

ELASTOMERE

Elastomere

Elastomere gehören zur Gruppe der Kunststoffe. Es gibt verschiedene Einteilungsarten der Kunststoffe, eine gängige ist die nach Ihrem mechanisch-thermischen Verhalten. Diese gliedert die Kunststoffe in Duroplaste (engmaschig vernetzte Polymere), Thermoplaste (unvernetzte Polymere) und Elastomere (weitmaschig vernetzte Polymere) ein. Elastomere sind also vernetzte (vulkanisierte) Kautschuke. Die Vernetzung erfolgt z. Bsp. durch Schwefel, Peroxiden oder Bestrahlung.

Eine der bekanntesten Eigenschaften dieses Werkstoffs ist, dass er zwar formfest, gleichzeitig aber elastisch ist. Diese Elastizität stellt ein statisch-dynamisches Gleichgewicht von Ordnung und Entropie dar, entgegen der von Federn bekannten Anziehungskräften zwischen sich ändernden Atomabständen. Daher speichert dieser Werkstoff keinerlei Spannenergie.

Beispiel einer Mischung

Bestandteil mit Prozentanteil am Beispiel NBR

30% Kautschuk (NBR)	1% Vernetzungsmittel (Schwefel)
44% Russ (schwarz)	0.7% Beschleuniger
18% Weichmacher	0.8% Stearinsäure (Vulkanisationsaktivatoren)
2% Verarbeitungshilfsmittel	2% Zinkoxid (Vulkanisationsaktivatoren)
1.5% Alterungsschutzmittel	

Russ -> Verbesserung der mechanischen Eigenschaften (z. Bsp. Zugfestigkeit, Reissdehnung, Abrieb)

Weichmacher -> Erhöht die Plastizität und verbessert die Füllstoffverarbeitung. Beeinflusst z. T. die Tieftemperatur, Flexibilität und Härte.

Verarbeitungshilfsmittel -> wie z. Bsp. Wachse und Paraffine. Beeinflussen die Formbeständigkeit und die

Entformung.

Alterungsschutzmittel -> verzögert die durch Licht-, Ozon-, Sauerstoff- (etc.) hervorgerufenen Alterungsvorgänge.

Beschleuniger -> verkürzt die Vulkanisationszeit bzw. setzt die Vulkanisationstemperatur herab.

Auswahlkriterien

Kriterium	Beispiele
Medium	Flüssigkeiten, Gase
Temperatur	Plus- oder Minus-Bereich
Druck	Überdruck, Vakuum
Einsatzart	dynamisch, statisch
spezielle Anforderungen	ELL, FDA, elektrische Leitfähigkeit
weitere Anforderungen	Härte, Farbe, Toleranzen

Materialidentifikation

Dichte

- Gleiche Mischungs-Chargen haben immer die gleiche Dichte
- FKM hat eine relativ hohe Dichte (~1.8 -2.0)

Rückprall-Elastizität

- EPDM hat hohes Rückprallen
- FKM hat kein Rückprallen
- NBR hat mittleres Rückprallen

Thermogravimetrie

- Identifikation der Elastomer Mischung
- Beim Erhitzen der Proben auf über +700 °C verflüchtigen sich bei gewissen Temperaturen die Bestandteile
- Anhand eines Temperatur-/Gewichtsdiagrammes kann Art und Mischungsanteil bestimmt werden

Brandverhalten

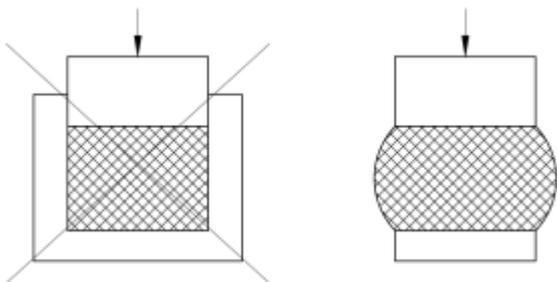
- Beilsteinprobe -> grüne Flamme = chlorhaltige Mischung -> CR
- Flammtest (Brennverhalten, Art der Rückstände)

Flammtest

Polymer	Brennverhalten	Art der Rückstände	Charakteristische Merkmale
Natur-Kautschuk NR	Brennt sehr gut in eigener Flamme, gleichmässiges Brennverhalten, russende Flamme	klebrig, schmierig, weich	charakteristischer Geruch
Acrylnitril-Butadien-Kautschuk NBR	brennt gut in eigener Flamme, jedoch sehr ungleichmässig	bröckelig, ganz leicht schmierig	flackernde, spritzige Flamme
Chloroprene-Kautschuk CR	brennt nicht in eigener Flamme (flammwidrig), d.h. beim Entfernen der Flamme erlischt der Prüfling	fest körnig, nicht schmierig	eher stechender Geruch
Ethylen-Propylen-Kautschuk EPDM	brennt sehr gut in eigener Flamme, russend	sehr feinkörnig, ganz leicht schmierig	stechender Geruch
Fluor-Kautschuk FKM	brennt nicht in eigener Flamme, heller Rauch	nur sehr geringe Rückstände	sehr starker, stechender Geruch, Intensität kann z.B. mit Ammoniak verglichen werden
Polyurethan-Kautschuk PUR	brennt nicht in eigener Flamme, starker charakteristischer Geruch	weich-flüssig, nach längerer Brennprobe tropft der Prüfling	wird sofort an der Brennstelle flüssig, eine Art schmelzen
Silikon-Kautschuk MVQ	brennt nicht in eigener Flamme, Brennstelle wird weiss, Geruch nicht intensiv	fest, weiss	gelb-weisse Flamme, weisser Rauch

Kompressionsverhalten

- Elastomere sind grundsätzlich nicht komprimierbar - seitliche Ausweichmöglichkeit!



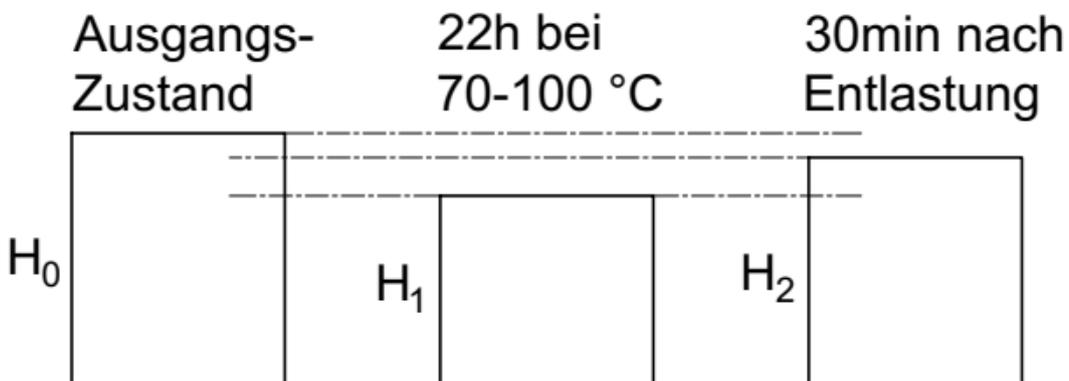
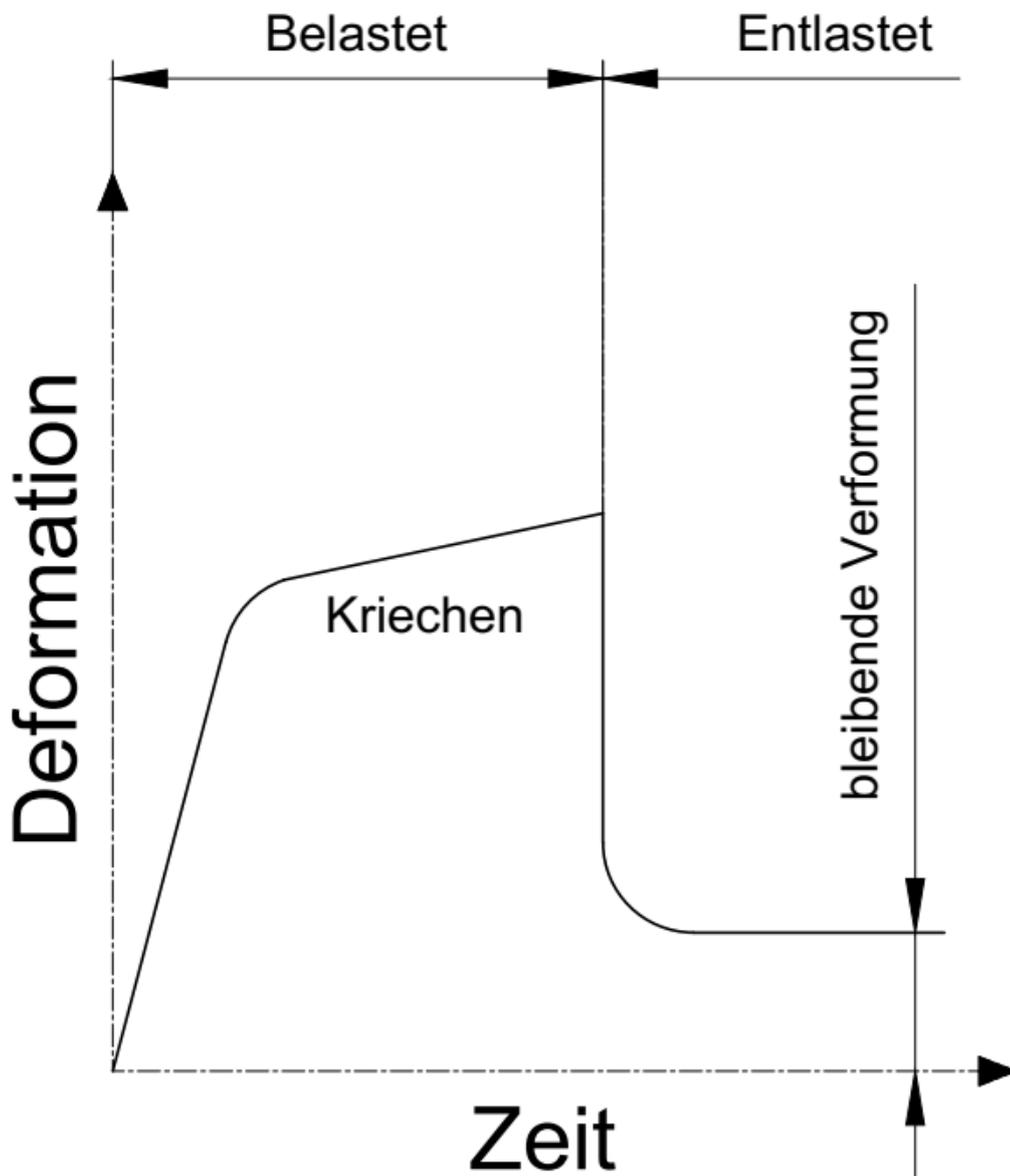
- Kraftaufwand von der Härte und Geometrie abhängig
- je grösser die freie Fläche umso kleiner der Formfaktor (Kraftaufwand)

Druckverformungsrest

Der Druckverformungsrest ist die definierte bleibende Verformung eines Elastomers nachdem die formändernde Belastung aufgehoben wurde.

Dienstleistungen, Produktion,
Revision, Schulungen





$$H_1 = \frac{3}{4} H_0$$

$$\text{Druckverformungsrest DVR} = \frac{H_0 - H_2}{H_0 - H_1} \times 100\%$$

Ein DVR von 0% bedeutet eine Vollständige Rückstellung (in der Realität nicht möglich), ein DVR von 100% bedeutet dass der Körper keine Rückstellung zeigt (völlige Verformung).

Der DVR ist abhängig von: Elastomer-Typ, Temperatur, Vulkanisationsgrad, Zeit und Form des Teils.

Ausfallgründe und Schadenanalyse

Merkmale	mögliche Ursachen
Oberflächenrisse	Ozoneinwirkung, zu starke Aufdehnung, falsche Lagerung
Risse und Verhärtung	Temperatureinflüsse, teilweise durch Mediums Einflüsse
Verhärtung und Ausbrüche	zu hohe Temperaturen unter dynamischer Belastung
Blasenbildung / Ausbrüche auf Oberfläche	extrem schnelle Druckentlastung bei Gasabdichtungen (Metall -> dichtes Atomgitter, Elastomere -> lockeres 3D-Netzwerk)
Abschälen / Materialausbrüche	hohe Drücke, zu grosse Dichtspalte, fehlender Back-up-Ring
Quellung	Medium Beständigkeit 0-5% normal 5-15% statisch noch einsetzbar < 15% nicht mehr einsetzbar
Starke Abblattung	bleibende Verformung, zu hohe Temperaturen, falsche Einbauträume, schlecht vulkanisiertes Material
Abrieb	zu starke dynamische Belastung, Mangelschmierung, rauhe Oberfläche, zu starke Verpressung

Vernetzungsarten

Schwefelvernetzung	Peroxydvernetzung
<ul style="list-style-type: none"> • ungebundener Schwefel kann Korrosion an Metallen bilden (z.B. Silber, Kupfer, Blei) • neigt zum Kleben 	<ul style="list-style-type: none"> • besseres Temperaturverhalten • niedriger DVR • schwierige Verarbeitung • teurer als Schwefelvulkanisiert • keine Korrosion

Korrosion durch Salzsäurebildung

"Billige" CR-Mischungen können bei erhöhter Temperatur Salzsäure abspalten. Dies gilt für alle chlorierten Elastomere. Durch entsprechende Stabilisatoren kann diese Salzsäurebildung verhindert werden.

Kontakt mit Kunststoffen

Weichmacher in Elastomeren können in Kontakt mit Kunststoffen folgende Reaktionen zeigen:

Kleben / Verfärben / Rissbildung (Polycarbonat) / Erweichung (PVC).

-> weichmacherfreie Werkstoffe einsetzen.

Elektrische Eigenschaften

Grundsätzlich sind russgefüllte Mischungen antistatisch mit einem elektrischen spezifischen Widerstand von 10^5 bis $10^9 \Omega/\text{cm}$. Russanteil ca. 60 - 65 %. Durch Änderung der Russstruktur wird ein Elastomer leitend (aktiver Russ), durch Beimischung von Russersatz wird ein Elastomer isolierend (Kaolin 15%).

Einfärben von Elastomeren

Werden Elastomere eingefärbt, muss der Füllstoff Russ durch helle Zusätze ersetzt werden. Dies wirkt sich sehr negativ auf die physikalischen und mechanischen Eigenschaften aus (Ausnahme: MVQ und PUR).

Lagerung von Elastomeren

Temperatur	optimal: +15 °C bis +25 °C. Tiefere Temperaturen sind möglich (nicht unter -10 °C)
Feuchtigkeit	optimal: 50% - 60%, nicht extrem trockene oder feuchte Umgebung.
Licht	keine direkte Sonnenbestrahlung oder Kunstlicht mit hohem UV-Anteil.
Sauerstoff / Ozon	wenn möglich luftdichte Behältnisse verwenden.
Deformation	keine Zug-, Druck- oder sonstige Verformung.
Kontakt mit Flüssigkeiten	ist zu vermeiden.
Lagerzeit Empfehlung	NBR / CR: 6 Jahre, EPDM: 8 Jahre, rest ca. 10 Jahre.

Jeweilige Eigenschaften

Eigenschaft / Material	NR	EPDM	NBR	HNBR	CR	PUR	MVQ	FKM
Bruchdehnung	1	3	2	2	2	2	3	3
Stoßelastizität	2	3	3	3	3	3	3	5
Abriebwiderstand	2	3	2	2	2	1	4	4
Weiterreißwiderstand	2	3	3	2	2	3	5	4
Druckverformungsrest bei -40 °C	3	4	5	5	5	5	3	5
Druckverformungsrest bei +20 °C	2	3	3	2	3	3	2	2
Druckverformungsrest bei +100 °C	5	2	5	2	4	5	1	1
Kälteflexibilität	2	2	3	3	3	4	1	5
Alterungsbeständigkeit	3	1	3	1	2	2	1	1
Ozonbeständigkeit	4	1	3	1	2	2	1	1
Benzinbeständigkeit	5	5	1	1	2	1	5	1
Öl- und Fettbeständigkeit	5	5	1	1	2	1	3	1
Säurebeständigkeit	3	1	4	4	2	5	5	1
Laugenbeständigkeit	3	2	3	3	2	5	5	1
Heißwasserbeständigkeit	3	1	3	2	3	5	5	2
Gasdurchlässigkeit	5	4	2	2	3	1	5	2

1 = sehr gut 2 = gut 3 = mittel 4 = mässig 5 = ungenügend