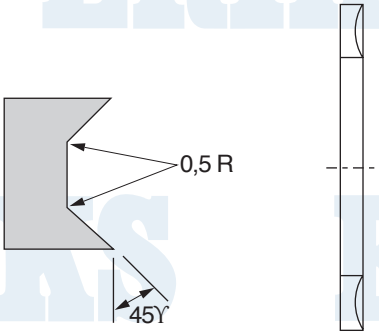


Fig. 1-24

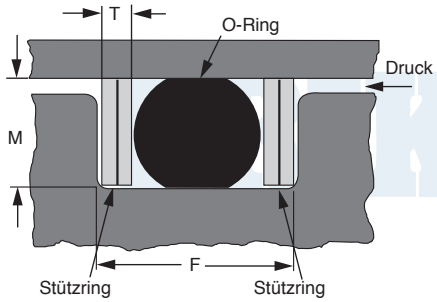


Fig. 1-35

Tabelle 3.D-2 – Nutabmessungen für O-Ringe mit spiralförmigen Standard Stützringen

O-Ring Schnurstärke W		*Stärke des Stützringes T*		*Nuttiefe (inkl. Dichtspalt) M*		*Nutbreite F*			
Millimeter	*Zoll*	*Zoll*	*Millimeter*	*Zoll*	*Millimeter*	*Zoll*	*Millimeter*	*Zoll*	*Millimeter*
		+0 / -.001	*+0 / -0,25*	*+0 / -.002*	*+0 / -0,25*	*+.004/-0*	*+0,10 / -0*	*+.004/-0*	*+0,10 / -0*
1,78	.070	1,5	.057	1,45	.150	3,80	.209	5,30	
2,62	.103	1,5	.090	2,25	.197	5,00	.256	6,50	
3,53	.139	1,5	.123	3,10	.244	6,20	.303	7,70	
5,33	.210	1,8	.188	4,70	.350	8,90	.421	10,70	
7,0	.275	2,6	.238	6,05	.476	12,10	.579	14,70	

Hinweis:
Wir führen auch Parbak® Stützringe in verschiedenen Compounds von 90° Shore A Härte (vorzugsweise in AS-Abmessungen) als Lagerware.

12. O-Ring Nutgestaltung

PTFE Stützring
Standardabmessungen
für AS 568 O-Ringe

Die Abmessung „E“ des Stützringes ist für dynamische Anwendungen abhängig von der Tiefe der Nut. Die Standard Nutbreite muss um das ein- oder zweifache der Stärke des Stützringes erhöht werden, je nachdem, wie viele Stützringe eingebaut werden müssen. (Siehe Fig. 1-39 und 1-40.)

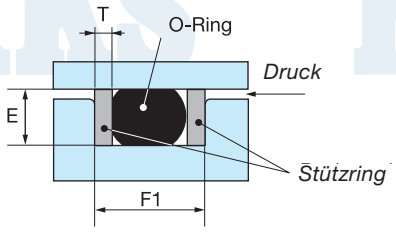


Fig. 1-39

Ein Stützring muss auf der Seite eingebaut werden, auf der die Gefahr der Extrusion des O-Ringes oder X-Ringes besteht.
Nur für den Fall von wechselnden Druckrichtungen sind Stützringe auf beiden Seiten der Dichtung notwendig. Standard Stützringe sind für O-Ringe nach Tabelle 3.D-2A erhältlich.

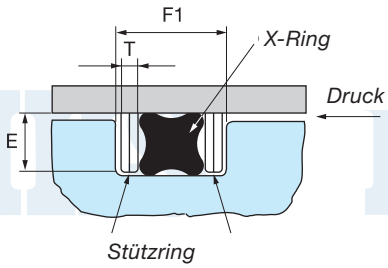


Fig. 1-40

Bitte fragen Sie einen unserer Stützring-Spezialisten für Informationen über Sondergrößen.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 G. Nutauslegung für Teflon® ummantelte O-Ringe, Teflex O-Ringe

Der Teflex O-Ring besteht aus einem elastomeren Voll- oder Hohlkern, der nahtlos von einer Teflon® FEP oder PFA Hülle ummantelt ist. Der elastomere Kern kann dabei FKM oder Silikon-Kautschuk sein.
Vollkern Teflex O-Ringe werden im Allgemeinen in statischen Anwendungen eingesetzt. Teflex O-Ringe mit Silikon-Hohlkern werden gemeinhin für Anwendungen, in denen eine geringere Dichtkraft benötigt wird, wie in halb-dynamischen Anwendungen, eingesetzt.
Der Teflex O-Ring bietet eine effektive Lösung für viele schwierige Anwendungen. Die Teflon® FEP oder PFA Ummantelung erbringt die eigentliche Dichtwirkung. Der elastomere Kern stellt dabei eine gleichbleibende Vorspannung der Dichtung sicher. Das Ergebnis ist eine homogene Dichtvorspannung, die durch den Systemdruck noch erhöht wird.
Ein ummantelter O-Ring verhält sich wie eine hochviskose Flüssigkeit: jede Druckeinwirkung auf den O-Ring wird in alle Richtungen uneingeschränkt übertragen.
FEP und PFA wird alternativ zu PTFE eingesetzt, da sich diese Werkstoffe für das Spritzguss-Verfahren (dem so genannten „Injection Moulding“) eignen.
Die maximale Betriebstemperatur von FEP beträgt 204°C (400°F) und die von PFA 260°C (500°F). Die chemischen und elektrischen Eigenschaften ähneln den von PTFE. PFA bietet darüber hinaus eine zusätzliche Abriebbeständigkeit. (Siehe Fig. 1-43.).

Warum sind Teflex O-Ringe notwendig?
Es gibt bestimmte Anwendungen, die einen Einsatz von konventionellen elastomeren O-Ringen verbieten. Der Einsatz von besonders aggressiven Chemikalien oder extremen Temperaturen (sowohl hoch als auch tief) bei verschiedenen Prozessen mach eine effektive Abdichtung sehr schwer. Viele Dichtungshersteller haben verschiedene „High Performance“ Werkstoffe für diese Anwendungen produziert. ERIKS hat dabei mit der Einführung der Teflex Ringe mitgewirkt.

Teflex O-Ringe sind in verschiedenen Standard Abmessungen verfügbar:
- AS 568, BS 1806
- JIS B2401
- schwedische Norm
- metrische Abmessungen

Darüber hinaus sind Teflex O-Ringe in anderen Abmessungen und alternativen Querschnitten, wie oval, viereckig oder rechteckig, erhältlich.
Bitte setzen Sie sich mit uns für weitere Informationen in Verbindung. Nähere Informationen erhalten Sie auch aus unserem speziellen Prospekt über Teflex Dichtungen.

Teflex O-Ringe bieten Ihnen:
- hervorragende chemische Beständigkeit durch die FEP/PFA Ummantelung.
- einen Temperaturbereich von -60°C bis 204°C (-75°F bis 400°F) mit Silikonkern und -15°C bis 204°C (5°F bis 400°F) mit FKM-Kern. Spezielle Anwendungen sind bis 260°C (500°F) möglich.
- eine Gesamthärte von 85° ± 5° Shore A.
- Sterilisierbarkeit.
- Drücke von Vakuum bis 700 bar (70 MPa, 10.000psi).
- niedrige Druckverformungsreste.
- Antihaft-Eigenschaften, eine nichtklebende Oberfläche, und geringen Reibungskoeffizienten.
- FDA-Konformität.
- schnelle Lieferfähigkeit.
- keine Begrenzungen im Innendurchmesser.

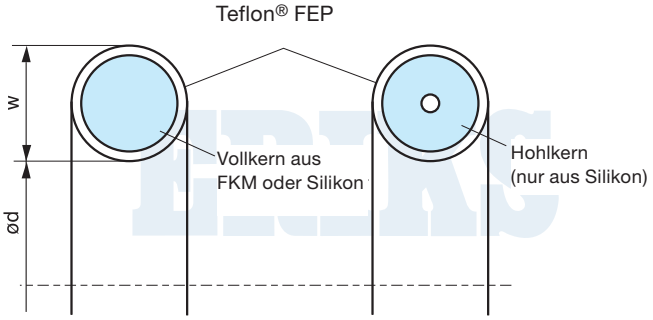


Fig. 1-43

12. O-Ring Nutgestaltung

12 G. Nutauslegung für Teflon® ummantelte O-Ringe, Teflex O-Ringe

Teflex O-Ringe sind in den folgenden Abmessungen erhältlich.

Auf Anfrage können auch Teflex O-Ringe mit speziellem Design oder speziellen Abmessungen geliefert werden.

Tabelle 3E-1 – Standardabmessungen Teflex O-Ringe

O-Ring Schnurstärke W		*Kleinstmöglicher Innendurchmesser*			
		mit Silikon-Kern		*mit Viton®-Kern*	
Zoll	*Millimeter*	*Zoll*	*Millimeter*	*Zoll*	*Millimeter*
.059 - .079	1,5 - 2	.301	7,65	.487	12,37
.094 - .103	2,4 - 2,62	.361	9,19	.487	12,37
.130 - .139	3,31 - 3,53	.482	12,25	.813	20,64
.150 - .157	3,80 - 4,0	.734	18,64	.859	21,82
.169 - .177	4,3 - 4,5	.787	20,00	.866	22,00
.197	5,0	.826	21,00	.912	23,16
.210	5,33	.850	21,59	.945	24,00
.217 - .236	5,5 - 6,0	1.102	28,00	1.299	33,00
.248 - .276	6,3 - 7,0	1.417	36,00	2.00	50,80
.295 - .315	7,5 - 8,0	2.00	50,80	3.00	76,20
.354 - .374	9,0 - 9,5	3.50	88,90	3.50	88,90
.394	10,0	4.00	101,60	4.00	101,60
.433 - .492	11,0 - 12,5	4.75	120,65	4.75	120,65
.551	14,0	6.00	152,40	6.00	152,40
.591 - .709	15,0 - 18,0	7.00	177,80	7.00	177,80
.748 - .787	19,0 - 20,0	8.00	203,20	8.00	203,20
1.0	25,4	9.00	228,60	9.00	228,60
1.25	31,75	10.00	250,00	10.00	250,00

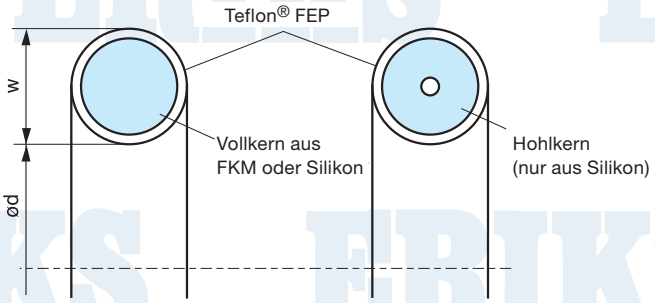


Fig. 1-43

12. O-Ring Nutgestaltung

12 G. Nutauslegung für Teflon® ummantelte O-Ringe, Teflex O-Ringe

Einbau von Telfex O-Ringen
Es ist besonders wichtig, dass der Teflex O-Ring nicht während seines Einbaus beschädigt wird. Eine Dehnung von Teflex O-Ringen wird nicht empfohlen. Brechen Sie alle Kanten vor der Montage und schmieren Sie die Nut vorher ein. Achten Sie darauf, dass der O-Ring bei der Montage nicht zu stark gebogen wird, da dies zu einer Stauchung des FEP/PFA-Mantels führen kann. Der Teflex O-Ring kann zum Beispiel in einem Wasserbad erwärmt werden, wodurch er flexibler und die Montage erleichtert wird.
Teflex O-Ringe neigen zur bleibenden Verformung nach einer Belastung. Kleinere Schnurstärken weisen einen höheren Druckverformungsrest auf, als größere Schnurstärken. Aus diesem Grund wird der Einsatz von größtmöglichen Schnurstärken empfohlen.
Wir empfehlen den Einsatz von Teflex O-Ringen in statischen Anwendungen. Für den Einsatz in dynamischen Anwendungen sollten Tests unter Praxisbedingungen durchgeführt werden, um eine tatsächliche Eignung sicherzustellen.
(Siehe Fig. 1-44.)

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)

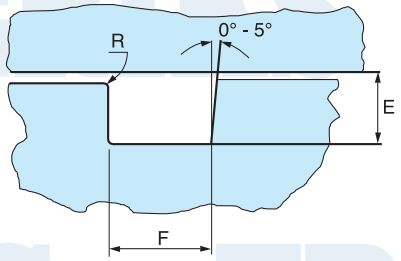


Fig. 1-44

Tabelle 3E-1N – Standardabmessungen Teflex O-Ringe

O-Ring Schnurstärke W		*Kleinstmöglicher Innendurchmesser*					
		mit Viton® Kern		*mit Silikonkern*		*mit Silikon-Hohlkern*	
Millimeter	*Zoll*	*Millimeter*	*Zoll*	*Millimeter*	*Zoll*	*Millimeter*	*Zoll*
1,60		10,00		5,00		--	
1,78	.070	10,00	.40	5,28	.20	8,00	.30
2,00		10,00		6,80		10,00	
2,50		12,00		7,40		12,00	
2,62	.103	12,00	.50	7,60	.30	16,00	.60
3,00		15,00		12,00		20,00	
3,40		15,00		2,50		23,00	
3,53	.139	15,00	.60	13,00	.50	24,00	1
4,00		16,00		14,00		28,00	
4,25		17,00		14,50		32,00	
4,50		18,00		15,00		35,00	
5,00		22,00		20,00		42,00	
5,33	.210	24,00	1.00	22,00	.90	48,00	2
5,50		27,00		23,00		50,00	
5,70		27,00		24,00		60,00	
6,00		30.00		27,00		75,00	
6,35		40,00		40,00		90,00	
6,99	.275	50,00	2.00	50,00	2	100,00	4
8,00		75,00		75,00		150,00	
8,40		80,00		80,00		160,00	
9,00		100,00		100,00		175,00	
9,52	.375	120,00	5.00	105,00	4	200,00	8
10,00		140,00		110,00		230,00	
11,10		150,00		115,00		250,00	
12,00		180,00		120,00		300,00	
12,70	.500	190,00	7.50	130,00	5	350,00	14
14,30		230,00		180,00		390,00	
15,00		350,00		250,00		400,00	
15,90	.625	400,00	16	280,00	11	450,00	18
19,05	.750	500,00	20	350,00	14	500,00	20
20,63	.812	550,00	22	400,00	16	550,00	22
25,40	1	600,00	24	425,00	17	600,00	24

12. O-Ring Nutgestaltung

12 H. Nutauslegung für PTFE O-Ringe

PTFE hat so gut wie gar keine Elastizität. Aus diesem Grund sollten PTFE O-Ringe nur in statischen Anwendungen mit axialer Verpressung eingesetzt werden.

PTFE O-Ringe benötigen um eine ausreichende Dichtwirkung zu erreichen eine viel höhere Verpressung als Elastomere. Die Steifheit des Materials macht den Einbau von PTFE O-Ringen relativ schwer. Eine Erwärmung auf ungefähr 100°C (215°F) macht PTFE O-Ringe flexibler und dadurch einfacher zu installieren.
Perfluorierte Elastomere haben ähnliche chemische und thermische Eigenschaften wie PTFE, bieten allerdings die Vorteile einer elastomeren Dichtung. In extremen oder kritischen Anwendungen sollte über den Einsatz eines perfluorierten Elastomers (Kalrez®) nachgedacht werden.
(Siehe Fig. 1-45, 1-46, 1-47.)

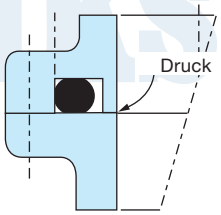


Fig. 1-45

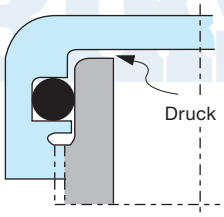


Fig. 1-46

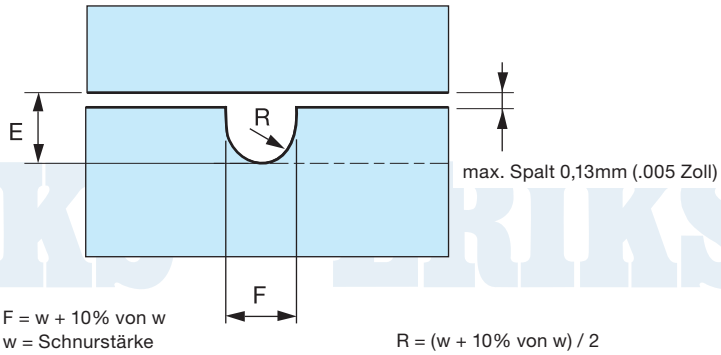


Fig. 1-47

E = 10% bis 20% der Schnurstärke (bei 1,78 bis 5,33mm, bzw. .070 bis .210 Zoll)

E = 10% bis 15% der Schnurstärke (bei 5,33 bis 7mm, bzw. .210 bis .275 Zoll)

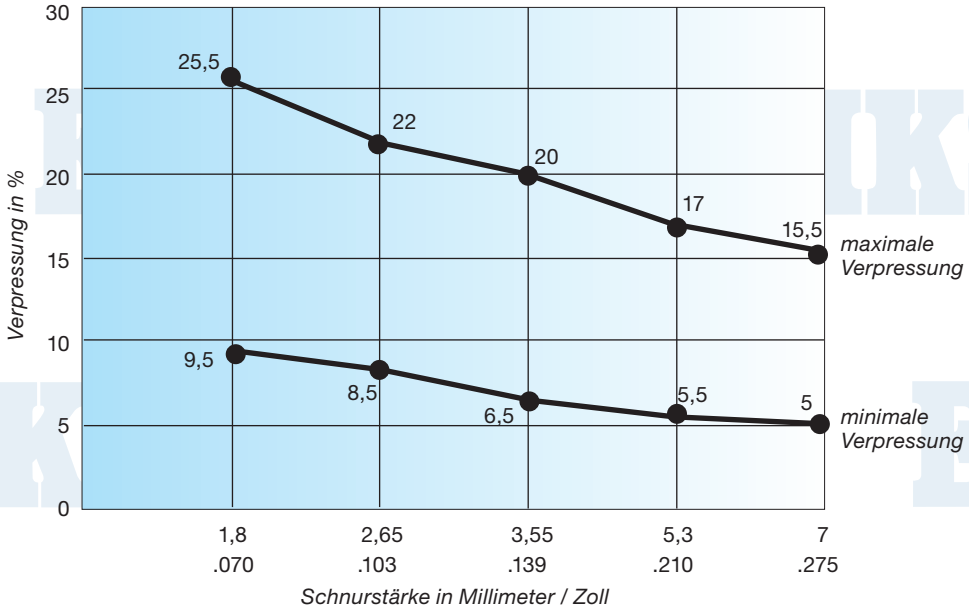
Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 mm Ra (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 mm Ra (16 Microinch)

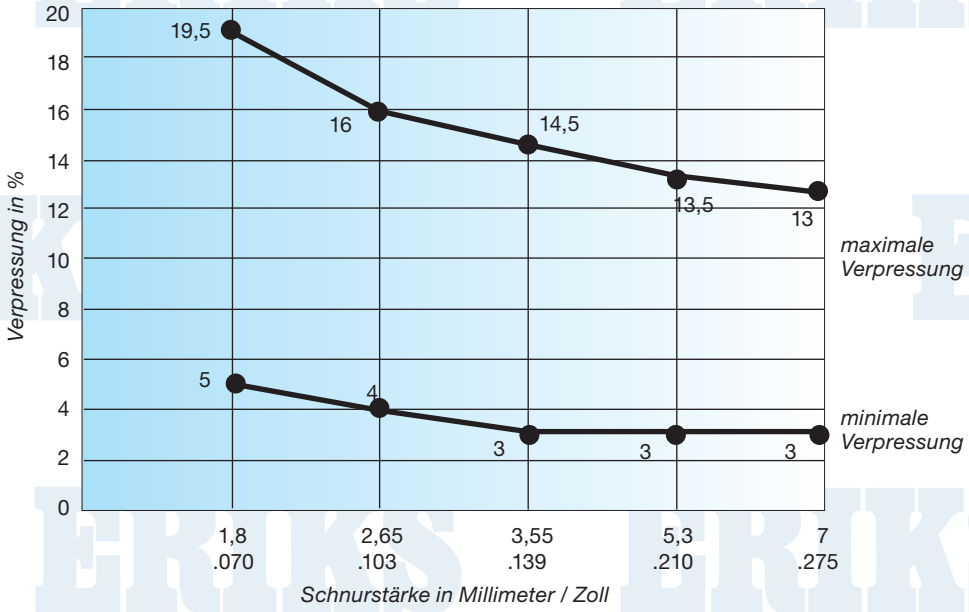
12. O-Ring Nutgestaltung

12 I. Empfohlene O-Ring Verpressung in verschiedenen Anwendungen

1. Pneumatik, außendichtend (Kolbendichtung)



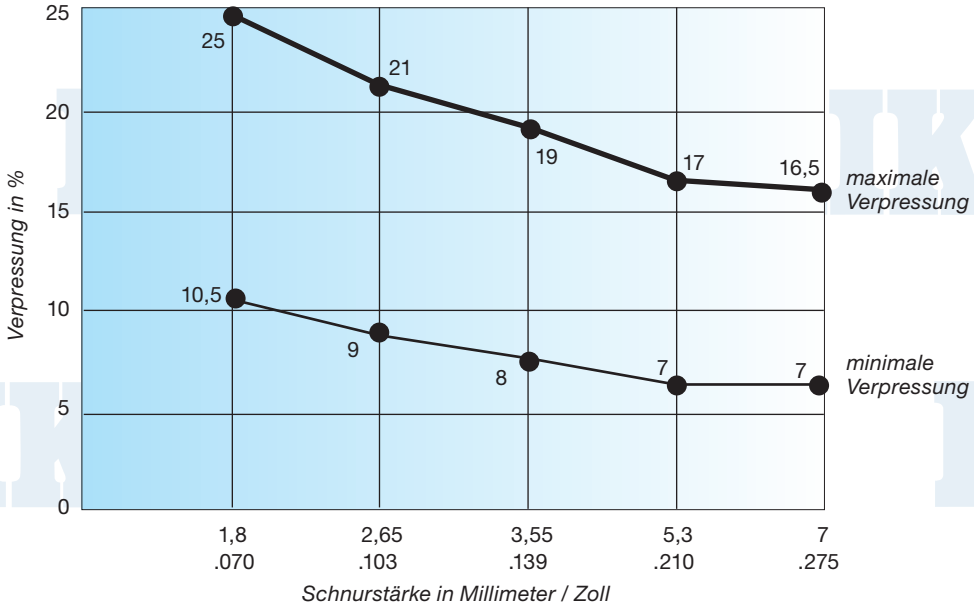
2. Pneumatik, innendichtend (Stangendichtung)



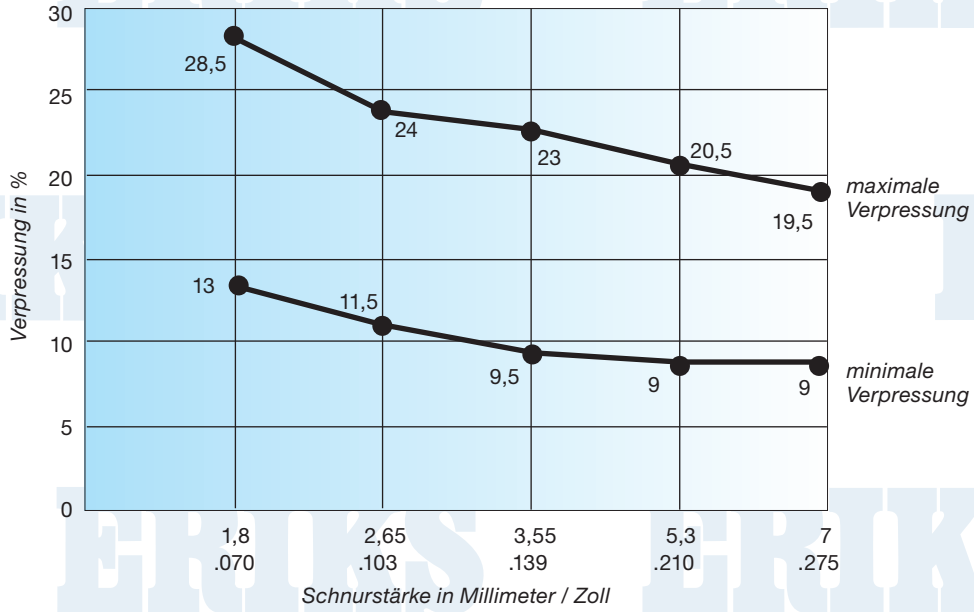
12. O-Ring Nutgestaltung

12 I. Empfohlene O-Ring Verpressung in verschiedenen Anwendungen

3. Hydraulik, innendichtend (Stangendichtung)



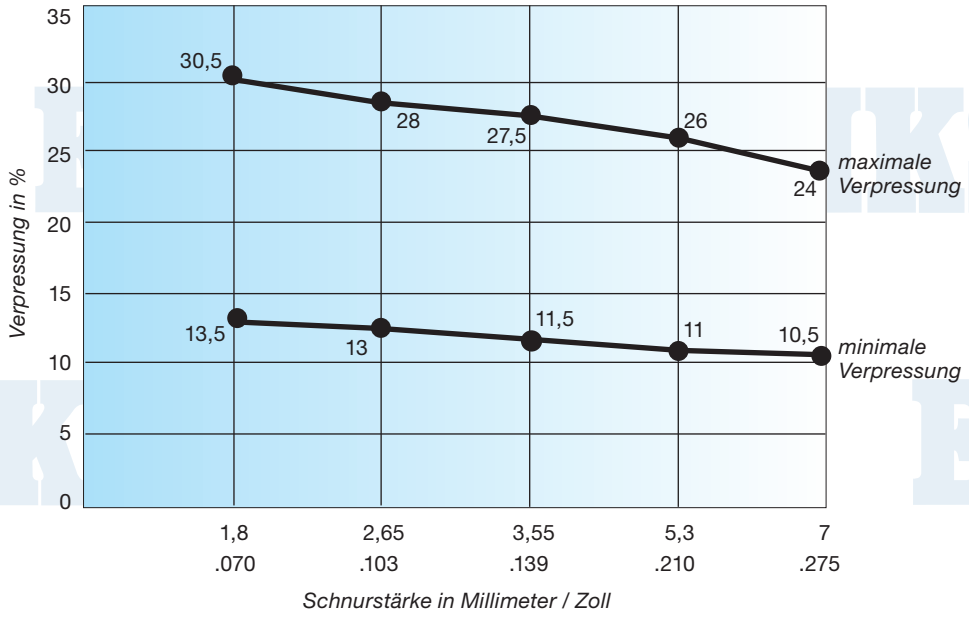
4. Hydraulik, außendichtend (Kolbendichtung)



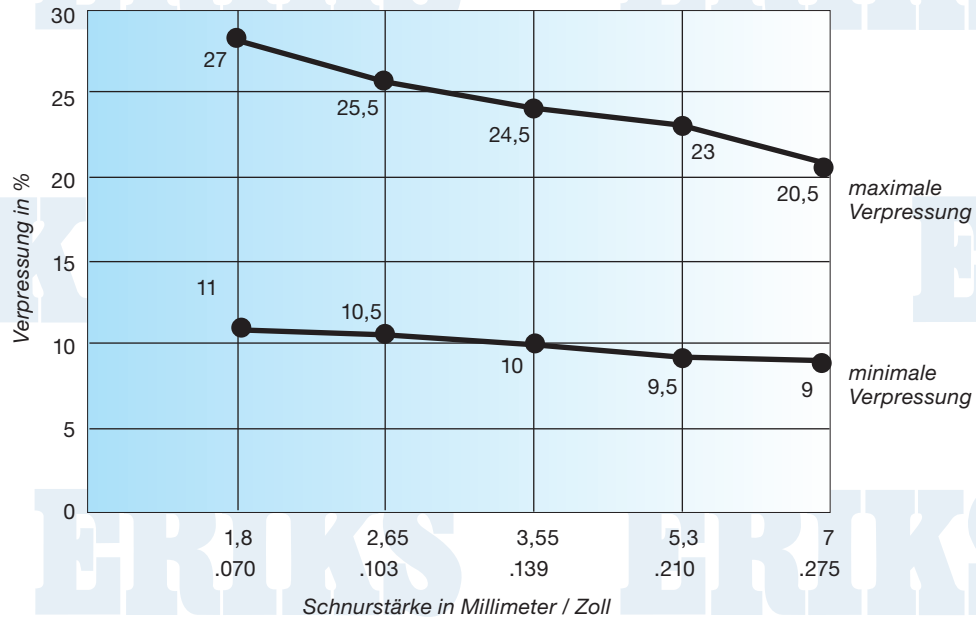
12. O-Ring Nutgestaltung

12 I. Empfohlene O-Ring Verpressung in verschiedenen Anwendungen

5. Statisch außendichtend (Kolbendichtung)



6. Statisch innendichtend (Stangendichtung)



12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Kalrez® Teile werden aus außergewöhnlich resistenten Materialien hergestellt, die in den meisten chemischen Umgebungen bis zu 326°C (625°F) eingesetzt werden können (abhängig vom spezifischen Compound).

Mit diesem Handbuch soll Konstrukteuren eine Hilfe geschaffen werden, die Auswahl eines O-Ringes und der Gestaltung der Nut für spezifische Anwendungen richtig durchzuführen. In harmlosen Medien, bei mäßigen Drücken und Temperaturen ist es weniger problematisch, eine Nut zu konstruieren oder einen O-Ring auszuwählen. In einem Fall allerdings, in dem die Betriebsumgebung aggressiver und die Anwendung spezieller ist, können Probleme bei der Auslegung entstehen. Diese Informationen sollen den Prozess der Nut-/Dichtungsauslegung erleichtern, insbesondere für Kalrez® Perfluorelastomerteile.

Allgemeine Überlegungen in der Dichtungsauswahl oder Nutauslegung

Ein in Frage kommender Dichtungswerkstoff kann ausgewählt werden, wenn die Temperatur und das chemische Medium bekannt sind. Um eine Nut zu konstruieren oder um die geeignetste O-Ring Abmessung für eine bestehende Nutgeometrie auszuwählen, müssen jedoch die Anwendungsumgebung detaillierter betrachtet werden.

- Was ist der Betriebstemperaturbereich?
- Ist die Temperatur zyklisch?
- Wie hoch ist der Druckunterschied und welche Druckrichtung besteht?
- Wenn es eine Vakuum-Anwendung ist: wo tritt das Vakuum auf?
- Ist der Druck oder das Vakuum zyklisch?
- Wie hoch ist die Verpressungs-/ Komprimierungsrate, falls der Druck hoch ist (über 80 bar)?
- Ist es eine radiale Dichtung (Nut im Gehäuse oder im Zapfen?)?
- Ist es eine axiale Dichtung (Flanschdichtung)?
- Ist es eine konventionelle Nutgeometrie oder ist sie speziell: zum Beispiel eine Dreiecksnut (Quetschnut) oder Trapez-Nut?
- Ist es eine Flachdichtungsanwendung?
- Welche Medien müssen abgedichtet werden?
- Wenn es ein Austausch für eine ausgefallene Dichtung ist: was war die alte Dichtung?
- Was war der Grund des Versagens?
- Ist die Anwendung statisch oder dynamisch?
- Wenn sie dynamisch ist: definieren Sie die Bewegung.
- Wie sind die Nutabmessungen und Toleranzen, wenn diese schon besteht?

12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Das Verhältnis von der O-Ring Schnurstärke zur Nuttiefe gibt die Anfangsverpressung des O-Rings an. Es gibt einige allgemeine Empfehlungen für die Anfangsverpressung im Einsatz von Kalrez® O-Ringen. Diese finden Sie in den nebenstehenden Tabellen.

Die Bedingungen in der ersten Tabelle spiegeln einen „normalen Anwendungsfall“ wieder, in dem die Betriebstemperaturen nicht besonders aggressiv sind und eine thermische Ausdehnung des Werkstoffes nicht im Übermaß zu erwarten ist.

Die Daten von Tabelle 2 sind für Hochtemperaturanwendungen gedacht. Die Temperaturen sind hier so hoch, dass die thermische Ausdehnung von Bedeutung wird.
Die volumetrische thermische Ausdehnung von Kalrez® ist 0% bei 21°C und bis zu 20,42% bei 316°C. Bitte beachten Sie daher, dass die tatsächliche Verpressung des O-Rings bei hohen Temperaturen aufgrund dieser Ausdehnung steigt.

Im Szenario der Tabelle 3 reduzieren sich die tatsächlichen O-Ring Abmessungen durch eine Änderung der Umgebung beim Wechsel vom Anfangszustand zum Betriebszustand. Die Reduzierung der O-Ring Größe ist das Resultat von Tieftemperaturschrumpfung (die als umgekehrte Ausdehnung gesehen werden kann) oder der direkte Einfluss von Vakuum. In beiden Fällen kann die Anfangsverpressung deutlich sinken. Es ist daher schon in der Phase der Nutauslegung notwendig, dies zu berücksichtigen und die Verpressung ausgleichend höher anzusetzen.

Tabelle 1 – Anfangsverpressung für Anwendungen bei 25° bis 200°C

O-Ring Schurstärke	*Anfangsverpressung bei 20°C (%)*	
in Millimeter	*statisch*	*dynamisch*
1,78	18	12
2,62	17,5	11,5
3,53	17	11
5,33	16,5	10,5
6,99	16	10

Tabelle 2 – Anfangsverpressung für Anwendungen > 200°C

O-Ring Schurstärke	*Anfangsverpressung bei 20°C (%)*	
in Millimeter	*statisch*	*dynamisch*
1,78	16	12
2,62	15,5	11,5
3,53	15	11
5,33	14,5	10,5
6,99	14	10

Tabelle 3 – Anfangsverpressung für Anwendungen bei Tieftemperatur und Vakuum

O-Ring Schurstärke	*Anfangsverpressung bei 20°C (%)*	
in Millimeter	*statisch*	*dynamisch*
1,78	27	20
2,62	25	18
3,53	23	16
5,33	21	14
6,99	19	12

Im Allgemeinen ist eine Anfangsverpressung von über 25% nicht empfehlenswert, da dies bei hohen Temperaturen zu einer Überverpressung führen kann. In dynamischen Anwendungen kann eine hohe Anfangsverpressung zu Problemen durch übermäßigem Abrieb führen.

Anwendungen mit Temperaturzyklen können andere Verpressungen benötigen.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Ausgleichen der thermischen Ausdehnung
Wie vorhin genannt, ist ein Effekt der thermischen Ausdehnung der, dass dieser zu einer Erhöhung der Anfangsverpressung führt. Ein anderes Problem, welches auftreten kann, ist die Überfüllung der O-Ring Nut als Ergebnis der Volumenänderung der Dichtung. Generell sollte die O-Ring Nut nach der folgenden Formel ausgelegt werden:

$$Volumen_{NUT} = Volumen_{O\text{-}RING} \times (1 + C_{EXP} + T_{EXP}) \times 1{,}2$$

wobei:

C_{EXP} die volumetrische Ausdehnung durch chemische Quellung und

T_{EXP} die volumetrische thermische Ausdehnung darstellt.

- Bitte setzen Sie sich mit uns für weitere Informationen in Verbindung.

Tabelle 4 – Lineare und volumetrische Ausdehnung von Kalrez®

Temperatur	*Ausdehnung (%)*	
in °C	*linear*	*volumetrisch*
21	0	0
38	0,41	1,24
93	1,68	5,04
149	2,96	8,90
204	4,23	12,79
260	5,50	16,56
316	6,81	20,42

Zur Sicherheit sollte die Nut ein um mindestens 20% größeres Volumen haben, als der voll ausgedehnte O-Ring. Die Raten der thermischen Ausdehnung von Kalrez® finden Sie in Tabelle 4.

Wenn die thermische Ausdehnung nicht angemessen berücksichtigt wird, füllt der O-Ring die Nut und versucht aus dieser auszubrechen. Dies führt zu einer Extrusion und katastrophalem mechanischen Schaden.

Zusätzliche Quellung kann durch Kontakt des O-Rings mit chemischen Medien entstehen. Die chemische Quellung von Kalrez® für viele allgemeine Chemikalienklassen können Sie Seite 58 ff. entnehmen. Für Daten über spezifische Chemikalien oder chemischen Gemischen ist es für gewöhnlich notwendig, Quellprüfungen durchzuführen. Viele dieser Daten von DuPont Performance Elastomers können Sie auch über uns erhalten.

Toleranzeinflüsse auf die Nutauslegung
Für gewöhnlich ist bei der Nutauslegung eine Standard (AS oder BS) O-Ring Nut ausreichend. In Fällen, in denen Quellung und Ausdehnung hoch sein können, muss jedoch eine spezielle Nut ausgelegt werden. O-Ringe mit kleinem Innendurchmesser und relativ großer Schnurstärke führen oft zu Probleme.
In diesen Fällen ist der Bereich, der mit dem O-Ring Innendurchmesser verbunden ist, klein und es bedarf keiner großen Ausdehnung, um zu Problemen mit Dehnung oder Nutüberfüllung zu führen. Eine Auslegung und Tolerierung der Nut für solche O-Ring Arten sollte daher mit größter Sorgfalt durchgeführt werden. Bei diesen Problemen bei der Nutauslegung sollte überprüft werden, ob das maximal vorhandene freie Nutvolumen unter Berücksichtigung aller möglichen extremen Toleranzen des O-Rings und der Nut bei der Nutauslegung berechnet wurde.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Extrusion von O-Ringen im Betrieb
Extrusion ist eine sehr häufige Fehlerursache, die oft aus der mangelhaften Berücksichtigung der Ausdehnung und Quellung des O-Ringes resultiert. Diese Probleme wurden im vorherigen Abschnitt „Ausgleichen der thermischen Ausdehnung“ behandelt. Es kann jedoch auch sein, dass der maximale Dichtspalt (wie er durch Toleranzen der zugehörenden Teile entstehen kann) im Dichtsystem nicht auszureichend einbezogen wurde.
Der maximal tolerierbare Dichtspalt ist eine Funktion aus der Werkstoffhärte und dem abzudichtenden Systemdruck. Die Tabelle 5 gibt empfohlene maximale Dichtspalte als eine Funktion von Härte und Druck wieder, wenn Stützringe nicht eingesetzt werden.

Tabelle 5 – Maximaler Dichtspalt gegen Druck/Härte (Millimeter)

Maximaler Druck	*Härte in ° Shore A*			
in bar	*60*	*70*	*80*	*90*
7	0,7	0,79	0,84	0,86
15	0,56	0,66	0,73	0,79
20	0,43	0,56	0,66	0,73
30	0,36	0,48	0,58	0,68
35	0,28	0,40	0,51	0,64
40	0,20	0,36	0,48	0,61
50	0,15	0,31	0,43	0,56
55	0,13	0,25	0,38	0,53
60	0,10	0,23	0,36	0,51
70	0,08	0,20	0,33	0,48
140		0,05	0,15	0,28
200			0,08	0,15
275			0,02	0,10
345			0,01	0,05
410				0,04
480				0,025
550				0,02
620				0,01
700				0,00

Wie Sie diesen Werten entnehmen können, benötigen weichere Compounds kleinere Toleranzen als härtere. Bitte berücksichtigen Sie dabei, dass diese Daten für relativ geringe Temperaturen bis ca. 100°C gelten. Für höhere Temperaturen muss der Einfluss der Temperatur auf die Härte des Compounds berücksichtigt werden. Man kann dabei als Faustregel annehmen, dass die Härte bei einem Temperaturanstieg um 100°C um ca. 10° (Shore A) sinkt. Bitte berücksichtigen Sie dabei auch, dass diese Dichtspalte auf dem gesamten diametrischen Spiel basieren.

Manchmal kann es technisch nicht möglich sein, solch enge Toleranzen herzustellen, wie sie von Elastomeren in einigen Fällen gefordert werden. Elastomere benehmen sich im wesentlichen wie hochviskose unkomprimierbare Flüssigkeiten, die bei Druck und Temperatur zum fließen neigen.

Die Verwendung von Stützringen wird empfohlen, wenn der Druck/die Temperatur der Betriebsumgebung ein Fließen der Dichtung hervorruft. Wenn bei einem bestimmten Druck der maximale Dichtspalt größer ist, als der in Tabelle 5 angegebene Wert, sollte ein Stützring verwendet werden.

Stützringe können aus Teflon® Fluorpolymer (PTFE), gefüllt mit 25% Glas oder anderen Materialien, die gegenüber den abzudichtenden Medien beständig sind, hergestellt werden. Wenn Stützringe verwendet werden, sollte das Nutvolumen entsprechend geändert werden, um so einer Überfüllung bei hohen Temperaturen entgegenzuwirken.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Druckverformungsrest
Der Druckverformungsrest ist im wesentlichen eine Messung der Fähigkeit einer Dichtung, Dichtkraft zu erhalten, und somit auch die Funktionsfähigkeit. Die Höhe des Druckverformungsrests beruht auf die Betriebsumgebung und – besonders wichtig – auf die Dauer der Einwirkung. In technischen Material-Datenblätter wird der Druckverformungsrest für gewöhnlich nach einer Zeitspanne von 70 Stunden angegeben, was kaum repräsentativ für eine Beurteilung des Langzeitverhaltens ist. In Wirklichkeit tendiert Kalrez® nach einer anfänglichen Steigung des Druckverformungsrests dazu, seine elastomeren Eigenschaften viel länger als konventionelle Elastomere beizubehalten.

Der Druckverformungsrest führt zu den meisten Problemen in Anwendungen, in denen extreme Temperaturzyklen vorkommen. Falls Kalrez® O-Ringe kontinuierlich hohen Temperaturen ausgesetzt werden, können sogar sie unter Verformung leiden und einen Querschnitt annehmen, der nicht mehr rund ist. Dies muss die Dichtungsintegrität nicht beeinflussen, sofern es bei der Dichtungsauslegung berücksichtigt wurde. Kalrez® hat eine relativ langsame elastische Erholungsrate. Während thermischen Zyklen, bei denen sich das Volumen aufgrund des Temperaturabfalls durch Kühlphasen verringern kann, könnte daher die Form, welche die Dichtung unter Temperatureinwirkung angenommen hat, beibehalten werden. Zu diesem Zeitpunkt ist der potentielle Verlust der Dichtkraft am größten und das System kann zur Leckage neigen. Solch eine Gegebenheit ist für gewöhnlich jedoch nicht dauerhaft. Die elastische Erholungsrate von Kalrez® erhöht sich zusehends mit einer Erhöhung der Temperatur. Wenn die Dichtungstemperatur angehoben wird, bildet sich der normale runde Querschnitt der O-Ring Dichtung zurück; zusammen mit den Dichtungseigenschaften.
Es ist dann offensichtlich, dass der Ablauf der Beanspruchung des Systems die Integrität der Dichtung stark beeinflussen kann. Dies wird durch das folgende Beispiel eines Beanspruchungsablaufs und die Einflüsse auf die Dichtungsintegrität veranschaulicht:

Anfahrt
▼
Druckanstieg
Temperaturerhöhung
Statische Bedingungen (Minuten)
▼
Druckreduzierung
niedrigere Temperatur
Statische Bedingungen (Minuten)
▼
DRUCKANSTIEG
(MÖGLICHE LECKAGE)
Temperaturerhöhung
Statische Bedingungen (Minuten)
... etc.

Anfahrt
▼
Temperaturerhöhung
Druckanstieg
Statische Bedingungen (Minuten)
▼
Druckreduzierung
niedrigere Temperatur
Statische Bedingungen (Minuten)
▼
Temperaturerhöhung
Druckanstieg
(Integrität beibehalten)
Statische Bedingungen (Minuten)
... etc.

Eine Dichtungsleckage kann einfach durch die Umkehrung des Beanspruchungsablaufs vermieden werden.

Der Druckverformungsrest wird oft durch chemischen Angriff beschleunigt, wobei die gesamte Umgebung berücksichtigt werden muss. Seit die in der Industrie verwendeten Chemikalien und chemischen Gemische so zahlreich wurden, ist es nicht möglich, entweder alles Testkombinationen durchzuprüfen oder hier alle verfügbaren Daten zu präsentieren.

Montage von O-Ringen
Ein wichtiger Aspekt beim Abdichten ist die Montage der Dichtung. Es gibt viele Wege, eine Beschädigung der Dichtungsoberfläche während des Einbaus zu verhindern. Der Gebrauch von Schmiermitteln kann Oberflächenbeschädigungen minimieren; durch die Reduzierung des Reibungskoeffizienten zwischen der Dichtung und der Nut kann die Dichtung einfacher in die richtige Position gleiten.
Da Kalrez® gegenüber fast allen chemischen Medien beständig ist, kann nahezu jedes Schmiermittel verwendet werden. Tatsächlich ist es natürlich einfacher, die Dichtung mit dem Medium einzuschmieren, gegen welches diese nachher abdichten soll. Fluorierte Öle wie Krytox® oder gepulvertes Grafit können ebenfalls zur Erleichterung der Montage eingesetzt werden. Das Dichtsystem wird üblicherweise so gestaltet, dass die Dichtung beim Einbau keine scharfen Kanten überqueren muss. Wenn dies in der Praxis nicht durchführbar ist, sollte ein Montagewerkzeug – oft in Form eines Konus' – hergestellt und verwendet werden, mit dessen Hilfe die Dichtung über viel scharfe Kanten bewegt werden kann.

Die Reißdehnung von Kalrez® liegt zwischen 120 und 170 Prozent, je nachdem, welcher Compound eingesetzt wird. Bitte beachten Sie bei der Montage, dass es möglich ist, einen O-Ring durch Überdehnung zu zerreißen. Da ein Teil der Molekularstruktur von Kalrez® der von Plastik ähnelt, ist es auch möglich, eine plastische Deformierung aufgrund von Überdehnung zu verursachen. Wenn Sie Kalrez® zu sehr dehnen – insbesondere wenn es kalt ist – wird es zuerst wie Plastik fließen und anschließend brechen. O-Ringe mit geringer Schnurstärke sollten bei der Montage nicht über 20% aufgedehnt werden, um so diese Probleme zu verhindern. Zur Montageerleichterung können Kalrez® O-Ringe wie auch Teflex O-Ringe weicher gemacht werden, indem sie vor der Montage in einem Wasserbad erhitzt werden.

Bitte beachten Sie folgendes: wenn der O-Ring in Position gerollt wird, sollten Sie sicherstellen, dass der O-Ring nicht in einer permanent verdrehten Lage gelassen wird. Diese Lage kann zu einer Überlastung und einem mechanischen Versagen bei hohen Temperaturen führen.

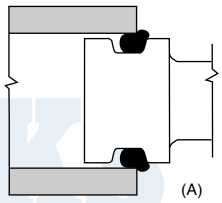
13. O-Ring Montagebedingungen

Einbautipps

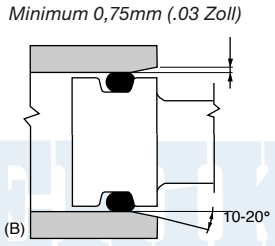
Die folgenden Anweisungen sollten bei dem Einbau von O-Ringen beachtet werden: Die Montage muss mit Sorgfalt geschehen, so dass der O-Ring richtig in der Nut platziert und er nicht beschädigt wird, wenn die Nut geschlossen wird.

- Prüfen Sie zuerst immer den elastomeren Werkstoff des O-Rings. Prüfen Sie vor der Montage kurz die Schnurstärke und den Innendurchmesser.
- Sauberkeit ist für eine richtige Dichtleistung und lange O-Ring Lebensdauer wichtig. Fremdpartikel in der Nut können zu Leckage führen und den O-Ring beschädigen.
- Kleben Sie niemals den O-Ring in die Nut; es besteht das Risiko des chemischen Angriffs und Verhärtung. Eine Alternative dazu ist die Verwendung von Montagefett. Prüfen Sie zuerst jedoch die chemische Verträglichkeit.
- Für Probleme mit freiem Einbau von O-Ringen ist es wichtig, dass Metallteile gerundet und frei von scharfen Bereichen sind. Treiben Sie O-Ringe niemals über scharfe Gewinde, Nuten, Einschübe oder andere scharfen Kanten.
- Verwenden Sie keine scharfen Werkzeuge. Benutzen Sie stattdessen eine O-Ring Montagehilfe, um Schäden zu vermeiden.
- Dehnen Sie den O-Ring Innendurchmesser im eingebauten Zustand nie um mehr als 5-6% auf, da übermäßige Dehnung die Schnurstärke reduziert und abflacht, was zu einer Verringerung der Verpressung führt.
- Der O-Ring Innendurchmesser sollte bei der Montage nicht über 50% aufgedehnt werden. Bei besonders kleinen Durchmessern kann es manchmal notwendig sein, diese Grenze zu überschreiten. Wenn dem so ist, sollten Sie dem O-Ring bevor die Nut geschlossen wird ausreichend Zeit lassen, in seine ursprüngliche Form zurückzukehren.
- Verhindern Sie, dass der O-Ring verdreht wird. Ein Verdrehen bei der Montage kann auftreten, wenn das Verhältnis zwischen O-Ring Innendurchmesser und Schnurstärke besonders groß ist.
- Prüfen Sie die Rauheit der Gegenfläche.
- Benutzen Sie für den Ausbau ein spezielles O-Ring Werkzeug, um so zu verhindern, dass die Metalloberfläche oder der O-Ring beschädigt wird.

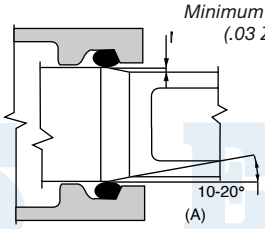
Für Zylinder:



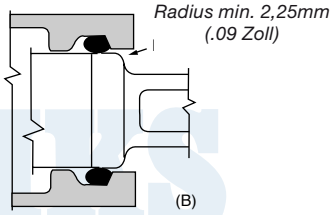
Der O-Ring wird durch scharfe Kanten beschädigt.



Einfacher Einbau

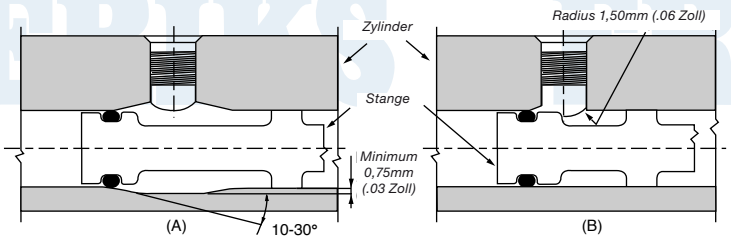


Empfohlene Konstruktion



Auch diese Konstruktion kann verwendet werden (nur bei geringem Druck)

Für Kolbendichtungen:



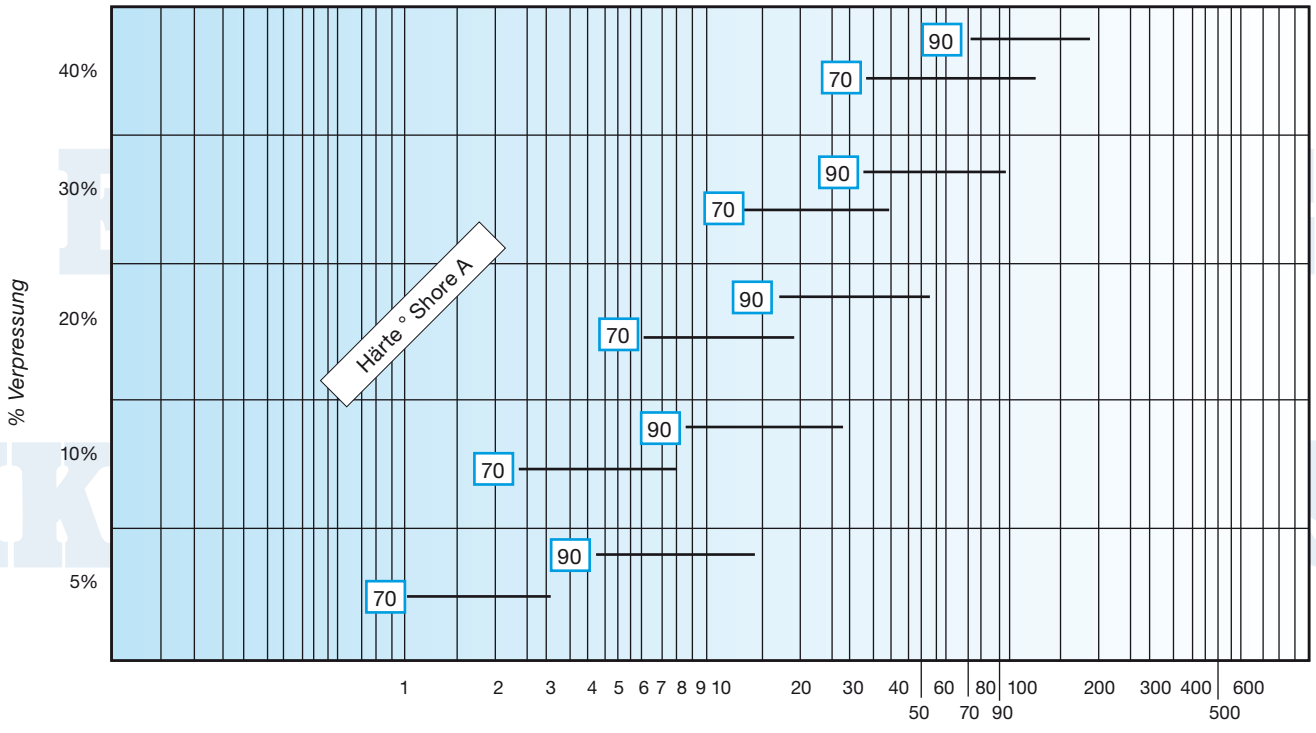
Abgeschrägte Teile können Einbauprobleme lösen

13. O-Ring Montagebedingungen

Schmierung
Bei dynamischen und statischen Anwendungen sind geschmierte Teile für die Erleichterung der Montage wichtig. Silikonfett wird für NBR, CR, FKM, EPDM und VMQ empfohlen.

Verpressungskräfte
Die Kraft, die zur Verformung eines O-Ringes notwendig ist, ist abhängig von dem speziellen Compound, der Härte, der zu erreichenden Verpressung, der O-Ring Schnurstärke sowie der Temperatur der Anwendung. Die voraussichtlich notwendige Kraft einer gegebenen Installation ist nicht fest, sondern bewegt sich innerhalb einem Bereich möglicher Werte.

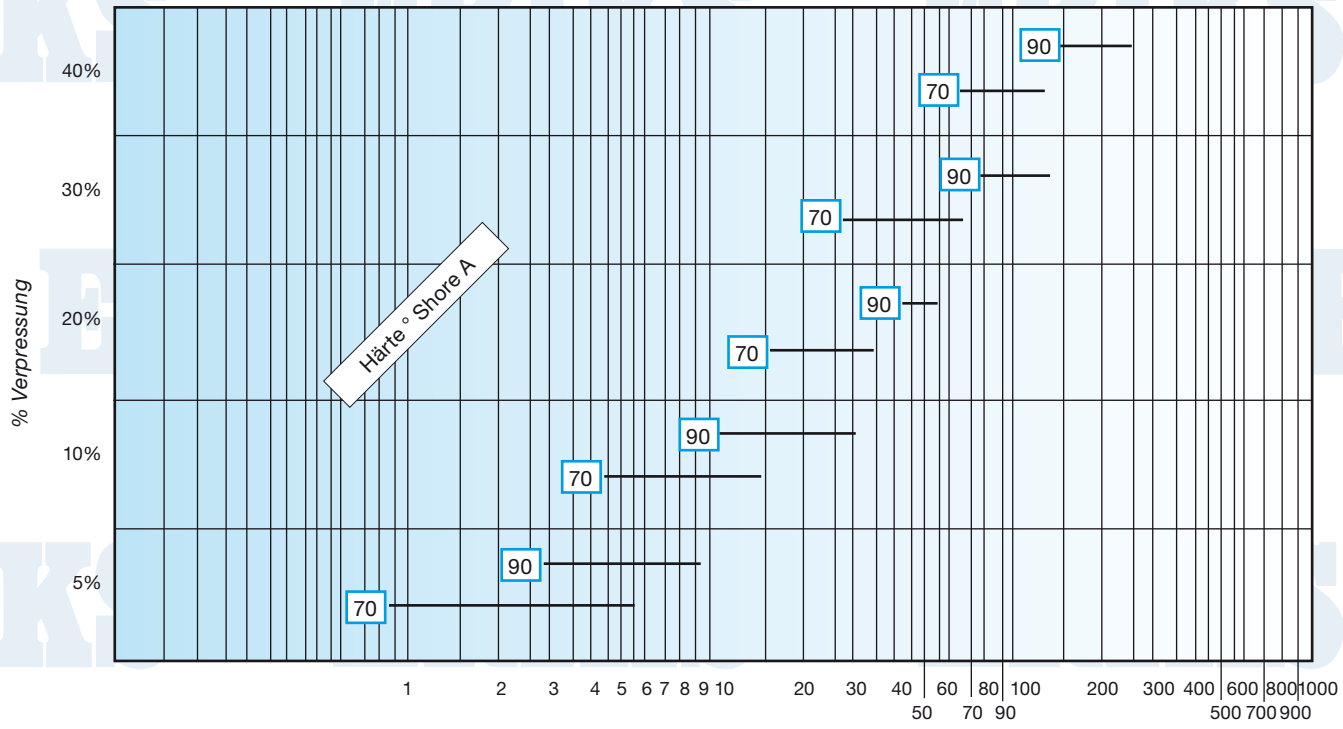
Die folgenden Grafiken geben die ungefähr notwendige Kraft bei 20°C (70°F) für verschiedene prozentuale Verpressungen von 70° und 90° harten O-Ringen wieder.



Schnurstärke 1,78mm (.070 Zoll)

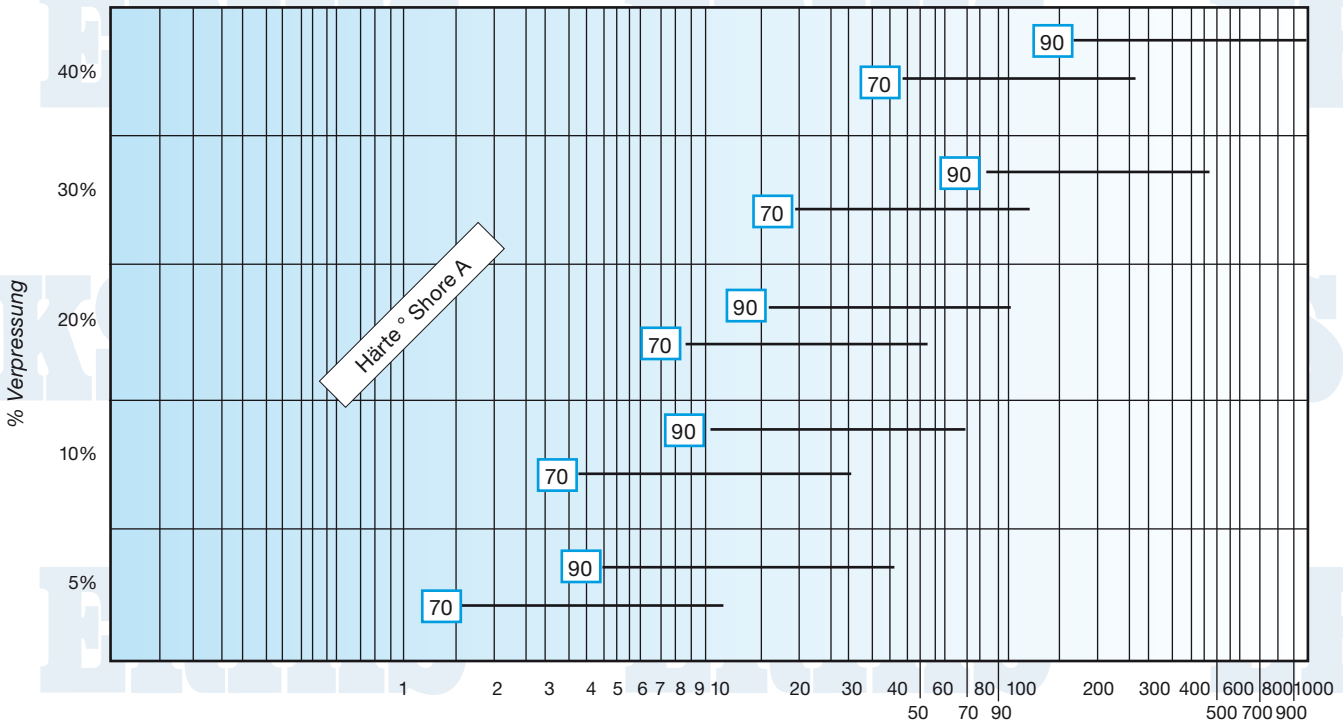
Druckbelastung in Newton/cm

13. O-Ring Montagebedingungen



Schnurstärke 2,62mm (.103 Zoll)

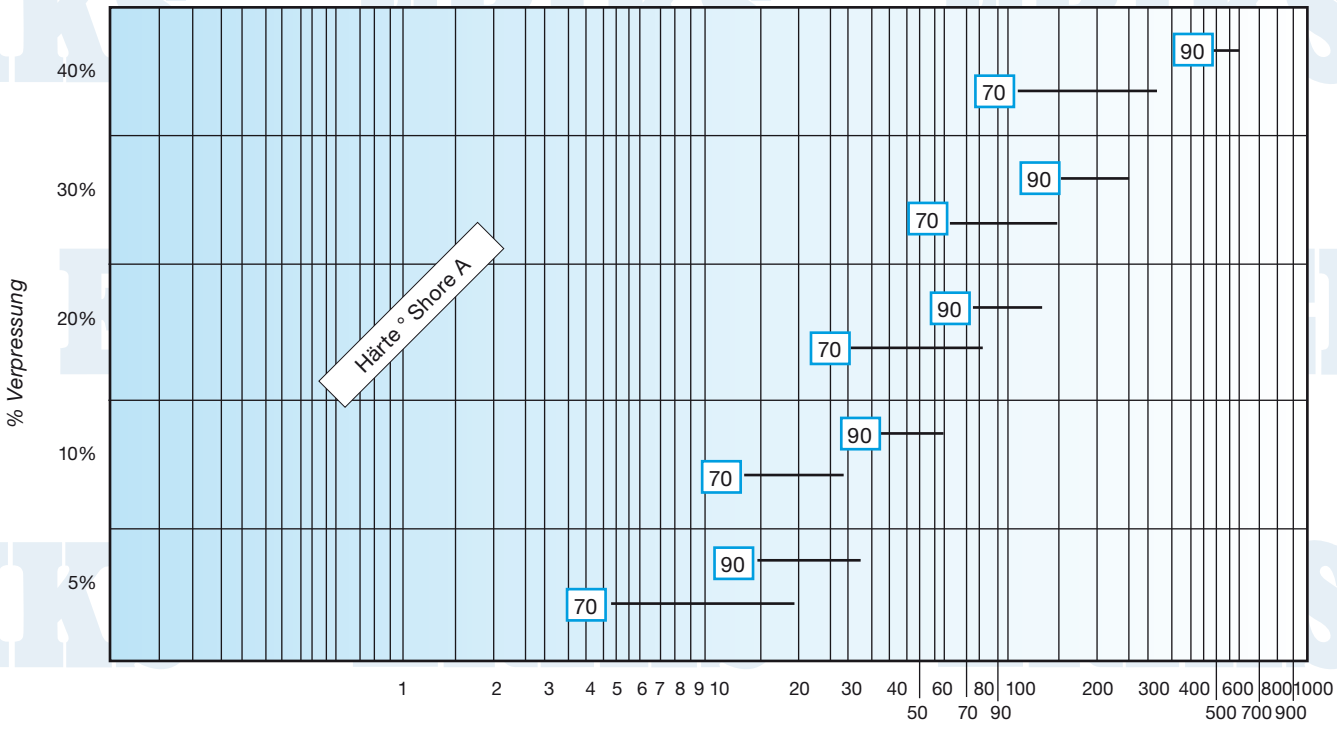
Druckbelastung in Newton/cm



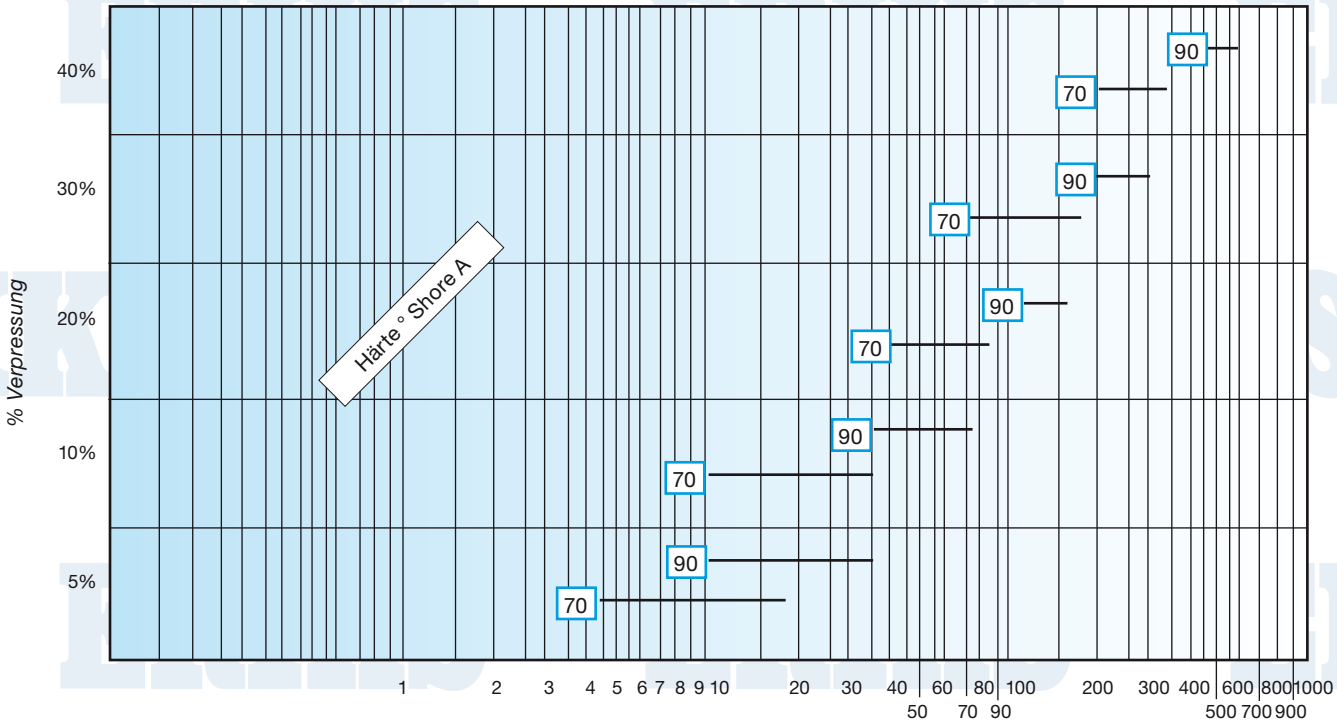
Schnurstärke 3,53mm (.139 Zoll)

Druckbelastung in Newton/cm

13. O-Ring Montagebedingungen



Schnurstärke 5,33mm (.210 Zoll)

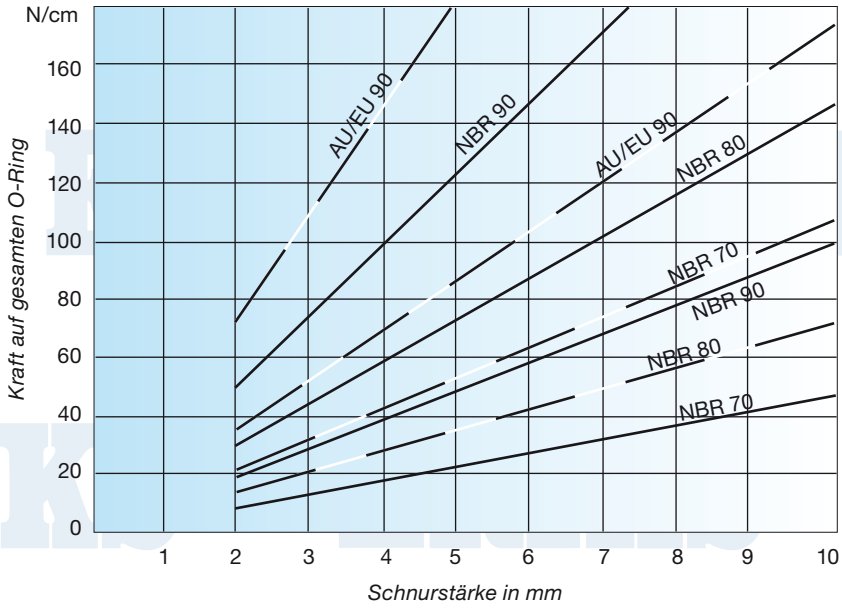


Schnurstärke 7mm (.275 Zoll)

13. O-Ring Montagebedingungen

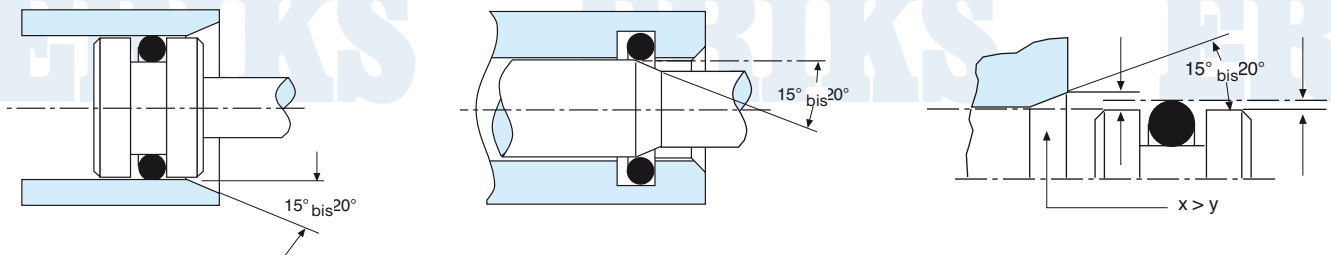
Montagebedingungen

Verformungskräfte für O-Ringe

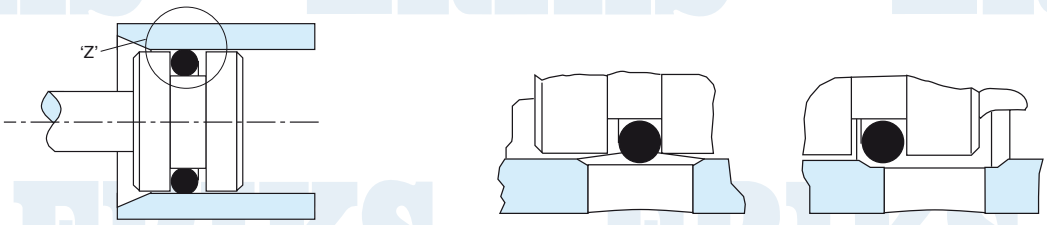


Dieser Graph bildet die zur Verformung verschiedener Compounds und Härtegrade notwendige Kraft ab.

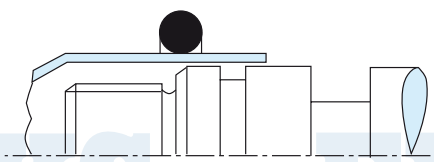
Wie man Beschädigungen bei der O-Ring Montage vermeidet



Wie man scharfe Kanten vermeidet



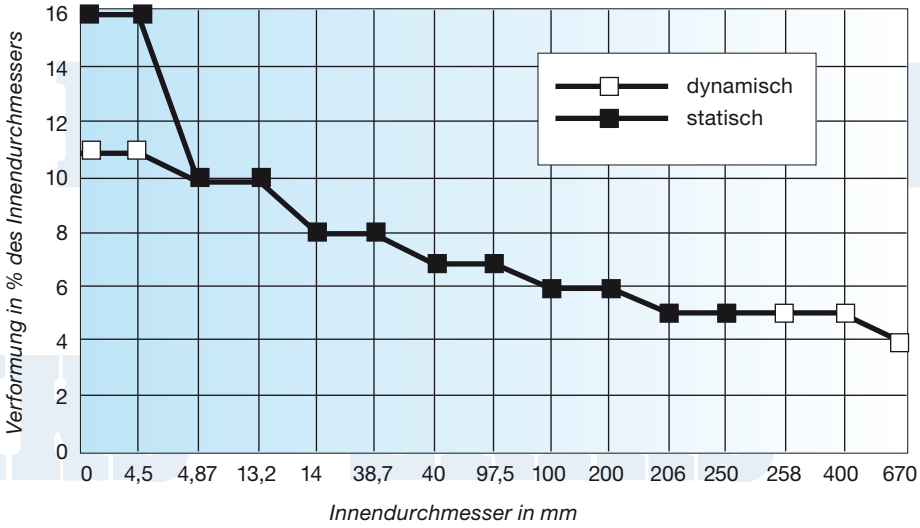
Montageerleichterung durch den Gebrauch einer Hülse



13. O-Ring Montagebedingungen

Maximale Dehnung bei der Montage

In der DIN 3771 Teil 5 wird die maximale Dehnung nach der Montage beschrieben.



Oberflächenrauheit

Die Oberflächenrauheit ist bei der Bestimmung der Lebensdauer eines O-Ringes ein wichtiger Faktor. Unsere Erfahrung empfiehlt die folgenden Rauheiten:

Gase:

Kontaktfläche:	R_{max}	< 6,3 µm
	R_a	< 1,6 µm
Weitere Flächen:	R_{max}	< 12,5 µm
	R_a	< 3,2 µm

Flüssigkeiten:

Kontaktfläche:	R_{max}	< 16 µm
Weitere Flächen:	R_{max}	< 25 µm

Vakuum:

Kontaktfläche:	R_{max}	< 3,2 µm
	R_a	< 0,8 µm
Weitere Flächen:	R_{max}	< 6,3 µm
	R_a	< 1,6 µm

13. O-Ring Montagebedingungen

Dehnung oder Verpressung des O-Ring Innendurchmessers

Ein O-Ring, der zu klein ist, kann für den Einbau leicht aufgedehnt werden. Diese Dehnung führt zu einer leichten Verringerung der O-Ring Schnurstärke. Fig. 1-25 zeigt die ungefähre prozentuale Verringerung der Schnurstärke für eine gegebene Dehnung. Diese Informationen sollten bei der Auslegung der O-Ring Nut berücksichtigt werden.
Gleichermaßen kann ein zu großer O-Ring um in die Nut zu passen gestaucht werden. Die Stauchung sollte jedoch nicht 3% des O-Ring Innendurchmessers übersteigen.
Die Aufdehnung eines kleinen O-Rings sollte maximal 5% betragen.

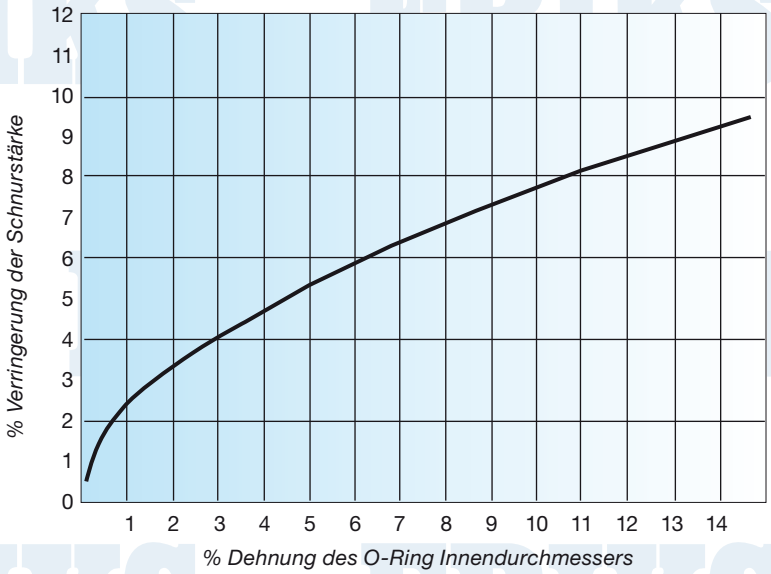


Fig. 1-25

14. O-Ring Maßtabellen

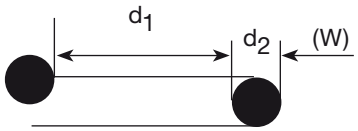
Die folgenden Tabellen listen ungefähr 2.000 O-Ring Abmessungen, geordnet nach dem Innendurchmesser. Diese O-Ring Abmessungen entsprechen vielen internationalen Normen, wie der AS568, British Standard, schwedischen Norm sowie vielen gebräuchlichen metrischen Abmessungen nach DIN und ISO. Die meisten dieser Abmessungen sind bei uns ab Lager erhältlich aus:

- NBR 70° und 90° Shore A
- FKM (Viton®) 75° und 90° Shore A
- FFKM (Kalrez®) 75° Shore A
- EPDM 70° Shore A
- Silikon VMQ 70° Shore A
- Teflex FKM/FEP
- Teflex Silikon/FEP

Die Liste der Standardabmessungen wird kontinuierlich erweitert.
Bitte setzten Sie sich mit uns für Abmessungen, die in den Tabellen nicht gelistet sind, in Verbindung.

Hinweis:
Die Tabelle der AS O-Ring Abmessungen beinhaltet eine Spalte, welche die tatsächliche Abmessung neben der nominalen Abmessungen aufzeigt. Ursprünglich war die nominale Abmessung nur für eine Aufstellung der ungefähren Abmessungen in Zoll-Brüchen gedacht. Vor der verbreiteten Verwendung von Skalenmessschiebern verlasen viele ein Zoll durch 1-1/4 rt = O-Ring. Dies war ein AS 568 #-214 O-Ring. Diese Bruch-Abmessungen wurden damals auch als Nutabmessung verwendet, so dass die nominale Abmessung tatsächlich auf die Nutabmessung und nicht auf die O-Ring Abmessung basiert.

Die unterschiedlichen Stärken existieren aufgrund anderer Normen verschiedener Länder.



O-Ring Normen in verschiedenen Ländern

Norm	*Schnurstärke (mm)*
AS 568A, BS 1806	1,78 2,62 3,53 5,33 6,99
DIN 3771/ISO 3601	1,80 2,65 3,55 5,30 7,00
SMS 1586, BS 4518	1,60 2,40 3,00 5,70 8,40
Japanische Norm JIS B 2401	1,60, 1,90 2,40 3,00 5,70 8,40
Metrisch	1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 5,00 10,00 12,00

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (000er Reihe, 004 bis 050 Schnurstärke w = 1,78 ± 0,08mm, w = .070 ± .003 Zoll)

Nur Abmessung	*Nominale Abmessung (Zoll)*			*Standard O-Ring Abmessung (Zoll)*			*Metrische O-Ring Abmessung (Millimeter)*		
AS 568A				*Effektiv nach AS 568A*			*Effektiv nach AS 568A*		
Nr.	*I.D.*	*O.D.*	*W.*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*
-001*	1/32	3/32	1/32	.029	.004	.040	0,74	0,10	1,02
-002*	3/64	9/64	3/64	.042	.004	.050	1,07	0,10	1,27
-003*	1/16	3/16	1/16	.056	.004	.060	1,42	0,10	1,52
-004	5/64	13/64	1/16	.070	.005	.070	1,78	0,13	1,78
-005	3/32	7/32	1/16	.101	.005	.070	2,57	0,13	1,78
-006	1/8	1/4	1/16	.114	.005	.070	2,90	0,13	1,78
-007	5/32	9/32	1/16	.145	.005	.070	3,68	0,13	1,78
-008	3/16	5/16	1/16	.176	.005	.070	4,47	0,13	1,78
-009	7/32	11/32	1/16	.208	.005	.070	5,28	0,13	1,78
-010	1/4	3/8	1/16	.239	.005	.070	6,07	0,13	1,78
-011	5/16	7/16	1/16	.301	.005	.070	7,65	0,13	1,78
-012	3/8	1/2	1/16	.364	.005	.070	9,25	0,13	1,78
-013	7/16	9/16	1/16	.426	.005	.070	10,82	0,13	1,78
-014	1/2	5/8	1/16	.489	.005	.070	12,42	0,13	1,78
-015	9/16	11/16	1/16	.551	.007	.070	14,00	0,18	1,78
-016	5/8	3/4	1/16	.614	.009	.070	15,60	0,23	1,78
-017	11/16	13/16	1/16	.676	.009	.070	17,17	0,23	1,78
-018	3/4	7/8	1/16	.739	.009	.070	18,77	0,23	1,78
-019	13/16	15/16	1/16	.801	.009	.070	20,35	0,23	1,78
-020	7/8	1	1/16	.864	.009	.070	21,95	0,23	1,78
-021	15/16	1- 1/16	1/16	.926	.009	.070	23,52	0,23	1,78
-022	1	1/8	1/16	.989	.010	.070	25,12	0,25	1,78
-023	1- 1/16	1- 3/16	1/16	1.051	.010	.070	26,70	0,25	1,78
-024	1- 1/8	1- 1/4	1/16	1.114	.010	.070	28,30	0,25	1,78
-025	1- 3/16	1- 5/16	1/16	1.176	.011	.070	29,87	0,28	1,78
-026	1- 1/4	1- 3/8	1/16	1.239	.011	.070	31,47	0,28	1,78
-027	1- 5/16	1- 7/16	1/16	1.301	.011	.070	33,05	0,28	1,78
-028	1- 3/8	1- 1/2	1/16	1.364	.013	.070	34,65	0,33	1,78
-029	1- 1/2	1- 5/8	1/16	1.489	.013	.070	37,82	0,33	1,78
-030	1- 5/8	1- 3/4	1/16	1.614	.013	.070	41,00	0,33	1,78
-031	1- 3/4	1- 7/8	1/16	1.739	.015	.070	44,17	0,38	1,78
-032	1- 7/8	2	1/16	1.864	.015	.070	47,35	0,38	1,78
-033	2	2- 1/8	1/16	1.989	.018	.070	50,52	0,46	1,78
-034	2- 1/8	2- 1/4	1/16	2.114	.018	.070	53,70	0,46	1,78
-035	2- 1/4	2- 3/8	1/16	2.239	.018	.070	56,87	0,46	1,78
-036	2- 3/8	2- 1/2	1/16	2.364	.018	.070	60,05	0,46	1,78
-037	2- 1/2	2- 5/8	1/16	2.489	.018	.070	63,22	0,46	1,78
-038	2- 5/8	2- 3/4	1/16	2.614	.020	.070	66,40	0,51	1,78
-039	2- 3/4	2- 7/8	1/16	2.739	.020	.070	69,57	0,51	1,78
-040	2- 7/8	3	1/16	2.864	.020	.070	72,75	0,51	1,78
-041	3	3- 1/8	1/16	2.989	.024	.070	75,92	0,61	1,78
-042	3- 1/4	3- 3/8	1/16	3.239	.024	.070	82,27	0,61	1,78
-043	3- 1/2	3- 5/8	1/16	3.489	.024	.070	88,62	0,61	1,78
-044	3- 3/4	3- 7/8	1/16	3.739	.027	.070	94,97	0,69	1,78
-045	4	4- 1/8	1/16	3.989	.027	.070	101,32	0,69	1,78
-046	4- 1/4	4- 3/8	1/16	4.239	.030	.070	107,67	0,76	1,78
-047	4- 1/2	4- 5/8	1/16	4.489	.030	.070	114,02	0,76	1,78
-048	4- 3/4	4- 7/8	1/16	4.739	.030	.070	120,37	0,76	1,78
-049	5	5- 1/8	1/16	4.989	.037	.070	126,72	0,94	1,78
-050	5- 1/4	5- 3/8	1/16	5.239	.037	.070	133,07	0,94	1,78

(*) Schnurstärke: 001 w = 1,02 ± 0,08mm; w = .040 ± .003 Zoll
002 w = 1,27 ± 0,08mm; w = .050 ± .003 Zoll
003 w = 1,52 ± 0,08mm; w = .060 ± .003 Zoll

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (100er Reihe, 102 bis 178 Schnurstärke w = 2,62 ± 0,08mm, w = .103 ± .003 Zoll)

Nur Abmessung	*Nominale Abmessung (Zoll)*			*Standard O-Ring Abmessung (Zoll)*			*Metrische O-Ring Abmessung (Millimeter)*		
AS 568A				*Effektiv nach AS 568A*			*Effektiv nach AS 568A*		
Nr.	*I.D.*	*O.D.*	*W.*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*
-102	1/16	1/4	3/32	.049	.005	.103	1,24	0,13	2,62
-103	3/32	9/32	3/32	.081	.005	.103	2,06	0,13	2,62
-104	1/8	5/16	3/32	.112	.005	.103	2,84	0,13	2,62
-105	5/32	11/32	3/32	.143	.005	.103	3,63	0,13	2,62
-106	3/16	3/8	3/32	.174	.005	.103	4,42	0,13	2,62
-107	7/32	13/32	3/32	.206	.005	.103	5,23	0,13	2,62
-108	1/4	7/16	3/32	.237	.005	.103	6,02	0,13	2,62
-109	5/16	1/2	3/32	.299	.005	.103	7,59	0,13	2,62
-110	3/8	9/16	3/32	.362	.005	.103	9,19	0,13	2,62
-111	7/16	5/8	3/32	.424	.005	.103	10,77	0,13	2,62
-112	1/2	11/16	3/32	.487	.005	.103	12,37	0,13	2,62
-113	9/16	3/4	3/32	.549	.007	.103	13,94	0,18	2,62
-114	5/8	13/16	3/32	.612	.009	.103	15,54	0,23	2,62
-115	11/16	7/8	3/32	.674	.009	.103	17,12	0,23	2,62
-116	3/4	15/16	3/32	.737	.009	.103	18,72	0,23	2,62
-117	13/16	1	3/32	.799	.010	.103	20,30	0,25	2,62
-118	7/8	1- 1/16	3/32	.862	.010	.103	21,89	0,25	2,62
-119	15/16	1- 1/8	3/32	.924	.010	.103	23,47	0,25	2,62
.120	1	1- 3/16	3/32	.987	.010	.103	25,07	0,25	2,62
-121	1- 1/16	1- 1/4	3/32	1.049	.010	.103	26,64	0,25	2,62
-122	1- 1/8	1- 5/16	3/32	1.112	.010	.103	28,24	0,25	2,62
-123	1- 3/16	1- 3/8	3/32	1.174	.012	.103	29,82	0,30	2,62
-124	1- 1/4	1- 7/16	3/32	1.237	.012	.103	31,42	0,30	2,62
-125	1- 5/16	1- 1/2	3/32	1.299	.012	.103	32,99	0,30	2,62
-126	1- 3/8	1- 9/16	3/32	1.362	.012	.103	34,59	0,30	2,62
-127	1- 7/16	1- 5/8	3/32	1.424	.012	.103	36,17	0,30	2,62
-128	1- 1/2	1- 11/16	3/32	1.487	.012	.103	37,77	0,30	2,62
-129	1- 9/16	1- 3/4	3/32	1.549	.015	.103	39,34	0,38	2,62
-130	1- 5/8	1- 13/16	3/32	1.612	.015	.103	40,94	0,38	2,62
-131	1- 11/16	1- 7/8	3/32	1.674	.015	.103	42,52	0,38	2,62
-132	1- 3/4	1- 15/16	3/32	1.737	.015	.103	44,12	0,38	2,62
-133	1- 13/16	2	3/32	1.799	.015	.103	45,69	0,38	2,62
-134	1- 7/8	2- 1/16	3/32	1.862	.015	.103	47,29	0,38	2,62
-135	1- 15/16	2- 1/8	3/32	1.925	.017	.103	48,90	0,43	2,62
-136	2	2- 3/16	3/32	1.987	.017	.103	50,47	0,43	2,62
-137	2- 1/16	2- 1/4	3/32	2.050	.017	.103	52,07	0,43	2,62
-138	2- 1/8	2- 5/16	3/32	2.112	.017	.103	53,64	0,43	2,62
-139	2- 3/16	2- 3/8	3/32	2.175	.017	.103	55,25	0,43	2,62
-140	2- 1/4	2- 7/16	3/32	2.237	.017	.103	56,82	0,43	2,62
-141	2- 5/16	2- 1/2	3/32	2.300	.020	.103	58,42	0,51	2,62
-142	2- 3/8	2- 9/16	3/32	2.362	.020	.103	59,99	0,51	2,62
-143	2- 7/16	2- 5/8	3/32	2.425	.020	.103	61,60	0,51	2,62
-144	2- 1/2	2- 11/16	3/32	2.487	.020	.103	63,17	0,51	2,62
-145	2- 9/16	2- 3/4	3/32	2.550	.020	.103	64,77	0,51	2,62

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (100er Reihe, 102 bis 178 Schnurstärke w = 2,62 ± 0,08mm, w = .103 ± .003 Zoll)

Nur (Zoll)	*Nominale Abmessung (Zoll)*			*Standard O-Ring Abmessung (Millimeter)*			*Metrische O-Ring Abmessung*		*Abmessung*
AS 568A				*Effektiv nach AS 568A*			*Effektiv nach AS 568A*		
Nr.	*I.D.*	*O.D.*	*W.*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*
-146	2- 5/8	2- 13/16	3/32	2.612	.020	.103	66,34	0,51	2,62
-147	2- 11/16	2- 7/8	3/32	2.675	.022	.103	67,95	0,56	2,62
-148	2- 3/4	2- 15/16	3/32	2.737	.022	.103	69,52	0,56	2,62
-149	2- 13/16	3	3/32	2.800	.022	.103	71,12	0,56	2,62
-150	2- 7/8	3- 1/16	3/32	2.862	.022	.103	72,69	0,56	2,62
-151	3	3- 3/16	3/32	2.987	.024	.103	75,87	0,61	2,62
-152	3- 1/4	3- 7/16	3/32	3.237	.024	.103	82,22	0,61	2,62
-153	3- 1/2	3- 11/16	3/32	3.487	.024	.103	88,57	0,61	2,62
-154	3- 3/4	3- 15/16	3/32	3.737	.028	.103	94,92	0,71	2,62
-155	4	4- 3/16	3/32	3.987	.028	.103	101,27	0,71	2,62
-156	4- 1/4	4- 7/16	3/32	4.237	.030	.103	107,62	0,76	2,62
-157	4- 1/2	4- 11/16	3/32	4.487	.030	.103	113,97	0,76	2,62
-158	4- 3/4	4- 15/16	3/32	4.737	.030	.103	120,32	0,76	2,62
-159	5	5- 3/16	3/32	4.987	.035	.103	126,67	0,89	2,62
-160	5- 1/4	5- 7/16	3/32	5.237	.035	.103	133,02	0,89	2,62
-161	5- 1/2	5- 11/16	3/32	5.487	.035	.103	139,37	0,89	2,62
-162	5- 3/4	5- 15/16	3/32	5.737	.035	.103	145,72	0,89	2,62
-163	6	6- 3/16	3/32	5.987	.035	.103	152,07	0,89	2,62
-164	6- 1/4	6- 7/16	3/32	6.237	.040	.103	158,42	1,02	2,62
-165	6- 1/2	6- 11/16	3/32	6.487	.040	.103	164,77	1,02	2,62
-166	6- 3/4	6- 15/16	3/32	6.737	.040	.103	171,12	1,02	2,62
-167	7	7- 3/16	3/32	6.987	.040	.103	177,47	1,02	2,62
-168	7- 1/4	7- 7/16	3/32	7.237	.045	.103	183,82	1,14	2,62
-169	7- 1/2	7- 11/16	3/32	7.487	.045	.103	190,17	1,14	2,62
-170	7- 3/4	7- 15/16	3/32	7.737	.045	.103	196,52	1,14	2,62
-171	8	8- 3/16	3/32	7.987	.045	.103	202,87	1,14	2,62
-172	8- 1/4	8- 7/16	3/32	8.237	.050	.103	209,22	1,27	2,62
-173	8- 1/2	8- 11/16	3/32	8.487	.050	.103	215,57	1,27	2,62
-174	8- 3/4	8- 15/16	3/32	8.737	.050	.103	221,92	1,27	2,62
-175	9	9- 3/16	3/32	8.987	.050	.103	228,27	1,27	2,62
-176	9- 1/4	9- 7/16	3/32	9.237	.055	.103	234,62	1,40	2,62
-177	9- 1/2	9- 11/16	3/32	9.487	.055	.103	240,97	1,40	2,62
-178	9- 3/4	9- 15/16	3/32	9.737	.055	.103	247,32	1,40	2,62

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (200er Reihe, 201 bis 284 Schnurstärke w = 3,53 ± 0,10mm, w = .139 ± .004 Zoll)

Nur Abmessung	*Nominale Abmessung (Zoll)*			*Standard O-Ring Abmessung (Zoll)*			*Metrische O-Ring Abmessung (Millimeter)*		
AS 568A				*Effektiv nach AS 568A*			*Effektiv nach AS 568A*		
Nr.	*I.D.*	*O.D.*	*W.*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*
-201	3/16	7/16	1/8	.171	.055	.139	4,34	0,13	3,53
-202	1/4	1/2	1/8	.234	.005	.139	5,94	0,13	3,53
-203	5/16	9/16	1/8	.296	.005	.139	7,52	0,13	3,53
-204	3/8	5/8	1/8	.359	.005	.139	9,12	0,13	3,53
-205	7/16	11/16	1/8	.421	.005	.139	10,69	0,13	3,53
-206	1/2	3/4	1/8	.484	.005	.139	12,29	0,13	3,53
-207	9/16	13/16	1/8	.546	.007	.139	13,87	0,18	3,53
-208	5/8	7/8	1/8	.609	.009	.139	15,47	0,23	3,53
-209	11/16	15/16	1/8	.671	.010	.139	17,04	0,23	3,53
-210	3/4	1	1/8	.734	.010	.139	18,64	0,25	3,53
-211	13/16	1- 1/16	1/8	.796	.010	.139	20,22	0,25	3,53
-212	7/8	1- 1/8	1/8	.859	.010	.139	21,82	0,25	3,53
-213	15/16	1- 3/16	1/8	.921	.010	.139	23,39	0,25	3,53
-214	1	1- 1/4	1/8	.984	.010	.139	24,99	0,25	3,53
-215	1- 1/16	1- 5/16	1/8	1.046	.010	.139	26,57	0,25	3,53
-216	1- 1/8	1- 3/8	1/8	1.109	.012	.139	28,17	0,30	3,53
-217	1- 3/16	1- 7/16	1/8	1.171	.012	.139	29,74	0,30	3,53
-218	1- 1/4	1- 1/2	1/8	1.234	.012	.139	31,34	0,30	3,53
-219	1- 5/16	1- 9/16	1/8	1.296	.012	.139	32,92	0,30	3,53
-220	1- 3/8	1- 5/8	1/8	1.359	.012	.139	34,52	0,30	3,53
-221	1- 7/16	1- 11/16	1/8	1.421	.012	.139	36,09	0,30	3,53
-222	1- 1/2	1- 3/4	1/8	1.484	.015	.139	37,69	0,38	3,53
-223	1- 5/8	1- 7/8	1/8	1.609	.015	.139	40,87	0,38	3,53
-224	1- 3/4	2	1/8	1.734	.015	.139	44,04	0,38	3,53
-225	1- 7/8	2- 1/8	1/8	1.859	.015	.139	47,22	0,46	3,53
-226	2	2- 1/4	1/8	1.984	.018	.139	50,39	0,46	3,53
-227	2- 1/16	2- 3/8	1/8	2.109	.018	.139	53,57	0,46	3,53
-228	2- 1/4	2- 1/2	1/8	2.234	.020	.139	56,74	0,51	3,53
-229	2- 3/8	2- 5/8	1/8	2.359	.020	.139	59,92	0,51	3,53
-230	2- 1/2	2- 3/4	1/8	2.484	.020	.139	63,09	0,51	3,53
-231	2- 5/8	2- 7/8	1/8	2.609	.020	.139	66,27	0,51	3,53
-232	2- 3/4	3	1/8	2.734	.024	.139	69,44	0,61	3,53
-233	2- 7/8	3- 1/8	1/8	2.859	.024	.139	72,62	0,61	3,53
-234	3	3- 1/4	1/8	2.984	.024	.139	75,79	0,61	3,53
-235	3- 1/8	3- 3/8	1/8	3.109	.024	.139	78,97	0,61	3,53
-236	3- 1/4	3- 1/2	1/8	3.234	.024	.139	82,14	0,61	3,53
-237	3- 3/8	3- 5/8	1/8	3.359	.024	.139	85,32	0,61	3,53
-238	3- 1/2	3- 3/4	1/8	3.484	.024	.139	88,49	0,61	3,53
-239	3- 5/8	3- 7/8	1/8	3.609	.024	.139	91,67	0,71	3,53
-240	3- 3/4	4	1/8	3.734	.028	.139	94,84	0,71	3,53
-241	3- 7/8	4- 1/8	1/8	3.859	.028	.139	98,02	0,71	3,53
-242	4	4- 1/4	1/8	3.984	.028	.139	101,19	0,71	3,53

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (200er Reihe, 201 bis 284 Schnurstärke w = 3,53 ± 0,10mm, w = .139 ± .004 Zoll)

Nur Abmessung	*Nominale Abmessung (Zoll)*			*Standard O-Ring Abmessung (Zoll)*			*Metrische O-Ring Abmessung (Millimeter)*		
AS 568A				*Effektiv nach AS 568A*			*Effektiv nach AS 568A*		
Nr.	*I.D.*	*O.D.*	*W.*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*
-243	4- 1/8	4- 3/8	1/8	4.109	.028	.139	104,37	0,71	3,53
-244	4- 1/4	4- 1/2	1/8	4.234	.030	.139	107,54	0,76	3,53
-245	4- 3/8	4- 5/8	1/8	4.359	.030	.139	110,72	0,76	3,53
-246	4- 1/2	4- 3/4	1/8	4.484	.030	.139	113,89	0,76	3,53
-247	4- 5/8	4- 7/8	1/8	4.609	.030	.139	117,07	0,76	3,53
-248	4- 3/4	5	1/8	4.734	.030	.139	120,24	0,76	3,53
-249	4- 7/8	5- 1/8	1/8	4.859	.035	.139	123,42	0,89	3,53
-250	5	5- 1/4	1/8	4.984	.035	.139	126,59	0,89	3,53
-251	5- 1/8	5- 3/8	1/8	5.109	.035	.139	129,77	0,89	3,53
-252	5- 1/4	5- 1/2	1/8	5.234	.035	.139	132,94	0,89	3,53
-253	5- 3/8	5- 5/8	1/8	5.359	.035	.139	136,12	0,89	3,53
-254	5- 1/2	5- 3/4	1/8	5.484	.035	.139	139,29	0,89	3,53
-255	5- 5/8	5- 7/8	1/8	5.609	.035	.139	142,47	0,89	3,53
-256	5- 3/4	6	1/8	5.734	.035	.139	145,64	0,89	3,53
-257	5- 7/8	6- 1/8	1/8	5.859	.035	.139	148,82	0,89	3,53
-258	6	6- 1/4	1/8	5.984	.035	.139	151,99	0,89	3,53
-259	6- 1/4	6- 1/2	1/8	6.234	.040	.139	158,34	1,02	3,53
-260	6- 1/2	6- 3/4	1/8	6.484	.040	.139	164,69	1,02	3,53
-261	6- 3/4	7	1/8	6.734	.040	.139	171,04	1,02	3,53
-262	7	7- 1/4	1/8	6.984	.040	.139	177,39	1,02	3,53
-263	7- 1/4	7- 1/2	1/8	7.234	.045	.139	183,74	1,14	3,53
-264	7- 1/2	7- 3/4	1/8	7.484	.045	.139	190.09	1,14	3,53
-265	7- 3/4	8	1/8	7.734	.045	.139	196,44	1,14	3,53
-266	8	8- 1/4	1/8	7.984	.045	.139	202,79	1,14	3,53
-267	8- 1/4	8- 1/2	1/8	8.234	.050	.139	209,14	1,27	3,53
-268	8- 1/2	8- 3/4	1/8	8.484	.050	.139	215,49	1,27	3,53
-269	8- 3/4	9	1/8	8.734	.050	.139	221,84	1,27	3,53
-270	9	9- 1/4	1/8	8.984	.050	.139	228,19	1,27	3,53
-271	9- 1/4	9- 1/2	1/8	9.234	.055	.139	234,54	1,40	3,53
-272	9- 1/2	9- 3/4	1/8	9.484	.055	.139	240,89	1,40	3,53
-273	9- 3/4	10	1/8	9.734	.055	.139	247,24	1,40	3,53
-274	10	10- 1/4	1/8	9.984	.055	.139	253,59	1,40	3,53
-275	10- 1/2	10- 3/4	1/8	10.484	.055	.139	266,29	1,40	3,53
-276	11	11- 1/4	1/8	10.984	.065	.139	278,99	1,65	3,53
-277	11- 1/2	11- 3/4	1/8	11.484	.065	.139	291,69	1,65	3,53
-278	12	12- 1/4	1/8	11.984	.065	.139	304,39	1,65	3,53
-279	13	13- 1/4	1/8	12.984	.065	.139	329,79	1,65	3,53
-280	14	14- 1/4	1/8	13.984	.065	.139	355,19	1,65	3,53
-281	15	15- 1/4	1/8	14.984	.065	.139	380,59	1,65	3,53
-282	16	16- 1/4	1/8	15.955	.075	.139	405,26	1,91	3,53
-283	17	17- 1/4	1/8	16.955	.080	.139	430,66	2,03	3,53
-284	18	18- 1/4	1/8	17.955	.085	.139	456,06	2,16	3,53

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (300er Reihe, 309 bis 395 Schnurstärke w = 5,33 ± 0,13mm, w = .210 ± .005 Zoll)

Nur Abmessung	*Nominale Abmessung (Zoll)*			*Standard O-Ring Abmessung (Zoll)*			*Metrische O-Ring Abmessung (Millimeter)*		
AS 568A				*Effektiv nach AS 568A*			*Effektiv nach AS 568A*		
Nr.	*I.D.*	*O.D.*	*W.*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*
-309	7/16	13/16	3/16	.412	.005	.210	10,46	0,13	5,33
-310	1/2	7/8	3/16	.475	.005	.210	12,07	0,13	5,33
-311	9/16	15/16	3/16	.537	.007	.210	13,64	0,18	5,33
-312	5/8	1	3/16	.600	.009	.210	15,24	0,23	5,33
-313	11/16	1- 1/16	3/16	.662	.009	.210	16,81	0,23	5,33
-314	3/4	1- 1/8	3/16	.725	.010	.210	18,42	0,25	5,33
-315	13/16	1- 3/16	3/16	.787	.010	.210	19,99	0,25	5,33
-316	7/8	1- 1/4	3/16	.850	.010	.210	21,59	0,25	5,33
-317	15/16	1- 5/16	3/16	.912	.010	.210	23,16	0,25	5,33
-318	1	1- 3/8	3/16	.975	.010	.210	24,77	0,25	5,33
-319	1- 1/16	1- 7/16	3/16	1.037	.010	.210	26,34	0,25	5,33
-320	1- 1/8	1- 1/2	3/16	1.100	.012	.210	27,94	0,30	5,33
-321	1- 3/16	1- 9/16	3/16	1.162	.012	.210	29,51	0,30	5,33
-322	1- 1/4	1- 5/8	3/16	1.225	.012	.210	31,12	0,30	5,33
-323	1- 5/16	1- 11/16	3/16	1.287	.012	.210	32,69	0,30	5,33
-324	1- 3/8	1- 3/4	3/16	1.350	.012	.210	34,29	0,30	5,33
-325	1- 1/2	1- 7/8	3/16	1.475	.015	.210	37,47	0,38	5,33
-326	1- 5/8	2	3/16	1.600	.015	.210	40,64	0,38	5,33
-327	1- 3/4	2- 1/8	3/16	1.725	.015	.210	43,82	0,38	5,33
-328	1- 7/8	2- 1/4	3/16	1.850	.015	.210	46,99	0,38	5,33
-329	2	2- 3/8	3/16	1.975	.018	.210	50,17	0,46	5,33
-330	2- 1/8	2- 1/2	3/16	2.100	.018	.210	53,34	0,46	5,33
-331	2- 1/4	2- 5/8	3/16	2.225	.018	.210	56,52	0,46	5,33
-332	2- 3/8	2- 3/4	3/16	2.350	.018	.210	59,69	0,46	5,33
-333	2- 1/2	2- 7/8	3/16	2.475	.020	.210	62,87	0,51	5,33
-334	2- 5/8	3	3/16	2.600	.020	.210	66.04	0.51	5,33
-335	2- 3/4	3- 1/8	3/16	2.725	.020	.210	69,22	0,51	5,33
-336	2- 7/8	3- 1/4	3/16	2.850	.020	.210	72,39	0,51	5,33
-337	3	3- 3/8	3/16	2.975	.024	.210	75,37	0,61	5,33
-338	3- 1/8	3- 1/2	3/16	3.100	.024	.210	78,74	0,61	5,33
-339	3- 1/4	3- 5/8	3/16	3.225	.024	.210	81,92	0,61	5,33
-340	3- 3/8	3- 3/4	3/16	3.350	.024	.210	85,09	0,61	5,33
-341	3- 1/2	3- 7/8	3/16	3.475	.024	.210	88,27	0,61	5,33
-342	3- 5/8	4	3/16	3.600	.028	.210	91,44	0,71	5,33
-343	3- 3/4	4- 1/8	3/16	3.725	.028	.210	94,62	0,71	5,33
-344	3- 7/8	4- 1/4	3/16	3.850	.028	.210	97,79	0,71	5,33
-345	4	4- 3/8	3/16	3.975	.028	.210	100,97	0,71	5,33
-346	4- 1/8	4- 1/2	3/16	4.100	.028	.210	104,14	0,71	5,33
-347	4- 1/4	4- 5/8	3/16	4.225	.030	.210	107,32	0,76	5,33
-348	4- 3/8	4- 3/4	3/16	4.350	.030	.210	110,49	0,76	5,33
-349	4- 1/2	4- 7/8	3/16	4.475	.030	.210	113,67	0,76	5,33
-350	4- 5/8	5	3/16	4.600	.030	.210	116,84	0,76	5,33
-351	4- 3/4	5- 1/8	3/16	4.725	.030	.210	120,02	0,76	5,33
-352	4- 7/8	5- 1/4	3/16	4.850	.030	.210	123,19	0,76	5,33

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (300er Reihe, 309 bis 395 Schnurstärke w = 5,33 ± 0,13mm, w = .210± .005 Zoll)

Nur Abmessung	*Nominale Abmessung (Zoll)*			*Standard O-Ring Abmessung (Zoll)*			*Metrische O-Ring Abmessung (Millimeter)*		
AS 568A				*Effektiv nach AS 568A*			*Effektiv nach AS 568A*		
Nr.	*I.D.*	*O.D.*	*W.*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*
-353	5	5- 3/8	3/16	4.975	.037	.210	126,37	0,94	5,33
-354	5- 1/8	5- 1/2	3/16	5.100	.037	.210	129,54	0,94	5,33
-355	5- 1/4	5- 3/8	3/16	5.225	.037	.210	132,72	0,94	5,33
-356	5- 3/8	5- 3/4	3/16	5.350	.037	.210	135,89	0,94	5,33
-357	5- 1/2	5- 7/8	3/16	5.475	.037	.210	139,07	0,94	5,33
-358	5- 5/8	6	3/16	5.600	.037	.210	142,24	0,94	5,33
-359	5- 3/4	6- 1/8	3/16	5.725	.037	.210	145,42	0,94	5,33
-360	5- 7/8	6- 1/4	3/16	5.850	.037	.210	148,59	0,94	5,33
-361	6	6- 3/8	3/16	5.975	.037	.210	151,77	0,94	5,33
-362	6- 1/4	6- 5/8	3/16	6.225	.040	.210	158,12	1,02	5,33
-363	6- 1/2	6- 7/8	3/16	6.475	.040	.210	164,47	1,02	5,33
-364	6- 3/4	7- 1/8	3/16	6.725	.040	.210	170,82	1,02	5,33
-365	7	7- 3/8	3/16	6.975	.040	.210	177,17	1,02	5,33
-366	7- 1/4	7- 5/8	3/16	7.225	.045	.210	183,52	1,14	5,33
-367	7- 1/2	7- 7/8	3/16	7.475	.045	.210	189,87	1,14	5,33
-368	7- 3/4	8- 1/8	3/16	7.725	.045	.210	196,22	1,14	5,33
-369	8	8- 3/8	3/16	7.925	.045	.210	202,57	1,14	5,33
-370	8- 1/4	8- 5/8	3/16	8.225	.050	.210	208,92	1,27	5,33
-371	8- 1/2	8- 7/8	3/16	8.475	.050	.210	215,27	1,27	5,33
-372	8- 3/4	9- 1/8	3/16	8.725	.050	.210	221,62	1,27	5,33
-373	9	9- 3/8	3/16	8.975	.050	.210	227,97	1,27	5,33
-374	9- 1/4	9- 5/8	3/16	9.225	.055	.210	234,32	1,40	5,33
-375	9- 1/2	9- 7/8	3/16	9.475	.055	.210	240,67	1,40	5,33
-376	9- 3/4	10- 1/8	3/16	9.725	.055	.210	247,02	1,40	5,33
-377	10	10- 3/8	3/16	9.975	.055	.210	253,37	1,40	5,33
-378	10- 1/2	10- 7/8	3/16	10.475	.060	.210	266,07	1,52	5,33
-379	11	11- 3/8	3/16	10.975	.060	.210	278,77	1,52	5,33
-380	11- 1/2	11- 7/8	3/16	11.475	.065	.210	291,47	1,65	5,33
-381	12	12- 3/8	3/16	11.975	.065	.210	304,17	1,65	5,33
-382	13	13- 3/8	3/16	12.975	.065	.210	329,57	1,65	5,33
-383	14	14- 3/8	3/16	13.975	.070	.210	354,97	1,78	5,33
-384	15	15- 3/8	3/16	14.975	.070	.210	380,37	1,78	5,33
-385	16	16- 3/8	3/16	15.955	.075	.210	405,26	1,91	5,33
-386	17	17- 3/8	3/16	16.955	.080	.210	430,66	2,03	5,33
-387	18	18- 3/8	3/16	17.955	.085	.210	456,06	2,16	5,33
-388	19	19- 3/8	3/16	18.955	.090	.210	481,41	2,29	5,33
-389	20	20- 3/8	3/16	19.955	.095	.210	506,81	2,41	5,33
-390	21	21- 3/8	3/16	20.955	.095	.210	532,21	2,41	5,33
-391	22	22- 3/8	3/16	21.955	.100	.210	557,61	2,54	5,33
-392	23	23- 3/8	3/16	22.940	.105	.210	582,68	2,67	5,33
-393	24	24- 3/8	3/16	23.940	.110	.210	608,08	2,79	5,33
-394	25	25- 3/8	3/16	24.940	.115	.210	633,48	2,92	5,33
-395	26	26- 3/8	3/16	25.940	.120	.210	658,88	3,05	5,33

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (400er Reihe, 425 bis 475 Schnurstärke w = 6,99 ± 0,15mm, w = .275 ± .006 Zoll)

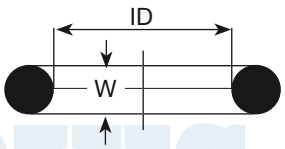
Nur Abmessung	*Nominale Abmessung (Zoll)*			*Standard O-Ring Abmessung (Zoll)*			*Metrische O-Ring Abmessung (Millimeter)*		
AS 568A				*Effektiv nach AS 568A*			*Effektiv nach AS 568A*		
Nr.	*I.D.*	*O.D.*	*W.*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*	*I.D.*	*Toleranz ±*	*W*
-425	4- 1/2	5	1/4	4.475	.033	.275	113,67	0,84	6,99
-426	4- 5/8	5- 1/8	1/4	4.600	.033	.275	116,84	0,84	6,99
-427	4- 3/4	5- 1/4	1/4	4.725	.033	.275	120,02	0,84	6,99
-428	4- 7/8	5- 3/8	1/4	4.850	.033	.275	123,19	0,84	6,99
-429	5	5- 1/2	1/4	4.975	.037	.275	126,37	0,94	6,99
-430	5- 1/8	5- 5/8	1/4	5.100	.037	.275	129,54	0,94	6,99
-431	5- 1/4	5- 3/4	1/4	5.225	.037	.275	132,72	0,94	6,99
-432	5- 3/8	5- 7/8	1/4	5.350	.037	.275	135,89	0,94	6,99
-433	5- 1/2	6	1/4	5.475	.037	.275	139,07	0,94	6,99
-434	5- 5/8	6- 1/8	1/4	5.600	.037	.275	142,24	0,94	6,99
-435	5- 3/4	6- 1/4	1/4	5.725	.037	.275	145,42	0,94	6,99
-436	5- 7/8	6- 3/8	1/4	5.850	.037	.275	148,59	0,94	6,99
-437	6	6- 1/2	1/4	5.975	.037	.275	151,77	0,94	6,99
-438	6- 1/4	6- 3/4	1/4	6.225	.040	.275	158,12	1,02	6,99
-439	6- 1/2	7	1/4	6.475	.040	.275	164,47	1,02	6,99
-440	6- 3/4	7- 1/4	1/4	6.725	.040	.275	170,82	1,02	6,99
-441	7	7- 1/2	1/4	6.975	.040	.275	177,17	1,02	6,99
-442	7- 1/4	7- 3/4	1/4	7.225	.045	.275	183,52	1,14	6,99
-443	7- 1/2	8	1/4	7.475	.045	.275	189,87	1,14	6,99
-444	7- 3/4	8- 1/4	1/4	7.725	.045	.275	196,22	1,14	6,99
-445	8	8- 1/2	1/4	7.975	.045	.275	202,57	1,14	6,99
-446	8- 1/2	9	1/4	8.475	.055	.275	215,27	1,40	6,99
-447	9	9- 1/2	1/4	8.975	.055	.275	227,97	1,40	6,99
-448	9- 1/2	10	1/4	9.475	.055	.275	240,67	1,40	6,99
-449	10	10- 1/2	1/4	9.975	.055	.275	253,37	1,40	6,99
-450	10- 1/2	11	1/4	10.475	.060	.275	266,07	1,52	6,99
-451	11	11- 1/2	1/4	10.975	.060	.275	278,77	1,52	6,99
-452	11- 1/2	12	1/4	11.475	.060	.275	291,47	1,52	6,99
-453	12	12- 1/2	1/4	11.975	.060	.275	304,17	1,52	6,99
-454	12- 1/2	13	1/4	12.475	.060	.275	316,87	1,52	6,99
-455	13	13- 1/2	1/4	12.975	.060	.275	329,57	1,52	6,99
-456	13- 1/2	14	1/4	13.475	.070	.275	342,27	1,78	6,99
-457	14	14- 1/2	1/4	13.975	.070	.275	354,97	1,78	6,99
-458	14- 1/2	15	1/4	14.475	.070	.275	367,67	1,78	6,99
-459	15	15- 1/2	1/4	14.975	.070	.275	380,37	1,78	6,99
-460	15- 1/2	16	1/4	15.475	.070	.275	393,07	1,78	6,99
-461	16	16- 1/2	1/4	15.955	.075	.275	405,26	1,91	6,99
-462	16- 1/2	17	1/4	16.455	.075	.275	417,96	1,91	6,99
-463	17	17- 1/2	1/4	16.955	.080	.275	430,66	2,03	6,99
-464	17- 1/2	18	1/4	17.455	.085	.275	443,36	2,16	6,99
-465	18	18- 1/2	1/4	17.955	.085	.275	456,06	2,16	6,99
-466	18- 1/2	19	1/4	18.455	.085	.275	468,76	2,16	6,99
-467	19	19- 1/2	1/4	18.955	.090	.275	481,46	2,29	6,99
-468	19- 1/2	20	1/4	19.455	.090	.275	494,16	2,29	6,99
-469	20	20- 1/2	1/4	19.955	.095	.275	506,86	2,41	6,99
-470	21	21- 1/2	1/4	20.955	.095	.275	532,26	2,41	6,99
-471	22	22- 1/2	1/4	21.955	.100	.275	557,66	2,54	6,99
-472	23	23- 1/2	1/4	22.940	.105	.275	582,68	2,67	6,99
-473	24	24- 1/2	1/4	23.940	.110	.275	608,08	2,79	6,99
-474	25	25- 1/2	1/4	24.940	.115	.275	633,48	2,92	6,99
-475	26	26- 1/2	1/4	25.940	.120	.275	658,88	3,05	6,99

14 A. AS 568A Standard Abmessungen

AS 568A Standard O-Ring Abmessungen (900er Reihe)

		O-Ring Abmessungen – effektiv (b) nach AS 568A (alle Werte in Zoll)				*Metrische O-Ring Abmessungen (b) nach AS 568A (alle Werte in Millimeter)*			
AS 568A	*Rohr AD*		*Toleranz (C)*				*Toleranz (C)*		
Nr.	*(Ref.-Nr.)*	*ID*	±	*W*	±	*ID*	±	*W*	±
-901	3/32	.185	.005	.056	.003	4,70	0,13	1,42	0,08
-902	1/8	.239	.005	.064	.003	6,07	0,13	1,63	0,08
-903	3/16	.301	.005	.064	.003	7,65	0,13	1,63	0,08
-904	1/4	.351	.005	.072	.003	8,92	0,13	1,83	0,08
-905	5/16	.414	.005	.072	.003	10,52	0,13	1,83	0,08
-906	3/8	.468	.005	.078	.003	11,89	0,13	1,98	0,08
-907	7/16	.530	.007	.082	.003	13,46	0,18	2,08	0,08
-908	1/2	.644	.009	.087	.003	16,36	0,23	2,21	0,08
-909	9/16	.706	.009	.097	.003	17,93	0,23	2,46	0,08
-910	5/8	.755	.009	.097	.003	19,18	0,23	2,46	0,08
-911	11/16	.863	.009	.116	.004	21,92	0,23	2,95	0,10
-912	3/4	.924	.009	.116	.004	23,47	0,23	2,95	0,10
-913	13/16	.986	.010	.116	.004	25,04	0,26	2,95	0,10
-914	7/8	1.047	.010	.116	.004	26,59	0,26	2,95	0,10
-916	1	1.171	.010	.116	.004	29,74	0,26	2,95	0,10
-918	1- 1/8	1.355	.012	.116	.004	34,42	0,30	2,95	0,10
-920	1- 1/4	1.475	.014	.118	.004	37,47	0,36	3,00	0,10
-924	1- 1/2	1.720	.014	.118	.004	43,69	0,36	3,00	0,10
-928	1- 3/4	2.090	.018	.118	.004	53,09	0,46	3,00	0,10
-932	2	2.337	.018	.118	.004	59,36	0,46	3,00	0,10

Diese O-Ringe sind für den Einsatz in geraden Einschraubverschraubungen und Rohrarmaturen gedacht.
Siehe dazu auch AND10049, AND10050, MS33656, MS33657, SAE Verschraubungen mit geradem Gewinde.



14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
001	0,74	1,02
	1	1
002	1,07	1,27
R000	1,15	1
	1,2	0,7
	1,25	1
102	1,25	2,62
	1,3	0,7
	1,4	0,7
003	1,42	1,52
	1,5	1
003,5	1,78	1,02
004	1,78	1,78
	1,8	0,7
	1,8	1
	1,8	1,2
	1,8	1,5
	2	1
	2	1,3
	2	1,5
	2	2
103	2,06	2,62
R00	2,2	1,6
	2,3	0,9
R 0	2,4	1,9
	2,5	1
	2,5	1,2
	2,5	1,3
	2,5	1,5
005	2,57	1,78
	2,6	1,2
R 1	2,6	1,9
	2,6	2,4
	2,7	1
	2,8	1,6
104	2,85	2,62
006	2,9	1,78
	3	1
	3	1,25
	3	1,5
	3	2
	3	2,4
	3	3
	3	3,5
	3,1	1,6
	3,1	2,6
	3,2	1,78
	3,3	2,4
R2	3,4	1,9
	3,5	1
	3,5	1,2

Norm	ID (mm)	W (mm)
	3,5	1,5
	3,5	2
	3,6	2,4
105	3,63	2,62
007	3,68	1,78
	3,7	1
	3,7	1,6
	3,7	1,9
	3,8	1,25
	4	1
	4	1,1
	4	1,2
	4	1,5
	4	1,8
	4	1,8
	4	2
	4	2,2
	4	2,5
	4	3
	4,1	1,6
	4,2	1,1
	4,2	1,4
R 3	4,2	1,9
	4,3	2,4
	4,34	3,53
	4,4	1,1
106	4,42	2,62
008	4,47	1,78
	4,5	1
	4,5	1,5
	4,5	1,8
	4,5	2
	4,6	2,4
	4,7	1,42
	4,7	1,6
	4,76	1,78
R 4	4,9	1,9
	5	1
	5	1,2
	5	1,5
	5	1,75
	5	2
	5	2,5
	5	3
	5	3,5
	5	4
	5,1	1,6
107	5,23	2,62
009	5,28	1,78
	5,3	2,4
	5,5	1

Norm	ID (mm)	W (mm)
	5,5	1,5
	5,5	1,6
	5,5	2
	5,5	2,4
	5,5	2,5
	5,6	2
	5,6	2,4
R5	5,7	1,9
	5,8	1,9
	5,94	3,53
	6	1
	6	1,2
	6	1,5
	6	1,8
	6	2
R6BIS	6	2,2
	6	2,3
	6	2,5
	6	3
	6	4
	6,02	1,63
108	6,02	2,62
010	6,07	1,78
	6,1	0,84
	6,1	1,6
	6,3	2,4
R 5BIS	6,35	1,78
R5A	6,4	1,9
	6,5	1
	6,5	1,5
	6,5	2
	6,5	3
	6,6	2,4
	6,75	1,78
	6,8	1,9
	6,86	1,78
	7	1
	7	1,2
	7	1,5
	7	1,8
	7	2
	7	2,5
	7	3
	7	4
	7	5
	7,1	1,6
R 6	7,2	1,9
	7,3	2,2
	7,3	2,4
	7,5	1,5
	7,5	2

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	7,5	2,2
	7,5	2,5
	7,5	3,2
203	7,52	3,53
	7,6	1,2
	7,6	2,4
109	7,6	2,62
	7,65	1,63
011	7,65	1,78
	7,8	1,9
	7,93	4,76
	7,94	1,78
	8	1
	8	1,25
	8	1,5
R 6A	8	1,9
	8	2
	8	2,4
	8	2,5
	8	3
	8	3,5
	8	4
	8	5
	8,1	1,6
	8,3	1
	8,3	2,4
	8,5	1
	8,5	1,27
	8,5	1,5
	8,5	2
	8,5	2,5
	8,6	2,4
	8,7	2
	8,73	1,78
R7	8,9	1,9
R8	8,9	2,7
	8,92	1,83
	9	1
	9	1,5
	9	2
R 7BIS	9	2,2
	9	2,5
	9	3
	9	3,5
	9	4
	9	4,5
	9,1	1,6
204	9,12	3,53
110	9,2	2,62
012	9,25	1,78
	9,3	2,4

Norm	ID (mm)	W (mm)
	9,5	1
	9,5	1,5
	9,5	1,6
	9,5	2
	9,5	2,5
	9,5	3
R8BIS	9,52	1,78
	9,6	2,4
	9,75	1,78
	9,8	1,9
	9,8	2,4
	9,92	2,62
	10	1
	10	1,3
	10	1,5
	10	2
	10	2,2
	10	2,5
	10	3
	10	3,5
	10	4
	10	5
	10	6,5
	10,1	1,6
	10,3	2,4
309	10,47	5,33
	10,5	1,5
	10,5	2
	10,5	2,5
R9	10,5	2,7
	10,6	2,4
205	10,69	3,53
	10,72	1,83
111	10,77	2,62
013	10,82	1,78
	11	1
	11	1,3
	11	1,5
	11	1,8
	11	2
	11	2,5
	11	3
	11	3,5
	11	4
	11	5
	11	5,5
	11,1	1,6
	11,11	1,78
	11,3	2,4
	11,5	1,5
	11,5	2,5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	11,5	3
	11,6	1,2
	11,6	2,4
	11,6	6,35
	11,7	5,8
	11,8	2,4
	11,9	1,98
	11,91	1,78
	11,91	2,62
	12	1
	12	1,2
	12	1,5
	12	2
	12	2,25
	12	2,5
	12	3
	12	3,5
	12	4
	12	4,5
	12	5
	12	7
310	12,07	5,33
	12,1	1,6
R10	12,1	2,7
206	12,29	3,53
	12,3	1,9
	12,3	2,4
112	12,37	2,62
014	12,42	1,78
	12,5	1,5
	12,5	2
	12,5	2,5
	12,5	3
	12,6	2,4
	12,7	2,62
	13	1
	13	1,3
	13	1,5
	13	2
	13	2,5
	13	3
	13	3,5
	13	4
	13	5
	13	6
	13,1	1,6
	13,1	2,62
	13,26	1,52
	13,29	1,78
	13,3	2,4
	13,46	2,08

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	13,5	1,3
	13,5	2
	13,5	3
	13,6	2,4
R11	13,6	2,7
311	13,64	5,33
	13,8	2,4
207	13,87	3,53
113	13,95	2,62
	14	1
	14	1,25
	14	1,5
015	14	1,78
	14	2
	14	2,5
	14	3
	14	3,5
	14	4
	14	5
	14,1	1,6
	14,3	2,4
	14,5	2
	14,5	3
	14,6	2,4
	14,8	2,4
	15	1
	15	1,5
	15	2
	15	2,5
	15	3
	15	3,2
	15	3,5
	15	4
	15	5
	15,08	2,62
	15,1	1,6
R12	15,1	2,7
	15,1	4,35
	15,2	1,78
312	15,24	5,33
	15,3	2,4
208	15,47	3,53
	15,5	1,5
	15,5	3
	15,5	3,2
114	15,55	2,62
016	15,6	1,78
	15,6	2,4
	15,8	2,4
	15,88	2,62
	16	1

Norm	ID (mm)	W (mm)
	16	1,25
	16	1,5
	16	1,9
	16	2
	16	2,5
	16	3
	16	3,5
	16	4
	16	4,5
	16	5
	16	6
	16,1	1,6
	16,3	2,4
	16,36	2,21
	16,4	1
	16,5	2
	16,5	2,5
	16,6	2,4
313	16,82	5,33
R13	16,9	2,7
	17	1
	17	1,2
	17	1,5
	17	2
	17	2,5
	17	3
	17	3,5
	17	4
	17	5
209	17,04	3,53
	17,1	1,6
115	17,12	2,62
017	17,17	1,78
	17,3	2,4
	17,4	1,6
	17,46	2,62
	17,5	1
	17,5	1,5
	17,5	2
	17,5	2,5
	17,6	2,4
	17,8	2,4
	17,86	2,62
	17,93	2,46
	18	1
	18	1,5
	18	1,8
	18	2
	18	2,2
	18	2,5
	18	3

Norm	ID (mm)	W (mm)
	18	3,5
	18	4
	18	4,5
	18	5
	18	6
	18,1	1,6
	18,2	3
	18,3	2,4
R15	18,3	3,6
R14	18,4	2,7
314	18,42	5,33
	18,5	1,2
	18,5	1,5
	18,5	2
	18,5	2,5
	18,5	3
	18,6	2,4
210	18,64	3,53
116	18,72	2,62
018	18,77	1,78
	19	1
	19	1,5
	19	2
	19	2,5
	19	3
	19	3,5
	19	4
	19	5
	19,1	1,6
	19,15	1,78
	19,18	2,46
	19,2	3
	19,3	2,4
	19,5	1
	19,5	1,5
	19,5	2
	19,5	2,4
	19,5	3
	19,8	2,4
R16	19,8	3,6
315	19,99	5,33
	20	1
	20	1,3
	20	1,5
	20	2
	20	2,5
	20	2,65
	20	3
	20	3,5
	20	4
	20	4,5

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	20	5
	20	6
	20	8
	20,1	1,6
211	20,22	3,53
	20,3	2,4
117	20,3	2,62
019	20,35	1,78
	20,5	2
	20,5	2,4
	20,5	2,5
	20,63	2,62
	20,8	2,4
	21	1
	21	1,5
	21	2
	21	2,5
	21	3
	21	3,5
	21	4
	21	4,5
	21	5
	21	6
	21	6,5
	21,1	1,6
	21,3	2,4
R17	21,3	3,6
	21,5	1,5
	21,5	2
	21,5	2,4
	21,5	3
	21,5	4,5
316	21,59	5,33
	21,6	2,4
	21,7	3,5
212	21,82	3,53
118	21,9	2,62
	21,92	2,95
020	21,95	1,78
	22	1
	22	1,3
	22	1,5
	22	2
	22	2,5
	22	3
	22	3,5
	22	4
	22	4,5
	22	5
	22,1	1,6
	22,2	3

Norm	ID (mm)	W (mm)
	22,22	2,62
	22,3	2,4
	22,5	1,5
	22,5	2
	22,5	3
	22,6	1,1
	22,8	0,8
	23	1
	23	1,2
	23	1,5
	23	2
	23	2,5
	23	3
R18	23	3,6
	23	4
	23	4,5
	23	5
	23	6
317	23,17	5,33
213	23,39	3,53
119	23,47	2,62
	23,47	2,95
	23,5	1
	23,5	2
	23,5	2,4
021	23,52	1,78
	23,6	2,4
	23,7	3,5
	23,81	2,62
	23,81	2,62
	24	1
	24	1,2
	24	1,5
	24	2
	24	2,5
	24	3
	24	3,5
	24	4
	24	5
	24	5,5
	24	6
	24,2	3
	24,2	5,7
	24,3	2,4
	24,4	3,1
	24,5	2,4
	24,5	3
	24,5	4,5
	24,6	3
R19	24,6	3,6
	24,7	3,5

Norm	ID (mm)	W (mm)
318	24,77	5,33
214	24,99	3,53
	25	1
	25	1,5
	25	2
	25	2,5
	25	3
	25	3,5
	25	4
	25	5
	25	6
	25	7
	25	8
120	25,07	2,62
	25,1	1,6
022	25,12	1,78
	25,2	3
	25,3	2,4
	25,5	3
	25,8	3,53
	26	1
	26	1,2
	26	1,5
	26	2
	26	2,5
	26	3
	26	3,5
	26	4
	26	4,5
	26	5
	26	6
	26,07	2,62
	26,2	3
R20	26,2	3,6
319	26,34	5,33
	26,5	3
215	26,57	3,53
	26,61	2,95
121	26,65	2,62
023	26,7	1,78
	27	1
	27	1,3
	27	1,5
	27	2
	27	2,5
	27	3
	27	3,5
	27	4
	27	5
	27	6
	27,1	1,6

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	27,3	2,4
R20TER	27,3	2,7
	27,5	1,5
	27,5	2
	27,5	2,5
	27,5	3
	27,6	2,4
R21	27,8	3,6
320	27,94	5,33
	28	1
	28	1,2
	28	1,5
	28	2
	28	2,5
	28	3
	28	3,5
	28	4
	28	4,5
	28	5
	28	6
216	28,17	3,53
122	28,25	2,62
024	28,3	1,78
	29	1,5
	29	2
	29	2,5
	29	3
	29	3,5
	29	4
	29	5
	29	8
	29,1	1,6
R20BIS	29,1	2,55
	29,2	3
R22	29,3	3,6
	29,4	1
	29,4	3,1
	29,5	1,5
	29,5	2
	29,5	2,5
	29,5	3
	29,5	4,5
321	29,52	5,33
	29,6	2,4
	29,74	2,95
217	29,74	3,53
123	29,82	2,62
025	29,87	1,78
	29,9	1
	30	1,5
	30	2

Norm	ID (mm)	W (mm)
	30	2,5
	30	3
	30	3,5
	30	4
	30	4,5
	30	5
	30	6
	30	7
	30,2	3
	30,3	2,4
	30,5	1
R23	30,8	3,6
	31	1,5
	31	2
	31	2,5
	31	3
	31	3,5
	31	4
	31	4,5
	31	5
322	31,12	5,33
218	31,34	3,53
124	31,42	2,62
026	31,47	1,78
	31,5	2
	31,5	2,5
	31,5	3
	31,6	2,4
	31,7	3,5
	31,8	1
	31,8	1,4
	31,8	1,5
	32	1
	32	1,5
	32	2
	32	2,5
	32	3
	32	3,5
	32	4
	32	4,5
	32	5
	32	5,7
	32	6
	32	7
	32,1	1,6
	32,2	3
	32,5	3
R24	32,5	3,6
323	32,69	5,33
219	32,92	3,53
	33	1,5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	33	2
	33	2,5
125	33	2,62
	33	3
	33	3,5
	33	4
	33	5
	33	6
027	33,05	1,78
	33,3	2,4
	33,7	3,5
	34	1,5
	34	2
	34	2,5
	34	3
	34	3,5
	34	4
	34	4,5
	34	5
	34	5,5
	34	6
R25	34,1	3,6
	34,2	2
	34,2	3
	34,2	5,7
324	34,29	5,33
	34,4	3,1
	34,5	3
220	34,52	3,53
	34,6	2,4
126	34,6	2,62
028	34,65	1,78
	35	1
	35	1,2
	35	1,5
	35	2
	35	2,5
	35	3
	35	3,5
	35	4
	35	4,5
	35	5
	35	6
	35	10
	35,1	1,6
	35,2	5,7
	35,5	3
R26	35,6	3,6
	35,7	3,5
	36	1,5
	36	1,78

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	36	2
	36	2,5
	36	3,5
	36	4
	36	4,5
	36	5
	36	6
221	36,09	3,53
127	36,17	2,62
	36,2	3
36,5x1	36,5	1
	36,5	2
	36,5	3
	37	1,5
	37	2
	37	2,5
	37	3
	37	3,5
	37	4
	37	4,5
	37	5
	37	6
	37,1	1,6
	37,2	3
	37,2	5,7
R27	37,3	3,6
	37,47	3
325	37,47	5,33
	37,5	3
	37,5	3
	37,5	4,5
	37,6	2,4
222	37,69	3,53
128	37,77	2,62
029	37,82	1,78
	38	1
	38	1,5
	38	2
	38	2,5
	38	3
	38	3,5
	38	4
	38	4,5
	38	5
	38	6
	38	7
	38	10
	39	1
	39	1,5
	39	2
	39	2,5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	39	3
	39	3,5
	39	4
	39	4,5
	39	5
	39	5,5
	39	6
	39	6,5
	39,2	3
	39,2	5,7
129	39,35	2,62
	39,4	3,1
	39,45	1,78
	39,5	1,5
	39,5	2
	39,5	3
	39,6	2,4
	39,69	3,53
	39,7	3,5
	40	1
	40	1,2
	40	1,5
	40	2
	40	2,5
	40	3
	40	3,5
	40	4
	40	4,5
	40	5
	40	6
	40	7
	40,2	3
326	40,64	5,33
223	40,87	3,53
130	40,95	2,62
	41	1,5
030	41	1,78
	41	2
	41	2,5
	41	3
	41	3,5
	41	4
	41	4,5
	41	5
	41,2	5,7
	41,28	3,53
	41,5	3
	41,6	2,4
	41,7	3,5
	42	1
	42	1,5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	42	2
	42	2,5
	42	3
	42	3,5
	42	4
	42	4,5
	42	5
	42	5,5
	42	6
	42	7
	42	8
	42	10
	42,1	1,15
	42,2	3
	42,5	3
	42,5	5,33
131	42,52	2,62
	42,86	3,53
	43	1,5
	43	2
	43	2,5
	43	3
	43	3,5
	43	4
	43	4,5
	43	5
	43	6
	43,4	3,6
	43,69	3
327	43,82	5,33
	44	1,5
	44	2
	44	2,5
	44	3
	44	3,5
	44	4
	44	4,5
	44	5
	44	6
224	44,04	3,53
132	44,12	2,62
031	44,17	1,78
	44,2	3
	44,2	5,7
	44,4	3,1
	44,45	3,53
	44,5	3
	44,6	2,4
	45	1,5
	45	2
	45	2,5

14.B. Standard Metric O-ring Sizes

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	I.D. (mm)	W (mm)
	45	3
	45	3,5
	45	4
	45	4,5
	45	5
	45	5,5
	45	6
	45	7
	45,3	5,7
	45,5	1,5
133	45,7	2,62
	45,84	1,78
	46	1,5
	46	2
	46	2,5
	46	3
	46	4
	46	4,5
	46	5
	46	6
	46,04	3,53
328	46,99	5,33
	47	1,5
	47	2
	47	2,5
	47	3
	47	3,5
	47	4
	47	4,5
	47	5
	47	6
	47	7
	47,2	5,7
225	47,22	3,53
134	47,3	2,62
032	47,35	1,78
	47,6	2,4
	47,63	3,53
	48	1,5
	48	2
	48	2,5
	48	3
	48	3,5
	48	4
	48	4,5
	48	5
	48	6
	48	6,5
	48	7
	48	8
135	48,9	2,62

Norm	I.D. (mm)	W (mm)
	49	1
	49	1,5
	49	2
	49	2,5
	49	3
	49	3,5
	49	4
	49	4,5
	49	5
	49	6
	49	6,5
	49,2	5,7
	49,21	3,53
	49,4	3,1
	49,5	3
	49,6	2,4
	50	1,5
	50	2
	50	2,5
	50	3
	50	3,5
	50	4
	50	4,5
	50	5
	50	5,5
	50	6
	50	6,5
	50	7
	50	16
329	50,17	5,33
226	50,39	3,53
136	50,47	2,62
033	50,52	1,78
	51	2
	51	2,5
	51	3
	51	3,5
	51	4
	51	4,5
	51	5
	51,1	1,6
	51,2	5,7
	51,6	2,4
	52	1,5
	52	2
	52	2,5
	52	3
	52	3,5
	52	4
	52	5
	52	6

Norm	I.D. (mm)	W (mm)
	52	8
137	52,07	2,62
	52,39	3,53
	52,5	5,7
	53	1,5
	53	2
	53	2,5
	53	3
	53	3,5
	53	4
	53	4,5
	53	5
	53	5,7
	53	6
330	53,34	5,33
	53,5	1,2
227	53,57	3,53
138	53,64	2,62
034	53,7	1,78
	53,98	3,53
	54	1,5
	54	2
	54	2,5
	54	3
	54	3,5
	54	4
	54	5
	54	5,5
	54	6
	54	7
	54	8
	54,2	3
	54,2	5,7
	54,4	3,1
	54,5	3
	54,6	2,4
	54,6	5,7
	55	1,5
	55	2
	55	2,5
	55	3
	55	3,5
	55	4
	55	5
	55	6
	55	7
	55,2	5,7
139	55,25	2,62
	55,56	3,53
	55,7	3,75
	56	1,5

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	56	2
	56	2,5
	56	3
	56	3,5
	56	4
	56	4,5
	56	5
331	56,52	5,33
228	56,75	3,53
140	56,82	2,62
035	56,87	1,78
	57	1,5
	57	2
	57	2,5
	57	3
	57	3,5
	57	4
	57	4,5
	57	5
	57	6
	57	6,5
	57	7
	57	8
	57	16
	57,15	3,53
	57,2	5,7
	57,6	2,4
	58	1,5
	58	2
	58	2,5
	58	3
	58	3,5
	58	4
	58	5
	58	6
	58	7
141	58,42	2,62
	58,74	3,53
	59	1,5
	59	2
	59	2,5
	59	3
	59	3,5
	59	4
	59	5
	59	10
	59,2	5,7
	59,4	3,1
	59,5	3
	59,6	2,4
332	59,69	5,33

Norm	ID (mm)	W (mm)
229	59,92	3,53
142	59,99	2,62
	60	1
	60	1,5
	60	2
	60	2,5
	60	3
	60	3,5
	60	4
	60	4,5
	60	5
	60	6
	60	7
	60	8
036	60,05	1,78
	60,33	3,53
	61	2
	61	2,5
	61	3
	61	3,5
	61	4
	61	4,5
	61	5
	61	6
	61,2	5,7
	61,6	2,4
143	61,6	2,62
	61,91	3,53
	62	1,5
	62	2
	62	2,5
	62	3
	62	3,5
	62	4
	62	5
	62	5,5
	62	6
	62,2	5,7
333	62,87	5,33
	63	1,5
	63	2
	63	2,5
	63	3
	63	3,5
	63	4
	63	4,5
	63	5
	63	6
	63	7
	63	9
230	63,09	3,53

Norm	ID (mm)	W (mm)
144	63,17	2,62
037	63,22	1,78
	63,5	3,53
	64	1,5
	64	2
	64	2,5
	64	3
	64	3,5
	64	4
	64	4,5
	64	5
	64	6
	64,2	5,7
	64,4	3,1
	64,5	3
	64,6	2,4
145	64,77	2,62
	65	1,5
	65	2
	65	2,5
	65	3
	65	3,5
	65	4
	65	4,5
	65	5
	65	6
	65,09	3,53
	66	1,5
	66	2
	66	2,5
	66	3
	66	3,5
	66	4
	66	4,5
	66	5
	66	6
334	66,04	5,33
231	66,27	3,53
146	66,34	2,62
038	66,4	1,78
	66,68	3,53
	67	1,5
	67	2
	67	2,5
	67	3
	67	3,5
	67	4
	67	5
	67	6
	67,2	5,7
	67,6	2,4

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
147	67,95	2,62
	68	1,5
	68	2
	68	2,5
	68	3
	68	3,5
	68	4
	68	4,5
	68	5
	68	6
	68	7
	68	8
	68,26	3,53
	69	1,5
	69	2
	69	2,5
	69	3
	69	3,5
	69	4
	69	4,5
	69	5
	69	6
	69,2	5,7
335	69,22	5,33
232	69,44	3,53
	69,5	3
148	69,52	2,62
039	69,57	1,78
	69,6	2,4
	69,85	3,53
	70	1,5
	70	2
	70	2,5
	70	3
	70	3,5
	70	4
	70	4,5
	70	5
	70	5,5
	70	6
	70	6,5
	70	7
	70	8
	70	10
	71	2
	71	2,5
	71	3
	71	3,5
	71	4
	71	4,5
	71	5

Norm	ID (mm)	W (mm)
149	71,12	2,62
	71,2	5,7
	71,44	3,53
	72	1,5
	72	2
	72	2,5
	72	3
	72	3,5
	72	4
	72	5
	72	5,5
	72	6
	72	10
	72,2	5,7
336	72,39	5,33
233	72,62	3,53
150	72,7	2,62
040	72,75	1,78
	73	1,5
	73	2
	73	2,5
	73	3
	73	3,5
	73	4
	73	4,5
	73	5
	73	6
	73,03	3,53
	74	1,5
	74	2
	74	2,5
	74	3
	74	3,5
	74	4
	74	4,5
	74	5
	74	6
	74	7
	74	8
	74,2	5,7
	74,3	2,62
	74,4	3,1
	74,5	3
	74,6	5,7
	74,61	3,53
	74,63	5,33
	75	1,5
	75	2
	75	2,5
	75	3
	75	3,5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	75	4
	75	4,5
	75	5
	75	6
	75	7
	75	7,5
	75	9
337	75,57	5,33
234	75,8	3,53
151	75,87	2,62
041	75,92	1,78
	76	1,5
	76	2
	76	2,5
	76	3
	76	3,5
	76	4
	76	4,5
	76	5
	76	6
	77	1,5
	77	2
	77	2,5
	77	3
	77	3,5
	77	4
	77	5
	77,2	5,7
	77,5	2,62
	78	1,5
	78	2
	78	2,5
	78	3
	78	3,5
	78	4
	78	5
	78	6
338	78,74	5,33
235	78,97	3,53
	79	1,5
	79	1,78
	79	2
	79	2,5
	79	3
	79	3,5
	79	4
	79	5
	79	6
	79,2	5,7
	79,4	3,1
	79,5	3

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	79,77	5,33
	80	2
	80	2,5
	80	3
	80	3,5
	80	4
	80	4,5
	80	5
	80	6
	80	8
	80	10
	80,6	2,62
	81	2
	81	2,5
	81	3
	81	3,5
	81	4
	81	4,5
	81	5
	81	6
	81,2	5,7
339	81,92	5,33
	82	1,5
	82	2
	82	2,5
	82	3
	82	3,5
	82	4
	82	5
	82	7
	82	8
236	82,14	3,53
	82,2	5,7
152	82,22	2,62
042	82,27	1,78
	83	2
	83	2,5
	83	3
	83	3,5
	83	4
	83	4,5
	83	5
	83	5,5
	83,8	2,62
	84	1,5
	84	2
	84	2,5
	84	3
	84	3,5
	84	4
	84	5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	84	6
	84	9
	84,2	5,7
	84,4	3,1
	84,5	3
	85	1,5
	85	2
	85	2,5
	85	3
	85	3,5
	85	4
	85	4,5
	85	5
	85	6
	85	7
340	85,09	5,33
237	85,32	3,53
	85,34	1,78
	86	1,6
	86	2
	86	2,5
	86	3
	86	3,5
	86	4
	86	4,5
	86	5
	86	6
	86,5	4
	87	1,5
	87	2
	87	2,5
	87	3
	87	3,5
	87	4
	87	5
	87,2	5,7
	87,45	6,98
	88	1,5
	88	2
	88	2,5
	88	3
	88	3,5
	88	4
	88	4,5
	88	5
	88	6
341	88,27	5,33
	88,3	7
238	88,49	3,53
153	88,57	2,62
043	88,62	1,78

Norm	ID (mm)	W (mm)
	89	1,5
	89	2
	89	2,5
	89	3
	89	3,5
	89	4
	89	4,5
	89	5
	89,2	5,7
	89,4	3,1
	89,5	3
	89,69	5,34
	90	2
	90	2,5
	90	3
	90	3,5
	90	4
	90	4,5
	90	5
	90	6
	90	7
	90	8
	90	10
	91	2
	91	2,5
	91	3
	91	3,5
	91	4
	91	5
342	91,44	5,33
239	91,67	3,53
	91,7	1,78
	92	1,5
	92	2
	92	2,5
	92	3
	92	3,5
	92	4
	92	4,5
	92	5
	92	6
	92	10
	92,2	5,7
	92,75	2,62
	93	2
	93	2,5
	93	3
	93	3,5
	93	4
	93	5
	93	6

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	94	2
	94	2,5
	94	3
	94	3,5
	94	4
	94	5
	94	8
	94,1	5,7
	94,4	3,1
	94,5	3
343	94,62	5,33
240	94,84	3,53
154	94,92	2,62
044	94,97	1,78
	95	1,5
	95	2
	95	2,5
	95	3
	95	3,5
	95	4
	95	4,5
	95	5
	95	6
	95	7
	95	8
	96	1,5
	96	2
	96	2,5
	96	3
	96	3,5
	96	4
	96	5
	96	6
	96	8
	96,6	1,6
	97	1,5
	97	2
	97	2,5
	97	3
	97	3,5
	97	4
	97	5
	97,2	5,7
344	97,79	5,33
	98	1,2
	98	1,5
	98	2
	98	2,5
	98	3
	98	3,5
	98	4
	98	4,5
	98	5
	98	6
241	98,02	3,53
	98,05	1,78
	99	2
	99	2,5
	99	3
	99	3,5
	99	4
	99	5
	99	6
	99,2	5,7
	99,4	3,1
	99,5	3
	99,6	5,7
	100	1,5
	100	2
	100	2,5
	100	3
	100	3,5
	100	4
	100	4,5
	100	5
	100	5,34
	100	6
	100	7
	100	8
	100	10
	100,95	1,6
345	100,97	5,33
	101	2,5
	101	3
	101	4,3
	101	4,5
242	101,2	3,53
155	101,27	2,62
045	101,32	1,78
	101,6	5,7
	102	2
	102	2,5
	102	3
	102	3,5
	102	4
	102	5
	103	2
	103	2,5
	103	3
	103	3,5
	103	4
	103	5
	103	6
346	104,14	5,33
243	104,37	3,53
	104,4	1,78
	104,4	3,1
	104,5	3
	105	2
	105	2,5
	105	3
	105	3,5
	105	4
	105	4,5
	105	5
	105	6
	105	7
	106	2
	106	2,5
	106	3
	106	3,5
	106	4
	106	6
	106	7
	106,5	2,4
	107	2,5
	107	3
	107	4
	107	5
347	107,32	5,33
244	107,54	3,53
156	107,62	2,62
046	107,67	1,78
	108	3
	108	3,2
	108	3,5
	108	4
	108	5
	108	6
	108	8
	109	2
	109	2,5
	109	3
	109	3,5
	109	4
	109	5
	109	5,5
	109	7

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	109,2	5,7
	109,4	3,1
	109,5	3
	109,5	5,33
	109,5	5,5
	110	2
	110	2,5
	110	3
	110	3,5
	110	4
	110	4,5
	110	5
	110	6
	110	7
	110	11
348	110,49	5,33
245	110,72	3,53
	110,74	1,78
	111	3
	111	5
	111	6
	112	2
	112	2,5
	112	3
	112	4
	112	5
	112	6
	113	2,5
	113	3
	113	3,5
	113	4
	113	5
349	113,67	5,33
425	113,67	7
246	113,89	3,53
157	113,97	2,62
	114	2,5
	114	3
	114	4
	114	5
	114	5,5
	114	6
	114	8
	114	9
047	114,02	1,78
	114,3	5,7
	114,4	3,1
	114,5	3
	114,7	7
	115	1
	115	1,6

Norm	ID (mm)	W (mm)
	115	2
	115	2,5
	115	3
	115	4
	115	4,5
	115	5
	115	6
	116	2,5
	116	3
	116	4
350	116,84	5,33
426	116,84	7
	117	2,5
	117	2,7
	117	3
	117	4
	117	5
247	117,07	3,53
	117,1	1,78
	117,5	5,34
	118	3
	118	4
	118	5
	118	6
	119	3
	119	4
	119	5
	119,2	5,7
	119,4	3,1
	119,5	3
	120	2
	120	3
	120	3,5
	120	4
	120	5
	120	6
	120	10
351	120,02	5,33
427	120,02	7
248	120,25	3,53
158	120,32	2,62
048	120,37	1,78
	121	4
	121	5
	121,5	2,2
	122	2,5
	122	3
	122	3,5
	122	4
	122	5
	122	6

Norm	ID (mm)	W (mm)
	123	3
	123	4
	123	5
	123	6
	123	6,3
352	123,19	5,33
428	123,19	7
249	123,42	3,53
	123,44	1,78
	124	3
	124	3,25
	124	4
	124	5
	124	6
	124	18
	124,3	5,7
	124,4	3,1
	124,5	3
	125	2,4
	125	2,5
	125	3
	125	3,5
	125	4
	125	5
	125	6
	125	8,3
	125,6	2
	126	3
	126	4
	126	5
	126	6
353	126,37	5,33
429	126,37	7
250	126,6	3,53
159	126,67	2,62
049	126,72	1,78
	127	3
	127	4
	127	5
	128	2
	128	3
	128	4
	128	5
	128	6
	129	2,5
	129	3
	129	4
	129	5
	129,2	5,7
	129,4	1,78
	129,4	3,1

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	129,5	3
354	129,54	5,33
430	129,54	7
251	129,77	3,53
	130	2
	130	2,5
	130	3
	130	4
	130	5
	130	6
	130	8
	130,2	5,34
	130,5	3
	131	2,5
	131	3
	131	4
	131	5
	131,2	5,7
	132	3
	132	4
	132	5
	132	6
	132	8
355	132,72	5,33
431	132,72	7
252	132,95	3,53
	133	3
	133	4
	133	5
160	133,02	2,62
050	133,07	1,78
	134	3
	134	4
	134	5
	134	6
	134,3	5,7
	134,4	3,1
	134,5	3
	134,5	6,99
	135	2,5
	135	3
	135	4
	135	5
	135	6
	135	10
	135,76	1,78
356	135,89	5,33
432	135,89	7
	136	3
	136	4
	136	5
	136	6
253	136,12	3,53
	137	3
	137	4
	137	5
	138	2,1
	138	3
	138	3,5
	138	4
	138	5
	138	6
	138,94	1,78
	139	3
	139	4
	139	5
357	139,07	5,33
433	139,07	7
254	139,3	3,53
	139,3	5,7
161	139,37	2,62
	139,4	3,1
	139,5	3
	139,7	5,34
	140	2
	140	2,5
	140	3
	140	4
	140	5
	140	6
	140	8
	140	10
	141	3
	141	4
	141	5
	142	3
	142	4
	142	5
	142	6
	142,11	1,78
358	142,24	5,33
434	142,24	7
255	142,47	3,53
	143	3
	143	4
	143	5
	144	3
	144	4
	144	5
	144,1	8,4
	144,3	5,7
	144,4	3,1
	144,5	3
	144,6	5,7
	145	2
	145	2,5
	145	3,5
	145	4
	145	5
	145	5,5
	145,29	1,78
359	145,42	5,33
435	145,42	7
256	145,64	3,53
162	145,72	2,62
	146	3
	146	4
	146	5
	146	6
	146,04	5,33
	147	3
	147	4
	147	5
	148	3
	148	4
	148	5
	148	6
	148	8
	148,46	1,78
360	148,59	5,33
436	148,59	7
257	148,82	3,53
	149	3
	149	4
	149	5
	149,1	8,4
	149,2	5,33
	149,2	5,7
	149,5	3
	149,6	5,7
	150	2
	150	2,5
	150	3
	150	3,5
	150	4
	150	5
	150	6
	150	8
	151,46	1,78
361	151,77	5,33
437	151,77	7
	152	3
258	152	3,53

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	152	4
	152	5
163	152,07	2,62
	153	4,5
	153	5
	153	6
	154	3
	154	4
	154	5
	154	6
	154,1	8,4
	154,3	5,7
	154,5	3
	154,8	5,7
	155	3
	155	4
	155	5
	155	5,33
	155	6
	155,6	7
	156	3
	156	4
	156	5
	156	6
	157	3
	157	4
	157	4,5
	157	5
	157	6
	158	1,78
	158	3
	158	4
	158	5
	158	6
362	158,12	5,33
438	158,12	7
259	158,34	3,53
164	158,42	2,62
	159,1	8,4
	159,3	5,7
	159,5	3
	159,5	7
	159,8	5,7
	160	2
	160	3
	160	3,5
	160	4
	160	5
	160	6
	160	8
	160	10

Norm	ID (mm)	W (mm)
	161,3	5,33
	161,6	2,4
	161,9	7
	162	3
	162	4
	162	5
	162	6
	164,1	8,4
	164,2	5,7
363	164,47	5,33
439	164,47	7
	164,5	3
260	164,7	3,53
165	164,77	2,62
	164,8	5,7
	165	2
	165	3
	165	4
	165	5
	165	6
	165	7
	166,7	7
	167	3
	167,7	5,33
	168	3
	168	4
	168	5
	168	5,7
	168,3	7
	169	4
	169	5
	169,1	8,4
	169,3	5,7
	169,5	3
	169,8	5,7
	170	2
	170	3
	170	4
	170	5
	170	6
364	170,82	5,33
440	170,82	7
261	171,04	3,53
166	171,12	2,62
	172	3
	172	4
	172	5
	172	6
	174	3
	174	3,2
	174	4

Norm	ID (mm)	W (mm)
	174	5
	174	6
	174,1	8,4
	174,2	5,7
	174,5	3
	174,6	7
	174,8	5,7
	175	2,5
	175	3
	175	4
	175	5
	175	6
365	177,17	5,33
441	177,17	7
262	177,4	3,53
167	177,47	2,62
	178	3
	178	4
	178	5
	178	6
	178	10
	179	3
	179,1	8,4
	179,3	5,7
	179,5	3
	179,8	5,7
	180	2
	180	3
	180	4
	180	5
	180	6
	180	8
	181	7
	182	3
	182	4
	182	5
	182	6
	183,5	3
366	183,52	5,33
442	183,52	7
263	183,74	3,53
168	183,82	2,62
	184	4
	184	5
	184	6
	184,1	8,4
	184,3	5,7
	184,5	3
	184,8	5,7
	185	3
	185	4

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	185	5
	185	6
	186	3
	186	3
	186	4
	187,3	7
	188	3
	188	4
	188	5
	188	6
	189,1	8,4
	189,2	5,7
	189,5	3
	189,8	5,7
367	189,87	5,33
443	189,87	7
	190	3
	190	4
	190	5
	190	6
264	190,1	3,53
169	190,17	2,62
	192	3
	192	4
	192	5
	192	7
	193,3	4
	194	2
	194	4
	194	6,1
	194,1	8,4
	194,3	5,7
	194,5	3
	195	3,5
	195	4
	195	5
	195	6
	195	6,75
	195	8
	195	10
368	196,22	5,33
444	196,22	7
265	196,44	3,53
170	196,52	2,62
	197	3
	198	4
	198	5
	198	6
	199,1	8,4
	199,2	5,7
	199,5	3

Norm	ID (mm)	W (mm)
	199,8	5,7
	200	2
	200	3
	200	4
	200	5
	200	6
	200	7
	200	8
	200	15
	202	5
	202	5,5
	202	6
369	202,57	5,33
445	202,57	7
266	202,8	3,53
171	202,87	2,62
	203	3
	203	4
	203	4
	203	5
	203	6
	204	6
	204,2	5,7
	205	2
	205	3
	205	4
	205	4,5
	205	5
	205	6
	205	9
	205	10
	206	6
	208	3
	208	4
	208	5
	208	6
	208,9	7
370	208,92	5,33
	209,1	8,4
267	209,14	3,53
172	209,22	2,62
	209,3	5,7
	209,5	3
	210	2
	210	3
	210	4
	210	5
	210	6
	210	8
	212	3
	212	4

Norm	ID (mm)	W (mm)
	212	5
	212	6
	212	6,3
	212	7
	214,3	5,7
	215	3
	215	4
	215	5
	215	6
371	215,27	5,33
446	215,27	7
268	215,5	3,53
173	215,57	2,62
	216	8
	217	5
	218	3
	218	4
	218	4,5
	218	5
	218	5,8
	218	6
	219,1	8,4
	219,3	5,7
	219,5	3
	219,5	3,2
	220	3
	220	4
	220	5
	220	6
	220	10
	221,6	6,99
372	221,62	5,33
269	221,84	3,53
174	221,92	2,62
	222	6
	224	3,8
	225	3
	225	4
	225	5
	225	10
	226	8
	227	3,2
373	227,97	5,33
447	227,97	7
	228	3
	228	4
	228	5
	228	10
270	228,2	3,53
175	228,27	2,62
	229	6

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	229,1	8,4
	229,3	5,7
	229,5	3
	230	3
	230	4
	230	5
	230	6
	230	8
	232	3
	233	3
	234,3	5,7
	234,3	6,99
374	234,32	5,33
271	234,55	3,53
176	234,62	2,62
	235	3
	235	4
	235	5
	235	6
	235	8
	236	12
	238	5
	238	6
	239,1	8,4
	239,3	5,7
	239,5	3
	240	3
	240	4
	240	5
	240	6
	240	8
	240	10
375	240,67	5,33
448	240,67	7
272	240,9	3,53
177	240,97	2,62
	242	8
	245	3
	245	3,5
	245	4
	245	5
	245	8
	246	4
	247	3
	247	5
	247	6
	247	7
376	247,02	5,33
273	247,25	3,53
178	247,32	2,62
	248	5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	249,1	8,4
	249,3	5,7
	249,5	3
	250	3
	250	4
	250	5
	250	6
	250	6,5
	250	7
	250	8
	250	10
	253	8
377	253,37	5,33
449	253,37	7
274	253,6	3,53
	254	8
	255	3
	255	4
	255	5
	255	5,7
	258	4
	258	6
	259,3	3
	259,3	5,7
	259,7	7
	260	3
	260	4
	260	5
	260	6
	260	8
	262	2
	262	4
	262	5
	264	3
	264	10
	265	4
	265	5
	265	6
	265	8
	265,3	3
378	266,07	5,33
450	266,07	7
275	266,29	3,53
	268	4
	268	5
	268,8	8,4
	269,3	5,7
	270	3
	270	4
	270	5
	270	6

Norm	ID (mm)	W (mm)
	270	10
	272,4	6,99
	275	2
	275	3
	275	4
	275	5
	275	6
	278	4
	278	5
	278	6
379	278,77	5,33
451	278,77	7
276	278,99	3,53
	278,99	3,83
	279	8
	279,3	5,7
	280	3
	280	4
	280	5
	280	6
	280	8
	280	10
	283	3,5
	285	3
	285	4
	285	5
	285	6
	285,1	7
	288	4
	288	5
	288	6
	289,3	5,7
	290	2
	290	3
	290	4
	290	5
	290	6
380	291,47	5,33
452	291,47	7
277	291,69	3,53
	292	10
	295	4
	295	5
	295	6
	297	4
	297,8	7
	298	4
	298	5
	299,3	5,7
	300	3
	300	4

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	300	5
	300	6
	300	6,3
	300	7
	300	7
	300	9
	300	10
381	304,17	5,33
453	304,17	7
278	304,39	3,53
	305	4
	305	5
	305	6
	305	10
	308	4
	308	5
	309	3
	309,3	5,7
	310	4
	310	5
	310	6
	310	8
	310	16
	310,5	7
	311	6
	312	4
	312	5
	315	3
	315	4
	315	5
	315	5,33
	315	6
	315	6,3
	315	10
	316	9
454	316,87	7
	318	4
	318	5
	319,2	3,53
	319,3	5,7
	320	3
	320	3,5
	320	4
	320	5
	320	6
	320	6,5
	320	7
	320	8
	320	10
	325	4
	325	5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	325	6
	325	10
	326	8
	328	10
382	329,57	5,33
455	329,57	7
279	329,79	3,53
	330	3
	330	4
	330	5
	330	5,7
	330	6
	330	6,5
	330	8
	330	10
	335	4
	335	5
	335	6
	339	8,4
	339,3	5,7
	340	4
	340	5
	340	6
	340	10
	340	16
	342	5
456	342,27	7
	344	6,99
	345	4
	345	5
	345	6
	346	10
	347	6
	349,3	5,7
	350	3
	350	4
	350	5
	350	6
	350	8
383	354,97	5,33
457	354,97	7
	355	3
	355	4
	355	5
	355	6
280	355,19	3,53
	357	12
	358	6
	359,3	5,7
	360	4
	360	5

Norm	ID (mm)	W (mm)
	360	6
	360	7
	360	7,5
	360	8
	360	9
	360	10
	363	5,33
	365	4
	365	5
	365	6
458	367,67	7
	370	4
	370	5
	370	6
	374	5
	374	8
	375	4
	375	5
	375	6
	375	7
	375	8,4
	378	4
	378	12
	379,3	5,7
	380	4
	380	5
	380	6
	380	8
	380	10
384	380,37	5,33
459	380,37	7
281	380,59	3,53
	385	3
	385	4
	385	5
	385	6
	387	20
	390	3,5
	390	4
	390	5
	390	6
	390	9
	390	16
	391	8
	392	6
460	393,07	7
	394	8,4
	395	4
	395	5
	395	6
	395	8

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	396	12
	399,3	5,7
	400	2
	400	3
	400	4
	400	5
	400	6
	400	7
	400	8
	402	4
	402	9
282	405,26	3,53
385	405,26	5,33
461	405,26	7
	406	3,1
	410	4
	410	5
	410	6
	410	7
	410	8
	410	9
	412	8
	415	5
	415	6
	415	7
462	417,96	7
	419,1	8,4
	419,3	5,7
	420	4
	420	6
	420	8
	420	9
	420	10
	422	6
	422,2	6,2
	422,2	6,9
	425	4
	425	5
	425	6
	425	7
	425	8
	426	5,7
	427	5
	429	6
	430	8,4
283	430,66	3,53
386	430,66	5,33
463	430,66	7
	434	10
	439,3	5,7
	440	3

Norm	ID (mm)	W (mm)
	440	4
	440	7
464	443,36	7
	445	5
	445	9
	450	4
	450	6
	450	7
	450	8
	450	10
	451	9
	454	8,4
	455	5
284	456,06	3,53
387	456,06	5,33
465	456,06	7
	459,3	5,7
	460	5
	460	6
	460	7
	460	8
	460	12
	461	8,4
	462	10
	462	15
	465	5
466	468,76	7
	470	4
	470	5
	470	6
	470	8
	470	10
	475	8
	475	10
	478	6
	479,3	5,7
	480	4
	480	5
	480	6
	480	7
	480	8
	480	9
	480	10
388	481,38	5,33
467	481,46	7
	483	8,4
	485	5
	485	5,7
	485	8
	488	6
	489	6

Norm	ID (mm)	W (mm)
	490	5
	490	7
	490	8
	490	10
	490	16
	491,49	5,33
	492	4
468	494,16	7
	498	14
	499,3	5,7
	500	3,53
	500	5
	500	6
	500	7
	500	8
	500	9
	500	10
	502	16
	505	3
	505	4
	505	6
	505	10
389	506,78	5,33
469	506,86	7
	510	5
	515	7
	515	8
	517	5,33
	518,5	3
	519,3	5,7
	520	8
	520	10
	520,06	7
	525	5
	525	6
	525	8
	529,3	5,7
	530	4
	530	5
	530	6
	530	7
	530	10
390	532,18	5,33
470	532,26	7
	534	16
	540	10
	541	14
	545	5,7
	545	9
ASA100	545,47	7
	550	5

14 B. Metrische Standard Abmessungen

**Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.*

Norm	ID (mm)	W (mm)
	550	6
	550	7
	550	8
	552	4
	552	5,33
	554,3	5,7
391	557,58	5,33
471	557,66	7
	560	8
	560	10
	562	7,5
	566	6,35
	570	10
	573	7
	575	4
	577	20
	577	21
	580	8
	580	9
	580	10
392	582,68	5,33
472	582,68	7
	584	8,4
	585	16
	590	6
	590	10
	594	5,7
	595	6
	595	8
ASA104	596,27	7
	600	7
	600	8
	600	10
393	608,08	5,33
473	608,08	7
	610	6
	610	6,35
	614	7
	617	8
	620	5
	620	8
	620	10
	625	3
	626	7
	630	8
394	633,48	5,33
474	633,48	7
	635	8
	637	10
	638	8
	640	7

Norm	ID (mm)	W (mm)
	643	7
	650	7
	650	8
	650	10
395	658,88	5,33
475	658,88	7
	660	9
	660	10
	665	6
	670	7
	670	8
	674	7
	675	8
	680	7
	680	8
	680	8,4
	680	16
	685	7
	690	10
	695	8
	699	7
	700	8
	700	10
	702	20
	705	5,33
	705	7
	710	8,4
	724	7
	725	5,7
	725	9
	730,5	7
	735	7
	736	5,33
	739	7
	740	8,4
	743	10
	745	7
	760	7
	763	10
	770	4
	774,1	8,4
	776	7
	790	6,3
	790	10
	799	12
	800	7
	800	8
	805	20
	805	21
	810	9
	820	7

Norm	ID (mm)	W (mm)
	836	3
	845	10
	847	5,33
	850	7
	860	7
	870	5,33
	875	8
	876	7
	878	5,33
	880	7
	890	5,33
	890	5,7
	900	7
	920	7
	925	10
	930	8
	932,5	7
	950	10
	957	7
	975	5,33
	997	7
	1000	10
	1011	7
	1014	5,33
	1029	6,35
	1040	7
	1045	5,33
	1075	7
	1089	6,99
	1100	6,99
	1142	7
	1185	7
	1245	7

Viele andere Abmessungen sind auf Anfrage in verschiedenen Compounds erhältlich.

Bitte setzen Sie sich mit uns für eine Hilfestellung bei der Wahl eines spezifischen O-Rings in Verbindung.

14 C. JIS-Abmessungen

Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180. **JIS-Abmessungen**

Abmessung	ID		Schnurstärke (W)		ID		Schnurstärke (W)
	Zoll	±	Zoll	±	Millimeter	±	Millimeter
S-3	0,098	0,006	0,059	0,004	2,5	0,15	1,5
S-4	0,138	0,006	0,059	0,004	3,5	0,15	1,5
S-5	0,177	0,006	0,059	0,004	4,5	0,15	1,5
S-6	0,217	0,006	0,059	0,004	5,5	0,15	1,5
S-7	0,256	0,006	0,059	0,004	6,5	0,15	1,5
S-8	0,295	0,006	0,059	0,004	7,5	0,15	1,5
S-9	0,335	0,006	0,059	0,004	8,5	0,15	1,5
S-10	0,374	0,006	0,059	0,004	9,5	0,15	1,5
S-11.2	0,421	0,006	0,059	0,004	10,7	0,15	1,5
S-12	0,453	0,006	0,059	0,004	11,5	0,15	1,5
S-12.5	0,472	0,006	0,059	0,004	12,0	0,15	1,5
S-14	0,531	0,006	0,059	0,004	13,5	0,15	1,5
S-15	0,571	0,006	0,059	0,004	14,5	0,15	1,5
S-16	0,610	0,006	0,059	0,004	15,5	0,15	1,5
S-18	0,689	0,006	0,059	0,004	17,5	0,15	1,5
S-20	0,768	0,006	0,059	0,004	19,5	0,15	1,5
S-22	0,846	0,006	0,059	0,004	21,5	0,15	1,5
S-22.4	0,862	0,006	0,079	0,004	21,9	0,15	2,0
S-24	0,925	0,006	0,079	0,004	23,5	0,15	2,0
S-25	0,965	0,006	0,079	0,004	24,5	0,15	2,0
S-26	1,004	0,006	0,079	0,004	25,5	0,15	2,0
S-28	1,083	0,006	0,079	0,004	27,5	0,15	2,0
S-29	1,122	0,006	0,079	0,004	28,5	0,15	2,0
S-30	1,161	0,006	0,079	0,004	29,5	0,15	2,0
S-31.5	1,220	0,006	0,079	0,004	31,0	0,15	2,0
S-32	1,240	0,006	0,079	0,004	31,5	0,15	2,0
S-34	1,319	0,006	0,079	0,004	33,5	0,15	2,0
S-35	1,358	0,006	0,079	0,004	34,5	0,15	2,0
S-35.5	1,378	0,006	0,079	0,004	35,0	0,15	2,0
S-36	1,398	0,006	0,079	0,004	35,5	0,15	2,0
S-38	1,476	0,006	0,079	0,004	37,5	0,15	2,0
S-39	1,516	0,006	0,079	0,004	38,5	0,15	2,0
S-40	1,555	0,006	0,079	0,004	39,5	0,15	2,0
S-42	1,634	0,010	0,079	0,004	41,5	0,25	2,0
S-44	1,713	0,010	0,079	0,004	43,5	0,25	2,0
S-45	1,752	0,010	0,079	0,004	44,5	0,25	2,0
S-46	1,791	0,010	0,079	0,004	45,5	0,25	2,0
S-48	1,870	0,010	0,079	0,004	47,5	0,25	2,0
S-50	1,949	0,010	0,079	0,004	49,5	0,25	2,0
S-53	2,067	0,010	0,079	0,004	52,5	0,25	2,0
S-55	2,146	0,010	0,079	0,004	54,5	0,25	2,0
S-56	2,185	0,010	0,079	0,004	55,5	0,25	2,0
S-60	2,343	0,010	0,079	0,004	59,5	0,25	2,0
S-63	2,461	0,010	0,079	0,004	62,5	0,25	2,0
S-65	2,539	0,010	0,079	0,004	64,5	0,25	2,0
S-67	2,618	0,010	0,079	0,004	66,5	0,25	2,0
S-70	2,736	0,010	0,079	0,004	69,5	0,25	2,0
S-71	2,776	0,016	0,079	0,004	70,5	0,40	2,0
S-75	2,933	0,016	0,079	0,004	74,5	0,40	2,0
S-80	3,130	0,016	0,079	0,004	79,5	0,40	2,0
S-85	3,327	0,016	0,079	0,004	84,5	0,40	2,0
S-90	3,524	0,016	0,079	0,004	89,5	0,40	2,0

14 C. JIS-Abmessungen

*Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.

JIS-Abmessungen

Abmessung	*ID*		*Schnurstärke (W)*		*ID*		*Schnurstärke (W)*
	Zoll	±	*Zoll*	±	*Millimeter*	±	*Millimeter*
S-95	3,720	0,016	0,079	0,004	94,5	0,40	2,0
S-100	3,917	0,016	0,079	0,004	99,5	0,40	2,0
S-105	4,114	0,016	0,079	0,004	104,5	0,40	2,0
S-110	4,311	0,016	0,079	0,004	109,5	0,40	2,0
S-112	4,390	0,016	0,079	0,004	111,5	0,40	2,0
S-115	4,508	0,016	0,079	0,004	114,5	0,40	2,0
S-120	4,705	0,016	0,079	0,004	119,5	0,40	2,0
S-125	4,902	0,016	0,079	0,004	124,5	0,40	2,0
S-130	5,098	0,024	0,079	0,004	129,5	0,60	2,0
S-132	5,177	0,024	0,079	0,004	131,5	0,60	2,0
S-135	5,295	0,024	0,079	0,004	134,5	0,60	2,0
S-140	5,492	0,024	0,079	0,004	139,5	0,60	2,0
S-145	5,689	0,024	0,079	0,004	144,5	0,60	2,0
S-150	5,886	0,024	0,079	0,004	149,5	0,60	2,0
P-3	0,110	0,005	0,075	0,003	2,8	0,12	1,9
P-4	0,150	0,005	0,075	0,003	3,8	0,12	1,9
P-5	0,189	0,005	0,075	0,003	4,8	0,12	1,9
P-6	0,228	0,005	0,075	0,003	5,8	0,12	1,9
P-7	0,268	0,005	0,075	0,003	6,8	0,12	1,9
P-8	0,307	0,005	0,075	0,003	7,8	0,12	1,9
P-9	0,346	0,005	0,075	0,003	8,8	0,12	1,9
P-10	0,386	0,005	0,075	0,003	9,8	0,12	1,9
P-10A	0,386	0,005	0,094	0,003	9,8	0,12	2,4
P-11	0,425	0,005	0,094	0,003	10,8	0,12	2,4
P-11.2	0,433	0,005	0,094	0,003	11,0	0,12	2,4
P-12	0,465	0,005	0,094	0,003	11,8	0,12	2,4
P-12.5	0,484	0,005	0,094	0,003	12,3	0,12	2,4
P-14	0,543	0,005	0,094	0,003	13,8	0,12	2,4
P-15	0,583	0,005	0,094	0,003	14,8	0,12	2,4
P-16	0,622	0,005	0,094	0,003	15,8	0,12	2,4
P-18	0,701	0,005	0,094	0,003	17,8	0,12	2,4
P-20	0,780	0,006	0,094	0,003	19,8	0,15	2,4
P-21	0,819	0,006	0,094	0,003	20,8	0,15	2,4
P-22	0,858	0,006	0,094	0,003	21,8	0,15	2,4
P-22A	0,854	0,006	0,138	0,004	21,7	0,15	3,5
P-22.4	0,870	0,006	0,138	0,004	22,1	0,15	3,5
P-24	0,933	0,006	0,138	0,004	23,7	0,15	3,5
P-25	0,972	0,006	0,138	0,004	24,7	0,15	3,5
P-25.5	0,992	0,006	0,138	0,004	25,2	0,15	3,5
P-26	1,012	0,006	0,138	0,004	25,7	0,15	3,5
P-28	1,091	0,006	0,138	0,004	27,7	0,15	3,5
P-29	1,130	0,006	0,138	0,004	28,7	0,15	3,5
P-29.5	1,150	0,006	0,138	0,004	29,2	0,15	3,5
P-30	1,169	0,006	0,138	0,004	29,7	0,15	3,5
P-31	1,209	0,006	0,138	0,004	30,7	0,15	3,5
P-31.5	1,228	0,006	0,138	0,004	31,2	0,15	3,5
P-32	1,248	0,006	0,138	0,004	31,7	0,15	3,5
P-34	1,327	0,006	0,138	0,004	33,7	0,15	3,5
P-35	1,366	0,006	0,138	0,004	34,7	0,15	3,5
P-35.5	1,386	0,006	0,138	0,004	35,2	0,15	3,5
P-36	1,406	0,006	0,138	0,004	35,7	0,15	3,5
P-38	1,484	0,006	0,138	0,004	37,7	0,15	3,5

14 C. JIS-Abmessungen

*Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.

JIS-Abmessungen

Abmessung	ID		Schnurstärke (W)		ID		Schnurstärke(W)
	Zoll	±	Zoll	±	Millimeter	±	Millimeter
P-39	1,524	0,006	0,138	0,004	38,7	0,15	3,5
P-40	1,563	0,006	0,138	0,004	39,7	0,15	3,5
P-41	1,602	0,010	0,138	0,004	40,7	0,25	3,5
P-42	1,642	0,010	0,138	0,004	41,7	0,25	3,5
P-44	1,720	0,010	0,138	0,004	43,7	0,25	3,5
P-45	1,760	0,010	0,138	0,004	44,7	0,25	3,5
P-46	1,799	0,010	0,138	0,004	45,7	0,25	3,5
P-48	1,878	0,010	0,138	0,004	47,7	0,25	3,5
P-49	1,917	0,010	0,138	0,004	48,7	0,25	3,5
P-50	1,957	0,010	0,138	0,004	49,7	0,25	3,5
P-48A	1,874	0,010	0,224	0,006	47,6	0,25	5,7
P-50A	1,953	0,010	0,224	0,006	49,6	0,25	5,7
P-52	2,031	0,010	0,224	0,006	51,6	0,25	5,7
P-53	2,071	0,010	0,224	0,006	52,6	0,25	5,7
P-55	2,150	0,010	0,224	0,006	54,6	0,25	5,7
P-56	2,189	0,010	0,224	0,006	55,6	0,25	5,7
P-58	2,268	0,010	0,224	0,006	57,6	0,25	5,7
P-60	2,346	0,010	0,224	0,006	59,6	0,25	5,7
P-62	2,425	0,010	0,224	0,006	61,6	0,25	5,7
P-63	2,465	0,010	0,224	0,006	62,6	0,25	5,7
P-65	2,543	0,010	0,224	0,006	64,6	0,25	5,7
P-67	2,622	0,010	0,224	0,006	66,6	0,25	5,7
P-70	2,740	0,010	0,224	0,006	69,6	0,25	5,7
P-71	2,780	0,016	0,224	0,006	70,6	0,40	5,7
P-75	2,937	0,016	0,224	0,006	74,6	0,40	5,7
P-80	3,134	0,016	0,224	0,006	79,6	0,40	5,7
P-85	3,331	0,016	0,224	0,006	84,6	0,40	5,7
P-90	3,528	0,016	0,224	0,006	89,6	0,40	5,7
P-95	3,724	0,016	0,224	0,006	94,6	0,40	5,7
P-100	3,921	0,016	0,224	0,006	99,6	0,40	5,7
P-102	4,000	0,016	0,224	0,006	101,6	0,40	5,7
P-105	4,118	0,016	0,224	0,006	104,6	0,40	5,7
P-110	4,315	0,016	0,224	0,006	109,6	0,40	5,7
P-112	4,394	0,016	0,224	0,006	111,6	0,40	5,7
P-115	4,512	0,016	0,224	0,006	114,6	0,40	5,7
P-120	4,709	0,016	0,224	0,006	119,6	0,40	5,7
P-125	4,906	0,016	0,224	0,006	124,6	0,40	5,7
P-130	5,102	0,024	0,224	0,006	129,6	0,60	5,7
P-132	5,181	0,024	0,224	0,006	131,6	0,60	5,7
P-135	5,299	0,024	0,224	0,006	134,6	0,60	5,7
P-140	5,496	0,024	0,224	0,006	139,6	0,60	5,7
P-145	5,693	0,024	0,224	0,006	144,6	0,60	5,7
P-150	5,890	0,024	0,224	0,006	149,6	0,60	5,7
P-150A	5,886	0,024	0,331	0,006	149,5	0,60	8,4
P-155	6,083	0,024	0,331	0,006	154,5	0,60	8,4
P-160	6,280	0,024	0,331	0,006	159,5	0,60	8,4
P-165	6,476	0,024	0,331	0,006	164,5	0,60	8,4
P-170	6,673	0,024	0,331	0,006	169,5	0,60	8,4
P-175	6,870	0,024	0,331	0,006	174,5	0,60	8,4
P-180	7,067	0,024	0,331	0,006	179,5	0,60	8,4
P-185	7,264	0,031	0,331	0,006	184,5	0,80	8,4
P-190	7,461	0,031	0,331	0,006	189,5	0,80	8,4

14 C. JIS-Abmessungen

Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180.* **JIS-Abmessungen

Abmessung	*ID*		*Schnurstärke (W)*		*ID*		*Schnurstärke(W)*
	Zoll	±	*Zoll*	±	*Millimeter*	±	*Millimeter*
P-195	7,657	0,031	0,331	0,006	194,5	0,80	8,4
P-200	7,854	0,031	0,331	0,006	199,5	0,80	8,4
P-205	8,051	0,031	0,331	0,006	204,5	0,80	8,4
P-209	8,209	0,031	0,331	0,006	208,5	0,80	8,4
P-210	8,248	0,031	0,331	0,006	209,5	0,80	8,4
P-215	8,445	0,031	0,331	0,006	214,5	0,80	8,4
P-220	8,642	0,031	0,331	0,006	219,5	0,80	8,4
P-225	8,839	0,031	0,331	0,006	224,5	0,80	8,4
P-230	9,035	0,031	0,331	0,006	229,5	0,80	8,4
P-235	9,232	0,031	0,331	0,006	234,5	0,80	8,4
P-240	9,429	0,031	0,331	0,006	239,5	0,80	8,4
P-245	9,626	0,031	0,331	0,006	244,5	0,80	8,4
P-250	9,823	0,031	0,331	0,006	249,5	0,80	8,4
P-255	10,020	0,031	0,331	0,006	254,5	0,80	8,4
P-260	10,217	0,031	0,331	0,006	259,5	0,80	8,4
P-265	10,413	0,031	0,331	0,006	264,5	0,80	8,4
P-270	10,610	0,031	0,331	0,006	269,5	0,80	8,4
P-275	10,807	0,031	0,331	0,006	274,5	0,80	8,4
P-280	11,004	0,031	0,331	0,006	279,5	0,80	8,4
P-285	11,201	0,031	0,331	0,006	284,5	0,80	8,4
P-290	11,398	0,031	0,331	0,006	289,5	0,80	8,4
P-295	11,594	0,031	0,331	0,006	294,5	0,80	8,4
P-300	11,791	0,031	0,331	0,006	299,5	0,80	8,4
P-315	12,382	0,039	0,331	0,006	314,5	1,00	8,4
P-320	12,579	0,039	0,331	0,006	319,5	1,00	8,4
P-335	13,169	0,039	0,331	0,006	334,5	1,00	8,4
P-340	13,366	0,039	0,331	0,006	339,5	1,00	8,4
P-355	13,957	0,039	0,331	0,006	354,5	1,00	8,4
P-360	14,154	0,039	0,331	0,006	359,5	1,00	8,4
P-375	14,744	0,039	0,331	0,006	374,5	1,00	8,4
P-385	15,138	0,039	0,331	0,006	384,5	1,00	8,4
P-400	15,728	0,039	0,331	0,006	399,5	1,00	8,4
G-25	0,961	0,006	0,122	0,004	24,4	0,15	3,1
G-30	1,157	0,006	0,122	0,004	29,4	0,15	3,1
G-35	1,354	0,006	0,122	0,004	34,4	0,15	3,1
G-40	1,551	0,006	0,122	0,004	39,4	0,15	3,1
G-45	1,748	0,010	0,122	0,004	44,4	0,25	3,1
G-50	1,945	0,010	0,122	0,004	49,4	0,25	3,1
G-55	2,142	0,010	0,122	0,004	54,4	0,25	3,1
G-60	2,339	0,010	0,122	0,004	59,4	0,25	3,1
G-65	2,535	0,010	0,122	0,004	64,4	0,25	3,1
G-70	2,732	0,010	0,122	0,004	69,4	0,25	3,1
G-75	2,929	0,016	0,122	0,004	74,4	0,40	3,1
G-80	3,126	0,016	0,122	0,004	79,4	0,40	3,1
G-85	3,323	0,016	0,122	0,004	84,4	0,40	3,1
G-90	3,520	0,016	0,122	0,004	89,4	0,40	3,1
G-95	3,717	0,016	0,122	0,004	94,4	0,40	3,1
G-100	3,913	0,016	0,122	0,004	99,4	0,40	3,1
G-105	4,110	0,016	0,122	0,004	104,4	0,40	3,1
G-110	4,307	0,016	0,122	0,004	109,4	0,40	3,1
G-115	4,504	0,016	0,122	0,004	114,4	0,40	3,1
G-120	4,701	0,016	0,122	0,004	119,4	0,40	3,1

14 C. JIS-Abmessungen

Toleranzen finden Sie auf den Seiten 179 und 180. **JIS-Abmessungen**

Abmessung	ID		Schnurstärke (W)		ID		Schnurstärke(W)
	Zoll	±	Zoll	±	Millimeter	±	Millimeter
G-125	4,898	0,016	0,122	0,004	124,4	0,40	3,1
G-130	5,094	0,024	0,122	0,004	129,4	0,60	3,1
G-135	5,291	0,024	0,122	0,004	134,4	0,60	3,1
G-140	5,488	0,024	0,122	0,004	139,4	0,60	3,1
G-145	5,685	0,024	0,122	0,004	144,4	0,60	3,1
G-150	5,878	0,024	0,224	0,006	149,3	0,60	5,7
G-155	6,075	0,024	0,224	0,006	154,3	0,60	5,7
G-160	6,272	0,024	0,224	0,006	159,3	0,60	5,7
G-165	6,469	0,024	0,224	0,006	164,3	0,60	5,7
G-170	6,665	0,024	0,224	0,006	169,3	0,60	5,7
G-175	6,862	0,024	0,224	0,006	174,3	0,60	5,7
G-180	7,059	0,024	0,224	0,006	179,3	0,60	5,7
G-185	7,256	0,031	0,224	0,006	184,3	0,80	5,7
G-190	7,453	0,031	0,224	0,006	189,3	0,80	5,7
G-195	7,650	0,031	0,224	0,006	194,3	0,80	5,7
G-200	7,846	0,031	0,224	0,006	199,3	0,80	5,7
G-210	8,240	0,031	0,224	0,006	209,3	0,80	5,7
G-220	8,634	0,031	0,224	0,006	219,3	0,80	5,7
G-230	9,028	0,031	0,224	0,006	229,3	0,80	5,7
G-240	9,421	0,031	0,224	0,006	239,3	0,80	5,7
G-250	9,815	0,031	0,224	0,006	249,3	0,80	5,7
G-255	10,012	0,031	0,224	0,006	254,3	0,80	5,7
G-260	10,209	0,031	0,224	0,006	259,3	0,80	5,7
G-270	10,602	0,031	0,224	0,006	269,3	0,80	5,7
G-280	10,996	0,031	0,224	0,006	279,3	0,80	5,7
G-290	11,390	0,031	0,224	0,006	289,3	0,80	5,7
G-300	11,783	0,031	0,224	0,006	299,3	0,80	5,7
V-15	0,571	0,006	0,157	0,004	14,5	0,15	4,0
V-24	0,925	0,006	0,157	0,004	23,5	0,15	4,0
V-34	1,319	0,006	0,157	0,004	33,5	0,15	4,0
V-40	1,555	0,006	0,157	0,004	39,5	0,15	4,0
V-55	2,146	0,010	0,157	0,004	54,5	0,25	4,0
V-70	2,717	0,010	0,157	0,004	69,0	0,25	4,0
V-85	3,307	0,016	0,157	0,004	84,0	0,40	4,0
V-100	3,898	0,016	0,157	0,004	99,0	0,40	4,0
V-120	4,685	0,016	0,157	0,004	119,0	0,40	4,0
V-150	5,846	0,024	0,157	0,004	148,5	0,60	4,0
V-175	6,811	0,024	0,157	0,004	173,0	0,60	4,0
V-225	8,760	0,031	0,236	0,006	222,5	0,80	6,0
V-275	10,709	0,031	0,236	0,006	272,0	0,80	6,0
V-325	12,657	0,039	0,236	0,006	321,5	1,00	6,0
V-380	14,803	0,039	0,236	0,006	376,0	1,00	6,0
V-430	16,752	0,047	0,236	0,006	425,5	1,20	6,0
V-480	18,701	0,047	0,394	0,012	475,0	1,20	10,0
V-530	20,650	0,063	0,394	0,012	524,5	1,60	10,0
V-585	22,795	0,063	0,394	0,012	579,0	1,60	10,0
V-640	24,941	0,063	0,394	0,012	633,5	1,60	10,0
V-690	26,890	0,063	0,394	0,012	683,0	1,60	10,0
V-740	28,839	0,079	0,394	0,012	732,5	2,00	10,0
V-790	30,787	0,079	0,394	0,012	782,0	2,00	10,0
V-845	32,933	0,079	0,394	0,012	836,5	2,00	10,0
V-950	37,028	0,098	0,394	0,012	940,5	2,50	10,0
V-1055	41,102	0,118	0,394	0,012	1044,0	3,00	10,0

15. Toleranzen und Oberflächenabweichungen

Abmessungstoleranzen und Oberflächenabweichungen werden von den Toleranzen, dem Finish und der Sauberkeit der Werkzeugnester beeinflusst, aus denen die Dichtungen hergestellt werden. Diese Toleranzen sind unter anderem in der ISO 3601, der US Luftfahrt-Norm AS 871A, AS 568A, DIN 3771 Teil 1 und 4 und die MIL-STD-413C spezifiziert.

ERIKS O-Ringe werden nach dem Prüfniveau AQL 1.5 ausgeliefert. Abmessungstoleranzen und Oberflächenabweichungen können während der Produktion von O-Ringen durch verschiede Ursachen entstehen:

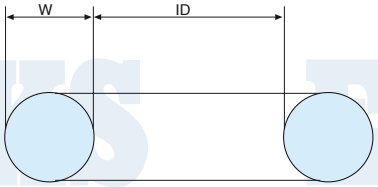
- ungenaue Temperaturen
- Einschließung von Luft
- ungenaue Montage der Form
- ungenaues Entgraten
- ungenügender Fluss des Elastomers innerhalb des Werkzeugs

Typische Fehler an O-Ringen können sein:

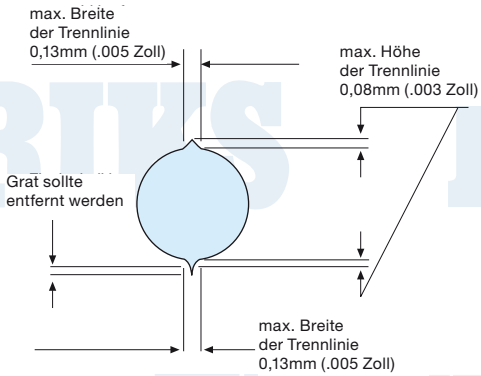
- *dimensionale Toleranz:* die Endabmessungen des O-Ring Innendurchmessers und der Schnurstärke sollen denen in den zugehörigen Normen entsprechen. Abweichungen der Endform des Querschnitts sollten ebenfalls innerhalb der zulässigen Toleranzen der zugehörigen Norm liegen.

- *Überstand der Trennlinie:* dieser Überstand, ein fortlaufender Grat entlang der Trennlinie des Fertigungswerkzeuges, bedingt durch Verschleiß oder andernfalls extrem runde Kanten der Form, sollte eine Höhe von 0,08mm (.003 Zoll) oder Breite von 0,13mm (.005 Zoll) nicht übersteigen. Der Überstand der Trennlinie kann sich über die maximale Schnurstärke ausdehnen.

- *Grat:* ein sehr dünner, manchmal auch folienartiger Grat an der Trennlinie sollte entfernt werden.



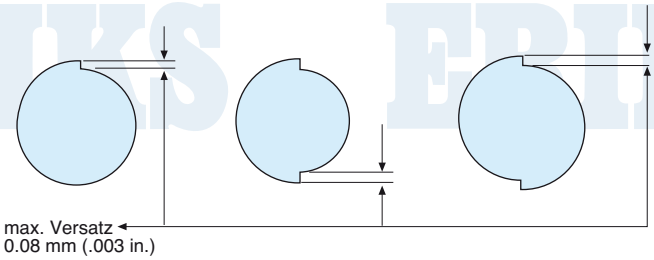
Dimensionale Toleranz



Maximal zulässiger Überstand der Trennlinie

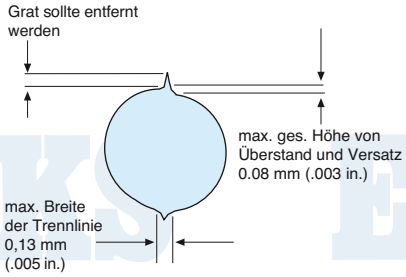
15. Toleranzen und Oberflächenabweichungen

- *Formabweichungen und Versatz*
  Formabweichungen des vorgeformten O-Rings entstehen durch seitlich versetzte Hälften der Fertigungsform. Ein Versatz eines O-Rings resultiert aus einer einseitig zu großen Hälfte der Form. Diese Abweichungen dürfen 0,08mm (.003 Zoll), gemessen an dem maximalen Versatz des O-Rings, nicht übersteigen. Die maximal erlaubten Toleranzen des Querschnitts sollten dadurch nicht überschritten werden.



Arten von Formabweichungen und Versatz

- *Fertigungsversatz*
  Formabweichungen und/oder Versatz kombiniert mit einer Wulst. Die Kombination aus einer Wulst und Versatz sollte eine Höhe von 0,08mm (.003 Zoll), gemessen an der Stelle des maximalen Versatzes, nicht übersteigen. Diese Kombination aus überstehender Trennlinie und Versatz darf sich auf die maximale Schnurstärke des O-Rings ausstrecken.



Versatz (Formabweichungen und/oder Versatz) kombiniert mit einer Wulst

Entgratungsbereich
Durch das Entfernen des inneren und äußeren axialen Fertigungsgrats eines O-Ringes entstehende Abflachungen sollten eine Tiefe von 0,08mm (.003 Zoll) nicht übersteigen.
Sie dürfen nicht zu einer Abweichung der nominalen O-Ring Schnurstärke führen, welche die zulässige Toleranz übersteigt. Wenn zum Beispiel die O-Ring Schnurstärke an der unteren Toleranzgrenze liegt, sind keine Abflachungen zulässig, die zu einer weiteren Verringerung der Schnurstärke führen würden.
Nicht übergangslos in die Rundung des O-Ring Querschnitts eingehende Abflachungen müssen glattgeschliffen werden.

Einkerbungen
Eine umlaufende Einzugstelle (Einkerbung) mit einem weiten „U"- oder „W"-förmigen Querschnitt, der bei der Formtrennlinie entsteht und durch eine thermische Ausdehnung über scharfe Kanten der Form oder verfrühter Vernetzung entsteht.

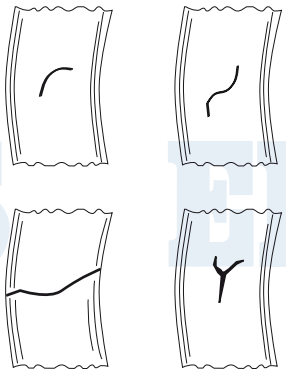
Einzugstellen
Eine flache, tellerförmige Vertiefung, die manchmal einen dreieckigen Querschnitt hat. Sie befindet sich oft zufällig an der Trennfuge am Innen- oder Außendurchmesser angeordnet und entsteht durch Beschädigungen der Werkzeugkante an der Trennfuge.

Einschlüsse und Vertiefungen
Jeder eingeschlossene Fremdkörper ist undiskutabel. Vertiefungen durch das Entnehmen der O-Ringe aus dem Werkzeug sollten innerhalb der definierten Grenzen liegen.

Nichtfüllung
Ein unregelmäßiger flacher Fleck oder bandähnlicher Streifen mit einer im allgemeinen gröberen Oberfläche als die normale O-Ring Oberfläche, sowie auch ein ausgesparter Keil, der von seiner Form an einen Halbmond erinnert.

Formablagerungsfehler
Unregelmäßig geformte Oberflächenvertiefungen mit einer rauen Oberflächenstruktur, verursacht durch Abdrücke von Ablagerungen im Werkzeug.

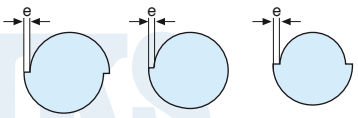
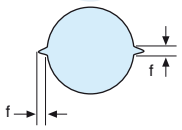
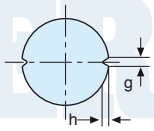
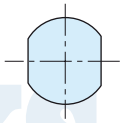
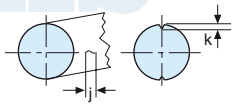
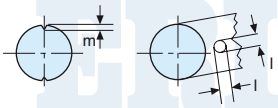
Fließlinien
Eine fadenähnliche, meist gebogene Vertiefung von sehr geringer Tiefe und mit abgerundeten Kanten. Verursacht wird sie durch Fließvorgänge im Werkzeug.



Beispiele von Fließlinien

15. Toleranzen und Oberflächenabweichungen

Form- und Oberflächenabweichungen von O-Ringen nach DIN 3771 Teil 4

Art der Abweichung	*Schematische Darstellung*	*Abmessung*	*Sortenmerkmal N d2 nach DIN 3771 Teil 1*				
			1,8	*2,65*	*3,55*	*5,3*	*7*
			Größtmaß				
Versatz und Formabweichungen		e	0,08	0,10	0,13	0,15	0,15
Wulst, Grat und Versatz kombiniert		f	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
Einkerbungen		g	0,18	0,27	0,36	0,53	0,70
		h	0,08	0,08	0,10	0,10	0,13
Entgratungsbereich		-	Abweichungen vom runden Querschnitt sind zulässig, wenn die Abflachung übergangslos in die Rundung eingeht und d2 eingehalten wird.				
Fließlinien (radiale Ausdehnung ist nicht zulässig)		j	1,5	1,5	0;05 d_1 or 1 6,5	6,5	6,5
		k	0,08				
Vertiefungen, Einzugsstellen		l	0,60	0,80	1,00	1,30	1,70
		Tiefe m	0,08	0,08	0,10	0,10	0,13
Fremdkörper	–	–	nicht zulässig				

1) Je nach dem, welcher Wert höher ist.
Nachgebildet mit freundlicher Genehmigung des Deutschen Instituts für Normungen (DIN).
Alle Abmessungen in Millimeter.

15. Toleranzen der O-Ring Schnurstärke

Toleranzen der O-Ring Schnurstärke (W) nach AS 568A – Zoll

W	*Toleranz*	*W*	*Toleranz*	*W*	*Toleranz*
.070	+/- .003	.139	+/- .004	.275	+/- .006
.103	+/- .003	.210	+/- .005		

Toleranzen der O-Ring Schnurstärke (W) nach DIN 3771 – Millimeter

W	*Toleranz*	*W*	*Toleranz*	*W*	*Toleranz*	*W*	*Toleranz*
1,00	+/-0,08	3,00	+/-0,09	6,99	+/-0,15	14,00	+/-0,24
1,50	+/-0,08	3,50	+/-0,10 - 0,09	7,00	+/-0,15	15,00	+/-0,26
1,60	+/-0,08	3,53	+/-0,10	8,00	+/-0,18	16,00	+/-0,27
1,78	+/-0,08	3,60	+/-0,10	8,40	+/-0,18	18,00	+/-0,30
1,90	+/-0,08	4,00	+/-0,10	9,00	+/-0,20	20,00	+/-0,33
2,00	+/-0,08	4,50	+/-0,10	9,50	+/-0,20	24,00	+/-0,38
2,40	+/-0,08	5,00	+/-0,13 - 0,10	10,00	+/-0,20	25,00	+/-0,39
2,50	+/-0,08	5,33	+/-0,13	11,00	+/-0,20		
2,62	+/-0,08	5,70	+/-0,15	12,00	+/-0,22		
2,70	+/-0,09	6,00	+/-0,15	13,00	+/-0,23		

Toleranzen der O-Ring Schnurstärke (W) – Zoll

W	*Toleranz*	*W*	*Toleranz*	*W*	*Toleranz*
.040	+/- .003	.118	+/- .003	.275	+/- .006
.059	+/- .003	.138	+/- .004	.315	+/- .007
.063	+/- .003	.139	+/- .004	.330	+/- .007
.070	+/- .003	.142	+/- .004	.354	+/- .008
.075	+/- .003	.157	+/- .004	.394	+/- .008
.079	+/- .003	.177	+/- .004	> .394	+/-1,8% bis +/-.008
.095	+/- .003	.197	+/- .005		
.100	+/- .003	.210	+/- .005		
.103	+/- .003	.224	+/- .006		
.106	+/- .003	.236	+/- .006		

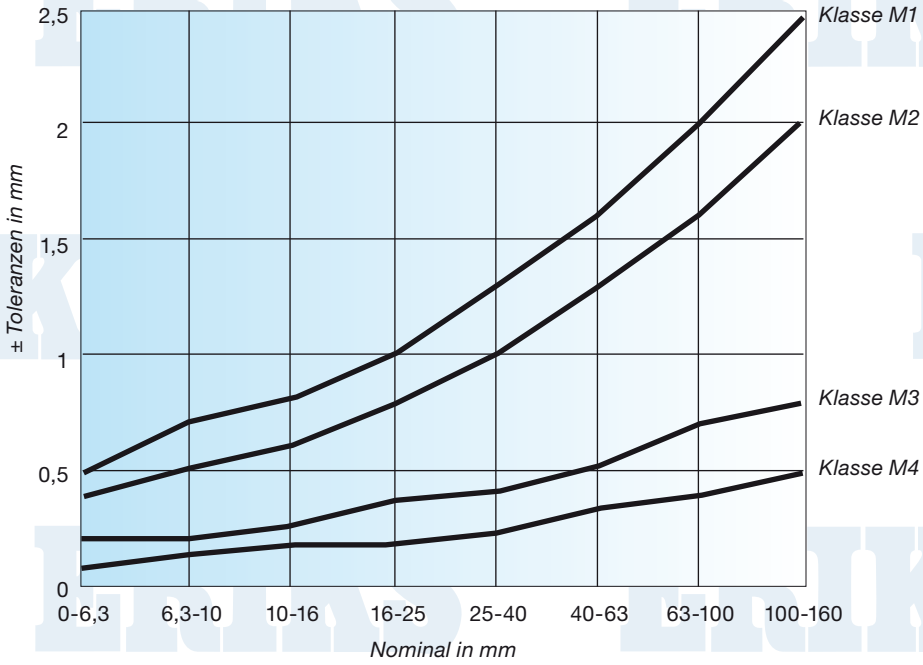
15. Toleranzen des O-Ring Innendurchmessers

Toleranzen des O-Ring Innendurchmessers nach DIN 3771 – Millimeter

Von	-	bis	Toleranz
1,80	-	2,79	+/-0,13
2,80	-	4,86	+/-0,14
4,87	-	6,69	+/-0,15
6,70	-	8,75	+/-0,16
8,76	-	10,59	+/-0,17
10,60	-	11,79	+/-0,18
11,80	-	14,99	+/-0,19
15,00	-	16,99	+/-0,20
17,00	-	18,99	+/-0,21
19,00	-	21,19	+/-0,22
21,20	-	22,39	+/-0,23
22,40	-	24,99	+/-0,24
25,00	-	25,79	+/-0,25
25,80	-	27,99	+/-0,26
28,00	-	29,99	+/-0,28
30,00	-	31,49	+/-0,29
31,50	-	32,49	+/-0,31
32,50	-	34,49	+/-0,32
34,50	-	35,49	+/-0,33
35,50	-	36,49	+/-0,34
36,50	-	37,49	+/-0,35
37,50	-	38,69	+/-0,36
38,70	-	39,99	+/-0,37
40,00	-	41,19	+/-0,38
41,20	-	42,49	+/-0,39
42,50	-	43,69	+/-0,40
43,70	-	44,99	+/-0,41
45,00	-	46,19	+/-0,42
46,20	-	47,49	+/-0,43
47,50	-	48,69	+/-0,44
48,70	-	49,99	+/-0,45
50,00	-	51,49	+/-0,46
51,50	-	52,99	+/-0,47
53,00	-	54,49	+/-0,48
54,50	-	55,99	+/-0,50
56,00	-	57,99	+/-0,51
58,00	-	59,99	+/-0,52
60,00	-	61,49	+/-0,54
61,50	-	62,99	+/-0,55
63,00	-	64,99	+/-0,56
65,00	-	66,99	+/-0,58
67,00	-	68,99	+/-0,59
69,00	-	70,99	+/-0,61
71,00	-	72,99	+/-0,63
73,00	-	74,99	+/-0,64
75,00	-	77,49	+/-0,66
77,50	-	79,99	+/-0,67
80,00	-	82,49	+/-0,69
82,50	-	84,99	+/-0,71
85,00	-	87,49	+/-0,73
87,50	-	89,99	+/-0,75
90,00	-	92,49	+/-0,77
92,50	-	94,99	+/-0,79
95,00	-	97,49	+/-0,81
97,50	-	99,99	+/-0,83
100,00	-	102,90	+/-0,84
103,00	-	105,90	+/-0,87
106,00	-	108,90	+/-0,89
109,00	-	111,90	+/-0,91
112,00	-	114,90	+/-0,93
115,00	-	117,90	+/-0,95
118,00	-	121,90	+/-0,97
122,00	-	124,90	+/-1,00
125,00	-	127,90	+/-1,03
128,00	-	131,90	+/-1,05
132,00	-	135,90	+/-1,08
136,00	-	139,90	+/-1,10
140,00	-	144,90	+/-1,13
145,00	-	149,90	+/-1,17
150,00	-	154,90	+/-1,20
155,00	-	159,90	+/-1,24
160,00	-	164,90	+/-1,27
165,00	-	169,90	+/-1,31
170,00	-	174,90	+/-1,34
175,00	-	179,90	+/-1,38
180,00	-	184,90	+/-1,94
185,00	-	189,90	+/-1,44
190,00	-	194,90	+/-1,48
195,00	-	199,90	+/-1,51
200,00	-	205,90	+/-1,55
206,00	-	211,90	+/-1,59
212,00	-	217,90	+/-1,63
218,00	-	223,90	+/-1,67
224,00	-	229,90	+/-1,71
230,00	-	235,90	+/-1,75
236,00	-	242,90	+/-1,79
243,00	-	249,90	+/-1,83
250,00	-	257,90	+/-1,88
258,00	-	264,90	+/-1,93
265,00	-	271,90	+/-1,98
272,00	-	279,90	+/-2,02
280,00	-	289,90	+/-2,08
290,00	-	299,90	+/-2,14
300,00	-	306,90	+/-2,21
307,00	-	314,90	+/-2,25
315,00	-	324,90	+/-2,30
325,00	-	334,90	+/-2,37
335,00	-	344,90	+/-2,43
345,00	-	354,90	+/-2,49
355,00	-	364,90	+/-2,56
365,00	-	374,90	+/-2,62
375,00	-	386,90	+/-2,68
387,00	-	399,90	+/-2,76
400,00	-	411,90	+/-2,84
412,00	-	424,90	+/-2,91
425,00	-	436,90	+/-2,99
437,00	-	449,90	+/-3,07
450,00	-	461,90	+/-3,15
462,00	-	474,90	+/-3,22
475,00	-	486,90	+/-3,30
487,00	-	499,90	+/-3,37
500,00	-	514,90	+/-3,45
515,00	-	529,90	+/-3,54
530,00	-	544,90	+/-3,63
545,00	-	559,90	+/-3,72
560,00	-	579,90	+/-3,81
580,00	-	599,90	+/-3,93
600,00	-	614,90	+/-4,05
615,00	-	629,90	+/-4,13
630,00	-	649,90	+/-4,22
650,00	-	669,90	+/-4,34
670,00	-	679,90	+/-4,46
680,00	-	689,90	+/-4,52
690,00	-	699,90	+/-4,57
700,00	-	709,90	+/-4,63
710,00	-	719,90	+/-4,68
720,00	-	729,90	+/-4,74
730,00	-	739,90	+/-4,79
740,00	-	749,90	+/-4,84
750,00	-	759,90	+/-4,90
760,00	-	769,90	+/-4,95
770,00	-	779,90	+/-5,00
780,00	-	789,90	+/-5,06
790,00	-	799,90	+/-5,11
800,00	-	809,90	+/-5,16
810,00	-	819,90	+/-5,21
820,00	-	829,90	+/-5,16
830,00	-	839,90	+/-5,32
840,00	-	849,90	+/-5,37
850,00	-	859,90	+/-5,42
860,00	-	869,90	+/-5,47
870,00	-	879,90	+/-5,52
880,00	-	889,90	+/-5,57
890,00	-	899,90	+/-5,62
900,00	-	909,90	+/-5,67
910,00	-	919,90	+/-5,72
920,00	-	929,90	+/-5,77
930,00	-	939,90	+/-5,82
940,00	-	949,90	+/-5,87
950,00	-	959,90	+/-5,91
960,00	-	969,90	+/-5,96
970,00	-	979,90	+/-6,01
980,00	-	989,90	+/-6,06

15. Toleranzen des O-Ring Innendurchmessers

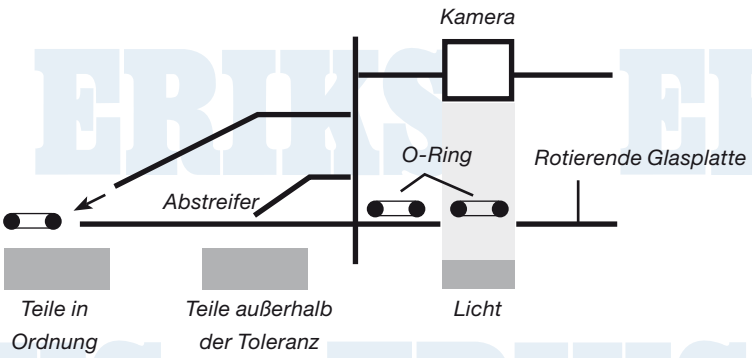
Hinweis:
O-Ring Toleranzen unterscheiden sich von denen der Gummiformteile.
Toleranzen von Gummiformteile entsprechen der DIN ISO 3302-1 und haben je nach Anwendung verschiedene Klassen.
Die folgende Grafik bildet diese Klassen ab.



Diese Grafik bildet die Toleranzen von Gummiformteilen ab.

Optische Oberflächenmessungen
Durch moderner Basler-Anlagen können wir die Toleranzen und Oberflächenfehler nach vielen verschiedenen internationalen Normen kontrollieren. Diese Anlagen können O-Ringe bis zu 30mm Außendurchmesser prüfen.
Bitte setzten Sie sich mit uns für nähere Informationen in Verbindung.

Prinzip:

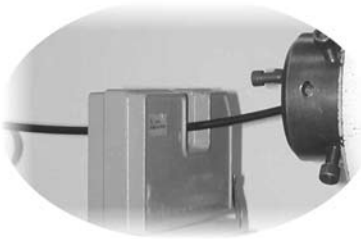


16. Vulc-O-Ringe und O-Ring Rundschnüre

Vulc-O-Ringe
Eine unserer ältesten und populärsten Produkte ist der stoßvulkanisierte Rundschnur-Ring (= „Vulc-O-Ring“). Wir entwickelten ein sehr erfolgreiches Verfahren, O-Ringe aus extrudierten Rundschnüren auf einem sehr hohen technischen Niveau herzustellen.

Die wichtigsten Faktoren, welche die Qualität dieses Produkts bestimmen, sind die mechanischen Eigenschaften und die dimensionale Genauigkeit der zu verwendenden Rundschnüre. Über die letzten Jahre stellten wir dafür spezielle Compounds her, die einen besonders geringen Druckverformungsrest besitzen, welcher entscheidend für hochqualitatives Vulkanisieren ist.

Zusätzlich werden alle hausinternen Extrusionsanlagen per Laser kontrolliert, um die gewünschte dimensionale Genauigkeit zu erreichen. So sind die Standard Toleranzen der fertig extrudierten Rundschnüre oft geringer als die nach DIN 7715 E1.

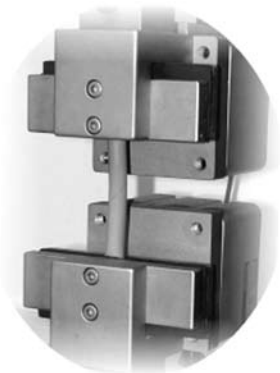


Darüber hinaus bieten wir Ihnen eine optionale Rundschnur mit besonders geringen Toleranzen. Diese besitzen die unglaubliche Toleranz von nur +/- 0,05mm (.002 Zoll) und eine extrem glatte Oberflächenbeschaffenheit.

Zugfestigkeit der Verbindungsstelle
Wie das linke Bild zeigt, werden Vulc-O-Ringe durch einen 45° Schnitt verbunden. Dies führt zu einer besonders hohen Zugfestigkeit, da so der vulkanisierte Bereich deutlich vergrößert wird.

Um interne Qualitätsanforderungen zu erfüllen, werden in regelmäßigen Abständen routinemäßige Zugfestigkeitsprüfungen durchgeführt. Zusätzlich kann (nach vorheriger Absprache) eine Prüfung von Rundschnüren der Fertigungscharge von auszuliefernden Vulc-O-Ringen durchgeführt werden.
Die Prüfungen werden an einem maßgeschneiderten Tensiometer durchgeführt.

Ein typisches Rundschnurmuster ist 140mm lang und wird in speziell konstruierten Klemmvorrichtungen gehalten.



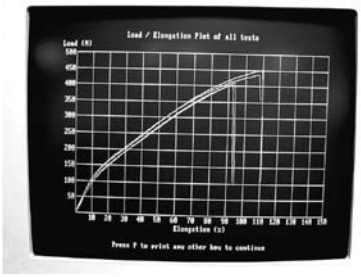
16. Vulc-O-Ringe und O-Ring Rundschnüre

Zugfestigkeit der Verbindungsstelle
Das Rundschnurmuster wird bis Reißschäden auftreten gedehnt. Dies kann, abhängig vom Werkstoff, in einer sehr hohen Dehnung resultieren.

Wenn ein Muster reißt, geschieht dies oft im Bereich der Verbindungsstelle. Dies lässt nicht auf eine Schwachstelle schließen; Oberflächenfehler um den Bereich der Verbindungsstelle herum sind bei solch hoher Dehnung der Grund dafür.

Der Riss ist wie Sie sehen im Bereich der Verbindungsstelle, jedoch im 90° Winkel zur Rundschnur. Die Detailaufnahme zeigt, dass der vulkanisierte Bereich nicht fehlerhaft war, was auf eine qualitativ gute Vulkanisierung führen lässt.

Nach dem Riss übermitteln Kraftmesszellen die ermittelten Daten an eine Computersoftware, welche



diese analysiert und in einem Graphen sowie in der industriell gebräuchlichen Zugfestigkeit in MPa ausdrückt.

Danach ist es möglich, diese Daten in einem Prüfprotokoll aufzunehmen (nach vorheriger Absprache).

Durch die Ausführung von Rundschnurprüfungen, welche dann in den gegenwärtigen Produktionsplan aufgenommen werden, können wir eine genaue Darstellung der Integrität und Konsistenz des Vulkanisations-Prozesses erreichen, was insbesondere für Bestellungen von größeren Mengen nützlich ist.

16. Vulc-O-Ringe und O-Ring Rundschnüre

Größenbereich
Wir können Vulc-O-Ringe mit Schnurstärken von 1,78mm bis 15,9mm (und sogar auf Anfrage größer) herstellen. Diese werden dann – sofern nicht anderes angefragt wird – eine Oberflächenbeschaffenheit wie extrudierte Rundschnüre besitzen.

Anders als aus Formen hergestellte O-Ringe besitzen Vulc-O-Ringe eine Beschränkung im minimal herstellbaren Innendurchmesser, welcher von der Schnurstärke abhängig ist. Die folgende Tabelle gibt die kleinstmöglichen Innendurchmesser der Vulc-O-Ringe an, die hergestellt werden können.

Schnurstärke W	*Kleinstmöglicher Innendurchmesser*
1.78 mm - 8.40 mm	30 mm
9.00 mm - 12.70 mm	45 mm
13.00 mm- 15.90 mm	60 mm

Kleinere Innendurchmesser von Vulc-O-Ringen sind dabei preislich in Relation zu größeren teurer, da diese schwieriger herzustellen sind.

Dahingegen gibt es jedoch keine obere Begrenzung des Durchmessers.
Der größte Vulc-O-Ring, den wir bis heute hergestellt haben, hat einen unglaublichen Durchmesser von 22 Meter! Die einzige Schwierigkeit ist dabei, den Innendurchmesser bei der Qualitätskontrolle zu überprüfen!

Abmessungstoleranzen
Wie vorher schon erwähnt, sind unsere extrudierten Rundschnüre in der Toleranzkontrolle unerreicht. Der Toleranzbereich von Standard Rundschnüren vieler Stärken übertrifft E1. Eine Übersicht der Standard Schnurstärken und deren Toleranzen zeigt die folgende Tabelle:

W	*Toleranz*	*W*	*Toleranz*
1.78	± 0.10	6.50	± 0.25
2.00	± 0.10	6.99	± 0.25
2.40	± 0.12	7.50	± 0.25
2.62	± 0.12	8.00	± 0.25
3.00	± 0.12	8.40	± 0.25
3.18	± 0.15	9.00	± 0.25
3.53	± 0.15	9.52	± 0.25
4.00	± 0.15	10.00	± 0.33
4.50	± 0.20	11.10	± 0.38
4.80	± 0.20	12.00	± 0.45
5.00	± 0.20	12.70	± 0.45
5.34	± 0.20	13.00	± 0.45
5.50	± 0.25	14.00	± 0.50
5.70	± 0.25	14.30	± 0.50
6.00	± 0.25	15.00	± 0.50
6.35	± 0.25	15.90	± 0.50

Jeder Zentimeter der extrudierten Produkte wird hinsichtlich der Einhaltung der oben genannten Toleranzen anhand von modernsten „Laser-Mikrometern“ überprüft. Dies ist der einzige Weg, eine 100%ige Kontrolle der Schnurstärke zu gewährleisten.

Jede Fertigungscharge der Extrudate durchläuft so einen Laser-Mikrometer, wobei der Laser die Schnur 250 Mal pro Sekunde abtastet und misst.
Nach der Prüfung einer Charge wird ein Bericht erstellt, der die gemessenen minimalen, maximalen und durchschnittlichen Schnurstärken detailliert aufzeigt.

16. Vulc-O-Ringe und O-Ring Rundschnüre

Die Innendurchmesser werden nach DIN 7715 M2F kontrolliert, da Vulc-O-Ringe häufig außerhalb des Durchmesserbereichs der AS oder ISO Standard Abmessungen fallen und von diesen Normen somit nicht behandelt werden.

Innendurchmesser	*Toleranz*
25mm bis 40mm	+/- 0.35
40.1mm bis 63mm	+/- 0.40
63.1mm bis 100mm	+/- 0.50
100.1mm bis 160mm	+/- 0.70

Toleranzen von größeren Innendurchmessern sind +/- 0,5% des nominalen Innendurchmessers des Rings. Beispiel: Innendurchmesser 310,0mm: Toleranz = +/- 1,55mm (0,5%).

Vorteile von Vulc-O-Ringe
Die Hauptvorteile der Nutzung von Vulc-O-Ringen werden im folgenden genannt.

- O-Ring-Formen sind nicht notwendig, was zu einer deutlichen Kosteneinsparung führt.
- Keine obere Einschränkung des Durchmessers wie bei O-Ringen aus einer Form.
- Toleranzen können geringer sein, als die der aus Formen gefertigten O-Ringe.
- Es sind keine Trennlinien vorhanden.
- Einsatz in Standard Nuten ist möglich.
- Andere als runde Querschnitte sind möglich.
- Die Verbindungsstellen sind in einigen Fällen 90% der Festigkeit der Schnur.
- Geringe Lieferzeit (48 Stunden Eilfertigung möglich).

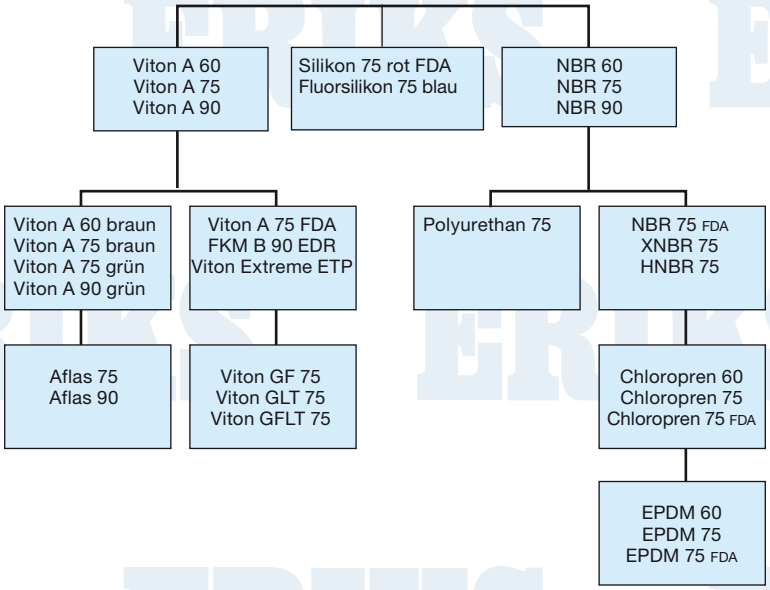
Einschränkungen von Vulc-O-Ringen
Es gibt allerdings Bereiche, in denen Vulc-O-Ringe nur eingeschränkt eingesetzt werden können.

- Dynamische Anwendungen, in denen ein Rollen des O-Ringes auftreten kann.
- Übermäßige Dehnung – Werkstoffe mit geringer Festigkeit.
- Nicht möglich für Härten unter 60° Shore A.
- Kommerziell nicht wettbewerbsfähig gegenüber aus einer Form gefertigten O-Ringen bei geringen Durchmessern und hohen Stückzahlen.

Lieferzeiten für Vulc-O-Ringe
Es können bis zu 100 Stück Vulc-O-Ringe aus Standardabmessungen innerhalb sieben Arbeitstagen nach Auftragseingang versendet werden. Lieferzeiten anderer Volumen und Abmessungen auf Anfrage.

Werkstoffe
Wir führen eine große Menge an verschiedenen Rohwerkstoffen am Lager, um so eine schnelle Verarbeitung zu extrudierten Schnüren gewährleisten zu können. Diese ist eine andere Verfahrensweise, als sich fertige Rundschnüre auf Lager zu halten. Immer mehr unserer Kunden wünschen immer „frischere Ware“, was wir dadurch eher erreichen können, als mit fertigen Rundschnüren vom Lager.

Andere Materialien, Farben und Härtegrade können durch spezielle Herstellungsverfahren möglich sein. Bitte setzten Sie sich mit uns für ihren individuellen Bedarfsfall in Verbindung.



16. Vulc-O-Ringe und O-Ring Rundschnüre

Elastomer-Rundschnüre
Die Tabelle zeigt die verfügbare Lagerware an Rundschnüren in den verschiedenen Elastomeren. Auf Anfrage können auch Rundschnüre aus speziellen Werkstoffen oder Abmessungen geliefert werden.

Verfügbare Werkstoffe:
NBR 70° Shore A, NBR 90° Shore A, FKM 70° Shore A, FKM 75° Shore A, Neopren CR 60° Shore A, EPDM 70° Shore A, Silikon VMQ 60° Shore A, Polyurethan AU/EU 90° Shore A und NR 40° Shore A. Andere Elastomere, Härtegrade oder spezielle Farben können auch geliefert werden.

Ein O-Ring Verbindungs-Set mit allen zum Kaltverkleben notwendigen Mitteln ist erhältlich, so dass Sie auch Ihre individuellen O-Ring Abmessungen einfach selbst herstellen können.
Bitte beachten Sie dabei, dass vulkanisierte oder verklebte O-Ringe nur für statische Anwendungen empfohlen werden.
Fragen Sie für detailliertere Informationen nach unserer speziellen Broschüre über Vulc-O-Ringe.

Elastomer-Schnur

Schnurstärke		*NR*	*NBR*		*Polyure-than*	*CR Neopren*	*EPDM*	*FKM*		*VMQ Silikon*		
Zoll	*mm*	*40° sh*	*70°sh*	*90°sh*	*90°sh*	*60°sh*	*70°sh*	*70°sh*	*75°sh Original Viton*	*60°sh 714 BF FDA/BFR*	*60°sh 714 THT*	*60°sh 714 MP FDA/BFR*
		Tol.E2 braun	*Tol.E2 schwarz*	*Tol.E2 schwarz*	*Tol.E2 grün*	*Tol.E2 weiss*	*Tol.E2 schwarz*	*Tol.E2 schwarz*	*Tol.E1 schwarz*	*Tol.E2 transp.*	*Tol.E2 grau*	*Tol.E2 grau*
.063	1,60		X				X	X				
.070	1,78		X				X	X				
.079	2,00		X				X	X		X		
.094	2,40		X					X				
.098	2,50		X							X		
.103	2,62		X				X	X		X		
.118	3,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
.128	3,25		X									
.139	3,53		X	X		X	X	X	X	X		
.157	4,00	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
.177	4,50		X					X				
.187	4,75							X				
.197	5,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
.210	5,33		X				X	X	X			
.224	5,70		X				X	X	X	X		
.236	6,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
.250	6,35		X					X				
.256	6,50							X				
.276	7,00	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
.295	7,50		X									
.315	8,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
.331	8,40		X				X	X				
.354	9,00	X	X			X	X	X		X		
.374	9,50		X									
.394	10,00	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
.433	11,00		X				X	X				
.472	12,00	X	X			X	X	X	X	X	X	X
.512	13,00		X			X		X		X		
.551	14,00		X			X	X	X				
.571	14,50					X						
.591	15,00		X			X	X	X		X		X
.630	16,00		X			X	X	X		X		
.669	17,00											X
.709	18,00	X	X			X				X		
.787	20,00	X	X			X	X	X		X		
.866	22,00		X							X	X	X
.906	23,00										X	X
.984	25,00	X	X			X						X
1.181	30,00		X			X	X					
1.220	31,00									X		
1.260	32,00		X									
1.575	40,00		X									

Alle Härtegrade in Shore A.

17. O-Ring Zubehör

O-Ring Verbindungs-Set
Ein O-Ring Verbindungs-Set ist ein universales Werkzeug, um Rundschnur-Ringe herzustellen oder zur reparieren. Das Set beinhaltet 5 Meter NBR 70° Shore A Rundschnur in verschiedenen Stärken: 1,78mm (.070 Zoll), 2mm, 2,62mm (.103 Zoll), 3mm, 3,53mm (.139 Zoll), 4mm, 5mm, 5,33mm (.210 Zoll), 6mm und 7mm (.275 Zoll). Darüber hinaus ist Sicomet-Klebstoff, ein Schneidwerkzeug, ein Messwerkzeug, Reinigungsspray usw. enthalten. Alternativ zu NBR können Sets mit FKM-Rundschnüren geliefert werden.

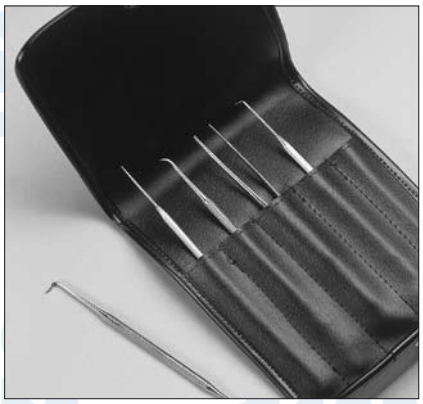
O-Ring Verbindungs-Set

O-Ring Messdorn

O-Ring Messdorn
Mit einem zölligen Messdorn ist es sehr einfach, die AS-Nummer von O-Ringen nach der AS 568A-Norm zu ermitteln. Darüber hinaus gibt es metrische Dorne, die dementsprechend die Bestimmung des Innendurchmessers von metrischen O-Ringen vereinfachen.

O-Ring Maßband

O-Ring Maßband
Mit diesem metallischen Maßband ist es sehr einfach, den Durchmesser von O-Ringen zu messen. Es gibt zwei Typen: für Durchmesser zwischen 20 und 300 Millimeter (1 und 12 Zoll) und für Durchmesser von 300 bis 700 Millimeter (12 bis 27 Zoll).



O-Ring Montagewerkzeuge

O-Ring Montagewerkzeuge
Werkzeuge für die sachgerechte Montage und Demontage von O-Ringen.

18. O-Ring Sortimente

Wir bieten eine Vielzahl von O-Ring Sortimenten in NBR 70° Shore A, FKM 70° Shore A und FKM 90° Shore A an. Diese O-Ringe sind in zölligen Abmessungen nach AS 568A/BS 1806 und metrischen Abmessungen nach DIN 3771, SMS 1586, AFNOR 47501 und JIS B 2401 erhältlich. Die Toleranzen aller O-Ringe sind nach DIN 3771/ISO 3601. Darüber hinaus bieten wir auch X-Ring Sortimente in NBR 70° Shore A an.

Typ 1
- Amerikanische/britische Norm AS 568.
- 382 O-Ringe in den 30 gängigsten Abmessungen.
- Verfügbar in NBR 70° Shore A.

Typ 1 – Amerikanische und britische Norm

20 x AS 006 2,9 x 1,78	20 x AS 007 3,69 x 1,78	20 x AS 008 4,47 x 1,78	20 x AS 009 5,18 x 1,78	20 x AS 010 6,07 x 1,78	20 x AS 011 7,65 x 1,78	20 x AS 012 9,25 x 1,78	13 x AS 110 9,20 x 2,62	13 x AS 111 10,78 x 2,62
13 x AS 112 12,37 x 2,62	13 x AS 113 13,95 x 2,62	13 x AS 114 15,54 x 2,62	13 x AS 115 17,12 x 2,62	13 x AS 116 18,72 x 2,62	10 x AS 210 18,64 x 3,53	10 x AS 211 20,22 x 3,53	10 x AS 212 21,89 x 3,53	10 x AS 213 23,39 x 3,53
10 x AS 214 24,99 x 3,53	10 x AS 215 26,57 x 3,53	10 x AS 216 28,17 x 3,53	10 x AS 217 29,74 x 3,53	10 x AS 218 31,34 x 3,53	10 x AS 219 34,52 x 3,53	10 x AS 220 34,52 x 3,53	10 x AS 221 36,09 x 3,53	10 x AS 222 37,69 x 3,53
		7 x AS 325 37,47 x 5,33	7 x AS 326 40,64 x 5,33	7 x AS 327 43,82 x 5,33				

Typ 2
- Metrische Norm DIN 3771.
- 425 O-Ringe in den 30 gängigsten Abmessungen.
- Verfügbar in NBR 70° Shore A.

Typ 2 – Metrisch

18 x OR 3x2	18 x OR 4x2	18 x OR 5x2	18 x OR 6x2	17 x OR 7x2	17 x OR 8x2	17 x OR 10x2	14 x OR10x2.5	14x OR11x2.5	14x OR12x2.5	14x OR14x2.5	14x OR16x2.5	14x OR17x2.5	14x OR19x2.5	12x OR19x3
12 x OR 20x3	12 x OR 22x3	12 x OR 24x3	12 x OR 25x3	12 x OR 27x3	12 x OR 28x3	12 x OR 30x3	12 x OR 32x3	12 x OR 33x3	12 x OR 35x3	12 x OR 36x3	12 x OR 38x3	9 x OR 38x4	9 x OR 42x4	9 x OR 45x4

18. O-Ring Sortimente

Typ A

- Amerikanische/britische Norm AS 568.
- 435 O-Ringe in den 30 gängigsten Abmessungen.
- Verfügbar in NBR 70° Shore A, NBR 90° Shore A oder FKM 70° Shore A.

Typ A – Amerikanische und britische Norm

30 x 006 (2,90 x 1,78)	30 x 007 (3,69 x 1,78)	30 x 008 (4,47 x 1,78)	30 x 009 (5,28 x 1,78)	30 x 010 (6,07 x 1,78)
30 x 011 (7,65 x 1,78)	30 x 012 (9,25 x 1,78)	20 x 013 (10,82 x 1,78)	20 x 014 (12,42 x 1,78)	10 x 015 (14,0 x 1,78)
10 x 016 (15,60 x 1,78)	10 x 017 (17,17 x 1,78)	10 x 018 (18,77 x 1,78)	15 x 110 (9,20 x 2,62)	15 x 111 (10,78 x 2,62)
15 x 112 (12,37 x 2,62)	15 x 113 (13,95 x 2,62)	10 x 114 (15,54 x 2,62)	10 x 115 (17,12 x 2,62)	10 x 116 (18,72 x 2,62)
10 x 117 (20,30 x 2,62)	5 x 118 (21,90 x 2,62)	5 x 119 (23,47 x 2,62)	5 x 210 (18,64 x 3,53)	5 x 211 (20,22 x 3,53)
5 x 212 (21,82 x 3,53)	5 x 213 (23,39 x 3,53)	5 x 214 (24,99 x 3,53)	5 x 215 (26,57 x 3,53)	5 x 216 (28,17 x 3,53)

Typ B

- Amerikanische/britische Norm AS 568/BS 1806.
- 295 O-Ringe in den 24 gängigsten Abmessungen (größere Abmessungen als in Sortiment A).
- Verfügbar in NBR 70° Shore A, NBR 90° Shore A oder FKM 70° Shore A.

Typ B – Amerikanische und britische Norm

15 x 019 (20,35 x 1,78)	15 x 020 (21,95 x 1,78)	15 x 120 (25,07 x 2,62)	15 x 121 (26,65 x 2,62)	15 x 122 (28,25 x 2,62)	15 x 123 (29,82 x 2,62)
15 x 124 (31,42 x 2,62)	15 x 125 (33,0 x 2,62)	15 x 126 (34,60 x 2,62)	15 x 217 (29,74 x 3,53)	15 x 218 (31,34 x 3,53)	15 x 219 (32,92 x 3,53)
15 x 220 (34,52 x 3,53)	10 x 221 (36,09 x 3,53)	10 x 222 (37,69 x 3,53)	10 x 223 (40,87 x 3,53)	10 x 224 (44,04 x 3,53)	10 x 225 (47,22 x 3,53)
10 x 226 (50,39 x 3,53)	10 x 325 (37,47 x 5,33)	10 x 326 (40,64 x 5,33)	10 x 327 (43,82 x 5,33)	5 x 328 (46,99 x 5,33)	5 x 329 (50,17 x 5,33)

18. O-Ring Sortimente

Typ C
- Metrische Norm DIN 3771.
- 425 O-Ringe in den gängigsten Abmessungen.
- Verfügbar in NBR 70° Shore A oder FKM 70° Shore A.

Typ C – DIN metrisch

20 x OR 4 x 2	20 x OR 6 x 2	20 x OR 8 x 2	20 x OR 10 x 2	20 x OR 12 x 2
20 x OR 3,3 x 2,4	20 x OR 4,3 x 2,4	20 x OR 5,3 x 2,4	20 x OR 6,3 x 2,4	20 x OR 7,3 x 2,4
20 x OR 8,3 x 2,4	20 x OR 9,3 x 2,4	15 x OR 10,3 x 2,4	15 x OR 11,3 x 2,4	15 x OR 12,3 x 2,4
15 x OR 13,3 x 2,4	15 x OR 14,3 x 2,4	10 x OR 15,3 x 2,4	10 x OR 16,3 x 2,4	10 x OR 17,3 x 2,4
10 x OR 10 x 3	10 x OR 12 x 3	10 x OR 14 x 3	10 x OR 16 x 3	10 x OR 18 x 3
10 x OR 19,2 x 3	5 x OR 20 x 3	5 x OR 22 x 3	5 x OR 24 x 3	5 x OR 26,2 x 3

Typ D
- Metrische Norm DIN 3771.
- 295 O-Ringe in den 24 gängigsten Abmessungen (größere Abmessungen als in Sortiment C).
- Verfügbar in NBR 70° Shore A oder FKM 70° Shore A.

Typ D – DIN metrisch

15 x OR 18 x 2	15 x OR 20 x 2	15 x OR 25 x 3	15 x OR 26,2 x 3	15 x OR 28 x 3	15 x OR 29,2 x 3
15 x OR 32,2 x 3	15 x OR 34,2 x 3	15 x OR 36,2 x 3	15 x OR 30 x 4	15 x OR 32 x 4	15 x 34 x 4
15 x OR 35 x 4	10 x OR 38 x 4	10 x OR 40 x 4	10 x OR 42 x 4	10 x OR 45 x 4	10 x OR 46 x 4
10 x OR 48 x 4	10 x OR 35 x 5	5 x OR 40 x 5	5 x OR 45 x 5	5 x OR 48 x 5	5 x OR 50 x 5

18. O-Ring Sortimente

Typ SV

- Schwedische metrische Norm SMS 1568.
- 425 O-Ringe in den 30 gängigsten Abmessungen.
- Verfügbar in NBR 70° Shore A.

Typ SV – Schwedisch metrisch

20 x OR 8,1 x 1,6	20 x OR 9,1 x 1,6	20 x OR 10,1 x 1,6	20 x OR 11,1 x 1,6	20 x OR 12,1 x 1,6
20 x OR 13,1 x 1,6	20 x OR 14,1 x 1,6	20 x OR 15,1 x 1,6	20 x OR 16,1 x 1,6	20 x OR 5,3 x 2,4
20 x OR 6,3 x 2,4	20 x OR 7,3 x 2,4	15 x OR 8,3 x 2,4	15 x OR 9,3 x 2,4	15 x OR 10,3 x 2,4
15 x OR 11,3 x 2,4	15 x OR 12,3 x 2,4	10 x OR 13,3 x 2,4	10 x OR 14,3 x 2,4	10 x OR 15,3 x 2,4
10 x OR 16,3 x 2,4	10 x OR 17,3 x 2,4	10 x OR 19,2 x 3	10 x OR 22,2 x 3	10 x OR 24,2 x 3
10 x OR 26,2 x 3	5 x OR 29,2 x 3	5 x OR 32,2 x 3	5 x OR 34,2 x 3	5 x OR 36,2 x 3

Syp SV-2

- Schwedische metrische Norm SMS 1568.
- 210 O-Ringe in den 24 gängigsten Abmessungen (größere Abmessungen als in Sortiment SV).
- Verfügbar in NBR 70° Shore A.

Typ SV-2 – Schwedisch metrisch

15 x OR 15,3 x 2,4	15 x OR 16,3 x 2,4	15 x OR 17,3 x 2,4	15 x OR 32,2 x 3	15 x OR 34,2 x 3	15 x OR 36,2 x 3
10 x OR 39,2 x 3	10 x OR 42,2 x 3	10 x OR 44,2 x 3	10 x OR 49,5 x 3	10 x OR 54,5 x 3	10 x OR 59,5 x 3
5 x OR 64,5 x 3	5 x OR 69,5 x 3	5 x OR 74,5 x 3	5 x OR 79,5 x 3	5 x OR 84,5 x 3	5 x OR 89,5 x 3
5 x OR 94,5 x 3	5 x OR 99,5 x 3	5 x OR 104,5 x 3	5 x OR 44,2 x 5,7	5 x OR 49,2 x 5,7	5 x OR 54,2 x 5,7

18. O-Ring Sortimente

Typ RI – Französisch metrisch

R0	R1	R2	R3	R4
2,4 x 1,9	2,6 x 1,9	3,4 x 1,9	4,2 x 1	4,9 x 1,9
R5	R6	R7	R8	R9
5,7 x 1,9	7,2 x 1,9	8,9 x 1,9	8,9 x 2	10,5 x 2,7
R10	R11	R12	R13	R14
12,1 x 2,7	13,6 x 2,7	15,1 x 2,7	16,9 x 2,7	18,4 x 2,7

Typ RI
- Französische metrische Norm AFNOR 47501
- 485 O-Ringe in den 15 gängigsten Abmessungen.
- Verfügbar in NBR 70° Shore A.

Type RII
- Französische metrische Norm AFNOR 47501.
- 295 O-Ringe in den 24 gängigsten Abmessungen (größere Abmessungen als in Sortiment RI).
- Verfügbar in NBR 70° Shore A.

Typ RII – Französisch metrisch

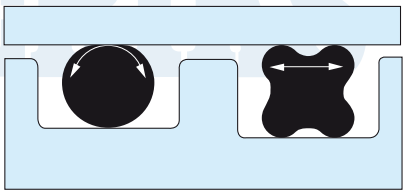
R10	R11	R12	R13	R14	R15
12,1 x 2,7	13,6 x 2,7	15,1 x 2,7	16,9 x 2,7	18,4 x 2,7	18,3 x 3,6
R16	R17	R18	R19	R20	R21
19,8 x 3,6	21,3 x 3,6	23 x 3,6	24,6 x 3,6	26,2 x 3,6	27,8 x 3,6
R22	R23	R24	R25	R26	R27
29,3 x 3,6	30,8 x 3,6	32,5 x 3,6	34,1 x 3,6	35,6 x 3,6	37,3 x 3,6
R28	R29	R30	R31	R32	R33
37,47 x 5,33	40,64 x 5,33	43,82 x 5,33	46,99 x 5,33	50,17 x 5,33	53,34 x 5,33

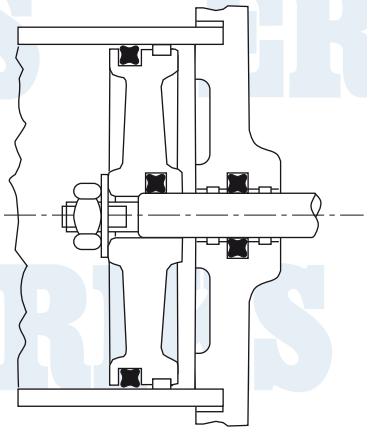
19. X-Ringe

Das Dichtprinzip eines X-Rings ist nahezu dasselbe, wie das eines O-Rings. Die anfängliche Dichtwirkung wird durch die Verpressung in einer rechtwinkligen Nut erreicht. Der Systemdruck stellt dabei eine positive Dichtkraft her.

Folgende Punkte sind einige Vorteile von X-Ringen:
- die Standardnuten für X-Ringe sind gegenüber denen für O-Ringe tiefer, so dass die Verpressung des X-Ringes geringer ist. Dies erlaubt dynamische Anwendungen mit verringerter Reibung.
- die vier Lippen von X-Ringen ergeben eine größere Dichtfläche und zwischen denen ein Raum für Schmiermittel, was sehr günstig für dynamische Anwendungen ist.
- der wichtigste Vorteil von X-Ringen ist deren hohe Stabilität in dynamischen Anwendungen.
  Wo O-Ringe in der Nut anfangen zu rollen und eine Verdrehung verursachen, gleiten X-Ringe ohne negative Ergebnisse weiter.
- X-Ringe sind widerstandfähiger gegenüber Spiralfehler.

Hinweis 1:
Besonders für dynamische Dichtungen wird empfohlen, einen X-Ring mit der größtmöglichen Schnurstärke zu verwenden, da stärkere Ringe einen größeren Toleranzbereich abdecken. Ein X-Ring mit einem Innendurchmesser von 100mm (4 Zoll) ist mit Schnurstärken von 1,78mm (.070 Zoll), 2,62mm (.103 Zoll), 3,53mm (.139 Zoll) und 5,33mm (.210 Zoll) verfügbar. Greifen Sie in dynamischen Anwendungen, sofern genügend Raum vorhanden ist, zur größten verfügbaren Schnurstärke (in diesem Fall 5,33mm/.210 Zoll).





Hinweis 2:
Da X-Ring Nuten tiefer sind, als O-Ring Nuten, können keine Standard Stützringe verwendet werden. Für die Herstellung von geeigneten Stützringen werden die tatsächlichen Nutabmessungen benötigt.

Hinweis 3:
Verwenden Sie FKM X-Ringe mit minimaler Dehnung, da FKM X-Ringe einen geringeren Toleranzbereich als NBR X-Ringe haben.

.070 (1,78 mm)	.103 (2,62 mm)	.139 (3,53 mm)	.210 (5,33 mm)

Standard Schnurstärken von X-Ringe

Anwendungsbereich von Vakuum bis 40 MPa (400 bar, 6.000psi). Über 5 MPa (50 bar, 750psi) sind möglich, wenn sie in Verbindung mit Stützringen eingesetzt werden. Geschwindigkeiten bis zu 0,5 m/sec (1,6 ft/s) (wechselbewegend). Das Oberflächenfinish sollte gleich dem von O-Ring Anwendungen sein- Siehe dazu Seite 140.

Der Temperaturbereich ist von -50°C bis zu +200°C (-60°F bis +400°F), basierend auf das verwendeten Elastomer oder Compound.
Wie O-Ringe werden auch viele X-Ringe nach amerikanischen Normen mit Zollabmessungen und AS-Nummern hergestellt.

19. X-Ring Nutgestaltung

Dynamische Anwendungen mit X-Ringen

Spiralfehler treten manchmal bei wechselseitig bewegenden O-Ringen auf. Begebenheiten, die diese Art von Fehler hervorrufen, sind solche, die Teile des O-Ringes zum Gleiten und gleichzeitig andere Teile zum Rollen bewegen. Die verdrehte Dichtung wird durch den Druck an die scharfe Kante des Dichtspalts gedrängt. Schnelle Spannungsalterung kann zu einem Riss des O-Rings führen, der am Dichtspalt beginnt. Weitere Bewegung des O-Rings führt dann dazu, dass der Riss weiter, ungefähr bis zur Hälfte der Schnurstärke, durchdringt. Wenn der O-Ring ausgebaut wird und in seine ursprüngliche Form zurückkehrt, erscheint der Riss daher wie eine enge Spirale rund um den Querschnitt. Eine der Hauptgründe von Spiralfehler ist eine geringe wechselseitige Bewegung mit einer Geschwindigkeit von unter 0,3 Meter pro Sekunde und Bauteilen mit geringen Druckunterschiedenen oder ausgeglichenen Drücken. Bei diesen geringen Geschwindigkeiten ist die Gleitreibung der Dichtung im Verhältnis zur Haftreibung sehr hoch. Deswegen werden O-Ringe nicht für Geschwindigkeiten unter 0,3 Meter pro Sekunde mit Druckunterschieden unter 27,5 bar (400psi) empfohlen. Eine gute Lösung zur Vermeidung von Spiralfehlern ist der Einsatz von X-Ringen.

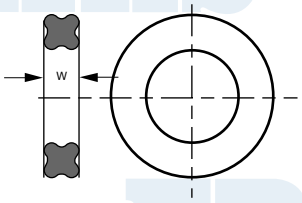


Fig. 1-36

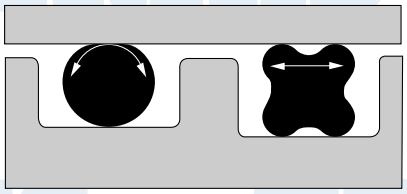


Fig. 1-37

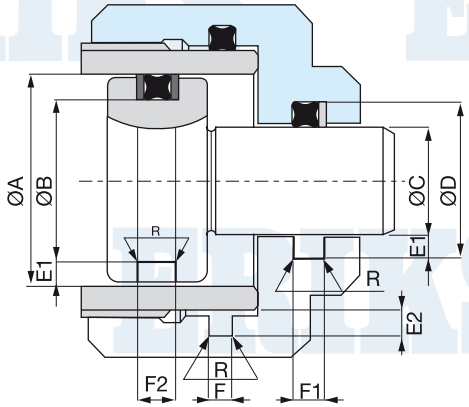
X-Ringe werden in vielen dynamischen Anwendungen eingesetzt, in denen O-Ringe eine unzureichende Leistung bieten. Der X-Ring ist eine vierlippige Dichtung, die entwickelt wurde, um eine verbesserte Schmierung der Dichtung zu erreichen und ein Rollen der Dichtung oder Spiralfehler zu vermeiden. X-Ringe sind abmessungsbezogen von deren Größe her entsprechend der amerikanischen Norm AS568 und der dazugehörigen O-Ring Nummern. Nutabmessungen für X-Ringe sind jedoch gering unterschiedlich, da X-Ringe weniger Verpressung benötigen. Weniger Verpressung bedeutet weniger Reibung und somit weniger Verschleiß der Dichtung.

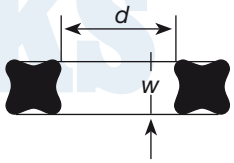
19. A. X-Ring Nutgestaltung

X-Ring Nutgestaltung
Statisch/dynamisch (Zoll)

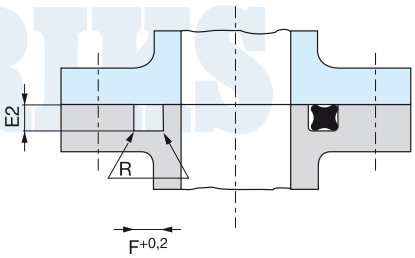
Die folgende Tabelle zeigt die empfohlenen Nutabmessungen für X-Ringe.

• Wenn der X-Ring in der Anwendung quillt, kann die Nutbreite bis zu 15% vergrößert werden.
• Für nicht gelistete X-Ringe sind Empfehlungen zur Nutgestaltung auf Anfrage erhältlich.





X-Ring Abmessungen



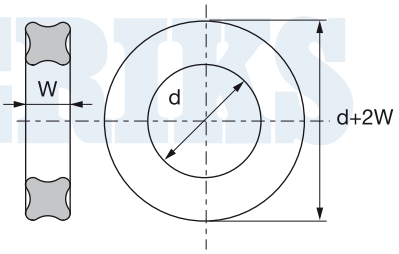


Tabelle AS.8A – Nutabmessungen (Zoll)

X-ring Größe	*Schnurstärke*	*Tiefe*			*Breite* **		*Radius*	*Max. Ø Dichtspalt*
	**** W*	*Dynamisch E1*	*Statisch E2*	*Ohne Stütz--ring F+ .008*	*Mit Stütz-ring F1+ .008*	*Mit Stütz-ring F2+ .008*	*R*	*S max.*
4001	.040 ± .003	.031 ± .001	.030 ± .001	.047	-	-	.004	.002
4002	.050 ± .003	.039 ± .001	.035 ± .001	.055	-	-	.006	.002
4003	.060 ± .003	.051 ± .001	.047 ± .001	.067	-	-	.010	.003
4003 1/2	.040 ± .003	.031 ± .001	.030 ± .001	.047	-	-	.004	.002
4004 - 4050	.070 ± .003	.061 ± .001	.056 ± .001	.080	.140	.200	.010	.004
4102 - 4178	.103 ± .003	.094 ± .001	.089 ± .001	.115	.170	.230	.015	.006
4201 - 4284	.139 ± .004	.128 ± .001	.122 ± .001	.155	.210	.270	.015	.006
4309 - 4395	.210 ± .005	.196 ± .001	.188 ± .001	.240	.310	.375	.020	.008
4425 - 4475	.275 ± .006	.256 ± .001	.244 ± .001	.310	.410	.510	.020	.008

Andere Abmessungen und Elastomere sind auf Anfrage erhältlich.

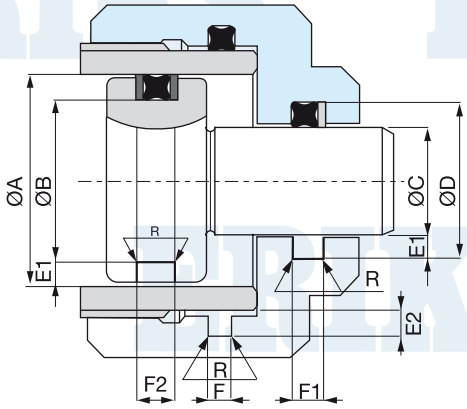
Hinweis:
(**) Im Fall von außergewöhnlich hoher Biegung der Stange oder der Welle kann der Durchmesser des Nutgrunds in beiden Fällen von Vakuum und hohen Drücken angepasst werden.
(***) Ähnlich wie bei O-Ringen benötigen X-Ringe eine Verpressung von 10 bis 15%. Für kritische Anwendungen in Kombination mit geringen Schnutstärken wird empfohlen, die Verpressung mit den tatsächlichen Abmessungen und Toleranzen der Anwendung zu vergleichen.

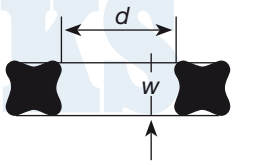
19. A X-Ring Nutgestaltung

X-Ring Nutgestaltung
Statisch/dynamisch (metrisch)

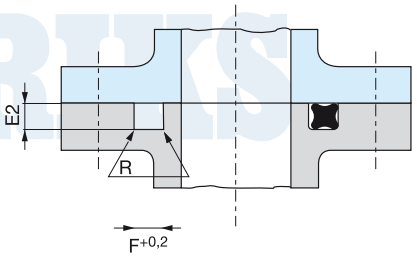
Die folgende Tabelle zeigt die empfohlenen Nutabmessungen für X-Ringe.

- Wenn der X-Ring in der Anwendung quillt, kann die Nutbreite bis zu 15% vergrößert werden.
- Für nicht gelistete X-Ringe sind Empfehlungen zur Nutgestaltung auf Anfrage erhältlich.





X-Ring Abmessungen



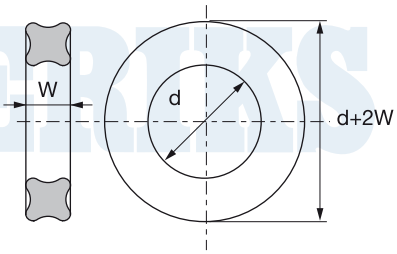


Tabelle AS.8A – Nutabmessungen (Millimeter)

X-Ring Größe	*Schnurstärke*	*Tiefe*		*Breite* **			*Radius*	*Max. Ø Dichtspalt*
	**** W*	*Dynamisch E1*	*Statisch E2*	*Ohne Stützring F+ 0,2*	*Mit Stützring F1+ 0,2*	*Mit Stützring F2 + 0,2*	*R*	*S max.*
4001	1,02 + 0,08	0,8 + 0,025	0,75 + 0,025	1,2	-	-	0,1	0,05
4002	1,27 + 0,08	1,0 + 0,025	0,9 + 0,025	1,4	-	-	0,15	0,05
4003	1,52 + 0,08	1,3 + 0,025	1,2 + 0,025	1,7	-	-	0,25	0,08
4003 1/2	1,02 + 0,08	0,8 + 0,025	0,75 + 0,025	1,2	-	-	0,1	0,05
4004 - 4050	1,78 + 0,08	1,55 + 0,025	1,4 + 0,025	2,0	3,5	5,0	0,25	0,10
4102 - 4178	2,62 + 0,08	2,35 + 0,025	2,25 + 0,025	3,0	4,4	5,8	0,4	0,15
4201 - 4284	3,53 + 0,1	3,25 + 0,025	3,0 + 0,025	4,0	5,4	6,8	0,4	0,15
4309 - 4395	5,33 + 0,13	4,95 + 0,05	4,75 + 0,025	6,0	7,8	9,5	0,6	0,20
4425 - 4475	7,00 + 0,15	6,50 + 0,05	6,2 + 0,025	8,0	10,5	13,0	0,6	0,20

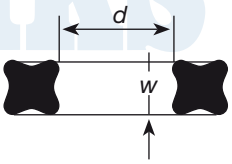
Andere Abmessungen und Elastomere sind auf Anfrage erhältlich.

Hinweis:
(**) Im Fall von außergewöhnlich hoher Biegung der Stange oder der Welle kann der Durchmesser des Nutgrunds in beiden Fällen von Vakuum und hohen Drücken angepasst werden.
(***) Ähnlich wie bei O-Ringe benötigen X-Ringe eine Verpressung von 10 bis 15%. Für kritische Anwendungen in Kombination mit geringen Schnutstärken wird empfohlen, die Verpressung mit den tatsächlichen Abmessungen und Toleranzen der Anwendung zu vergleichen.

19. B Standard Präzisions X-Ring Abmessungen

Nominale und effektive Abmessungen

Die folgenden Seiten beinhalten Tabellen mit den nominalen zöllligen sowie den effektiven metrischen Abmessungen samt Toleranzen der verfügbaren Standard X-Ringe.



X-Ring Abmessungen

Toleranzen

Die Standard Herstellungswerkzeuge für X-Ringe wurden hinsichtlich der Schrumpfeigenschaften des Standard NBR 70 Compounds dimensioniert. Da jeder Elastomer-Compound seine eigenen Schrumpfeigenschaften besitzt, können geringe Abweichungen in den Toleranzen der Abmessungen entstehen, sofern das Standard Werkzeug für andere Compounds als den verwendet wird. Die Mehrheit der aufgetretenen Fälle beinhalten Elastomer-Compounds mit einem höheren Schumpf-Faktor, wie Fluorelastomere, was zu einer zu kleinen Dichtung führt. Eine geringe Anpassung der Nutabmessungen kann notwendig werden. Bitte setzen Sie sich mit uns über Informationen von X-Ring Toleranzen aus anderen Materialien als den NBR 70 in Verbindung.

19. B Standard Präzisions X-Ring Abmessungen

Standard X-Ring Abmessungen

X-Ring Nr.	ID d1	ID[1] Toleranz I	ID[1] Toleranz II	Schnur-stärke W
4001	0,74	0,1	0,15	1,02 ± 0,08
4002	1,06	0,1	0,15	1,25 ± 0,08
4003	1,42	0,1	0,15	1,52 ± 0,08
4003 1/2	1,78	0,13	0,15	1,02 ± 0,08
4004	1,78	0,13	0,15	1,78 ± 0,08
4005A	2	0,13	0,15	1,50 ± 0,08
4005	2,57	0,13	0,15	1,78 ± 0,08
4006	2,9	0,13	0,15	1,78 ± 0,08
4007	3,68	0,13	0,15	1,78 ± 0,08
4008A	4	0,13	0,15	1,78 ± 0,08
4008	4,47	0,13	0,15	1,78 ± 0,08
4009	5,28	0,13	0,15	1,78 ± 0,08
4010	6,07	0,13	0,18	1,78 ± 0,08
4011	7,65	0,13	0,18	1,78 ± 0,08
4012A	8,2	0,13	0,18	1,78 ± 0,08
4012	9,25	0,13	0,18	1,78 ± 0,08
4013	10,82	0,13	0,18	1,78 ± 0,08
4014	12,42	0,13	0,18	1,78 ± 0,08
4015	14	0,13	0,18	1,78 ± 0,08
4016	15,6	0,13	0,23	1,78 ± 0,08
4017	17,17	0,13	0,23	1,78 ± 0,08
4018	18,77	0,13	0,23	1,78 ± 0,08
4019	20,35	0,15	0,23	1,78 ± 0,08
4020	21,95	0,15	0,23	1,78 ± 0,08
4021	23,52	0,15	0,23	1,78 ± 0,08
4022	25,12	0,15	0,25	1,78 ± 0,08
4023	26,7	0,15	0,25	1,78 ± 0,08
4024	28,3	0,15	0,25	1,78 ± 0,08
4025	29,87	0,15	0,28	1,78 ± 0,08
4026	31,47	0,15	0,28	1,78 ± 0,08
4027	33,05	0,15	0,28	1,78 ± 0,08
4028	34,65	0,15	0,33	1,78 ± 0,08
4029	37,82	0,25	0,33	1,78 ± 0,08
4030	41	0,25	0,33	1,78 ± 0,08
4031	44,17	0,25	0,38	1,78 ± 0,08
4032	47,35	0,25	0,38	1,78 ± 0,08
4033	50,52	0,25	0,46	1,78 ± 0,08
4034	53,7	0,25	0,46	1,78 ± 0,08
4035	56,87	0,25	0,46	1,78 ± 0,08
4036	60,05	0,25	0,46	1,78 ± 0,08
4037	63,22	0,25	0,46	1,78 ± 0,08
4038	66,4	0,38	0,51	1,78 ± 0,08
4039	69,57	0,38	0,51	1,78 ± 0,08
4040	72,75	0,38	0,51	1,78 ± 0,08
4041	75,92	0,38	0,61	1,78 ± 0,08
4042	82,27	0,38	0,61	1,78 ± 0,08
4043	88,62	0,38	0,61	1,78 ± 0,08
4044	94,97	0,38	0,68	1,78 ± 0,08
4045	101,32	0,38	0,68	1,78 ± 0,08
4046	107,67	0,38	0,76	1,78 ± 0,08
4047	114,02	0,38	0,76	1,78 ± 0,08
4048	120,37	0,38	0,76	1,78 ± 0,08
4049	120,37	0,58	0,94	1,78 ± 0,08
4050	133,07	0,58	0,94	1,78 ± 0,08
4102	1,24	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4103*	2,06	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4104*	2,84	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4105	3,83	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4106	4,42	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4107	5,23	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4108	6,02	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4109	7,59	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4110	9,2	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4111A*	10,2	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4111	10,77	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4112	12,37	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4113	13,95	0,15	0,18	2,62 ± 0,08
4114B*	14,8	0,15	0,23	2,62 ± 0,08
4114	15,55	0,15	0,23	2,62 ± 0,08
4115A*	16,2	0,15	0,23	2,62 ± 0,08
4115	17,12	0,15	0,23	2,62 ± 0,08
4116	18,72	0,15	0,23	2,62 ± 0,08
4117	20,29	0,15	0,25	2,62 ± 0,08
4118	21,89	0,15	0,25	2,62 ± 0,08
4119	23,37	0,15	0,25	2,62 ± 0,08
4120	25,07	0,15	0,25	2,62 ± 0,08
4121	26,64	0,15	0,25	2,62 ± 0,08
4122	28,24	0,15	0,25	2,62 ± 0,08
4123	29,82	0,15	0,3	2,62 ± 0,08
4124	31,42	0,15	0,3	2,62 ± 0,08
4125	32,99	0,15	0,3	2,62 ± 0,08
4126	34,59	0,15	0,3	2,62 ± 0,08
4127	36,17	0,15	0,3	2,62 ± 0,08
4128	37,77	0,15	0,3	2,62 ± 0,08
4129	39,34	0,25	0,38	2,62 ± 0,08
4130	40,95	0,25	0,38	2,62 ± 0,08
4131	42,52	0,25	0,38	2,62 ± 0,08
4132	44,12	0,25	0,38	2,62 ± 0,08
4133	45,69	0,25	0,38	2,62 ± 0,08
4134	47,29	0,25	0,38	2,62 ± 0,08
4135	48,9	0,25	0,43	2,62 ± 0,08
4136	50,47	0,25	0,43	2,62 ± 0,08

1 Toleranzen für Innendurchmesser D1. Toleranz I gilt für X-Ring Werkstoffe, die bei der Vulkanisation ein normales Schrumpfverhalten besitzen (wie zum Beispiel NBR). Toleranz II gillt für Werkstoffe mit höherer Schrumpfrate wie insbesondere FKM (Viton®). * Nur auf Anfrage lieferbar (i.d.R. mit Mindestabnahmemengen verbunden). Weitere Abmessungen auf Anfrage erhältlich.

19. B Standard Präzisions X-Ring Abmessungen

Standard X-Ring Abmessungen

X-Ring Nr.	ID d1	ID[1] Toleranz I	ID[1] Toleranz II	Schnur-stärke W
4137	52,07	0,25	0,43	2,62 ± 0,08
4138	53,84	0,25	0,43	2,62 ± 0,08
4139	55,25	0,25	0,43	2,62 ± 0,08
4140	56,82	0,25	0,43	2,62 ± 0,08
4141	58,42	0,25	0,5	2,62 ± 0,08
4142	59,99	0,25	0,5	2,62 ± 0,08
4143	61,6	0,25	0,5	2,62 ± 0,08
4144	63,17	0,25	0,5	2,62 ± 0,08
4145	64,77	0,25	0,5	2,62 ± 0,08
4146	66,34	0,25	0,5	2,62 ± 0,08
4147	67,94	0,25	0,55	2,62 ± 0,08
4148	69,52	0,25	0,55	2,62 ± 0,08
4149	71,12	0,25	0,55	2,62 ± 0,08
4150	72,69	0,38	0,55	2,62 ± 0,08
4151	75,87	0,38	0,6	2,62 ± 0,08
4152	82,22	0,38	0,6	2,62 ± 0,08
4153	88,57	0,38	0,6	2,62 ± 0,08
4154	94,92	0,38	0,7	2,62 ± 0,08
4155	101,27	0,38	0,7	2,62 ± 0,08
4156	107,62	0,38	0,76	2,62 ± 0,08
4157	113,97	0,38	0,76	2,62 ± 0,08
4158	120,32	0,38	0,76	2,62 ± 0,08
4159	126,67	0,38	0,9	2,62 ± 0,08
4160	133,02	0,58	0,9	2,62 ± 0,08
4161	139,37	0,58	0,9	2,62 ± 0,08
4162	145,72	0,58	0,9	2,62 ± 0,08
4163	152,07	0,58	1,3	2,62 ± 0,08
4164	158,42	0,58	1	2,62 ± 0,08
4165	164,77	0,58	1	2,62 ± 0,08
4166	171,11	0,58	1	2,62 ± 0,08
4167	177,47	0,58	1	2,62 ± 0,08
4168	183,82	0,76	1,15	2,62 ± 0,08
4169	190,17	0,76	1,15	2,62 ± 0,08
4170	196,52	0,76	1,15	2,62 ± 0,08
4171	202,87	0,76	1,15	2,62 ± 0,08
4172	209,22	0,76	1,3	2,62 ± 0,08
4173	215,57	0,76	1,3	2,62 ± 0,08
4174	221,92	0,76	1,3	2,62 ± 0,08
4175	228,27	0,76	1,3	2,62 ± 0,08
4176	234,62	0,76	1,4	2,62 ± 0,08
4177	240,97	0,76	1,4	2,62 ± 0,08
4178	247,32	0,76	1,4	2,62 ± 0,08
4201	4,34	0,13	0,18	3,53 ± 0,1
4202	5,94	0,13	0,18	3,53 ± 0,1
4203	7,52	0,13	0,18	3,53 ± 0,1
4204	9,12	0,15	0,18	3,53 ± 0,1
4205*	10,69	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4206	12,29	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4207	13,87	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4208	15,47	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4209	17,04	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4210A*	18,2	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4210	18,66	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4211	20,22	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4212	21,82	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4213	23,4	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4214	25	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4215	26,58	0,15	0,25	3,53 ± 0,1
4216	28,17	0,15	0,3	3,53 ± 0,1
4217	29,75	0,15	0,3	3,53 ± 0,1
4218	31,35	0,15	0,3	3,53 ± 0,1
4219	32,92	0,15	0,3	3,53 ± 0,1
4220	34,52	0,15	0,3	3,53 ± 0,1
4221	36,09	0,15	0,3	3,53 ± 0,1
4222	37,7	0,15	0,38	3,53 ± 0,1
4223	40,87	0,25	0,38	3,53 ± 0,1
4224	44,05	0,25	0,38	3,53 ± 0,1
4225	47,22	0,25	0,45	3,53 ± 0,1
4226	50,4	0,25	0,45	3,53 ± 0,1
4227	53,57	0,25	0,45	3,53 ± 0,1
4228	56,75	0,25	0,5	3,53 ± 0,1
4229	59,92	0,25	0,5	3,53 ± 0,1
4230	63,1	0,25	0,5	3,53 ± 0,1
4231	66,27	0,25	0,5	3,53 ± 0,1
4232	69,45	0,38	0,6	3,53 ± 0,1
4233	72,62	0,38	0,6	3,53 ± 0,1
4234	75,8	0,38	0,6	3,53 ± 0,1
4235	78,97	0,38	0,6	3,53 ± 0,1
4236	82,15	0,38	0,6	3,53 ± 0,1
4237	85,32	0,38	0,6	3,53 ± 0,1
4238	88,5	0,38	0,6	3,53 ± 0,1
4239	91,67	0,38	0,7	3,53 ± 0,1
4240	94,85	0,38	0,7	3,53 ± 0,1
4241	98,02	0,38	0,7	3,53 ± 0,1
4242	101,2	0,38	0,7	3,53 ± 0,1
4243	104,37	0,38	0,7	3,53 ± 0,1
4244	107,55	0,38	0,76	3,53 ± 0,1
4245	110,72	0,38	0,76	3,53 ± 0,1
4246	113,9	0,38	0,76	3,53 ± 0,1
4247	117,07	0,38	0,76	3,53 ± 0,1
4248	120,25	0,38	0,76	3,53 ± 0,1
4249	123,42	0,38	0,9	3,53 ± 0,1

0,25

1 Toleranzen für Innendurchmesser D1. Toleranz I gilt für X-Ring Werkstoffe, die bei der Vulkanisation ein normales Schrumpfverhalten besitzen (wie zum Beispiel NBR). Toleranz II gillt für Werkstoffe mit höherer Schrumpfrate wie insbesondere FKM (Viton®). * Nur auf Anfrage lieferbar (i.d.R. mit Mindestabnahmemengen verbunden). Weitere Abmessungen auf Anfrage erhältlich.

19. B Standard Präzisions X-Ring Abmessungen

Standard X-Ring Abmessungen

X-Ring Nr.	ID d1	ID[1] Toleranz I	ID[1] Toleranz II	Schnur-stärke W
4250	126,6	0,38	0,9	3,53 ± 0,1
4251	129,77	0,58	0,9	3,53 ± 0,1
4252	132,95	0,58	0,9	3,53 ± 0,1
4253	136,12	0,58	0,9	3,53 ± 0,1
4254	139,3	0,58	0,9	3,53 ± 0,1
4255	142,47	0,58	0,9	3,53 ± 0,1
4256	145,65	0,58	0,9	3,53 ± 0,1
4257	148,82	0,58	0,9	3,53 ± 0,1
4258	152	0,58	0,9	3,53 ± 0,1
4259	158,35	0,58	1	3,53 ± 0,1
4260	164,7	0,58	1	3,53 ± 0,1
4261	171,05	0,58	1	3,53 ± 0,1
4262	177,4	0,58	1	3,53 ± 0,1
4263	183,75	0,76	1,15	3,53 ± 0,1
4264	190,1	0,76	1,15	3,53 ± 0,1
4265	196,45	0,76	1,15	3,53 ± 0,1
4266	202,8	0,76	1,15	3,53 ± 0,1
4267	209,15	0,76	1,25	3,53 ± 0,1
4268	215,5	0,76	1,25	3,53 ± 0,1
4269	221,85	0,76	1,25	3,53 ± 0,1
4270	228,2	0,76	1,25	3,53 ± 0,1
4271	234,55	0,76	1,4	3,53 ± 0,1
4272	240,9	0,76	1,4	3,53 ± 0,1
4273	247,25	0,76	1,4	3,53 ± 0,1
4274	253,6	0,76	1,4	3,53 ± 0,1
4275	266,29	0,76	1,4	3,53 ± 0,1
4276	278,99	0,76	1,65	3,53 ± 0,1
4277	291,69	0,76	1,65	3,53 ± 0,1
4278	304,39	0,76	1,65	3,53 ± 0,1
4279	329,79	0,76	1,65	3,53 ± 0,1
4280	355,19	0,76	1,65	3,53 ± 0,1
4281	380,59	0,76	1,65	3,53 ± 0,1
4282	405,26	1,14	2,15	3,53 ± 0,1
4283	430,66	1,14	2,15	3,53 ± 0,1
4284	456,06	1,14	2,15	3,53 ± 0,1
4309	10,46	0,13	0,18	5,33 ± 0,13
4310	12,06	0,13	0,18	5,33 ± 0,13
4311	13,64	0,13	0,18	5,33 ± 0,13
4312	15,24	0,13	0,18	5,33 ± 0,13
4313	16,81	0,13	0,18	5,33 ± 0,13
4314*	18,41	0,13	0,18	5,33 ± 0,13
4315*	19,99	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4316*	21,59	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4317*	23,16	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4318*	24,76	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4319	26,34	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4320	27,94	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4321	29,51	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4322*	31,11	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4323	32,69	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4324	34,29	0,15	0,25	5,33 ± 0,13
4325	37,46	0,25	0,38	5,33 ± 0,13
4326A*	39,2	0,25	0,38	5,33 ± 0,13
4326	40,64	0,25	0,38	5,33 ± 0,13
4327	43,8	0,25	0,38	5,33 ± 0,13
4328A*	45,2	0,25	0,38	5,33 ± 0,13
4328	47	0,25	0,38	5,33 ± 0,13
4329A*	49,2	0,25	0,45	5,33 ± 0,13
4329	50,16	0,25	0,45	5,33 ± 0,13
4330	53,35	0,25	0,45	5,33 ± 0,13
4331	56,5	0,25	0,45	5,33 ± 0,13
4332	59,7	0,25	0,45	5,33 ± 0,13
4333	62,86	0,25	0,5	5,33 ± 0,13
4334	66,05	0,25	0,5	5,33 ± 0,13
4335	69,2	0,38	0,5	5,33 ± 0,13
4336	72,4	0,38	0,5	5,33 ± 0,13
4337	75,56	0,38	0,6	5,33 ± 0,13
4338	78,75	0,38	0,6	5,33 ± 0,13
4339A*	80,5	0,38	0,6	5,33 ± 0,13
4339	81,9	0,38	0,6	5,33 ± 0,13
4340	85,1	0,38	0,6	5,33 ± 0,13
4341	88,26	0,38	0,6	5,33 ± 0,13
4342	91,45	0,38	0,7	5,33 ± 0,13
4343	94,6	0,38	0,7	5,33 ± 0,13
4344	97,8	0,38	0,7	5,33 ± 0,13
4345	100,96	0,38	0,7	5,33 ± 0,13
4346	104,15	0,38	0,7	5,33 ± 0,13
4347	107,3	0,38	0,76	5,33 ± 0,13
4348	110,5	0,38	0,76	5,33 ± 0,13
4349	113,66	0,38	0,76	5,33 ± 0,13
4350	116,84	0,38	0,76	5,33 ± 0,13
4351	120,02	0,38	0,76	5,33 ± 0,13
4352	123,19	0,38	0,76	5,33 ± 0,13
4353	126,37	0,38	0,76	5,33 ± 0,13
4354	129,54	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4355	132,72	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4356	135,89	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4357	139,06	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4358	142,24	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4359	145,42	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4360	148,49	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4361	151,76	0,58	0,9	5,33 ± 0,13

1 Toleranzen für Innendurchmesser D1. Toleranz I gilt für X-Ring Werkstoffe, die bei der Vulkanisation ein normales Schrumpfverhalten besitzen (wie zum Beispiel NBR). Toleranz II gillt für Werkstoffe mit höherer Schrumpfrate wie insbesondere FKM (Viton®). * Nur auf Anfrage lieferbar (i.d.R. mit Mindestabnahmemengen verbunden). Weitere Abmessungen auf Anfrage erhältlich.

19. B Standard Präzisions X-Ring Abmessungen

Standard X-Ring Abmessungen

X-Ring Nr.	ID d1	ID[1] Toleranz I	ID[1] Toleranz II	Schnur-stärke W
4362	158,12	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4363	164,47	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4364	170,81	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4365	177,17	0,58	0,9	5,33 ± 0,13
4366	183,52	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4367	189,87	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4368	196,22	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4369	202,57	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4370	208,92	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4371	215,27	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4372	221,62	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4373	227,97	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4374	234,32	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4375	240,67	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4376	247,02	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4377	253,37	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4378	266,07	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4379	278,77	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4380	291,47	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4381	304,17	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4382	329,57	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4383	354,97	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4384	380,37	0,76	1,25	5,33 ± 0,13
4385	405,26	1,14	1,9	5,33 ± 0,13
4386	430,65	1,14	1,9	5,33 ± 0,13
4387	456,06	1,14	1,9	5,33 ± 0,13
4388	481,38	1,22	1,9	5,33 ± 0,13
4389	506,78	1,22	1,9	5,33 ± 0,13
4390	532,18	1,22	1,9	5,33 ± 0,13
4391	557,58	1,22	1,9	5,33 ± 0,13
4392	582,68	1,53	2,4	5,33 ± 0,13
4393	608,08	1,53	2,4	5,33 ± 0,13
4394	633,48	1,53	2,4	5,33 ± 0,13
4395	658,88	1,53	2,4	5,33 ± 0,13
4425	113,66	0,38	0,85	7,0 ± 0,15
4426	116,85	0,38	0,85	7,0 ± 0,15
4427	120	0,38	0,85	7,0 ± 0,15
4428	123,2	0,38	0,85	7,0 ± 0,15
4429	126,36	0,38	0,9	7,0 ± 0,15
4430	129,55	0,58	0,95	7,0 ± 0,15
4431	132,7	0,58	0,95	7,0 ± 0,15
4432	135,9	0,58	0,95	7,0 ± 0,15
4433	139,06	0,58	0,95	7,0 ± 0,15
4434A	140,5	0,58	0,95	7,0 ± 0,15
4434	142,25	0,58	0,95	7,0 ± 0,15
4435	145,4	0,58	0,95	7,0 ± 0,15
4436	148,6	0,58	0,95	7 ± 0,15
4437	151,76	0,58	0,95	7 ± 0,15
4438	158,1	0,58	1	7 ± 0,15
4439A	160,5	0,58	1	7 ± 0,15
4439	164,46	0,58	1	7 ± 0,15
4440	170,81	0,58	1	7 ± 0,15
4441	177,16	0,58	1	7 ± 0,15
4442A	180,5	0,58	1	7 ± 0,15
4442	183,5	0,76	1,15	7 ± 0,15
4443	189,86	0,76	1,15	7 ± 0,15
4444	196,2	0,76	1,15	7 ± 0,15
4445	202,65	0,76	1,15	7 ± 0,15
4446	215,3	0,76	1,4	7 ± 0,15
4447	228	0,76	1,4	7 ± 0,15
4448A	235,5	0,76	1,4	7 ± 0,15
4448	240,7	0,76	1,4	7 ± 0,15
4449	253,4	0,76	1,4	7 ± 0,15
4450	266,1	0,76	1,5	7 ± 0,15
4451	278,8	0,76	1,5	7 ± 0,15
4452	291,5	0,76	1,5	7 ± 0,15
4453	304,2	0,76	1,5	7 ± 0,15
4454	316,9	0,76	1,5	7 ± 0,15
4455	329,6	0,76	1,5	7 ± 0,15
4456	342,3	0,76	1,78	7 ± 0,15
4457	355	0,76	1,78	7 ± 0,15
4458	367,7	0,76	1,78	7 ± 0,15
4459	380,4	0,76	1,78	7 ± 0,15
4460	393,1	0,76	1,78	7 ± 0,15
4461	405,26	1,14	2	7 ± 0,15
4462	417,96	1,14	2	7 ± 0,15
4463	430,65	1,14	2	7 ± 0,15
4464	443,36	1,14	2	7 ± 0,15
4465	456,06	1,14	2	7 ± 0,15
4466	468,76	1,14	2	7 ± 0,15
4467	481,46	1,14	2	7 ± 0,15
4468	494,16	1,14	2	7 ± 0,15
4469	506,86	1,14	2	7 ± 0,15
4470	532,26	1,14	2	7 ± 0,15
4471	557,66	1,14	2	7 ± 0,15
4472	582,68	1,52	2,4	7 ± 0,15
4473	608,08	1,52	2,4	7 ± 0,15
4474	633,48	1,52	2,4	7 ± 0,15
4475	658,87	1,52	2,4	7 ± 0,15

1 Toleranzen für Innendurchmesser D1. Toleranz I gilt für X-Ring Werkstoffe, die bei der Vulkanisation ein normales Schrumpfverhalten besitzen (wie zum Beispiel NBR). Toleranz II gillt für Werkstoffe mit höherer Schrumpfrate wie insbesondere FKM (Viton®). * Nur auf Anfrage lieferbar (i.d.R. mit Mindestabnahmemengen verbunden). Weitere Abmessungen auf Anfrage erhältlich.

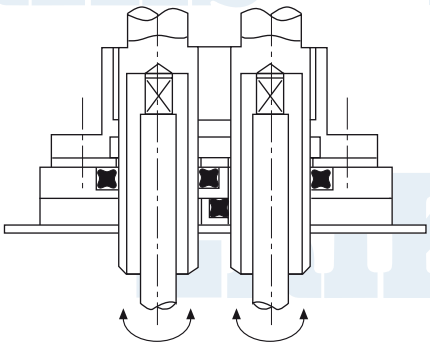
19.C Nutgestaltung für rotierende X-Ring Anwendungen

Wie schon zuvor genannt, ist eine Rotationsgeschwindigkeit von über 30 m/min (100 Fuß/min) kritisch. Für solche Anwendungen werden radiale Lippendichtungen, wie Öl- und Fett-Wellendichtringe oder PS-Dichtungen empfohlen. Statt solcher Wellendichtungen kann jedoch ein X-Ring mit dem Roto-Prinzip und seinem kompakten Einbauraum verwendet werden. Dabei wird jedoch vorausgesetzt, dass die Welle innerhalb des stillstehenden X-Rings rotiert.

Die folgenden Punkte sollten beachtet werden.

- Der Gow-Joule Effekt. Der X-Ring sollte nicht in einer aufgedehnten Position um die Welle herum eingebaut werden. Der Innendurchmesser des X-Rings sollte 2-5% größer als der Durchmesser der Welle sein.
- Bauen Sie den X-Ring nicht in einer Nut in der Welle ein. Es kann dadurch passieren, dass sich der X-Ring mit der Welle dreht.
- Vermeiden Sie Anwendungen mit Temperaturen unterhalb -30°C oder höher als +100°C (-22°F oder höher +212°F).
- Umlaufgeschwindigkeiten der Welle sollten auf 2 m/sec (6,5 ft/sec) und Drücke auf 1 MPa (10 bar, 150psi) beschränkt werden.
- Für höhere Drücke bis zu 3 MPa (30 bar, 450psi) sollten Stützringe verwendet werden.
- Bis zu einem Durchmesser von 100mm (4 Zoll) sollte die Schnurstärke des X-Rings auf 2,62 bis 5,33mm (.103 bis .210 Zoll) beschränkt werden. Für größere Wellendurchmesser über 100mm (4 Zoll) sollte die Schnurstärke des X-Rings mindestens 6,99mm (.275 Zoll) betragen.
- Das Oberflächenfinish der Nut sollte immer rauer sein, als das der Welle, um so ein Mitdrehen des Rings zu vermeiden.
- Eine Schmierung des X-Rings reduziert die Reibkraft, kühlt die Dichtung und mindert die Neigung der Dichtung zur Verhärtung.
- Es ist sehr wichtig, dass die Wellenkonstruktion gute Lager hat.
- Für rotierende Anwendungen sollten immer X-Ringe mit einer Härte von 80° oder 90° Shore A verwendet werden.

Oberflächefinish: X
Kontaktfläche und Nutgrund:
X = 0,4 µm Ra (16 Microinch)
Nutseiten: X = 0,8 µm Ra
(32 Microinch)



Setzen Sie sich mit uns wegen weiterer Informationen über rotierende X-Ring Anwendungen in Verbindung!

20. Problemlösungen

O-Ring Ausfall

Der Ausfall eines O-Ringes im Betrieb kann üblicherweise einer Kombination von Ursachen zugeordnet werden. Es ist daher für eine Erhöhung der Dichtungslebensdauer und -zuverlässigkeit wichtig, gute Konstruktionsgewohnheiten zu gebrauchen sowie eine korrekte Compoundauswahl, vorherige Praxisprüfungen und kontinuierliche Schulungen und praktische Ausbildungen der Mitarbeiter durchzuführen. Die folgende kurze Übersicht von O-Ring Ausfallbildern soll Konstrukteuren einen kurzen Überblick über die häufigsten Arten von Ausfällen sowie Vorschläge zur Beseitigung dieser geben. Es werden die häufigsten Ursachen von Dichtungsversagen genannt. Eine komplette Auflistung von O-Ring Ausfallarten finden Sie in der AIR1707, „Patterns of O-ring Failure“, erhältlich über die SAE Inc.

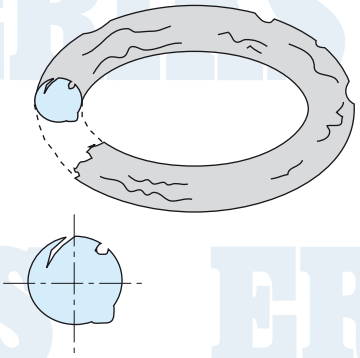


Bild eines extrudierten, angeknabberten O-Rings

Extrusion und Knabbern

Ausfallbild: typisch für Hochdruck-Systeme, kann dieses Bild durch viele kleine Bisse (Abknabberungen) an der nachgeschalteten (Niederdruck) Seite identifiziert werden.
Problemquelle: übermäßige Dichtspalte, übermäßige Systendrücke, zu weicher O-Ring Werkstoff, Angriff auf den O-Ring durch die Systemflüssigkeit, unregelmäßige Spaltmaße aufgrund Exzentrizität, ungenaues Spanen, scharfe Kanten oder die O-Ring Abmessung ist zu groß für die Nut.
Lösungsvorschlag: verringern Sie die Dichtspalte durch entsprechende Konstruktion und Fertigung der Bauteile, benutzen Sie Stützringe um Extrusion zu vermeiden, verwenden Sie härtere O-Ringe, prüfen Sie erneut die Eignung des Elastomers, verbessern Sie die Konzentrizität, brechen Sie scharfe Kanten oder bauen Sie O-Ringe mit einer geeigneteren Größe ein.

Spiralfehler

Ausfallbild: im Allgemeinen oft anzutreffen bei hydraulischen Stangendichtungen mit langen Hüben und geringem Druckunterschied. Die Oberfläche des O-Rings hat viele tiefe, spiralförmige, im 45° Winkel liegende Einschnitte.
Problemquelle: Spiralfehler werden verursacht, wenn bestimmte Teile des O-Ringes gleiten, während andere Teile gleichzeitig rollen. An einem einzigen Punkt seines Umfangs wird der O-Ring von einem exzentrischen Bauteil oder der Zylinderwand festgehalten, was zu einer Verwindung führt, welche wiederum 45° winklige Schnitte in die Oberfläche des O-Rings verursacht.
Lösungsvorschlag: prüfen Sie die Zylinderbohrung auf Unrundheit, verringern Sie den Dichtspalt, bearbeiten Sie Metalloberflächen bis zu einer Rauheit von 10-20 Micro Inch, verbessern Sie die Schmierung, benutzen Sie O-Ringe mit interner Schmierung, verwenden Sie Stützringe, verwenden Sie X-Ringe oder in schwierigen Fällen T-Dichtungen.

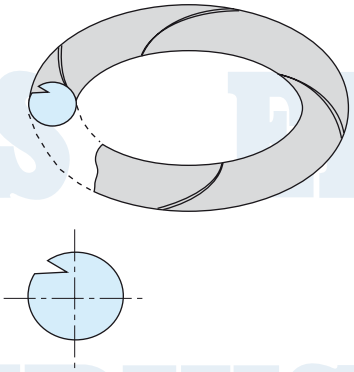


Bild eines O-Rings mit Spiralfehler

Abrieb

Ausfallbild: tritt meistens in dynamischen Anwendungen mit wechselseitiger, pendelnder oder drehender Bewegung auf. Dieses Ausfallbild kann durch eine einseitig abgeflachte Oberfläche des O-Rings oder durch Verschleißlinien an der parallel zur Bewegung liegenden Oberfläche identifiziert werden.
Problemquelle: Metalloberflächen zu rau (wirken wie ein Scheuermittel), Metalloberflächen zu glatt, so dass unangemessene Schmierung entsteht, ungenügende Schmierung, übermäßige Temperaturen oder das System ist mit abrasiven Fremdkörpern verunreinigt.
Lösungsvorschlag: verwenden Sie empfohlene Oberflächenfinishs, sorgen Sie für ausreichende Schmierung, überprüfen Sie die Werkstoffbeständigkeit mit der Systemtemperatur oder beseitigen Sie Verunreinigungen mit abrasiven Fremdkörpern durch geeignete Filter.

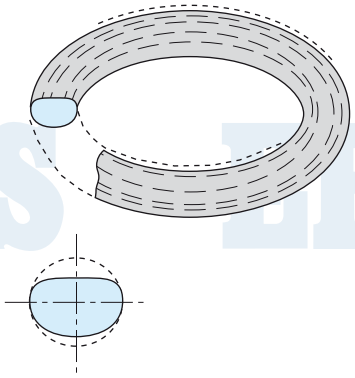


Bild eines abriebbeschädigten O-Rings

20. Problemlösungen

Bleibende Verformung (oder: „Druckverformungsrest“)
Ausfallbild: Bei dynamischer wie statischer Beanspruchung liefern Ausfälle aufgrund bleibender Verformung das gleiche Erscheinungsbild: an beiden Seiten des O-Rings im verpressten Bereich ein abgeflachter Querschnitt.
Problemquelle: Auswahl eines Elastomers mit besonders schlechtem Druckverformungsrest, der Systemdruck ist zu hoch, übermäßiges Quellen des O-Ring Werkstoffs in der Systemflüssigkeit, zu hohe Verpressung, um eine ausreichende Dichtwirkung zu erreichen, nicht komplette Vulkanisation des Elastomers oder übermäßige Systemtemperaturen.
Lösungsvorschlag: verwenden Sie ein Elastomer mit niedrigem Druckverformungsrest, spezifizieren Sie ein O-Ring Werkstoff, der die betriebs- und reibungsbedingte Temperatur widersteht, überprüfen Sie die Beständigkeit des O-Rings gegenüber den einwirkenden Chemikalien, reduzieren sie wenn möglich die Verpressung des O-Rings oder prüfen Sie eingehende O-Ringe hinsichtlich deren Maßhaltigkeit.

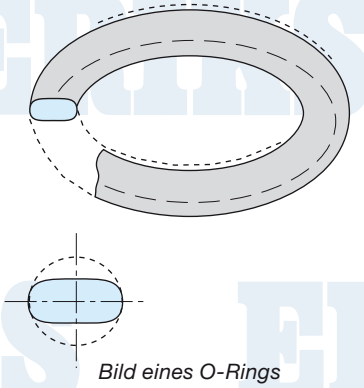


Bild eines O-Rings mit bleibender Verformung

Witterungseinflüsse oder Ozonschäden
Ausfallbild: tritt sowohl in dynamischen als auch statischen Dichtungen auf, die Atmosphären mit Ozon oder anderen luftverunreinigenden Stoffen ausgesetzt sind. Dieses Schadensbild wird durch viele kleine, rechtwinklig zur Belastungsrichtung angeordneter Oberflächenrisse deutlich.
Problemquelle: Ozon greift ungesättigte Knoten oder Doppelbindungen in einigen Polymerketten an, was zu einer Spaltung der Kette führt. Risse an der Oberfläche des O-Rings sind die Folge.
Lösungsvorschlag: verwenden Sie elastomere O-Ringe, die gegen Ozon beständig sind.

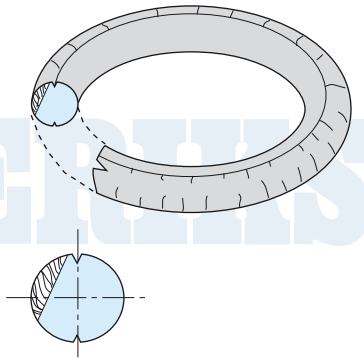


Bild eines O-Rings mit Rissbildung

Hitzealterung und Oxidation
Ausfallbild: anzutreffen in sowohl dynamischen als auch statischen Dichtungen in der Pneumatik oder Luftanwendungen. Die O-Ring Oberfläche erscheint körnig und/oder gerissen, oft begleitet von Abflachungen im Querschnitt durch hohe bleibende Verformung.
Problemquelle: übermäßige Umgebungstemperaturen führen zu übermäßiger Verhärtung des Elastomers, Verdunstung von Weichmachern und Rissbildung durch Oxidation.
Lösungsvorschlag: verringern Sie die Betriebstemperatur oder spezifizieren Sie einen hochtemperatur- und oxidationsbeständigen O-Ring Werkstoff.

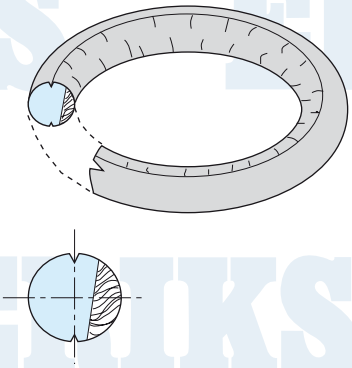


Bild eins verhärteten und oxidierten O-Rings

Extraktion von Weichmachern
Ausfallbild: anzutreffen in sowohl dynamischen als auch statischen Dichtungen, vorzugsweise in Kraftstoff-Anwendungen. Dieses Schadensbild geht mit kleinen Rissen in dem Belastungsbereich des O-Rings sowie dem Verlust von physikalischen Eigenschaften einher.
Problemquelle: Extraktion von O-Ring Weichmachern durch einwirkende Chemikalien oder Flüssigkeiten in einer Austrocknungs-Situation.
Lösungsvorschlag: verwenden Sie einen chemisch beständigen O-Ring Werkstoff mit nahezu keinen extrahierbaren Weichmacheranteilen.

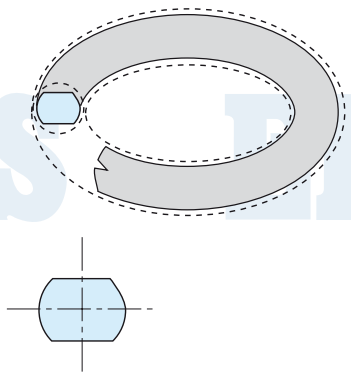


Bild eines durch die Extraktion von Weichmachern ausgefallenen O-Rings

20. Problemlösungen

Einbauschäden
Ausfallbild: anzutreffen in sowohl dynamischen als auch statischen Anwendungen. Dieses Schadensbild ist gekennzeichnet durch kurze Einschnitte, Kerben oder einer teilweise geschälten O-Ring Oberfläche.
Problemquelle: scharfe Kanten von aneinanderliegenden Metallteilen der O-Ring Nut, scharfe Gewinde, über die der O-Ring während der Montage geführt werden muss, unzureichende Einführschrägen, Kammern und Bohrungen in Ventilblöcken, überdimensionierter O-Ring Innendurchmesser für Kolben, unterdimensionierter O-Ring Innendurchmesser für Stange, Verdrehen oder Abscheren des O-Rings oder keine Schmierung des O-Rings während der Montage.
Lösungsvorschlag: brechen Sie scharfe Kanten von aneinanderliegenden Metallteilen, überdecken Sie Gewinde mit Hülsen oder überkleben Sie diese bei der Montage des O-Rings, verwenden Sie eine Einführschräge von ungefähr 20°, brechen Sie scharfe Kanten der Schräge und O-Ring Nut, verwenden Sie richtig dimensionierte O-Ringe und beim Einbau Schmierfett.

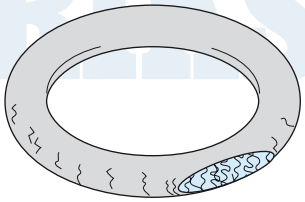


Bild eines beschädigten O-Rings

Explosive Dekompression
Ausfallbild: gekennzeichnet durch zufällig angeordnete, kleine Risse oder Brüche, die tief in die O-Ring Schnur gehen. Falls der O-Ring erstmalig entfernt wird, kann die Oberfläche des O-Rings darüber hinaus mit kleinen Bläschen bedeckt sein.
Problemquelle: Absorbierung von Gas durch den O-Ring in Hochdruckanwendungen. Anschließende schnelle Abnahme des Systemdrucks führt zu einer Ausdehnung des aufgenommenen Gases in den Mikroporen des O-Rings. Das Gas versucht aus dem O-Ring auszuweichen; an der Oberfläche bilden sich Bläschen und Risse.
Lösungsvorschlag: vergrößern Sie die Zeit der Dekompression, vergrößern Sie die O-Ring Härte auf 80° bis 95° Shore A, verringern Sie die O-Ring Schnurstärke oder verwenden Sie einen drucksturzbeständigen Werkstoff, wie zum Beispiel einen härteren NBR oder den speziellen ERIKS Viton® Compound 514162.

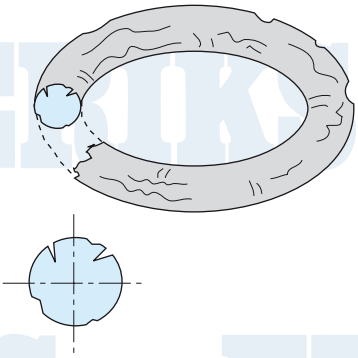


Bild eines explodierten O-Rings

Stützringschäden
Ausfallbild: nur in dynamischen Dichtungsanwendungen anzutreffen. Die O-Ring Oberfläche ist anliegend an den Schrägschnitt oder der Überlappung des Stützrings eingekerbt oder angeknabbert.
Problemquelle: Temperaturwechsel, Druckstöße und Extrusion des Stützringes in den Dichtspalt.
Lösungsvorschlag: prüfen Sie die Dichtungsauslegung und ziehen Sie den Einsatz von festeren Stützringen in Betracht. Verwenden Sie PEEK oder andere harte Werkstoffe.

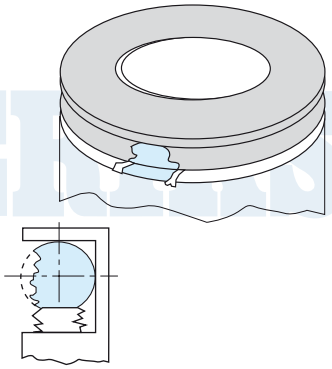


Bild eines beschädigten Stütz- und O-Rings

21. Glossar

Abrieb
Fortschreitender Verschleiß des Werkstoffs durch mechanischen Einfluss.

Abriebbeständigkeit
Die Fähigkeit eines elastomeren Compounds, mechanischen Verschleiß zu widerstehen.

Abschirmung, EMI
Elektrisch leitfähige Materialien um einen Stromkreis oder Bauteil oder Kabel angeordnet, um den Effekt eines elektromagnetischen Feldes zu unterdrücken.

Absorption
Der physikalische Mechanismus, durch den eine Substanz eine andere Substanz anzieht und bindet.

Abstreifer
Ein Ring, der eingesetzt wird, um überschüssige Flüssigkeit, Schlamm, etc. von einem wechselseitig bewegendem Bauteil (zum Beispiel Kolbenstange) zu entfernen, bevor die Dichtung erreicht wird.

Adhäsion
Anfälligkeit eines Elastomers an eine Kontaktfläche zu kleben.

Aflas
Eine Marke von Asahi Glass Company ltd. für TFE/P.

Alterung
Veränderung von physikalischen Eigenschaften mit Alter oder fortschreitender Zeit.

Alterung, Druckluftofen
Ein Hilfsmittel zur Beschleunigung der Veränderungen der physikalischen Eigenschaften eines Elastomers durch dessen Aussetzung gegenüber trockener Luft unter Druck bei hohen Temperaturen.

Alterung, Hitzeofen
Ein Hilfsmittel zur Beschleunigung der Veränderungen der physikalischen Eigenschaften eines Elastomers durch dessen Aussetzung gegenüber trockener Luft bei hohen Temperaturen.

Alterung, Sauerstoffbombe
Ein Hilfsmittel zur Beschleunigung der Veränderungen der physikalischen Eigenschaften eines Elastomers durch dessen Aussetzung gegenüber Sauerstoff bei hohen Temperaturen und Druck.

Anilinpunkt von Öl
Die niedrigste Temperatur, bei der sich eine gleiche Menge Volumen von Anilin und einem bestimmten Öl ineinander lösen. Der Anilinpunkt beeinflusst in der Regel das Quellverhalten.

Ankleben
Etwas zusammenhaften oder miteinander befestigen.

Antioxidationsmittel
Eine organische Substanz, die Oxidation verhindert oder hemmt.

Atmosphärische Risse
Risse in der Oberfläche von Elastomerteilen, die durch deren Aussetzung gegenüber atmosphärischen Bedingungen entstehen.

Ausgasung
Ein Vakuumphänomen, bei dem eine Substanz spontan flüchtige Bestandteile in Form von Dämpfen oder Gasen freigibt.

Ausschwitzung
Migration von Weichmachern, Wachsen oder ähnlichen Stoffen an der Oberfläche, die einen Film oder eine Schicht bilden.

Automobilkraftstoffe
Kraftstoffe für Automobilmotoren.

Back Rind
Eine Vertiefung in dem Teil an der Formtrennlinie durch zu weichem Elastomer, übermäßige Beschleunigung oder zu geringer Plastizität.

Beschleuniger
Eine Substanz, die den Vulkanisationsprozess eines Elastomers durch zum Beispiel Verringerung der Dauer oder notwendigen Temperatur beschleunigt.

Beschleunigter Betriebstest
Ein Betriebstest, in dem einige Betriebsbedingungen wie zum Beispiel Geschwindigkeit, Temperatur oder Prozessdauer übertrieben sind, um so ein Ergebnis in kürzerer Zeit zu erreichen.

Beschleunigter Lebensdauertest
Angepasster Test der Lebensdauer, um die zu erwartende Lebensdauer unter Normalbedingungen in einer kürzeren Zeit zu erhalten.

Biegelebensdauer
Die relative Fähigkeit eines Elastomerteils, dynamische Biegebelastungen zu widerstehen.

21. Glossar

Biegemodul
Die zur Biegung eines Körpers um einen definierten Radius aufzubringende Kraft; und daher ein Größenwert der Steifigkeit.

Biegeriss
Ein Oberflächenriss, hervorgerufen durch wiederholte Krümmung oder Biegung.

Blasen
Ein angehobener Punkt an der Oberfläche oder eine Abtrennung zwischen Schichten, die für gewöhnlich eine Lücke oder einen luftgefüllten Raum in dem vulkanisierten Teil bildet.

Breite
Radiale Abmessung. Für Packungsringe oder Sätze wird der Begriff „Packungsraum“ bevorzugt.

Buna N
Ein allgemein gebräuchlicher Begriff für das Copolymer aus Butadien und Acrylnitril. Handelsübliche Polymere sind Hycar und Paracril.

Buna S
Ein allgemein gebräuchlicher Begriff für das Copolymer aus Butadien und Styrol.

Butyl
Ein synthetischer Kautschuk des Polybuten-Typs, welcher eine sehr geringe Gaspermeabilität besitzt.

Chloropren - Kautschuk
Homopolymer vom Chloropren.

Compound
Eine Bezeichnung für eine entweder vulkanisierte oder unvulkanisierte Mischung von Elastomeren und anderen Inhaltsstoffen, die notwendig sind, ein gummiartiges Material herzustellen.

Copolymer
Ein Polymer, welches aus zwei verschiedenen chemisch gebundenen Monomeren besteht.

Dampfdruck
Der maximale Druck, der durch eine Flüssigkeit (oder Feststoff) bei der Erhitzung auf eine gegebene Temperatur in einem geschlossenen Behälter aufgebaut wird.

Dezentrierung
Abweichung von der Zentrierung.

Dichtung
Jegliche Vorrichtung zur Absperrung von Flüssigkeiten oder Gasen.

Dichtungsraum
Dichtungsanordnung, einschließlich des O-Rings; Nut, welche den O-Ring hält und die Kontaktflächen.

Drehmoment (Welle)
Die Drehkraft einer Welle.

Druckverformungsrest
Die Abnahme der Stärke eines elastomeren Prüfkörpers, welcher unter festgelegter Last, Zeit und Temperatur verformt wurde. Er wird üblicherweise als Prozentsatz der einbehaltenen Verformung des Prüfkörpers ausgedrückt.

Durchschnittlicher Modul
Die gesamte Differenz von Spannung dividiert durch die gesamte Differenz von Dehnung, dass heißt die durchschnittliche Steigung der Spannungs-Dehnungs-Kurve. Findet Verwendung, wenn der Modul von Punkt zu Punkt variiert.

Dynamisch
O-Ring Anwendung, in welcher der O-Ring bewegt wird oder bewegenden Teilen ausgesetzt ist.

Dynamische Dichtung
Eine Dichtung, die Leckage zwischen sich bewegenden Teilen verhindern soll.

Einsatz
Herrschende Betriebsbedingungen.

Einschlag
Der einzelne, unverzügliche Stoß oder Kontakt eines sich bewegenden Körpers mit einem anderen, entweder bewegendem oder ruhendem, so als ob ein großes Materialstück auf ein Transportband fällt.

Einspritzmarkierungen
Meist erhöhte Markierungen, die nach dem Entgraten an der Oberfläche eines Elastomerteils bleiben.

Eintauchung
Ein Teil in eine Flüssigkeit legen, so dass dieses vollkommen von ihr umschlossen ist.

Elastizität
Die Eigenschaft eines Teils, nach einer Verformung in dessen ursprüngliche Form zurückzukehren.

21. Glossar

Elastizitätsgrenze
Die größte Belastung, die ein Material aufnehmen kann, ohne eine dauerhafte Verformung nach kompletter Entlastung einzubehalten. Bei Elastomeren ist die Elastizitätsgrenze wie gerade definiert sehr gering und manchmal praktisch nicht vorhanden. Üblicherweise wird diese Größe durch verschiedene Belastungsgrenzen für spezielle Fälle ersetzt, bei denen die resultierende dauerhafte Verformung nicht gleich null, jedoch vernachlässigbar sind.

Elastizitätsmodul
Eine von verschiedenen Messmitteln der Steifigkeit oder dem Widerstand gegenüber Deformierung; oft jedoch nicht richtig verwendet, um einen spezifischen statischen Spannungsmodul anzuzeigen.

Elastomer
Eine allgemeine Bezeichnung für ein elastisches, gummiähnliches Material. Ein polymeres Material, welches verpresst oder auf andere Weise verformt werden kann und aufgrund dessen molekularer Struktur nach der Krafteinwirkung nahezu dessen ursprüngliche Form wiedererlangt.

EMI – Elektromagnetische Interferenzen
Elektromagnetische Emissionen, die schädigende Wirkung auf angrenzende, ungeschützte Geräte haben.

EMI Dichtung
Ein Bauteil, üblicherweise verbunden mit einem geformten, nachgiebigen Elastomer, welches einen Spalt oder eine Trennfläche bildet, um einen zuverlässigen Kontakt (elektrisch verbunden) entlang der gesamten Verbindung herzustellen.

Entgasung
Die vorsätzliche, kontrollierte Ausgasung von Elastomerbestandteilen.

Entgraten
Das Verfahren der Abtrennung von Formgrat.

Entgratungsschnitt
Beschädigung der Form oder der Oberflächenbeschaffenheit eines Teils durch zu dichtes Entgraten.

Ethylen-Propylen
Ein Elastomer, hergestellt aus Ethylen- und Propylen-Monomeren.

Explosive Dekompression
Ausdehnung von Gas (oder flüchtiger Flüssigkeit) im Fall von plötzlichem Drucksturz.

Extrusion
Verformung von Dichtungsteilen unter Druck in den Dichtspalt zwischen zueinandergehörenden Metallteilen.

FAM
Testflüssigkeit zur Bestimmung der Extraktion von Weichmachern aus Elastomer-Compounds.

Federwirkung
Fähigkeit, nach eine Verformung in seine ursprüngliche Größe und Form zurückzukehren.

Fließrisse
Oberflächenfehler durch nicht optimalem Materialfluss oder nicht ausreichendem Material in der Form beim Pressvorgang.

Flock
Dem Elastomercompound hinzugefügte Faserstoffe.

Fluorelastomer, Perfluorelastomer
Hochfluorierte Elastomere mit Kohlenstoffverbindungen an der Polymerkette.

Formmarkierungen
Markierungen oder Erhöhungen in der Oberfläche des Elastomerteils durch Unregelmäßigkeiten in der Werkzeugform.

Formnest
Leerer Raum oder Nest in dem Herstellungswerkzeug, der für die Form des herzustellenden Teils notwendig ist.

Formregister
Mittel zur Ausrichtung der Teile einer Form.

Freon ®
Eine Marke von DuPont de Nemours für Hydrochlorflourcarbon (HCFC) Kältemittel.

Füllstoffe
Chemisch träges, fein geteiltes Material, welches dem Polymer als Hilfsmittel bei der Verarbeitung und zur Verbesserung von Abriebfestigkeit und weiteren mechanischen Eigenschaften hinzugefügt wird – gibt dem Polymer unterschiedliche Härtegrade.

Gedächtnis
Tendenz eines Materials nach dessen Deformierung in seine ursprüngliche Form zurückzukehren.

Gleichartig
Im Allgemeinen ein Material durchweg einheitlichen Aufbaus.

Gow-Joule Effekt
Die Spannung von gedehnten Elastomeren erhöht sich mit Temperaturzunahme.

21. Glossar

Grat
Überschüssiges Material um das Elastomerteil herum aufgrund von Raum zwischen den Oberflächen der Pressform; wird entfernt durch Beschneiden oder Schleifen.

Grob entgraten
Abtrennen von überflüssigen Teilen durch abreißen oder abschneiden. Normalerweise bleibt ein kleiner Teil des Grats am Produkt bestehen.

Größe, nominale (nach AS 568A)
Ungefähre Größe eines O-Ringes in gebrochenen Abmessungen.

Größe, tatsächliche (nach AS 568A)
Tatsächliche Abmessungen eines O-Rings, inklusive Toleranzgrenzen.

Größennummer (nach AS 568A)
Zugeordnete Nummern zur Bestimmung des Innendurchmessers sowie der Schnurstärke von O-Ringen. Die in der SAE Norm AS 568 festgelegte Nummern wurden von dem U.S. Militär und der Industrie übernommen.

Härte Shore A
Härtemessung in Grad der Härte eines Elastomers, basierend auf Shore Härteprüfungen.

Härte
Eigenschaft oder Umfang des Hartseins. Gemessen in Grad, basierend auf die Fähigkeit eines Prüfdorns unter definierter Kraft in ein Elastomer einzudringen.

Härteprüfer
Ein Gerät zur Messung der Härte eines Elastomers. Misst die Widerstandsfähigkeit eines Elastomers gegenüber dem Eindringen eines Dorns in dessen Oberfläche.

Hohlräume
Das unbeabsichtigte Fehlen von Material.

Hycar
Handelsname von B. F. Goodrich für Polyacrylat-Kautschuk, ACM-Polymer aus Acrylsäureester.

Hypalon
Handelsname für ein Chlorsulfonyl-Polyethylen-Kautschuk.

Interne Schmierung
Die Beimischung von reibungsreduzierenden Stoffen (Grafit, Molibdändisulfid, gepulvertes Teflon® oder organische Schmierstoffe) in den Elastomercompound.

Kalrez®
Eine Marke der DuPont Performance Elastomers für Perflourelastomerteile.

Kältebeständigkeit
Widerstand gegenüber den Auswirkungen von Kälte oder Tieftemperaturen ohne Verlust der Betriebsfähigkeit.

Kälteflexibilität
Flexibilität nach der Aussetzung einer vorher festgelegten Tieftemperatur über eine festgelegte Zeit.

Kaltfluss
Fortlaufende Deformierung unter Belastung.

Kerbe
Ein kleiner Ausbruch, Spalt oder Schnitt.

Kompressionsmodul
Das Verhältnis der Druckspannung zur resultierenden Stauchung (letzteres ausgedrückt als Bruch der ursprünglichen Höhe oder Stärke in Kraftrichtung). Der Kompressionsmodul kann entweder statisch oder dynamisch sein.

Kraftstoff, aromatisch
Kraftstoffe, die Benzol oder aromatische Kohlenwasserstoffe enthalten.

Kraftstoff, nicht aromatisch
Kraftstoffe, die aus geradkettigen Kohlenwasserstoffen bestehen.

Kriechen
Die Entspannung eines Elastomerteils unter Druckbelastung.

21. Glossar

Labortest
Ein modifizierter Betriebstest, bei dem die Betriebsbedingungen annähernd realistisch sind, welcher jedoch unter Laborbedingungen durchgeführt wird. Dessen Ergebnisse sind nicht zwangsläufig auf den tatsächlichen Betrieb in der Praxis übertragbar.

Labsfrei (Lackbenetzungsstörungsfreiheit)
Das Nichtvorhandensein jeglicher Spuren von Bestandteilen an der Oberfläche, die zu Benetzungsproblemen führen können (vorzugsweise in der Lackierindustrie).

Lebensdauertest
Ein Laborverfahren zur Bestimmung der Menge oder Dauer der Beständigkeit eines Elastomerteils gegenüber eine spezifische Anordnung von schädigenden Kräften oder Konditionen.

Lebensmittelgeeignet
Compoundbestandteile, die im Kontakt mit Lebensmitteln geeignet sind.

Leckrate
Die Rate, mit der ein Gas oder eine Flüssigkeit ein Hindernis passiert.

Leitfähiges Elastomer
Ein Elastomer, welches elektrisch leitende oder hitzeübertragende Eigenschaften besitzt. Meistens bei Elastomerteilen angewendet, die statisch Elektrizität ableiten sollen.

Leitfähigkeit
Eigenschaft oder Fähigkeit, Hitze oder Elektrizität zu leiten oder übertragen.

Lineare Expansion
Expansion in eine beliebige lineare Richtung oder der Durchschnitt aller linearer Richtungen.

Losbrechkraft
Die zum Beginnen des Gleitvorgangs notwendige Kraft. Ausgedrückt in den gleichen Größen wie Reibung. Eine übermäßige aufzubringende Losbrechkraft wird als Indikator für die Entwicklung der Adhäsion genommen.

Lücke
Eine Abtrennung oder Unterbrechung in irgend einem Teil eines Produkts.

Luftbombe
Ähnlich der Sauerstoffbombe, jedoch mit Luft. Einsatz zur Beschleunigung von Alterungstests.

Lufteinschlüsse
Oberflächliche Unebenheiten oder Furchen aufgrund von Lufteinschlüsse zwischen den zu vulkanisierenden Materialien und der Pressform.

Luftvulkanisation
Die Vulkanisation eines Elastomerteils in Luft, gegenüber der Vulkanisation in dem Werkzeug oder im Dampfvulkanisierer.

Medien
Eine Flüssigkeit, ein Gas oder eine Gemisch von beidem.

Mikro O-Ringe
Ein O-Ring, der unter 1mm (.4 Zoll), entweder im Innendurchmesser oder der Schnurstärke, misst.

Modul
Bis zu einer spezifischen Dehnung (in der Regel 100%) aufzuwendende Zugkraft.

Mooney Scorch
Die Messung der Rate, bei welcher ein Elastomer-Compound, anhand eines Mooney Viskosimeters vorvulkanisiert wird.

Mooney Viskosität
Die Messung der Plastizität oder Viskosität eines nicht compoundierten oder compoundierten, jedoch nicht vulkanisierten Kautschuks und kautschukähnlichen Materials anhand des Mooney Scherscheiben-Viskosimeters.

Nachvulkanisation
Der zweite Schritt im Vulkanisationsprozess einiger Elastomere. Bietet eine Stabilisierung der Teile und treibt Abbauprodukte des Vulkanisationsprozesses aus.

Nachvulkanisierung
Fortsetzung der Vulkanisation nach dem Eintreffen des erwünschten Vulkanisationsgrades ohne zusätzliche Temperaturquelle.

Naturkautschuk
Roher oder unbearbeiteter Kautschuk, der aus pflanzlichen Quellen gewonnen wird. Im Wesentlichen das ungesättigte Polymer von Isopren.

Neopren
Homopolymere des Chloropren. Handelsname von DuPont für Chloropren-Kautschuk.

Nicht schleierbildend
Die Abwesenheit von Schleierbildung.

21. Glossar

Nitril (Buna N)
Copolymer aus Butadien und Acrylnitril; kommerziell bekannt als Butaprene, Chemigum, Hycar OR, Perbunan und Paracril. (Siehe Buna N.)

Nominale Länge
Die gewünschte Länge, von der Toleranzen gesetzt werden.

OEM
Original Equipment Manufacturer, der Erstausrüster. Originalhersteller.

Ölbeständig
Fähigkeit eines vulkanisierten Elastomers, die quellenden oder schädlichen Einflüsse von verschiedenen Ölarten zu widerstehen.

Ölquellung
Die Änderung des Volumens eines Elastomerteils aufgrund von Absorbierung von Öl.

Optimale Vulkanisation
Grad der Vulkanisation, bei der die maximalen erwünschten Eigenschaften erreicht werden.

O-Ring
Eine elastomere Dichtung einheitlichen Aufbaus, die zu einem Teil in Form eines Ringes mit rundem Querschnitt hergestellt wird. Der O-Ring wird als eine dynamische oder statische Dichtung eingesetzt, die normalerweise in einer bearbeiteten Nut montiert wird.

Oxidation
Die Reaktion von Sauerstoff mit einem Elastomerteil; für gewöhnlich einhergehend mit einer Änderung des Erscheinungsbildes oder Griffigkeit der Oberfläche oder durch eine Änderung der physikalischen Eigenschaften.

Ozonbeständig
Widerstandsfähig gegenüber den schädigenden Einflüssen von Ozon (im Allgemeinen Rissbildung).

Passungenau
Fehlausrichtung von Formhälften, welche zu einem nicht runden O-Ring Querschnitt führt.

Perbunan
Handelsname für Nitril, beziehungsweise NBR.

Permeabilität
Eigenschaft von Elastomeren oder anderen Materialien, welche es Gasen ermöglicht, durch deren Molekularstruktur zu gelangen.

Pit oder Pock Mark
Eine kreisförmige Furche, für gewöhnlich klein.

Plastische Verformung
Plastische Verformung ist die bleibende Verformung, nachdem ein Prüfkörper mit Spannung über eine definierte Zeitspanne und anschließender Erholphase beansprucht wurde.

Polymer
Ein Material aus der Zusammenführung vieler („poly“) individueller Einheiten („mer“) eines Monomers.

Porosität
Grad des porösen Zustands anhand dem Vorhandensein von kugelförmigen strukturellen Hohlräumen.

Prüfkörper
Teile des Produkts oder des Werkstoffes, die für Prüfungen verwendet werden.

Quad - Ring ®
Eine Marke der Minnesota Rubber and QMR Plastics Quadion Corporation.

Quellung
Erhöhung des Volumens eines Teils, verursacht durch den Kontakt mit einer Flüssigkeit.

Querschnitt
Schnitt durch den O-Ring, rechtwinklig zur Längsachse. Zeigt die interne Struktur eines O-Rings.

Regalalterung
Die Änderung der Materialeigenschaften, die bei der Lagerung im Laufe der Zeit eintritt.

Reibung
Widerstandsfähigkeit gegenüber Bewegung aufgrund des Kontakts von Oberflächen.

Reibung, Betriebsreibung
Die von einer dynamischen Dichtung im Betrieb entwickelte Reibung.

Reibung, Losbrechreibung
Anfängliche Reibung, die von dynamischen Dichtung entwickelt wird.

Reißdehnung
Erhöhung der Länge, numerisch ausgedrückt als Bruch oder Prozentsatz der Ausgangslänge.

21. Glossar

Relative Luftfeuchtigkeit
Das Verhältnis des derzeit in der Atmosphäre bestehenden Wasserdampfs zum theoretisch möglichen Maximum bei einer bestimmten Temperatur.

Rissbildung
Ein scharfer Bruch oder Spalt in der Oberfläche. Oft hervorgerufen durch übermäßige Belastung.

RMS und Ra
RMS = “Root Mean Square“ (= Effektivwert). Quadratischer Mittenrauwert. Ra ist der arithmetische Mittenrauwert.

Sauerstoffreaktor
Eine Kammer, die Sauerstoff bei erhöhtem Druck halten und erhitzen kann. Verwendet für beschleunigte Alterungstests. (Siehe Alterung.)

Säurebeständig
Widerstand gegenüber Säuren.

Schleierbildung
Eine Verfärbung oder Änderung des Erscheinungsbildes der Oberfläche eines Elastomerteils, hervorgerufen durch die Migration von Flüssigkeiten oder Feststoffen an die Oberfläche. Beispiele: Schwefelbesen, Wachsbesen. Nicht zu Verwechseln mit oberflächlichem Staub durch externe Quellen.

Schönheitsfehler
Eine Markierung, Deformierung oder anderer Mangel, welche das Aussehen stört.

Schrumpfung
Verringertes Volumen eines Teils aufgrund von Lufttrocknung nach dem Eintauchen in einer Flüssigkeit oder der Extraktion von Inhaltsstoffen.

Shore A Härte
Siehe Härte und Härteprüfer.

Silikon, Fluorsilikon
Halborganisches Elastomer, welches Silikon beinhaltet.

Silikonflüssigkeiten
Öle und Fette, basierend auf Silikon.

Silikonfrei
O-Ringe, die mit einem silikonfreien Werkzeugformschmiermittel hergestellt wurden und oberflächlich frei von Silikon sind.

Skydrol ®
Eine Marke der Solutia Inc., St. Louis (USA) für Hydraulik-Flüssigkeiten speziell für die Luftfahrtindustrie.

Sonnenschäden
Oberflächenbrüche oder Haarrissbildung, hervorgerufen durch die Aussetzung gegenüber direktem oder indirektem Sonnenlicht.

Spannung
Kraft per Einheit von der ursprünglichen Querschnittsfläche, die zur Aufdehnung eines Prüfkörpers bis zu einer festgelegten Dehnung notwendig ist.

Spannungsrelaxation
Das ist das Phänomen, welches ein Elastomer unter konstanter Verpressung aufweist, wonach die durch das Elstomer ausgeübte entgegenwirkende Kraft mit der Zeit nachlässt.

Spezifisches Gewicht
Das Verhältnis des Gewichts einer gegebenen Substanz gegenüber dem Gewicht von gleichvolumigem Wasser bei festgelegter Temperatur.

Spiegelschliff
Eine glänzende, polierte Oberfläche.

Sprödigkeit
Tendenz zum Brechen oder Reißen bei Deformierung.

Statisch
Feststehende Anwendung, wie zum Beispiel bei einer Flanschdichtung.

Statische Dichtung
Dichtungsauslegung für den Einsatz zwischen Teilen, die in keiner relativen Bewegung stehen.

Stoßverbindung
Verbindung von zwei Materialenden, wobei die Verbindungsstelle senkrecht zur Fläche eines O-Rings ist.

Strahlung
Emission von Alpha-Partikel, Beta-Partikel oder elektromagnetischer Energie (Gammastrahlung).

Stützring
Ein schlauchringartiges Teil, das neben einem O-Ring eingebaut wird, um diesen gegen Spaltextrusion zu sichern.

Synthetischer Kautschuk
Synthetisch hergestellte Elastomere.

21. Glossary

Technisch eben
Grad der Ebenheit der Oberfläche eines Elastomerteils, welcher für den Gebrauch geeignet ist.

Teflon®
Eine Marke von DuPont für Fluorpolymere.

Temperaturbereich
Tiefste Temperatur, bei der ein Elastomer flexibel bleibt und höchste Temperatur, bei der es funktionsfähig bleiben wird.

Terpolymer
Ein Polymer, bestehend aus drei verschiedenen, chemisch zusammengefügten Monomeren.

Thermische Ausdehnung
Ausdehnung, hervorgerufen durch eine Erhöhung der Temperatur. Kann linear oder volumetrisch sein.

Thermische Einwirkungen
Schädigung oder Degeneration bei höheren Temperaturen.

Thermischer Ausdehnungskoeffizient
Durchschnittliche Ausdehnung pro Grad Temperaturanstieg über eine angegebene Temperaturspanne, ausgedrückt als Bruch der ursprünglichen Abmessung. Kann linear oder volumetrisch sein.

Thiokol
Ein synthetischer Kautschuk des Polysulfid-Typs.

Tieftemperaturdurchbiegung
Handlung oder Vorgang des wiederholten Biegens oder Spannens eines Elastomerteils unter Tieftemperaturbedingungen.

Tieftemperaturflexibilität
Die Fähigkeit eines Elastomerteils bei tiefen Temperaturen gebogen, geknickt oder gespannt zu werden.

Torr
Nach E. Torricelli. Vorzugsweise für die Messung von Vakuum eingesetzte Maßeinheit für den Druck. Ein Torr entspricht dem Druck einer 0,999 Millimeter hohen Quecksilbersäule auf ihre Unterlage (entspricht ungefähr 1 mm Hg). Es gilt: 1 Torr = 133,3 Pa.

TR10-Wert
Die Erwärmungstemperatur, bei der ein eingefrohrener O-Ring 10% seiner Elastizität zurückerlangt.

Trägheit
Schwergängige Erholung eines Materials.

Trennmittel
Ein Mittel, das normalerweise auf die Formnestoberfläche gesprüht wird, um so ein einfaches Entnehmen des Elastomerteils nach dessen Herstellung zu erreichen.

Übervulkanisation
Grad der Vulkanisation, der höher als die optimale Vulkanisation ist.

Umgebungstemperatur
Die das Objekt umgebende Temperatur.

Unmittelbarer Verformungsrest
Die Restverformung, die unmittelbar nach dem Wegfall der zur Verformung geführten Kraft gemessen wird.

Unpassgenauigkeit
Mangelnde Übereinstimmung des Fertigteils mit den Abmessungen laut Entwurfszeichnung aufgrund von nicht passgenauer Werkzeugform bei der Vulkanisation.

Untervulkanisiert
Grad der Vulkanisierung unterhab des Optimums. Kann mit schlechteren physikalischen Eigenschaften einhergehen.

Vakuum
Situation in einem gegebenen Raum, der Gas mit weniger als atmosphärischen Druck beinhaltet.

Vakuumlevel
Die Art des Vakuums, je nach Höhe dessen Drucks in Torr (oder mm Hg).

Vamac
Handelsname von DuPont Performance Elastomers für Ethylen-Acrylat.

Verpressung
Diametrische Verpressung des O-Ring Querschnitts zwischen dem Nutgrund und der abzudichtenden Gegenfläche.

Versatz
Schlechte Anpassung oder Paarung der Verbindung.

Viskosität
Die Zähigkeit von Flüssigkeiten. Auch die Eigenschaft von Flüssigkeiten und plastiziden Feststoffen, eine unmittelbare Formänderung zu widerstehen, d.h. Beständigkeit gegenüber Fließen.

Volumenänderung
Änderung des Volumens eines Prüfkörpers, welches für eine bestimmte Zeit und Temperatur in eine Prüfflüssigkeit getaucht wurde. Ausgedrückt als Prozentsatz dessen ursprünglichen Volumens.

21. Glossar

Vulc-O-Ring
Ein O-Ring, hergestellt aus einer O-Ring Rundschnur durch Verbinden und Vulkanisierung.

Vulkanisationsdatum
Herstellungsdatum eines O-Rings.

Vulkanisationstemperatur
Die Temperatur, bei der ein Elastomerteil vulkanisiert wird.

Vulkanisiermittel
Ein Mittel zur Vulkanisierung eines Elastomers.

Vulkanisierung
Eine Aushärtung unter Hitze und Druck, welche zu einer außerordentlichen Verbesserung der Festigkeit und Elastizität von kautschukähnlichen Materialien führt.

Weichmacher
Eine Substanz, in der Regel eine Flüssigkeit, die dem Elastomer hinzugefügt wird, um die Steifigkeit zu senken, sowie die Tieftemperatureigenschaften und Verarbeitbarkeit zu verbessern.

Weiterreißwiderstand
Kraft eines Compounds in Form von Widerstand gegenüber dem Vergrößern eines Schnitts oder einer Kerbe, wenn der angeschnittene Prüfkörper mit Zugspannung belastet wird.

Welle
Drehendes Bauteil in einem Zylinder; nicht in Kontakt mit den Seitenwänden.

Wellenschlag
Wenn er in Zoll oder Millimeter allein ausgedrückt wird oder mit der Abkürzung „TIR“ (Total Indicator Reading), bezieht er sich auf zweimal den Radialabstand zwischen Wellenmittellinie und Umdrehungsmittellinie.

Werkzeugfinish
Die ununterbrochene Oberfläche, die durch den Kontakt des Kautschuks während der Vulkanisation mit dem Werkzeug hergestellt wird.

Zugfestigkeit
Kraft, die zum Zerreißen eines elastomeren Prüfkörpers eines bestimmten Compounds notwendig ist.

Zylinder
Raum, in dem ein Kolben, Stößel, eine Stange oder Welle durch oder gegen ein Druckmittel gefahren wird.

22. Umrechnungstabellen

Umrechnungstabelle Fahrenheit / Celsius

°C	X	°F	°C	X	°F	°C	X	°F	°C	X	°F	°C	X	°F	°C	X	°F
-273	-459,4		-17,2	1	33,8				32,8	91	195,8	260	500	932	538	1000	1832
-268	-450		-16,7	2	35,6				33,3	92	197,6	266	510	950	549	1020	1868
-262	-440		-16,1	3	37,4				33,9	93	199,4	271	520	968	560	1040	1904
-257	-430		-15,6	4	39,2	9,4	49	120,2	34,3	94	201,2	277	530	986	571	1060	1940
-251	-420		-15,0	5	41,0	10,0	50	122,0	35,0	95	203,0	282	540	1004	582	1080	1976
-246	-410		-14,4	6	42,8	10,6	51	123,8	35,6	96	204,8	288	550	1022	593	1100	2012
-240	-400		-13,9	7	44,6	11,1	52	125,6	36,1	97	206,6	293	560	1040	604	1120	2048
-234	-390		-13,3	8	46,4	11,7	53	127,4	36,7	98	208,4	299	570	1058	616	1140	2084
-229	-380		-12,8	9	48,2	12,2	54	129,2	37,2	99	210,2	304	580	1076	627	1160	2120
-223	-370		-12,2	10	50,0	12,8	55	131,0	37,8	100	212,0	310	590	1094	638	1180	2156
-218	-360		-11,7	11	51,8	13,3	56	132,8	43	110	230	316	600	1112	649	1200	2192
-212	-350		-11,1	12	53,6	13,9	57	134,6	49	120	248	321	610	1130	660	1220	2228
-207	-340		-10,6	13	55,4	14,4	58	136,4	54	130	266	327	620	1148	671	1240	2264
-201	-330		-10,0	14	57,2	15,0	59	138,2	60	140	284	332	630	1166	682	1260	2300
-196	-320		-9,4	15	59,0	15,6	60	140,0	66	150	302	338	640	1184	693	1280	2336
-190	-310		-8,9	16	60,8	16,1	61	141,8	71	160	320	343	650	1202	704	1300	2372
-184	-300		-8,3	17	62,6	16,7	62	143,6	77	170	338	349	660	1220	732	1350	2462
-179	-290		-7,8	18	64,4	17,2	63	145,4	82	180	356	354	670	1238	760	1400	2552
-173	-280		-7,2	19	66,2	17,8	64	147,2	88	190	374	360	680	1256	788	1450	2642
-169	-273	-459,4	-6,7	20	68,0	18,3	65	149,0	93	200	392	366	690	1274	816	1500	2732
-168	-270	-454	-6,1	21	69,8	18,9	66	150,8	99	210	410	371	700	1292	843	1550	2822
-162	-260	-436	-5,6	22	71,6	19,4	67	152,6	100	212	414	377	710	1310	871	1600	2912
-157	-250	-418	-5,0	23	73,4	20,0	68	154,4	104	220	428	382	720	1328	899	1650	3002
-151	-240	-400	-4,4	24	75,2	20,6	69	156,2	110	230	446	388	730	1346	927	1700	3092
-146	-230	-382	-3,9	25	77,0	21,1	70	158,0	116	240	464	393	740	1364	954	1750	3182
-140	-220	-364	-3,3	26	78,8	21,7	71	159,8	121	250	482	399	750	1382	982	1800	3272
-134	-210	-346	-2,8	27	80,6	22,2	72	161,6	127	260	500	404	760	1400	1010	1850	3362
-129	-200	-328	-2,2	28	82,4	22,8	73	163,4	132	270	518	410	770	1418	1038	1900	3452
-123	-190	-310	-1,7	29	84,2	23,3	74	165,2	138	280	536	416	780	1436	1066	1950	3542
-118	-180	-292	-1,1	30	86,0	23,9	75	167,0	143	290	554	421	790	1454	1093	2000	3632
-112	-170	-274	-0,6	31	87,8	24,4	76	168,8	149	300	572	427	800	1472	1121	2050	3722
-107	-160	-256	0,0	32	89,6	25,0	77	170,6	154	310	590	442	810	1490	1149	2100	3812
-101	-150	-238	0,6	33	91,4	25,6	78	172,4	160	320	608	438	820	1508	1177	2150	3902
-96	-140	-220	1,1	34	93,2	26,1	79	174,2	166	330	626	443	830	1526	1204	2200	3992
-90	-130	-202	1,7	35	95,0	26,7	80	176,0	171	340	644	449	840	1544	1232	2250	4082
-84	-120	-184	2,2	36	96,8	27,2	81	177,8	177	350	662	454	850	1562	1260	2300	4172
-79	-110	-166	2,8	37	98,6	27,8	82	179,6	182	360	680	460	860	1580	1288	2350	4262
-73	-100	-148	3,3	38	100,4	28,3	83	181,4	188	370	698	466	870	1598	1316	2400	4352
-68	-90	-130	3,9	39	102,2	28,9	84	183,2	193	380	716	471	880	1616	1343	2450	4442
-62	-80	-112	4,4	40	104,0	29,4	85	185,0	199	390	734	477	890	1634	1371	2500	4532
-57	-70	-94	5,0	41	105,8	30,0	86	186,8	204	400	752	482	900	1652	1399	2550	4622
-51	-60	-76	5,6	42	107,6	30,6	87	188,6	210	410	770	488	910	1670	1427	2600	4712
-46	-50	-58	6,1	43	109,4	31,1	88	190,4	216	420	788	493	920	1688	1454	2650	4802
-40	-40	-40	6,7	44	111,2	31,7	89	192,2	221	430	806	499	930	1706	1482	2700	4892
-34	-30	-22	7,2	45	113,0	32,2	90	194,0	277	440	824	504	940	1724	1510	2750	4982
-29	-20	-4	7,8	46	114,8				232	450	842	510	950	1742	1538	2800	5072
-23	-10	14	8,3	47	116,6				238	460	860	516	960	1760	1566	2850	5162
-17,8	0	32	8,9	48	118,4				243	470	878	521	970	1778	1693	2900	5252
									249	480	896	527	980	1796	1621	2950	5342
									254	490	914	532	990	1814	1649	3000	5432

Beginnend von der Spalte X finden Sie die umgerechneten Werte für Fahrenheit (rechts davon) und Celsius (links davon).
Als Beispiel: 100°C in der mittleren Spalte X = 212°F in der rechten Spalte; 212°F in der mittleren Spalte = 100°C in der linken Spalte.
32°F = 0° Gefrierpunkt von Wasser / 212°F = 100°C Siedepunkt von Wasser / 62°F = 20°C Raumtemperatur / 98,6°F = 37°C Körpertemperatur.

22. Umrechnungstabellen

Umrechnungstabelle psi nach bar

psi	bar	psi	bar	psi	bar	psi	bar
1	0,07	61	4,21	205	14,13	710	48,98
2	0,14	62	4,27	210	14,48	720	49,67
3	0,21	63	4,34	215	14,82	730	50,35
4	0,28	64	4,41	220	15,17	740	51,04
5	0,35	65	4,48	225	15,51	750	51,73
6	0,41	66	4,55	230	15,86	760	52,42
7	0,48	67	4,62	235	16,20	770	53,11
8	0,55	68	4,69	240	16,55	780	53,80
9	0,62	69	4,76	245	16,89	790	54,49
10	0,69	70	4,83	250	17,24	800	55,18
11	0,76	71	4,90	255	17,58	810	55,87
12	0,83	72	4,96	260	17,93	820	56,56
13	0,90	73	5,03	265	18,27	830	57,25
14	0,97	74	5,10	270	18,62	840	57,93
15	1,03	75	5,17	275	18,96	850	58,62
16	1,10	76	5,24	280	19,31	860	59,31
17	1,17	77	5,31	285	19,65	870	60,00
18	1,24	78	5,38	290	20,00	880	60,69
19	1,31	79	5,45	295	20,34	890	61,38
20	1,38	80	5,52	300	20,69	900	62,07
21	1,45	81	5,58	310	21,38	910	62,76
22	1,52	82	5,65	320	22,07	920	63,45
23	1,59	83	5,72	330	22,76	930	64,13
24	1,65	84	5,79	340	23,45	940	64,82
25	1,72	85	5,86	350	24,14	950	65,51
26	1,79	86	5,93	360	24,83	960	66,20
27	1,86	87	6,00	370	25,52	970	66,89
28	1,93	88	6,07	380	26,21	980	67,58
29	2,00	89	6,14	390	26,90	990	68,27
30	2,07	90	6,21	400	27,59	1000	68,96
31	2,14	91	6,27	410	28,28	1010	69,95
32	2,21	92	6,34	420	28,97	1020	70,34
33	2,28	93	6,41	430	29,66	1030	71,03
34	2,34	94	6,48	440	30,35	1040	71,72
35	2,41	95	6,55	450	31,04	1050	72,41
36	2,48	96	6,62	460	31,73	1060	73,10
37	2,55	97	6,69	470	32,42	1070	73,79
38	2,62	98	6,76	480	33,11	1080	74,48
39	2,69	99	6,83	490	33,80	1090	75,17
40	2,76	100	6,89	500	34,49	1100	75,86
41	2,83	101	7,24	510	35,18	1120	77,24
42	2,90	110	7,58	520	35,87	1140	78,62
43	2,96	115	7,93	530	36,56	1160	80,00
44	3,03	120	8,27	540	37,25	1180	81,37
45	3,10	125	8,62	550	37,94	1200	82,74
46	3,17	130	8,96	560	38,63	1220	84,12
47	3,24	135	9,31	570	39,32	1240	85,50
48	3,31	140	9,65	580	40,01	1260	86,88
49	3,38	145	10,00	590	40,70	1280	88,26
50	3,45	150	10,34	600	41,39	1300	89,64
51	3,52	155	10,68	610	42,08	1320	91,02
52	3,59	160	11,03	620	42,77	1340	92,40
53	3,65	165	11,37	630	43,46	1360	93,78
54	3,72	170	11,72	640	44,15	1380	95,16
55	3,79	175	12,06	650	44,84	1400	96,54
56	3,86	180	12,41	660	45,53	1420	97,92
57	3,93	185	12,75	670	46,22	1440	99,30
58	4,00	190	13,10	680	46,91	1460	100,67
59	4,07	195	13,44	690	47,60	1480	102,05
60	4,14	200	13,79	700	48,29	1500	103,43

22. Umrechnungstabellen

Umrechnungstabelle Zoll nach Millimeter

Zoll	*0*	*1/16*	*1/8*	*3/16*	*1/4*	*5/16*	*3/8*	*7/16*	*1/2*	*9/16*	*5/8*	*11/16*	*3/4*	*13/16*	*7/8*	*15/16*
0	0,0	1,6	3,2	4,8	6,4	7,9	9,5	11,1	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,6	22,2	23,8
1	25,4	27,0	28,6	30,2	31,8	33,3	34,9	36,5	38,1	39,7	41,3	42,9	44,5	46,0	47,6	49,2
2	50,8	52,4	54,0	55,6	57,2	58,7	60,3	61,9	63,5	65,1	66,7	68,3	69,9	71,4	73,0	74,6
3	76,2	77,8	79,4	81,0	82,6	84,1	85,7	87,3	88,9	90,5	92,1	93,7	95,3	96,8	98,4	100,0
4	101,6	103,2	104,8	106,4	108,0	109,5	111,1	112,7	114,3	115,9	117,5	119,1	120,7	122,2	123,8	125,4
5	127,0	128,6	130,2	131,8	133,4	134,9	136,5	138,1	139,7	141,3	142,9	144,5	146,1	147,6	149,2	150,8
6	152,4	154,0	155,6	157,2	158,8	160,3	161,9	163,5	165,1	166,7	168,3	169,9	171,5	173,0	174,6	176,2
7	177,8	179,4	181,0	182,6	184,2	185,7	187,3	188,9	190,5	192,1	193,7	195,3	196,9	198,4	200,0	201,6
8	203,2	204,8	206,4	208,0	209,6	211,1	212,7	214,3	215,9	217,5	219,1	220,7	222,3	223,8	225,4	227,0
9	228,6	230,2	231,8	233,4	235,0	236,5	238,1	239,7	241,3	242,9	244,5	246,1	247,7	249,2	250,8	252,4
10	254,0	255,6	257,2	258,8	260,4	261,9	263,5	265,1	266,7	268,3	269,9	271,5	273,1	274,6	276,2	277,8
11	279,4	281,0	282,6	284,2	285,8	287,3	288,9	290,5	292,1	293,7	295,3	296,9	298,9	300,0	301,6	303,2
12	304,8	306,4	308,0	309,6	311,2	312,7	314,3	315,9	317,5	319,1	320,7	322,3	323,9	325,4	327,0	328,6
13	330,2	331,8	333,4	335,0	366,0	338,1	339,7	341,3	342,9	344,5	346,1	347,7	349,3	350,8	352,4	354,0
14	355,6	357,2	358,8	360,4	362,0	363,5	365,1	366,7	368,3	369,9	371,5	373,1	374,7	376,2	377,8	379,4
15	381,0	382,6	384,2	385,8	387,4	388,9	390,5	392,1	393,7	395,3	396,9	398,5	400,1	401,6	403,2	404,8
16	406,4	408,0	409,6	411,2	412,8	414,3	415,9	417,5	419,1	420,7	422,3	423,9	425,5	427,0	428,6	430,2
17	431,8	433,4	435,0	436,6	438,2	439,7	441,3	442,9	444,5	446,1	447,7	449,3	450,9	452,4	454,0	455,6
18	457,2	458,8	460,4	462,0	463,6	465,1	466,7	468,3	469,9	471,5	473,1	474,7	476,3	477,8	479,4	481,0
19	482,6	184,2	485,8	487,4	489,0	490,5	492,1	493,7	495,3	496,9	498,5	500,1	501,7	503,2	504,8	506,4
20	508,0	509,6	511,2	512,8	514,4	515,9	517,5	519,1	520,7	522,3	523,9	525,5	527,1	528,6	530,2	531,8
21	533,4	535,0	536,6	538,2	539,8	541,3	542,9	544,5	546,1	547,7	549,3	550,9	552,5	554,0	555,6	557,2
22	558,8	560,4	562,0	563,6	665,2	566,7	568,3	569,9	571,5	573,1	574,7	576,3	577,9	579,4	581,0	582,6
23	584,2	585,8	587,4	589,0	590,6	592,1	593,7	595,3	596,9	598,5	600,1	601,7	603,3	604,8	606,4	608,0
24	609,6	611,2	612,8	614,4	616,0	617,5	619,1	620,7	622,3	623,9	625,5	627,1	628,7	630,2	631,8	633,4
25	635,0	636,6	638,2	639,8	641,4	642,9	644,5	646,1	647,7	649,3	650,9	652,5	654,1	655,6	657,2	658,8
26	660,4	662,0	663,6	665,2	666,8	668,3	669,9	671,5	673,1	674,7	676,3	677,9	679,5	681,0	682,6	684,2
27	685,8	687,4	689,0	690,6	692,2	693,7	695,3	696,9	698,5	700,1	701,7	703,3	704,9	706,4	708,0	709,6
28	711,2	712,8	714,4	716,0	717,6	719,1	720,7	722,3	723,9	725,5	727,1	728,7	730,3	731,8	733,4	735,0
29	736,6	738,2	439,8	741,4	743,0	744,5	746,1	747,7	749,3	750,9	752,5	754,1	755,7	757,2	758,8	760,4
30	762,0	763,6	765,2	766,8	768,4	769,9	771,5	773,1	774,7	776,3	777,9	779,5	781,1	782,6	784,2	785,8
31	787,4	789,0	790,6	792,2	783,8	795,3	796,9	798,5	800,1	801,7	803,3	804,9	806,5	808,0	809,6	811,2
32	812,8	814,4	816,0	817,6	819,2	820,7	822,3	823,9	825,5	827,1	828,7	830,3	831,9	833,4	835,0	836,6
33	838,2	839,8	841,4	843,0	844,6	846,1	847,7	849,3	850,9	852,5	854,1	855,7	857,3	858,8	860,4	862,0
34	863,6	865,2	866,8	868,4	870,0	871,5	873,1	874,7	876,3	877,9	879,5	881,1	882,7	884,2	885,8	887,4
35	889,0	890,6	892,2	893,8	895,4	896,9	898,5	900,1	901,7	903,3	904,9	906,5	908,1	909,6	911,2	912,8
36	914,4	916,0	917,6	919,2	920,8	922,3	923,9	925,5	927,1	928,7	930,3	931,9	933,5	935,0	936,6	938,2
37	939,8	841,4	943,0	944,6	946,2	947,7	949,7	950,9	952,5	954,1	955,7	957,3	958,9	960,4	962,0	963,6
38	965,2	966,8	968,4	970,0	971,6	973,1	974,7	976,3	977,9	979,5	981,1	982,7	984,3	985,8	987,4	989,0
39	990,6	992,2	993,8	995,4	997,0	998,5	1000,1	1001,7	1003,3	1004,9	1006,5	1008,1	1009,7	1011,2	1012,8	1014,4
40	1016,0	1017,6	1019,2	1020,8	1022,4	1023,9	1025,5	1027,1	1028,7	1030,3	1031,9	1033,5	1035,1	1036,6	1038,2	1039,8
41	1041,4	1043,0	1044,6	1046,2	1047,8	1049,3	1050,9	1052,5	1054,1	1055,7	1057,3	1058,9	1060,5	1062,0	1063,6	1065,2
42	1066,8	1068,4	1070,0	1071,6	1073,2	1074,7	1076,3	1077,9	1079,5	1081,1	1082,7	1084,3	1085,9	1087,4	1089,0	1090,6
43	1092,2	1093,8	1095,4	1097,0	1098,6	1100,1	1101,7	1103,3	1104,9	1106,5	1108,1	1109,7	1111,3	1112,8	1114,4	1116,0
44	1117,6	1119,2	1120,8	1122,4	1124,0	1125,5	1127,1	1128,7	1130,3	1131,9	1133,5	1135,1	1136,7	1138,2	1139,8	1141,4
45	1143,0	1144,6	1146,2	1147,8	1149,4	1150,9	1152,5	1154,1	1155,7	1157,3	1158,9	1160,5	1162,1	1163,6	1165,2	1166,8
46	1168,4	1170,0	1171,6	1173,2	1174,8	1176,3	1177,9	1179,5	1181,1	1182,7	1184,3	1185,9	1187,5	1189,0	1190,6	1192,2
47	1193,8	1195,4	1197,0	1198,6	1200,2	1201,7	1203,3	1204,9	1206,5	1208,1	1209,7	1211,3	1212,9	1214,4	1216,0	1217,6
48	1219,2	1220,8	1222,4	1224,0	1225,6	1227,1	1228,7	1230,3	1231,9	1233,5	1235,1	1236,7	1238,3	1239,8	1241,4	1243,0
49	1244,6	1246,2	1247,8	1249,4	1251,0	1252,5	1254,1	1255,7	1257,3	1258,9	1260,5	1262,1	1263,7	1265,2	1266,8	1268,4
50	1270,0	1271,6	1273,2	1274,8	1276,4	1277,9	1279,5	1281,1	1282,7	1284,3	1285,9	1287,5	1289,1	1290,6	1292,2	1293,8

22. Umrechnungstabellen - allgemein

Länge

Millimeter	Meter	Zoll (in)	Fuß (ft)	Yard (yd)
1	0.001	.394	.0033	.0011
1000	1	39.3701	3.2808	1.0936
25.4	0.254	1	0.0833	0.0278
304.8	0.3048	12	1	0.3333
914.4	0.9144	36	3	1

Volumen

m^3	cm^3	Liter	Kubikzoll (in^3)	Kubikfuß (ft^3)	UK Gallone	US Gallone
1	1000000	999.972	61023.7	35.3147	219.969	264.172
0.000001	1	0.0009997	0.061	0.0000353	0.00022	0.0026
0.001	1000.028	1	61.0255	0.0353	0.22	0.2642
0.000016	16.3871	0.0164	1	0.00058	0.0036	0.0043
0.0283	28316.8	28.3161	1728	1	6.2288	7.4805
0.0045	4546.09	4.546	277.419	0.1605	1	1.201
0.0038	3785.41	3.7853	231	0.1337	0.8327	1

Geschwindigkeit

Meter pro Sekunde m/s	Fuß pro Sekunde ft/s	Fuß pro Minute ft/m	Kilometer pro Stunde km/h	Meile pro Stunde mile/h
1	3.2808	196.85	3.6	2.2368
0.3048	1	60	1.0973	0.6818
18.288	0.0167	1	65.8368	40.9091
0.2776	0.9113	54.68	1	0.6214
0.447	1.4665	87.99	1.6093	1

Masse bzw. Gewicht

Kilogramm kg	Pfund lb	Zentner (UK) cwt	Tonne t	UK Tonne long tn	US Kleine Tonne sh tn
1	2.2046	0.0197	0.001	0.00098	0.0011
0.4536	1	0.0089	0.000454	0.000446	0.0005
50.8023	112	1	0.0508	0.05	0.056
1000	2204.62	19.6841	1	0.9842	1.1023
1016.05	2240	20	1.0161	1	1.12
907.185	2000	17.8571	0.9072	0.8929	1

Geschwindigkeit

Kilogramm pro Sekunde kg/s	Kilogramm pro Stunde kg/h	Pfund pro Stunde lb/h	UK Tonne pro Stunde UK ton/h	Tonne pro Tag t/d
1	3600	7936.64	3.54314	86.4
0.000278	1	2.2046	0.000984	0.024
0.000126	0.4536	1	0.000446	0.0109
0.2822	1016.05	2240	1	24.3852
0.0116	41.6667	91.8592	0.04101	1

Druck

Pascal Pa	Megapascal MPa	Bar
1	10^{-6}	10^{-5}
10^6	1	10
10^5	0,1	1

Pfund (lb = 16 Unzen) Unze = 28,35 Gramm Grain (1/7000 lb) = 0,0648 Gramm

23. Zulassungen und Konformitäten

• **HANDELSNAMEN:**

Viton®
Viton® ist eine Marke von DuPont Performance Elastomers. ERIKS ist offizieller Lizenznehmer von Genuine Viton®.

Teflon®
Teflon® ist eine Marke von DuPont. Teflon® ist ein Familienname für DuPont's Fluorpolymere wie FEP, PFA und PTFE.

Kalrez®
Kalrez® ist eine Marke von DuPont Performance Elastomers. ERIKS ist autorisierter Distributor für Kalrez® Perfluorelastomerteile.

• **ZULASSUNGEN/KONFORMITÄTEN:**

Und viele weitere.

Fragen Sie nach unseren Informationsmaterialien über:
- Hochreine FDA-konforme Dichtungen
- Viton®
- Kalrez®

24. ERIKS´ weltweites Vertriebsnetz & technische Hilfestellung

Weltweites Vertriebsnetz
ERIKS hat ein breites, weltweites Vertriebsnetz von Dichtungsspezialisten. Sie können Ihnen neben einem breiten und tiefen Produktsortiment auch Hilfestellung zu anwendungstechnischen Fragen bieten.
Kontaktieren Sie unsere Kunden-Service-Center.

www.eriks.de
www.o-ring.info

Technische Hilfestellung
Unsere Chemiker und Ingenieure sind bereit, unseren Kunden hervorragende anwendungstechnische Unterstützung zu bieten. Hilfe bei der Dichtungsauslegung, Fehleranalysen, Qualitätszertifikate, Anwendungstests und kundenspezifische Dichtungslösungen sind nur einige der bei uns erhältlichen Dienstleistungen.
Besuchen Sie unsere Webseiten:
www.eriks.de
www.eriks.com
www.eriks.be
www.eriks.nl
www.eriksusa.com

Auf diesen Webseiten finden sie aktuelle Informationen über unsere Unternehmen und Produkte.

Wir freuen uns auf Ihre Kommentaren!
Wir bei ERIKS sind daran bestrebt, unsere Produkte und Dienstleistungen kontinuierlich zu verbessern. Wir wollen, dass Ihre Geschäfte mit uns einfach, schnell, effizient und angenehm sind. Eine der wichtigsten Aspekte einer Partnerschaft ist Kommunikation. Unsere Partnerschaft mit Ihnen ist uns sehr wichtig.
Bitte schreiben, faxen, rufen Sie uns wegen allen Kommentaren oder Empfehlungen zu unseren Produkten oder Dienstleistungen an oder schicken uns eine e-Mail:

ccc-dichtungstechnik@eriks.de