

1. Was zeichnet Elastomere oder Gummi gegenüber anderen Werkstoffen aus ?

Im Vordergrund steht hier sein Rückstellvermögen nach großer Verformung: das elastische Verhalten. Metalle lassen sich nur wenig elastisch verformen, Kunststoffe zeigen kaum Rückstellung.

Elastomere sind weitmaschig vernetzte makromolekulare Stoffe, im Gegensatz zu unvernetzten Plastomeren (Thermoplasten) und engmaschig vernetzten Duromeren.



Elastomere sind wegen ihrer chemischen Vernetzungsstruktur nicht schmelzbar, sie zersetzen sich bei hohen Temperaturen ohne zu schmelzen, daher sind sie schwieriger zu recyceln.

Werkstoff	E-Modul (MPa)	Maximale Dehnung (%)
Stahl	200000	0,1
Glas	60000	5
Nylonfaser	4000	20
Thermoplast (ABS)	2000	3
Elastomer	4	500

2. Geschichte

Der erste Gebrauch findet durch Eingeborene in Südamerika statt. Sie tränkten Stoffe mit der Milch einer Pflanze, um sie wasserdicht zu machen. Ebenso sollen sie mit einer Kugel aus der zähen, elastischen Masse, die beim Trocknen der Milch zurückblieb, Ball gespielt haben. Sie nannten diese Pflanze *Cahuchu*, was soviel wie ‚tränenendes Holz‘ bedeutete.

Europäer benutzten diese Milch um endlich Verbesserungen für die nie ganz dichten Lederschläuche und Lederschuhe zu erhalten. Leider war die flüssige Milch nicht sehr haltbar, so daß nur der zähe Trocknungsrückstand verschifft werden konnte. Dessen weitere Anwendung erwies sich aber als sehr schwierig.

1770 fand ein Engländer heraus, daß man mit Kautschuk Bleistiftstriche auf Papier durch Reiben besser als mit den bisher üblichen Brotkrumen entfernen konnte, daher der englische Name ‚Rubber‘ (*to rub = reiben*).

Später gelang das Wiederauflösen mit Terpentin und Äther um Stoffe zu

imprägnieren.

1803 entstand in Paris die erste Gummifabrik, die elastische Bänder für Hosenträger herstellte. Die hatten aber noch den Nachteil bei normaler Temperatur klebrig und bei heißem Wetter noch klebriger zu sein, dafür waren sie bei Kälte hart und steif.

Charles Goodyear entdeckte 1839, dass Kautschuk durch eine Beimischung von ZnO und Schwefel nach dem Erhitzen seine Klebrigkeit verlor und ein besseres elastisches Verhalten aufwies. Dies Verfahren erhielt die Bezeichnung *Vulkanisation*.

1888 erfand Dunlop den Luftreifen. Mit der aufkommenden Motorisierung fand wegen der großen Nachfrage die erste Verknappung des bisher nur aus Brasilien stammenden Kautschukes statt.

Unter abenteuerlichen Umständen kamen die ersten Kautschukbäume (*Hevea brasiliensis*) über England nach Malaysia und Indonesien, wo noch heute deren Hauptanbaugelände sind.

1906 war der Naturkautschuk so knapp, dass 1 kg davon etwa 28 Goldmark kostete. Deshalb strebte man schnell die Synthetisierung an. 1909 erhielt der deutsche Chemiker Hofmann das erste Patent auf synthetisches Isopren, das künstliche Gegenstück zum Naturkautschuk. 1911 gründete man die erste Fabrik für Methylkautschuk, deren Produktion restlos von der Fa. Continental für die Produktion von Autoreifen abgenommen wurde. Mitte der zwanziger Jahre stellte man aus *Butadien* und dem Katalysator *Natrium BUNA* her, die Grundlage vieler heutiger Synthesekautschuke.

1930 entstand das Thikol, das heute kaum noch eine Rolle spielt.

1931 entwickelte man das Chloropren.

1937 gelang die Herstellung von Butyl und Polyurethan

1942 wurde erstmals Silikonkautschuk produziert

1963 begann die großtechnische Produktion von EPDM und EPM

später kamen dazu FKM, ECO, ACM und viele mehr

Heute (2008) werden jährlich etwa 15 Mio. to. Kautschuk hergestellt, daraus macht man etwa 30 Mio. to. Kautschukmischungen, 35 % davon basieren auf NR und 65% auf Synthesetypen.

Elastomere

Die eine Hälfte der Menge wird in wenigen, großen Fabriken mit wenigen Rezepten zu Reifen verarbeitet, die andere Hälfte wird in vielen Fabriken mit sehr vielen Rezepten bei der Herstellung sehr, sehr vieler Artikel eingesetzt.

3. Die Mischung

Gummi ist nicht gleich Gummi ist, dass erfährt man, wenn man erstmals den falschen Gummi-Werkstoff eingesetzt hat. Dann kommen Fragen zum Verhalten bei chemischer Beanspruchung, bei verschiedenen Temperaturen, bei dynamischer Verformung oder bei Umweltbelastungen.

Hier erkennt man, dass ein Elastomer sowohl im Einsatz als auch bei der Herstellung nicht nur aus Kautschuk, sondern aus einer Vielzahl einzelner Stoffe besteht, die die Eignung des Kautschukes im Einsatz, aber auch bei der Herstellung beeinflussen.

4. Kautschuktypen

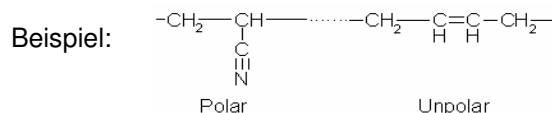
Man kann die vielen Arten der Kautschuktypen in unterschiedlicher Weise einteilen.

Einige davon sollen nachfolgend erläutert werden.

A. Polar – Unpolar

Unpolare Kautschuke sind aus reinen Kohlenwasserstoff-Ketten aufgebaut. Sie sind wegen ihrer Unpolarität nicht beständig gegen unpolare Stoffe (gleiches löst gleiches), wie Benzin und Mineralöle, zeigen aber in polaren Stoffen wie Aceton und Ketonen gute Resistenz.

Polare Kautschuke hingegen enthalten in ihrem Aufbau polare Bausteine, wie Cl, F oder Gruppen, wie -CN, COOC₂H₅). Sie sind gegen unpolare Stoffe beständig und gegen polare unbeständig.



Unpolar	Polar	
NR	NBR	MFQ
IR	CR	MPVQ
SBR	CM	MFQ
BR	CSM	AU, EU
PNR	ACM	CO, ECO
IIR	EVA	GPO
BIIR	FPM	T
CIIR	MQ	
EPM	MVQ	
EPDM	MPQ	

B. Sättigungsgrad

Die meist angewandte Vernetzungsreaktion über Schwefel setzt an einer Doppelbindung zwischen zwei C-Atomen (C=C) an, das heißt: an zwei Stellen werden solche Doppelbindung geöffnet und mittels Schwefel wieder verknüpft. Ohne diese Doppelbindungen ist ein Kautschuk nicht mit Schwefel vernetzbar.

Gibt es viele dieser Doppelbindungen und sind sie in der Hauptkette, spricht man von ‚ungesättigt‘, da diese Doppelbindung leicht reagieren und damit gesättigt werden können. Dies wirkt sich hinsichtlich Alterungs- und Temperaturbeständigkeit negativ aus. Der Grund ist die höhere Instabilität dieser Doppelbindungen als die der einfachen C-C Verbindungen sind.

Gibt es keine Doppelbindungen in der Hauptkette, handelt es sich um ‚gesättigte‘ Kautschuktypen. Sie weisen eine höhere Temperatur- und Alterungsbeständigkeit auf. Die instabilen Stellen in der Hauptkette fehlen.

Ungesättigt	Gesättigt	
BR	ACM	MFQ
CR	CMCR	MPQ
IIR	CSM	MPVQ
BIIR	EPDM	MQ
CIIR	EPM	MVQ
IR	FPM	AU
NBR	CO	EU
NR	ECO	T
SBR	GPO	

C. Allzweck- und Spezialkautschuke

Allzweckkautschuke sind in der Regel preisgünstig und werden in großen Mengen eingesetzt, es gibt eine große Typenvielfalt.

Spezialkautschuke sind in der Regel teurer und haben einen begrenzteren Einsatz.

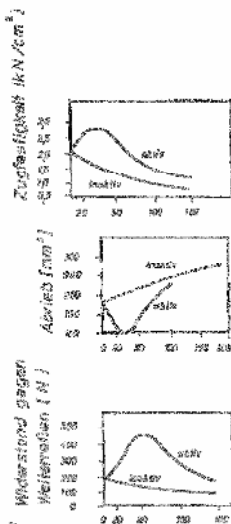
Allzwecktypen	Spezialtypen
NR	AU, EU
SBR	ACM
IR	FPM
BR	MVQ
EPDM	CSM, CM
NBR	

Elastomere

5. Rohstoffklassen (ohne Kautschuktypen)

Füllstoffe

Als erstes und vielleicht wichtigste Gruppe sind die so genannten Füllstoffe zu nennen. Sie haben primär zwei Aufgaben zu erfüllen. Als wichtigste sind die verstärkenden Eigenschaften zu nennen. Sie führen zur Erhöhung der Härte, Verbesserung der Festigkeit, des Abriebverhaltens, der Einreißfestigkeit und einigem anderem. Aber auch zur Verbilligung werden Füllstoffe eingesetzt. Beispiele für Füllstoffklassen sind: Ruß, Kreide, Kaolin, Kieselsäure, Silikate.



Wichtiges Unterscheidungsmerkmal bei den Füllstoffen ist die Teilchengröße oder die spezifische Oberfläche.

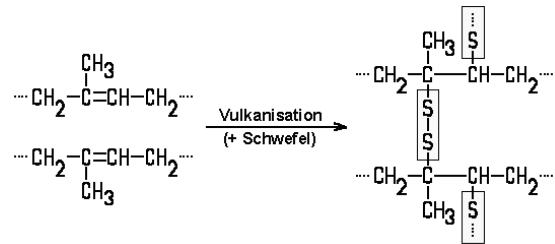


Weichmacher

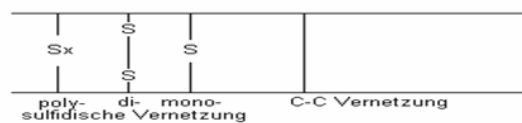
Weichmacher sind flüssige Stoffe, die z.B. die Härte eines Gummis absenken, die Quelleigenschaften beeinflussen, die Tieftemperaturflexibilität verbessern und evtl. verbilligen. Man unterscheidet hier in synthetische Öle (meistens Ester) und Mineralöle.

Vernetzungsmittel

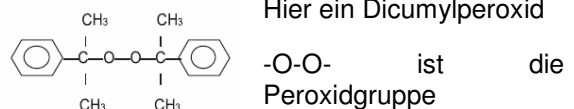
Hals wichtigstes Vernetzungsmittel ist Schwefel zu nennen. Der ist in der Lage die einzelnen Molekülketten über die Doppelbindungen zu vernetzen. Er lagert sich in Form einer maximal 8-er-Kette aus S-Atomen zwischen den C-Atomen der Polymerketten an.



Es gibt auch so genannte Schwefelspender, die erst unter Vulkanisationsbedingungen den Schwefel abspalten. Hier entstehen C-S-C Verbindungen. Diese Bindungen zwischen C-S sind höher temperaturbeständig, als die S-S Verbindungen, wie sie beim Einsatz von reinem Schwefel entstehen.



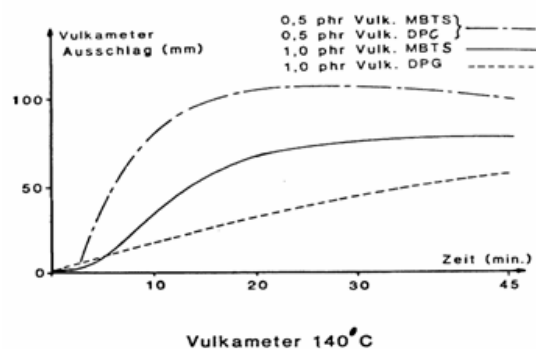
Eine Verbindung über Peroxid ist bei vielen Kautschuktypen möglich, was zu noch höher temperaturbeständigen C-C Verknüpfungen führt.



Weitere speziellere Arten sind die Vernetzung über Metalloide, Harze, energiereiche Strahlen usw..

Vulkanisationsbeschleuniger

Diese Stoffe haben die Aufgabe die normalerweise träge ablaufende Reaktion des Schwefels zu beschleunigen, so dass auch eine wirtschaftliche Vulkanisation mit reduzierter Schwefelmenge möglich ist. Dabei wird häufig eine gegenseitige Beeinflussung der eingesetzten Stoffe ausgenutzt (Synergie).



Elastomere

Alterungsschutzmittel

Man setzt organische Verbindungen in kleinen Mengen ein, um die Alterung der Vulkanisate zu verzögern. Alterungsvorgänge beeinflussen in vielfältiger Weise mehr oder weniger stark die Gebrauchstüchtigkeit von Elastomeren über die Zeit.

Man unterscheidet:

Antioxidantien -die besonders vor dem Sauerstoffangriff schützen

Antiozonantien -die die Ozonschädigung reduzieren

Ermüdungsschutzmittel - die gegen Dauerknickbelastung schützen

Lichtschutzmittel - die gegen Vergilben helfen

Hydrolyseschutzmittel - die die Wasserbeständigkeit verbessern

Eine große Einschränkung beim Einsatz vieler dieser Mittel bei hellen Compounds ist die oft starke Verfärbung.

Verarbeitungshilfsmittel

Für den optimalen Einsatz und die gesicherte Verarbeitung gibt es eine breite Palette von Materialien.

Beispiele:

Harze	zum Klebrigmachen für die Konfektion von Rohlingen
Fließmittel	zur Reduzierung der Viskosität
Faktis	zur Verbesserung der Verarbeitung beim Extrudieren, Kalandrieren
Mastiziermittel	zur Reduzierung der Mischzeit, Verbesserung der Füllstoffaufnahme, Verringerung der Viskosität

Sonstige Stoffe

Farbstoffe, Treibmittel, Duftstoffe, Haftmittel, Flammenschutzmittel und so weiter.

6. Herstellung von Kautschukmischungen

Kautschukmischungen bestehen aus mehreren Komponenten, die flüssig, fest, pastös, pulverförmig oder zäh-plastisch sind. Um daraus eine homogene Masse herzustellen, benötigt man geeignete Verfahren um diese miteinander zu vermischen.

Früher wurde ausschließlich auf Walzwerken gemischt. Das sind zwei gegenläufig drehende Walzen auf denen im Spalt die eigentliche Mischarbeit stattfindet. Bald war wegen der steigenden Anforderungen (Menge, Qualität, Arbeitsplatzhygiene etc.) eine Weiter-

entwicklung zum geschlossenen Innenmischer nötig.

Seine Vorteile sind:

größerer Ausstoß, höhere Gleichmäßigkeit, geringere Schmutzbelastung

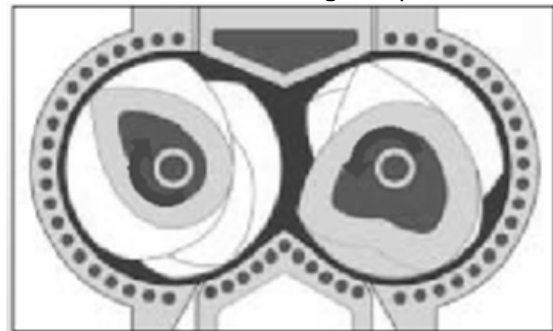
Seine Nachteile sind:

höhere Investitionskosten, höhere Mischtemperatur und schlechtere Reinigungsmöglichkeiten.

Auf Walzwerken wird heute nur wenig gemischt, zur Weiterverarbeitung sind sie aber unerlässlich.

Bei den Innenmischern unterscheidet man zwei technologisch unterschiedliche Systeme.

Das tangierende System hat zwei Rotorwellen mit unterschiedlichst angeordneten Flügeln, die aber nicht ineinandergreifen, sondern sich nur tangierend gegeneinander bewegen. Sie laufen mit Friktion, d.h. der hintere Rotor läuft mit höherer Umdrehungsgeschwindigkeit, das verbessert die Scherwirkung im Spalt.



Tangierendes System

Das ineinandergreifende System hat ebenso zwei Rotoren, deren Flügel aber praktisch wie ein Zahnrad ineinandergreifen. Das bedingt eine gleiche Umdrehungsgeschwindigkeit.



Ineinandergreifendes System

Beim tangierenden System erzielt man einen höheren Ausstoß, da die Maschinenfüllgrade höher liegen können, die Temperaturbelastung ist aufgrund der größeren Spalte zwischen den Rotoren größer (geringere Kühlleistung),

Elastomere

dadurch reduziert sich auch die Dispersionsqualität.

Das ineinandergreifende System hat wegen der geringeren Spaltweiten die deutlich bessere Wärmeableitfähigkeit, man kann schonender Mischen, die Dispersionsqualität ist aufgrund der höheren Scherkräfte besser, die Ausstoßleistung ist jedoch geringer.

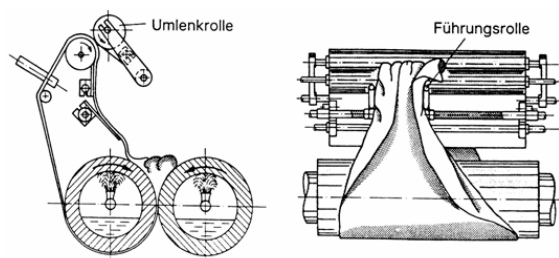
Man benutzt unterschiedlich große Systeme, von 1 ltr. bei Labormaschinen, über 20 ltr. bei Kleinfertigung und 80 bis 200 ltr. bei größeren technischen Mischern, bis zu 650 ltr. bei Reifenmischern. Dabei muss man dann Antriebsleistungen bis zu 5000 KW aufbringen.

Man erreicht in Innenmischern leicht Temperaturen von 130 bis 150°C, manchmal auch bis zu 200°C. Dies geschieht in Minutenschnelle, nur durch die Reibungswärme, wobei sogar gekühlt wird.

Bei hohen Temperaturen können die reaktiven Vernetzungschemikalien nicht zugegeben werden. Man benötigt mehrere Mischstufen oder diese Zusätze werden auf nachgeschalteten Walzen zugegeben.

Das Erstellen einer Mischvorschrift ist eine Sache von Wissen und Erfahrung. Jedes Rezept lässt sich nicht von einer speziellen Mischanlage auf eine andere übertragen.

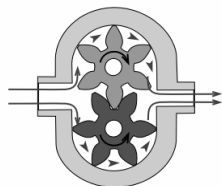
Nach dem Innenmischer wird die gemischte Charge auf eine Walze gegeben. Hier soll schnell die Temperatur abgesenkt werden. Es findet eine weitere Homogenisierung statt und es wird eine für die Weiterverarbeitung handhabbare Platte, das Walzenfell, abgezogen.



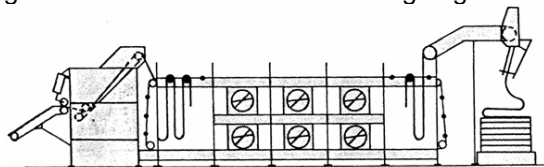
Walze mit Stockblender

Nach der Walze kann man die Kautschukmischung über eine Zahnradpumpe, (einen Spezialextruder) filtrieren (Strainern).

Damit werden Verunreinigungen über Siebe mit Maschenweiten von 125 µm herausgesiebt.



Anschließend wird die Charge in eine Batch-Off eingeleitet. Dabei durchläuft sie ein Wasserbad mit Trennmittel oder wird damit besprüht. Auf Stangen hängend wird sie mittels Ventilatoren getrocknet, dadurch gekühlt und danach entweder in Platten oder Streifen geschnitten oder als Endlosfell abgelegt.



Batch Off Anlage

7. Weiterverarbeitung von Mischungen

Aus den hergestellten Mischungen müssen für die Vulkanisation unterschiedlichst geformte Rohlinge gemacht werden. Dünne Platten werden auf Kalandern hergestellt, Endlosstreifen für die Vulkanisationsautomaten werden auf Extrudern gespritzt. Auf speziellen Extrudern kann man auch mittels Messerabschlag volumenkonstante Rohlinge für die konventionellen Pressverfahren produzieren. Müssen aus den Mischungen Agglomerate oder andere Verunreinigungen entfernt werden, z.B. für dünnwandige Teile oder Teile mit geschliffener Oberfläche, so werden sie auf Extrudern mit feinen Sieben gestrainert, das heißt gesiebt. Man verwendet dazu Warm- oder Kaltfütterextruder oder Zahnradpumpen. Die Feinheit der verwendeten Siebe variiert stark, es werden bis 0,05 mm feine Maschenweiten eingesetzt. Die hohen auftretenden Kräfte werden durch Siebpakete und eine massive Lochplatte aufgefangen.

In einigen Fällen wird Granulat für die Weiterverarbeitung benötigt.

Kautschukmischungen sind reaktionsfähige Systeme und das auch bei Raumtemperatur. Daher besteht eine eingeschränkte Lagerstabilität. Dies geht von wenigen Tagen bis zu einigen Monaten.

8. Vulkanisationsverfahren

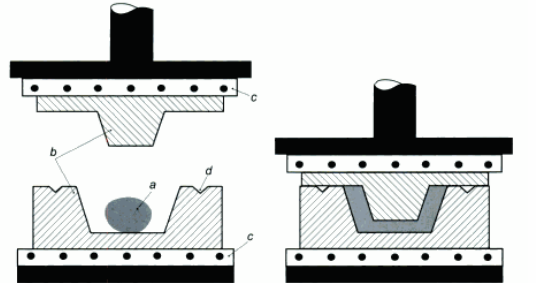
Gummiformteile kann man je nach Anforderungsprofil mit verschiedenen Verfahren herstellen. Allen ist gemeinsam die benötigte Form. In ihr lässt man unter Druck, Temperatur und Zeit den Vulkanisationsprozess ablaufen. Bei der Kunststoffteilmontage aus Thermoplasten wird eine heiße Masse in eine kalte Form gespritzt, in der sie sofort abkühlt und entnommen werden kann. Beim Herstellen von Gummiteilmaterialien wird eine kalte, zähe

Elastomere

Masse in eine heiße Form gefüllt. Dort muss sie unter Druck eine Zeit (wenige Sekunden bis mehrere Stunden je nach Artikelgröße) bei hoher Temperatur ausvulkanisieren, bevor das fertige Teil entformt werden kann.

Nach der Formfüllung wird die anfangs zähe Masse durch die Temperatur schnell niederviskoser (flüssiger) und kann unter dem notwendigen hohen Druck vor der beginnenden Vernetzung in alle Trennfugen der Form dringen. Dies bedingt später eine mehr oder weniger aufwändige Nacharbeit (Entgratung) der Teile.

Die einfachste Art ein Formteil herzustellen ist das so genannte Compression-Molding Verfahren (CM). Hier handelt es sich um eine im einfachsten Fall zweiteilige Form, mit einer Ober- und Unterhälfte, in der jeweils die halbe Artikelkontur enthalten ist. In jede dieser Aushöhungen, dem Nest, wird bei geöffneter Form ein vorgeformter, volumenkonstanter Rohling eingelegt. Nach dem Schließen der Form unter hohem Druck wird die Kautschukmasse durch die Presse aufgeheizt. Nach Ablauf der Vulkanisationszeit wird heiß entformt. Da man zum vollständigen Ausformen des Nestes ein etwas höheres Volumen braucht, muss das Teil entgratet werden.

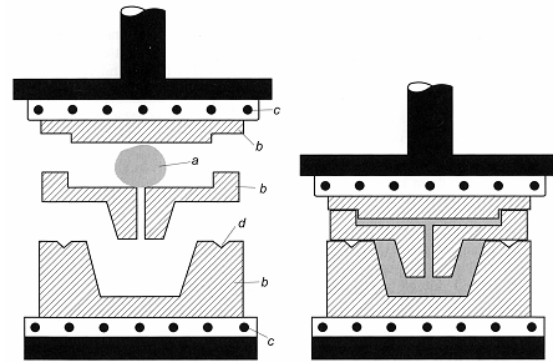


a = Rohling b = Werkzeug (Ober- und Unterteil) c = Heizplatten d = Austriebsrillen

Compression-Molding (CM)

Vorteile sind: geringe Formkosten
schneller Formeinbau

Nachteile sind: höhere Herstellkosten für Rohlinge
längere Beschickungszeit durch Einzelrohlinge
lange Vulkanisationszeit wegen kalt aufgelegter Mischung
höhere Maßschwankungen durch Dosierfehler
ungleiche Durchvulkanisation bei dickwandigen Teilen



a = Rohling b = Werkzeug (Ober-, Mittel- und Unterteil) c = Heizplatten
d = Austriebsrillen

Transfer-Molding (TM)

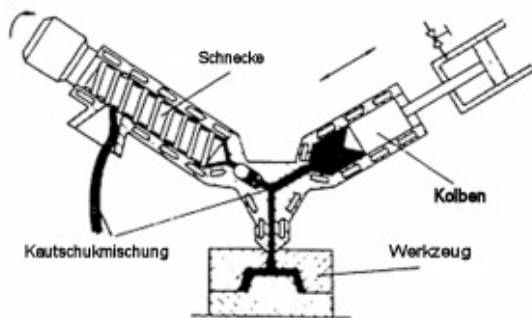
Eine Weiterentwicklung dieses Verfahrens ist das Transfer-Molding Verfahren (TM). Man spritzt dabei das Material mit einem Kolben aus einer Vorkammer durch eine Düse in die geschlossene Form. Das bedingt eine mindestens dreiteilige Form, die Kolbenplatte, der Platte mit Vorratsraum (TM-Raum) und Artikeloberteilkontur und das Formunterteil mit der anderen Artikelkonturhälfte. Man erreicht durch die Friktionswärme des Einspritzens eine Verkürzung der Vulkanisationszeit.

Vorteile sind: höhere Maßhaltigkeit
kürzere Vulkanisationszeiten
geringere Rohlingskosten
geringere Rohlingszahl bei gemeinsamem TM-Raum

Nachteile sind: höhere Formkosten
längere Formwechselzeiten
höherer Materialeinsatz durch TM-Rest

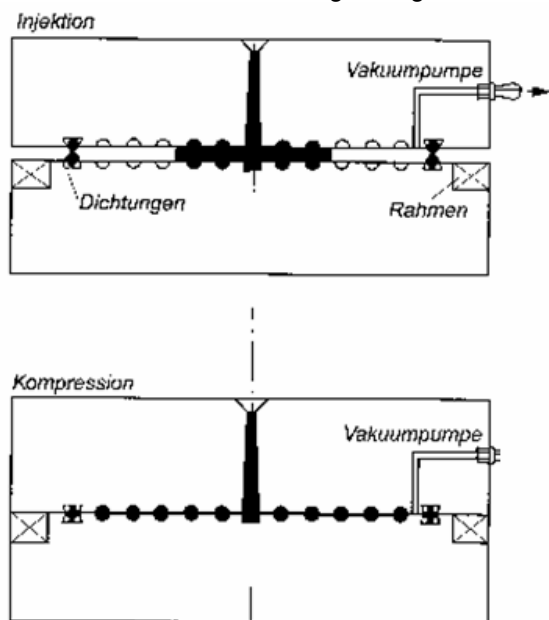
Für eine Reihe von Teilen bietet sich das Spritzguss- oder Injection-Moldingverfahren (IM) an. Dabei wird wie beim TM in die geschlossene Form gespritzt, nur dass dies hier eine spezielle Einspritzeinheit bewerkstelligt. Anders als beim Kunststoffspritzguss sind beim Kautschuk-Spritzgießen die Extruder- und die Einspritzeinheit geteilt. Es gibt einen Extruderteil, der die Kautschukmischung einzieht und dabei friktioniert. Dabei wird die Temperatur erhöht und die Viskosität abgesenkt. Die Masse wird in einen Kolbenraum gefördert, aus dem sie mit hohem Druck in die Form gespritzt wird. Diese Teilung ist aufgrund der höheren Viskositäten der noch nicht ganz auf Vulkanisationstemperatur gebrachten Mischung nötig, um die höheren Einspritzdrücke aufzubringen. Dadurch ergeben sich auch höhere Zuhaltedrucke für die Schließeinheit. Die ganze Maschine ist massiver aufgebaut.

Elastomere



Injection Molding

Für die Herstellung von dünnwandigen Teilen (Membranen, Dichtungen) wird auch das so genannte ICM-Verfahren (Injection-Compression-Molding) oder Spritzprägen angewandt. Damit ist es möglich die Dicke der Teile durch Höhenverstellung zu regulieren.



9. Eigenschaften von Elastomeren

Härte

Unter der Härte versteht man den Widerstand eines Körpers gegen das Eindringen eines härteren Körpers bestimmter Abmessung bei einer definierten Kraft. Bei Elastomeren ist die Bestimmung nach Shore üblich. Bei der Messung nach Shore A wird ein Kegelstumpf mit 1 kg aufgedrückt und der Wert auf einer Skala von 0 (ganz weich, kein Widerstand) bis 100 (ganz hart, kein Eindringen) abgelesen.

Bei härteren Proben wird mit einem spitzen Kegel nach Shore D gemessen.



Ähnlich wird die Härte nach IRHD (International Rubber Hardness Degrees) ermittelt wobei man zwei je nach Probendicke unterschiedliche Spitzen (normal und micro) einsetzt.

Normen:

DIN 53505 - Shore und ISO 48 - IRHD

Rückprallelastizität

Bei dieser Bestimmung wird ein Pendelhammer aus einer horizontalen 90°-Lage auf die Probe fallen gelassen. Der prozentuale Anteil des Weges der Rückpendelbewegung wird gemessen und ist das Maß für die Rückprall- oder Stoßelastizität. D.h. 0 ist ganz unelastisch 100 wäre völlig elastisch.

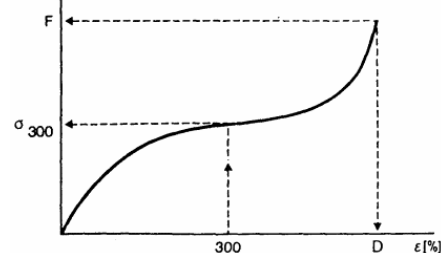
Norm: DIN 53512

Zugfestigkeit

Um die Zugfestigkeit oder Reißfestigkeit zu ermitteln, wird ein bestimmter Probenquerschnitt (z.B. 4 mm breit und 2 mm dick) mittels einer Prüfmaschine auseinander gezogen. Die maximale Kraft pro mm² ist die Zugfestigkeit in MPa (Mega Pascal) (= N/mm²)

Norm: DIN 53504

σ [N/mm²]



Bruchdehnung

Das ist maximale Dehnung die beim Zugversuch erreicht wird, angegeben in Prozent zur Ausgangslänge. Auch als Reißdehnung bezeichnet.

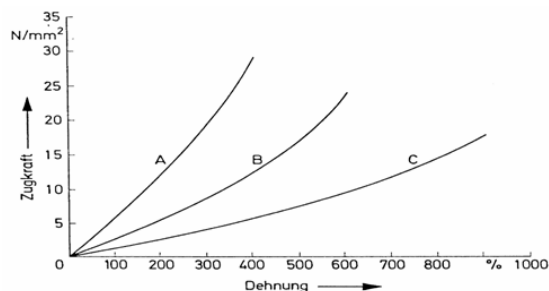
Norm: DIN 53504

Modul

Unter Modul oder Spannungswert versteht man die Kraft pro Fläche, die notwendig ist eine Probe um die angegebene Prozentzahl zu strecken. Z.B. Modul100% ist die Kraft, die zum Längen einer Probe von 20 auf 40mm gebraucht wird.

Norm: DIN 53504

Elastomere



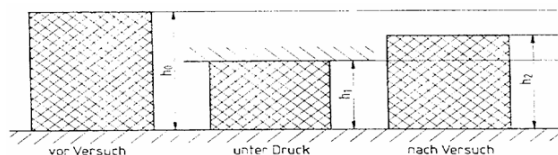
A hat einen höheren Modul als B
 C hat einen niedrigeren Modul als B
 Der Modul vergleicht sich mit dem E-Modul bei anderen Materialien.

Druckverformungsrest

Der Druckverformungsrest ist ein wichtiges Kriterium um die bleibende Verformung unter Last zu bewerten.

Beispiel:

Bestimmt werden soll der DVR bei 70°C und 24h.



Es wird eine Probe um 25% zusammengespreßt, bei 6,30 mm Ausgangshöhe um 1,58 mm auf 4,72 (4,7) mm und bei 70°C 24 h in diesem verpressten Zustand verformt. Danach wird die Probe entspannt und nach 30 min Erholung bei Raumtemperatur die neue Höhe gemessen. Das Verhältnis von Verpressungsmaß zur Differenz der Ausgangshöhe zum neuen Messwert ist der DVR-Wert.

Sollte man dann 6,07 mm messen, hat die Probe eine DVR 24h/70C von 14,6%.

$(100/1,58 * 0,23)$

Also je kleiner die Zahl desto besser der DVR.

Norm: DIN 53517

Zugverformungsrest

Analog zum DVR wird hier die Probe in gezogenem Zustand gelagert und danach vermessen.

Norm: DIN 53518

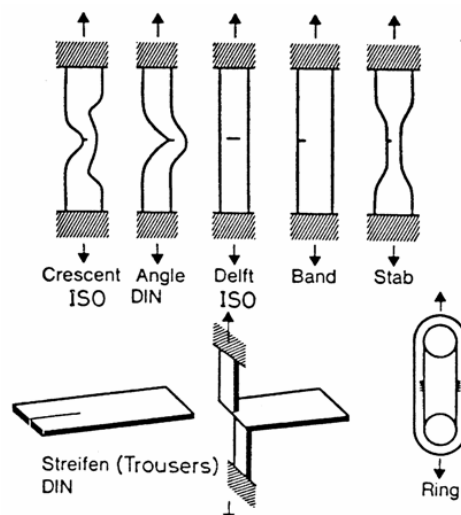
Weiterreißwiderstand

Man bestimmt hiermit, wie leicht sich ein Riss im Material ausbreiten kann.

Man setzt Probekörper mit oder ohne vorher eingeschnittener Kerbe ein.

Angegeben wird ein Wert in N/mm.

Die Werteneiveaus der verschiedenen Prüfnormen liegen sehr unterschiedlich hoch.

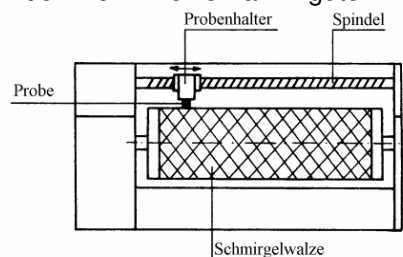


Proben für die Weiterreißversuche
 Norm: DIN 53507 oder D53515 oder ISO 34

Abriebwiderstand

Hier wird der Widerstand gegen mechanischen Verschleiß der Oberfläche ermittelt, indem man eine Probe eine bestimmte Strecke über ein genormtes und gegen kontrolliertes Schmirgelpapier laufen lässt und den Materialverlust in mm^3 angibt.

Auch hier – kleine Zahl = guter Wert



Norm: DIN 53516

Quellbeständigkeit

Um die Resistenz eines Werkstoffes gegen ein Medium zu testen, wird eine Probe über einen definierten Zeitraum meist bei erhöhter Temperatur darin gelagert. Man bestimmt dann z.B. die Gewichts oder Volumen Zu- oder Abnahme, die Änderung der Härte oder anderer mechanischer Werte wie Zugfestigkeit, Bruchdehnung..

Hier gilt eine alte Chemikerweisheit: *gleiches löst gleiches*.

Also unpolare Lösemittel lösen unpolare Elastomere, polare lösen polare.

Unpolare Lösemittel: Benzin, Mineralöle, -fette, Aromaten (Benzol, Toluol)

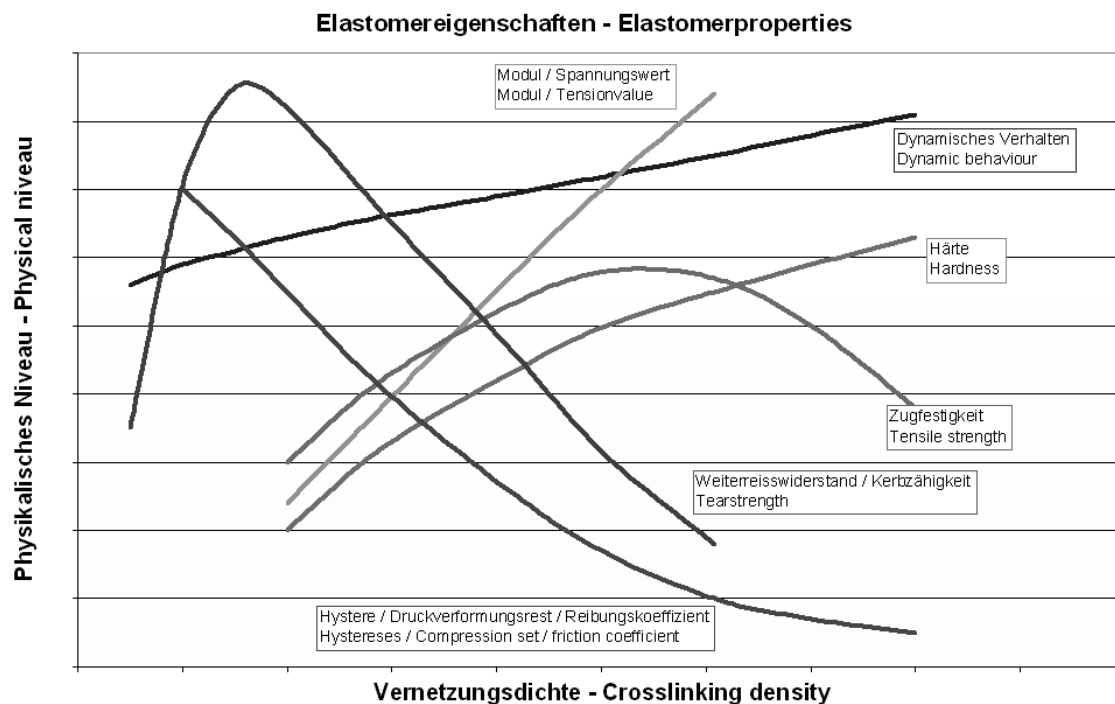
Polare Lösemittel: Alkohole, Säuren, Laugen, Ester, Wasser

Norm: DIN 53521

Elastomere

Allgemeines

Leider lassen sich die Optima verschiedener Eigenschaften nicht bei der gleichen Vernetzungsdichte finden. Das heißt: will man einen besseren DVR erzielen, so verschlechtert man damit z.B. die Einreißfestigkeit.



Vernetzungsdichte - Crosslinking density

Vernetzungsdichte erhöhen - mehr Vernetzter (Schwefel, Peroxid), länger oder höher Vulkanisieren, länger oder höher Tempern
Increasing crosslinking density - more Crosslinker (Sulfur, Peroxide), longer or higher vulcanisation, longer or higher post curing

Vernetzungsdichte verringern - weniger Vernetzter (Schwefel, Peroxid), kürzer oder niedriger Vulkanisieren, kürzer oder niedriger Tempern
Decreasing crosslinking density - lower Crosslinker (Sulfur, Peroxide), shorter or lower vulcanisation, shorter or lower post curing

Elastomere

10. Die unterschiedlichen Elastomertypen

NR

Natural Rubber Naturkautschuk

Der Naturkautschuk ist ein immer noch weit verbreitet eingesetztes Produkt. Wenn er auch in vielen besonderen Eigenschaften von anderen Typen übertroffen wird, ist sein Einsatz in Bereichen unverzichtbar, bei denen die dynamischen Eigenschaften im Vordergrund stehen.

Im Reifensektor wurde er durch SBR im PKW-Bereich verdrängt. Im Nutzfahrzeugbereich aber, wo es weniger um Aquaplaning und Kurvenhaftung geht, sondern um Haltbarkeit und Belastbarkeit, wird er immer noch eingesetzt.

Anwendungsgebiete:

Fahrzeugreifen, Transportbänder, Antriebsriemen, Federelemente (auch in Gummi-Metall), Handschuhe

SBR

Styrol-Butadien-Rubber Styrol-Butadien-Kautschuk

Der Styrol-Butadien-Kautschuk ist der Synthese-Kautschuk mit der größten Verbreitung. Etwa 65% der Gesamtproduktion gehen in den Reifen-Sektor. Er wird auch in Verschnitten mit NR und BR eingesetzt.

Anwendungsgebiete:

Schuhsohlen, Dichtungen, Fördergurte, Fußbodenbeläge, Latex für z.B. Teppichrückenbeschichtung, Fassadenfarbe, Schaumgummi

BR

Butadien-Rubber Butadien-Kautschuk

Das herausragende Merkmal des BR ist die ausgezeichnete Elastizität. Daneben dient er zur Verbesserung des Abriebverhaltens und hat eine hohe Kälteflexibilität.

Er wird fast ausschließlich in Verschnitten mit NR und SBR eingesetzt. 90% gehen in den Reifen-Sektor. Ein weiter großer Teil geht in die Veredelung von Kunststoffen, um sie schlagzäh einzustellen.

Anwendungsgebiete:

Reifen, Keilriemen, Transportbänder

IIR

Isobutylene-Isoprene-Rubber Butylkautschuk

IIR besitzt die geringste Gasdurchlässigkeit und wird daher als Schlauchmaterial eingesetzt. In Autoreifen bildet er die innere Schicht eines schlauchlosen Reifens. Daneben hat er eine ausgezeichnete Alterungsbeständigkeit, auch in Hitze.

Anwendungsgebiete:

Schläuche, Dichtungen, Säureschutz-auskleidung, Dampfschläuche

EPDM

Ethylen-Propylen-Dien-Monomer

Wegen seiner gesättigten Hauptkette weist EPDM eine gute Ozon-, Alterungs- und Witterungsbeständigkeit auf. Dies ist auch der Grund für eine ausgezeichnete Resistenz gegen viele Chemikalien, wie Säuren und Laugen, Glykole (Bremsflüssigkeiten), Hydraulikflüssigkeiten auf Glykol-Wasser-Basis (HFC), Waschlaugen, Wasser und Dampf

Anwendungsgebiete:

Dichtungen für Fenster und Türen (auch Schaumgummi), Dichtungen und Schläuche im Wasserkontakt, Kabelummantelung

NBR

Nitril-Butadien-Rubber Nitril-Butadien-Kautschuk

NBR ist der Kautschuktyp der eingesetzt wird, wenn es um Beständigkeit gegen Kraftstoffe, Öle und Fette und Druckfarben geht. Sein Haupteinsatzgebiet ist die Fahrzeugindustrie. Es gibt NBR-Typen mit niedrigem ACN (Acryl-Nitril) Gehalt von ca. 18%, diese weisen nur geringe Beständigkeiten in Ölen und Fetten auf, haben aber eine bessere Kälteflexibilität und eine höhere Elastizität.

Bei Typen mit hohem ACN-Gehalt (40% und höher) ist die Quellbeständigkeit sehr viel höher, aber die Kälteflexibilität geht bis nahe 0°C zurück und die Elastizität ist sehr gering.

Anwendungsgebiete:

Dichtungen, O-Ringe, Walzenbeläge (Druckwalzen), Schläuche, Auskleidungen

Elastomere

CR

Chloropren-Rubber Chloropren-Kautschuk

Chloroprenkautschuk weist neben einer ausreichenden Öl- und Fettbeständigkeit eine gute Wetter- und Ozonbeständigkeit auf. Dazu kommt wegen des enthaltenen Chlors eine schwere Entflammbarkeit.

Anwendungsgebiete:
Profile, Dachbahnen, Kabelummantelungen, Dichtungen

FKM

Fluor-Kautschuk

Fluorkautschuk ist ein Elastomer mit ausgezeichneter Temperatur- und weit reichender Medienbeständigkeit. Seine mechanischen Eigenschaften sind eingeschränkt. Es gibt Typen mit unterschiedlichem Fluorgehalt. Mit steigendem Fluorgehalt steigt die Medienbeständigkeit, aber die Kälteflexibilität nimmt stark ab.

Anwendungsgebiete:
Dichtungen, O-Ringe

EVA

Ethylen Vinylacetat

EVA Polymere gibt es mit Vinylacetatgehalten (VA) von 18 bis 50%. Bei niedrigen Gehalten hat man einen stärkeren thermoplastischen Anteil. Bei höheren VA Gehalten nimmt der elastische Anteil zu.

Anwendungsgebiete:
Dichtungen, Kabelummantelungen, Kleber

VMQ

Silikon

Silikone zeigen eine sehr hohe Kälteflexibilität bis -60°C . Sie sind bis 180°C einsetzbar.

Anwendungsgebiete:
Artikel mit Lebensmittelkontakt, Isolatoren, Dichtungen im Elektrobereich, Medizinprodukte

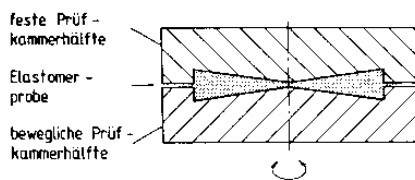
Elastomere

11. Die Mischungsprüfung

Nach der Herstellung einer Kautschukmischung wird diese vor der Weiterverarbeitung aufwändig geprüft. Die wichtigsten Prüfungen sind die Vulkameterprüfung, die Dichteprüfung, die Messung der Rheologie, die Härtemessung und die Bestimmung mechanischer Eigenschaften.

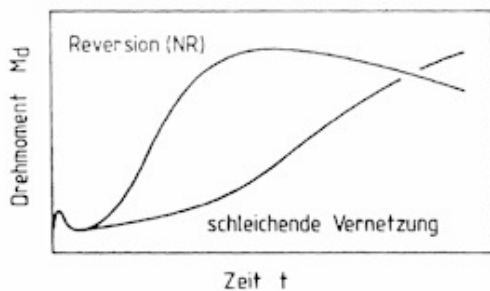
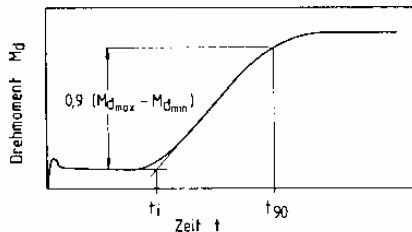
Aus der Vulkameterprüfung kann man Rückschlüsse auf die Vernetzungsdichte und die Vernetzungsgeschwindigkeit erhalten. Dies sind wichtige Informationen zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit.

Die Prüfung der Rheologie ergibt Masszahlen für die Verarbeitbarkeit in z.B. IM und TM. Anhand der Messung von Festigkeit, Spannungswerten und Reißdehnungen kann man die Güte der Füllstoffdispersion ermitteln.



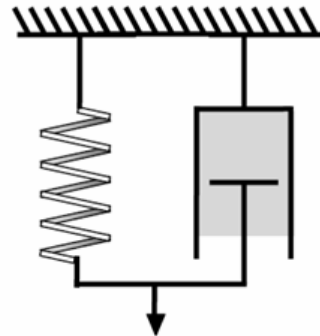
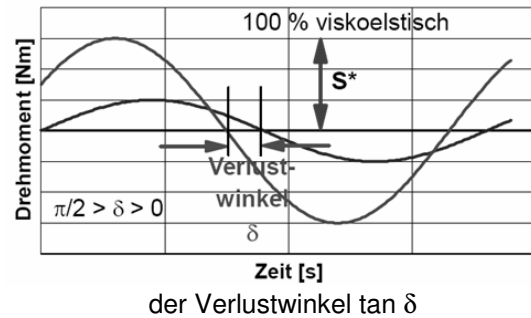
t_i Inkubationszeit

t_{90} Zeit für 90% Vulkanisationsumsatz



Da sich Elastomermaterialien viskoelastisch verhalten, ist das Messen des so genannten Verlustwinkels ein wichtiges Kriterium, um das Verhältnis des elastischen zum plastischen Anteil zu bewerten.

Man kann sich das Verhalten als eine Kombination einer Feder und eines Dämpfers vorstellen, siehe Voigt-Kelvin Modell.



das Voigt- Kelvin Modell

Messbar sind diese Werte z.B. mit dem RPA (Rubber-Process-Analyzer)



Elastomere

Westland Gummiwerke Rohbetrieb

Rezept: 0014004	DICHTUNGSQUALITÄT: 100%	Minimum: 72.65 °C	Leistung: 8.59 kW	Drehzahl: 10.86 U/min
MV vom: 04.08.1998	Mischbeginn: 21.06.2001 06:28	Maximum: 152.44 °C	538.28 kW	49.27 U/min
Seriennr.: 550	Laufzeit: 13.38 min	Integral: 24.36 °C·h	25.57 kW·h	442.37 Überrollungen
		Mittelwert: 107.25 °C	112.45 kW	32.50 U/min



Wichtiger wird zunehmend die Messung qualitätsrelevanter Daten bei der Herstellung der Kautschukmischung online im Prozess. Dazu wird die Möglichkeit der Messwerterfassung im Innenmischer genutzt. Man kann hier Temperatur und Antriebsleistung messen und daraus sehr gut auf die Viskosität der hergestellten Mischung schließen. Dies umgeht die Messung an Proben mit unterschiedlicher Lagerdauer zwischen Herstellung und Prüfung, dabei ändert sich nämlich die Viskosität aufgrund von z.B. Diffusionsvorgängen messbar.

WEROS Technology GmbH
Westlandstrasse 6
D 49324 Melle
www.weros.eu
Tel: 05422 702 505
Mail: info@weros.eu

Westland Gummiwerke GmbH & Co. KG
Westlandstrasse 6
D 49324 Melle
www.westland.eu
Tel: 05422 702 0
Mail: info@westland.eu

Stand : 9.2009