

# Millathane®

## Walzbarer Polyurethankautschuk

# Technische Eigenschaften



TSE Industries, Inc.  
[www.tse-industries.com](http://www.tse-industries.com)  
[millathaneinfo@tse-industries.com](mailto:millathaneinfo@tse-industries.com)



# Millathane® Walzbares Polyurethan

## Technische Eigenschaften - Bulletin

### Inhaltsverzeichnis

---

Millathane® Schlüsseleigenschaften und Anwendungen .....	2
Millathane® Walzbare Polyurethan-Grades.....	3
Auswahl des richtigen walzbaren Millathane® Polyurethans.....	4
ASTM D2000 Diagramm .....	5
Mechanische Eigenschaften .....	6
Härte .....	6
Zugfestigkeit und Reißfestigkeit .....	6
Hochtemperatur Eigenschaften.....	6
Niedrigtemperatureigenschaften .....	7
Elastizität/Dämpfung .....	7
Abriebfestigkeit.....	8
Druckverformungsrest.....	9
Kompressionsdurchbiegung.....	10
Chemische Widerstandsfähigkeit.....	12
Öl-, Kraftstoff- und Lösungsmittelbeständigkeit .....	13
Wasser-/Feuchtebeständigkeit.....	14
Wärmebeständigkeit .....	15
Ozon- und Witterungsbeständigkeit .....	16
Flamwidrigkeit .....	17
Strahlungs- und Sterilisierungsbeständigkeit .....	17
Gasdurchlässigkeit.....	18
Schrumpfung.....	19
Elektrische Eigenschaften.....	19
Färbbarkeit.....	20
Recyclingfähigkeit .....	20
Anwendungen .....	20
Fazit .....	20

Die Empfehlungen für die Verwendung unserer Produkte basieren auf verlässlichen Tests. Wir können jedoch nicht garantieren, dass diese Ergebnisse unter abweichenden Bedingungen ebenfalls erzielt werden. Diese Unterlage ist keine Empfehlung zur Verwendung unserer Produkte in einer solchen Weise, dass eine Patentverletzung vorliegen würde. Millathane® und Thanecure® sind eingetragene Marken und Millstab P ist eine Marke von TSE Industries, Inc.

© Copyright TSE Industries, Inc. 2011

## Millathane® Schlüsseleigenschaften und Anwendungen

TSE Industries Inc. arbeitet seit 1962 mit walzbarem Polyurethan und ist der weltweit größte Hersteller eines kompletten Sortiments von walzbarem Polyurethankautschuk: **MILLATHANE**. Die Kombination der physikalischen Eigenschaften kommt in Natur- oder Synthetikgummi nicht vor, und somit leisten unsere Produkte einen großen Beitrag zum Gummimarkt für Hochleistungsanwendungen.

Die wichtigsten Eigenschaften von Polyurethankautschuk für Hochleistungsanwendungen sind u. a.:

- Abriebfestigkeit
- hohe Temperaturbeständigkeit
- Ozonbeständigkeit
- Belastbarkeit
- hervorragende Ölbeständigkeit
- N<sub>2</sub> Impermeabilität

Peroxid-vernetzbare Grades weisen eine gute Wärmebeständigkeit bei Dauertemperaturen bis 100 °C und Wechseltemperaturen bis 120°C auf. Schwefel-vulkanisierbare Grades werden vorrangig in Walzenbeschichtungen und Saugnäpfen eingesetzt, insbesondere bei geringen Härten bis ca. 30 Shore A.

Polyester aus Polyurethankautschuk weisen herausragende Widerstandsfähigkeit gegen Öl und mittlere Temperaturen auf. Zudem ist der Gleitverschleißwiderstand von Polyester besser. Polyestertypen sind hydrolytisch stabiler und aufgrund ihrer hohen Elastizität widerstandsfähig gegen Aufprallabrieb.

**Walzbarer MILLATHANE- Polyurethankautschuk** wird in vielen Industriezweigen, beispielsweise für Büromaschinen, Kraftfahrzeuge, Textilien, Schuhe und für weitere Anwendungen eingesetzt. Zu den typischen Hochleistungsanwendungen gehören Walzenbezüge, Riemen, O-Ringe, Dichtungen, Membranen, Abdichtungen, Schwingungsdämpfer, Stoßdämpfer, Laufräder, Schuhsohlen, Schläuche und Abdeckungen.



## Millathane® Walzbare Polyurethan-Grades

TSE fertigt walzbare Millathane-Urethane sowohl in Polyester- als auch in Polyether-Grades. **Polyether-Grades** weisen eine bessere Wasser- und Hydrolysebeständigkeit als Polyester-Grades auf, wogegen die Wärme-, Öl- und Kompressionsbeständigkeit von **Polyester-Grades** die von Polyether-Grades übertrifft.

Die meisten Millathane-Grades werden in vielen Viskositäten und als dichte Ballen oder vorgewalzte Platten angeboten. Alle Grades sind peroxidvernetzbar. Die schwefelvernetzbaren Grades sind Millathane E34, E40, CM, 76 und HT.

	Schlüsseigenschaften	Typische Anwendungen
<b>Polyether-Grades</b>		
<a href="#">Millathane 26</a>	Entspricht der FDA-Vorschrift 21CFR 177.2600	Walzen, Riemen und Formteile, für Lebensmittelanwendung
<a href="#">Millathane 97</a>	Transparenz und hohe Abriebfestigkeit	Transparente Schuhsohlen und Schuhbestandteile sowie leuchtend farbige Teile
<a href="#">Millathane CM</a>	Ausgezeichnete Festigkeit, Abriebfestigkeit und gutes Tieftemperaturen halten	Militärische und Luft- und Raumfahrtteile mit hohes Festigkeit und guten Tieftemperaturen halten
<a href="#">Millathane E34</a>	Abrieb- und Hydrolysefestigkeit	Walzen mit Gummibelag für die Papier- und Druckindustrie, Schuhe
<a href="#">Millathane E40</a>	Herausragende Niedrigtemperatureigenschaften	Militärische und Luft- und Raumfahrtteile mit optimalen Niedrigtemperatureigenschaften
<b>Polyester-Grades</b>		
<a href="#">Millathane 66</a>	Herausragende Wärme-, Ölbeständigkeit und guter Druckverformungsrest	Abdichtungen, Dichtungen, Riemen, Walzen mit optimaler Wärme beständigkeit und Druckverformungsrest
<a href="#">Millathane 76</a>	Herausragende Ölbeständigkeit und Abriebfestigkeit	Walzen, O-Ringe, Dichtungen, Saugnäpfe, Schwingungsdämpfer, Räder
<a href="#">Millathane 5004</a>	Öl- und Lösungsmittelbeständigkeit	Saugnäpfe, Membranen, Walzen für die Druck- und Papierbearbeitung
<a href="#">Millathane HT</a>	Herausragende Reibungs- und Niedrigtemperatureigenschaften	Riemen, Walzen, Dichtungen mit herausragenden Abriebeigenschaften

## Thanecure® Grades

TSE stellt zwei Thanecure-Produkte her, die für die Vernetzung von walzbarem Urethankautschuk eingesetzt werden.

<a href="#">Thanecure ZM</a>	Thanecure ZM ist ein Vernetzungsaktivator/Beschleuniger für schwefelvernetztes walzbares Polyurethan. Es wird typischerweise bei 1 phr Level mit einer guten Ausgewogenheit von Vernetzungsgeschwindigkeit und Verarbeitungssicherheit eingesetzt.
<a href="#">Thanecure T9</a>	Thanecure T9 ist dimerisiertes TDI und wird als Vernetzungsmittel für isocyanatvernetzte walzbare Urethane verwendet. Zudem wird es als Haftvermittler für die Kautschuk-Textil-Haftung eingesetzt.

## Auswahl des richtigen walzbaren Millathane® Polyurethans

Das folgende Diagramm zeigt den Vergleich der Eigenschaften der angebotenen Millathane-Grades sowie einen Vergleich der schwefel- und peroxidvernetzten Mischungen.

Millathane® Grade	66	76		5004	HT		26	97	CM		E34		E40	
Polyurethantyp	Polyester						Polyether							
Vernetzung (P=Peroxid, S=Schwefel)	P	S	P	P	S	P	P	P	S	P	S	P	S	P
<b>Physikalische Eigenschaften<sup>1</sup></b>														
Zugfestigkeit	++	++	+	+	+	+	+	+	++	+	++	+	++	+
Rückprallelastizität	+	o	o	+	+	+	++	++	++	++	++	++	++	++
Abriebfestigkeit	+	+	+	+	++	+	+	+	++	+	++	+	++	+
Verschleißfestigkeit	+	++	+	++	+	o	+	+	++	+	+	+	+	+
Mechanische Eigenschaften bei hoher Härte	+	+	+	+	o	o	+	+	+	+	+	o	+	o
Mechanische Eigenschaften bei niedriger Härte	o	++	+	+	+	o	+	o	+	+	+	+	+	+
Druckverformungsrest-- bei 70° C	++	o	++	+	+	++	+	o	+	+	+	+	+	+
-- bei 100° C	++	o	++	+	+	+	+	o	o	+	o	+	o	+
Wärmebeständigkeit	++	o	+	++	o	++	o	o	o	+	o	+	o	+
Niedrigtemperaturverhalten	++	o	o	+	++	++	+	+	++	++	o	o	++	++
Gasdurchlässigkeit	+	+	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+
Transparenz vernetzte Artikel)	o	—	o	o	—	o	o	++	—	—	—	o	—	o
Hydrolyse (Wasser) Beständigkeit <sup>2</sup>	o <sup>2</sup>	o <sup>2</sup>	o <sup>2</sup>	o <sup>2</sup>	o <sup>2</sup>	o <sup>2</sup>	++	++	++	++	++	++	++	++
Ölbeständigkeit	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diesel-/Biodieselbeständigkeit	++	++	++	++	+	+	o	o	+	+	+	+	+	+
Benzinbeständigkeit	++	++	++	++	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Gasohol (Benzin/Ethanol 90/100)	+	+	+	+	o	o	—	—	—	—	—	—	—	—
FDA-Anwendungen (konform mit 177.2600)	—	—	—	—	—	—	++	—	—	—	—	—	—	—
<b>Verarbeitung</b>														
Formpressen	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Transferpressen	++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Spritzgießen	++	+	++	++	+	++	++	++	+	++	+	++	+	++
Extrusion <sup>3</sup>	++	+	+	+	+	+	+	++	+	+	++	++	++	++
Dampfvernetzung <sup>4</sup>	o	o	o	o	o	o	+	+	++	+	++	+	++	+
Heißluftvernetzung <sup>5</sup>	o	++	o	o	+	o	+	+	++	+	++	+	++	+

++ = Ausgezeichnet, + = Gut, o = Ausreichend, — = Unzutreffend oder nicht genügend R20100525

<sup>1</sup>Relative Eigenschaften (gegenüber anderen Millathane® Polymeren/Verbindungen)

<sup>2</sup>Die Hydrolysebeständigkeit von Polyester-Urethanen lässt sich durch die Zugabe von Carbodiimiden beträchtlich verbessern.

<sup>3</sup>Nur für den Extrusionswalzenaufbau oder Vorformen

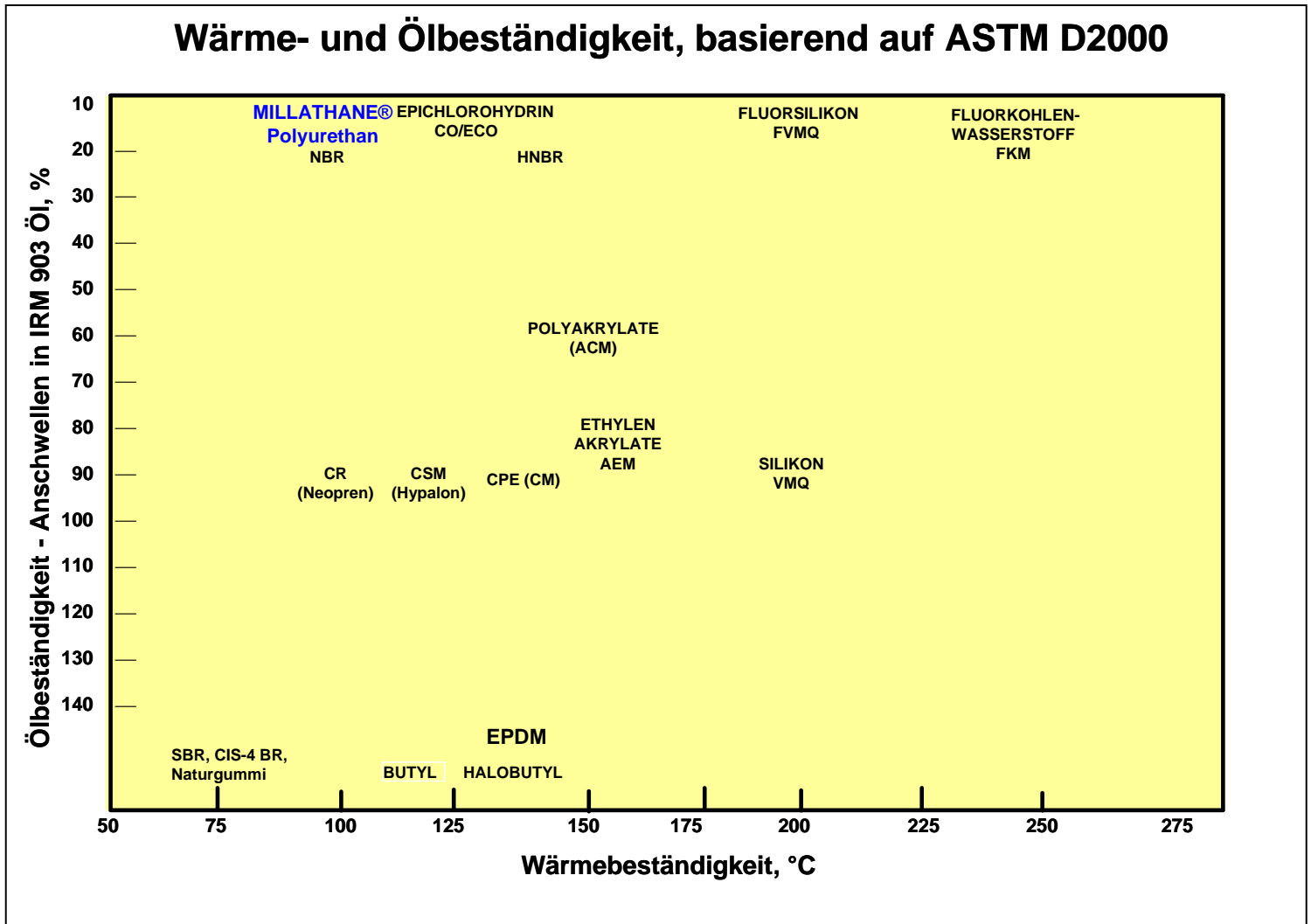
<sup>4</sup>Die Verbindungen müssen vor direktem Dampfkontakt geschützt werden

<sup>5</sup>Peroxidvernetzte Verbindungen können mit Heißluft vernetzt werden, sofern Luft-/Sauerstoffkontakt vermieden wird

\*Millathane 5004 und Millathane CM waren vormals bekannt als Vibrathane 5004 bzw. Adiprene CM. Vibrathane und Adiprene sind eingetragene Marken der Chemtura Corporation.

## ASTM D2000 Diagramm

Es ist gängige Praxis für den Vergleich der unterschiedlichen Kautschuktypen, deren Wärmealterungs- und Ölbeständigkeitseigenschaften heranzuziehen. Das nachstehende auf den ASTM-D2000-Eigenschaften basierende Diagramm zeigt, dass walzbares Millathane® Urethan eine sehr gute Ölbeständigkeit aufweist, die jener von NBR und HNBR vergleichbar ist; die mittlere Wärmebeständigkeit von 100°C bis 125°C ist zudem mit jener von Neopren und NBR-Kautschuk vergleichbar.



# Millathane® Walzbarer Polyurethankautschuk - Mechanische Eigenschaften

## Härte

Walzbare Millathane-Urethane können gemischt werden, um Produkte im Härtebereich von 30 bis 98 Shore-A und bis 60 Shore-D Durometer herzustellen, wobei die nützlichsten Produkte jedoch im Bereich 50 bis 80 Shore-A Durometer liegen.

## Zugfestigkeit und Reißfestigkeit

Mit walzbarem Millathane-Urethan kann eine Zugfestigkeit bis 40 MPa sowie eine Reißfestigkeit bis 70 kN/m erreicht werden, wobei Produkte mit niedrigeren Werten ebenso herausragende Leistungen erbringen. Mechanische Teile aus Kautschuk werden nur selten bis zur ultimativen Bruchfestigkeit eingesetzt, typischerweise im Bereich 20 % Dehnung oder Stauchung.

## Festigkeit bei Hochtemperaturen

Bei hohen Temperaturen ist es wichtig, dass die Eigenschaften für die entsprechenden Anwendungen erhalten bleiben, beispielsweise Dichtscheiben, Dichtungen und Riemen, die erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind. Urethankautschuk-Verbindungen weisen im Allgemeinen keine Hochtemperaturbeständigkeit auf, weil sie bei Temperaturen über 150 °C stark aufweichen. Bei mittleren Temperaturen bleiben die Eigenschaften der Verbindungen sehr gut erhalten und übertreffen sogar jene von Polymeren, wie HNBR; siehe dazu die folgende Tabelle.

Physikalische Eigenschaften	Millathane® 5004	HNBR
Test bei 23 °C		
Härte, Shore-A	75	73
TSE-100*, MPa	5.2	3.7
Test bei 52 °C		
TSE-100*, MPa	4.3	2.8
% Veränderung	-16	-24
Test bei 107 °C		
TSE-100*, MPa	4.1	2.7
% Veränderung	-21	-28
Test bei 135 °C		
TSE-100*, MPa	3.9	2.6
% Veränderung	-25	-30

\*TSE-100 = Zugfestigkeit ("Modul") bei 100 % Dehnung



## Niedrigtemperatureigenschaften

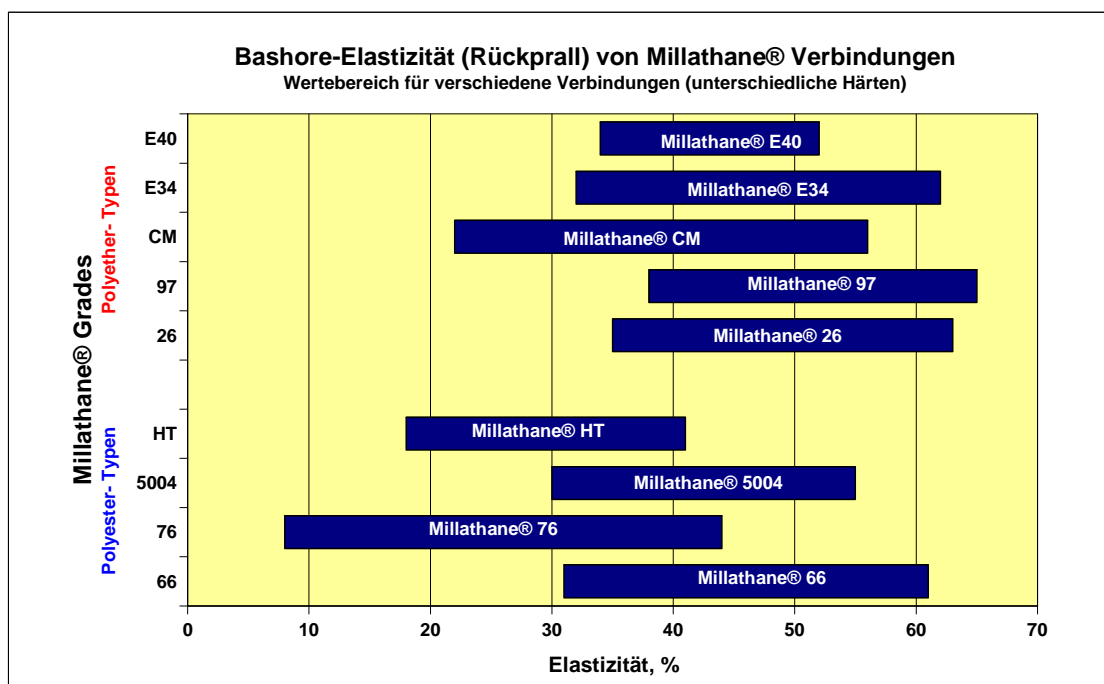
Generell gesagt weisen walzbare Urethane sehr gute Eigenschaften bei niedrigen Temperaturen auf, wobei Verbindungen auf Grundlage von Polyether-Grades einen Versprödungspunkt bei ca.  $-68^{\circ}\text{C}$  und Verbindungen auf Basis von Polyester-Grades bis hinunter bei  $-60^{\circ}\text{C}$  aufweisen. Die Flexibilität bei niedrigen Temperaturen ist wichtig für Anwendungen wie Flugzeug-Enteisungsblasen, Kfz-Teile und Schläuche für Kalteinsatz.

Einige walzbare Polyether- und Polyester-Urethane können sich bei niedrigen Temperaturen aufgrund der Polymerkristallisierung beträchtlich versteifen. Die Millathane-Grades mit der besten Widerstandsfähigkeit gegen Aushärtung bei niedrigen Temperaturen sind die Polyether-Grades Millathane CM und Millathane E40 sowie die Polyester-Grades Millathane HT und Millathane 66.

## Elastizität/Dämpfung

Elastizität ist ein Maß der Rückpralleigenschaften von Kautschuk. Bashore-Elastizität, getestet nach ASTM D2632, ist eine weit verbreitete Prüfung zur Messung der Elastizität. Die Prüfung wird durchgeführt, indem ein Kolben mit einer spezifischen Masse von einer bestimmten Höhe auf die Oberfläche des Prüflings fallen gelassen wird. Das Verhältnis der Kolbenrückprallstrecke zur Strecke, die der Kolben bis zum Aufprall zurücklegt, ist die Bashore-Elastizität, die in Prozent ausgedrückt wird.

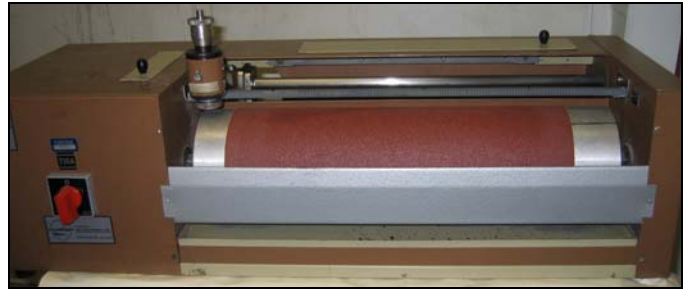
Die (Rückprall)-Elastizität von walzbaren Millathane-Urethanen liegt beispielsweise bei einigen Millathane-76-Verbindungen bei 10 % bis über 60 % bei einer Reihe von Polyether-Grades der walzbaren Millathane-Urethane. Verbindungen mit niedriger Elastizität weisen im Allgemeinen hervorragende Schwingungsdämpfungseigenschaften auf und werden für Instrumentenverpackungen und andere schwingungsdämpfende Anwendungen eingesetzt. Verbindungen mit hoher Elastizität bauen bei dynamischen Anwendungen, beispielsweise Walzen mit Kautschukbezug, weniger Wärme auf. Im Allgemeinen ist die Elastizität bei niedrigem Füllstoffgehalt höher als bei hohem Füllstoffgehalt und Peroxidvernetzungen sind elastischer als Schwefelvernetzungen. Das nachstehende Diagramm zeigt die Elastizitätswerte der Verbindungen basierend auf verschiedenen Millathane-Grades.



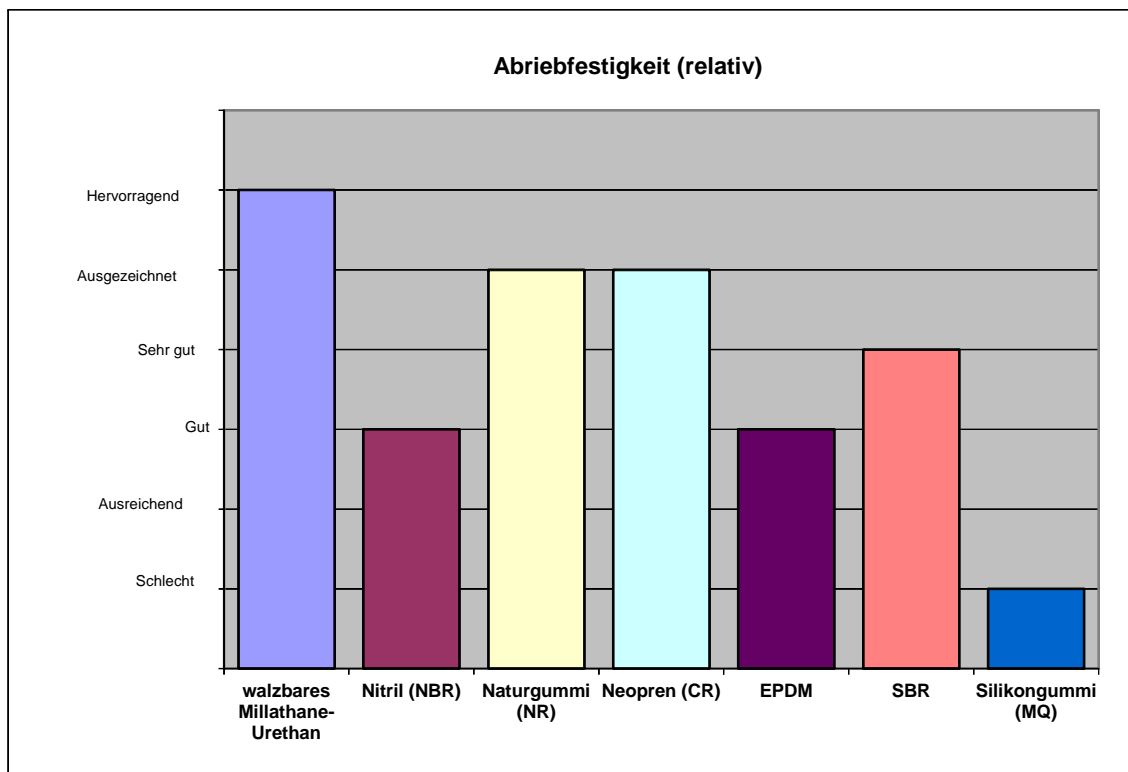
## Abriebfestigkeit

Abriebfestigkeit ist die Fähigkeit einer Oberfläche, dem Verschleiß aufgrund von Reiben gegen eine andere Fläche zu widerstehen. Hohe Abriebfestigkeit ist wichtig für Anwendungen wie Walzen, Riemen und Hubschrauber-Staubschutzabdeckungen. Eine der am weitesten verbreiteten Prüfungen zur Messung der Abriebfestigkeit ist die DIN-Abriebprüfung (ASTM D5963), bei der ein zylindrischer Prüfling über einen trommelförmigen Schleifkörper geführt und der Abschiff des Prüflings gemessen wird.

Die typische Abriebfestigkeit für hochwertige walzbare Millathane-Urethan-Verbindungen liegt bei 50-80 mm<sup>3</sup>, wobei - abhängig von der Rezeptur - einige Verbindungen auch Abriebfestigkeiten von lediglich 30-40 mm<sup>3</sup> aufweisen können.



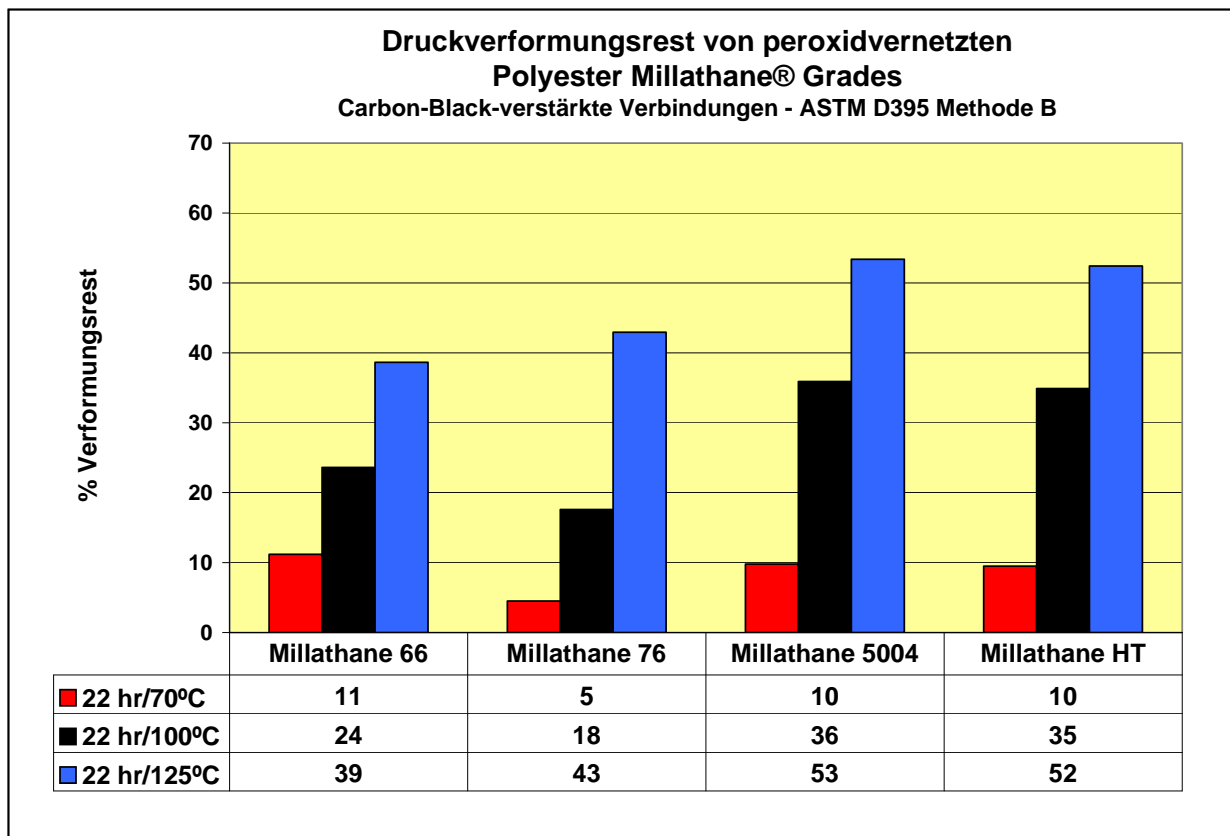
Polyurethankautschuk weist die höchste Abriebfestigkeit aller Kautschuke auf, gleich ob synthetisch oder natürlich. In Labortests sind die Vorteile von Millathane-Verbindungen gegenüber anderen Kautschuken nicht immer offensichtlich, allerdings zeigt sich in der Praxis, dass die Produktlebensdauer wesentlich länger ist, wenn walzbares Millathane-Urethan anstelle von herkömmlichem Kautschuk verwendet wird. Nachstehend eine Einstufung von walzbarem Millathane-Urethan im Vergleich zu vielen anderen konventionellen Kautschuken:



## Druckverformungsrest

Druckverformungsrest ist der Widerstand gegen bleibende Verformung nach Aufbringung einer Last oder Verformung während einer bestimmten Zeit bei einer bestimmten Temperatur. Ein typisches Prüfverfahren ist ASTM D395 Methode B, bei dem ein Prüfling von 1 Zoll Durchmesser und 0,5 Zoll Höhe bei 25 % gestaucht und dann während der angegebenen Dauer mit der angegebenen Temperatur in einen Ofen gelegt wird. Nach dem Entfernen aus dem Ofen und aus der Stauchvorrichtung lässt man den Prüfling 30 Minuten lang entspannen und misst dann den Betrag der bleibenden Verformung.

Ein guter Widerstand gegen Druckverformungsrest ist eine wichtige Eigenschaft bei Anwendungen wie Walzen, O-Ringen und Dichtungen. Walzbare Millathane-Urethane mit Peroxidvernetzung weisen sehr gute Eigenschaften gegen Druckverformungsrest bei Temperaturen bis 125°C auf, wobei sich der Verformungsrest mit steigenden Temperaturen erhöht (typisch für alle Kautschuke). Das nachstehende Diagramm vergleicht den Druckverformungsrest von Millathane-Grades bei 70°C, 100°C und 125°C. Im Allgemeinen weisen Polyester-Urethane verglichen mit Polyether-Grades besseres Verhalten gegen Druckverformungsrest auf. Peroxidvernetzte walzbare Urethan-Verbindungen weisen im Vergleich zu schwefelvernetzten Verbindungen wesentlich bessere (niedrigere) Eigenschaften gegenüber Druckverformungsrest auf.

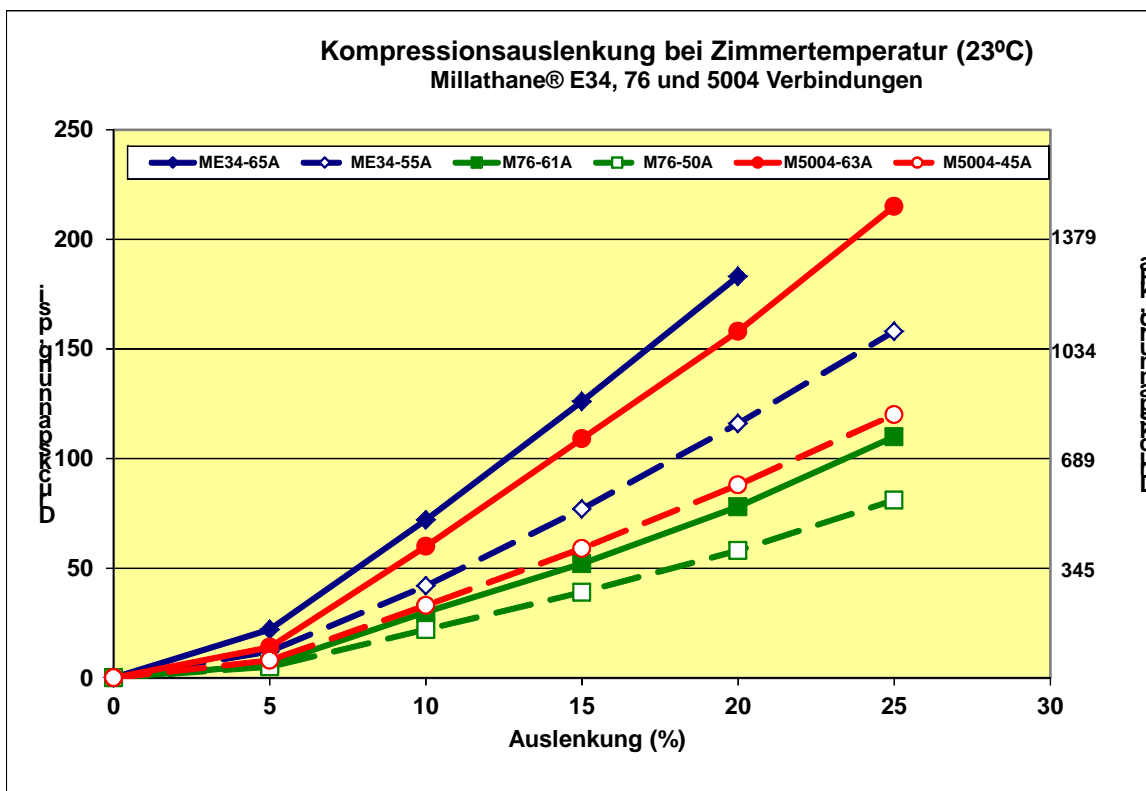


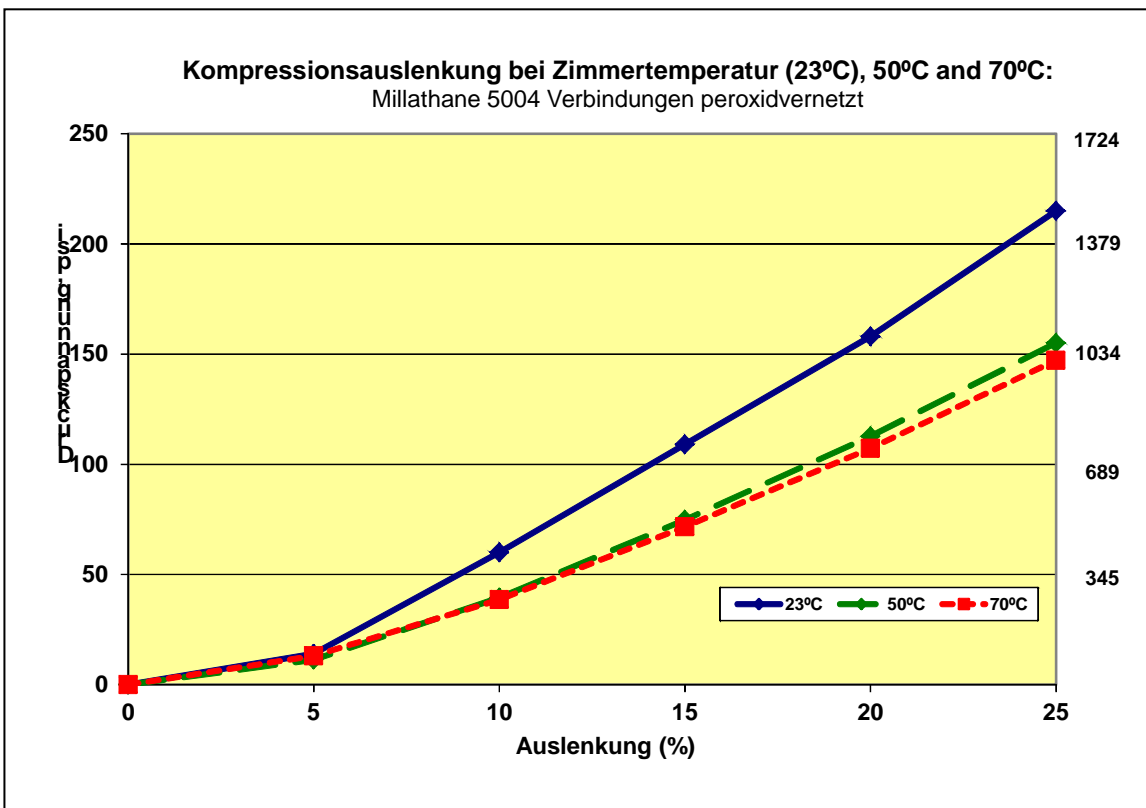
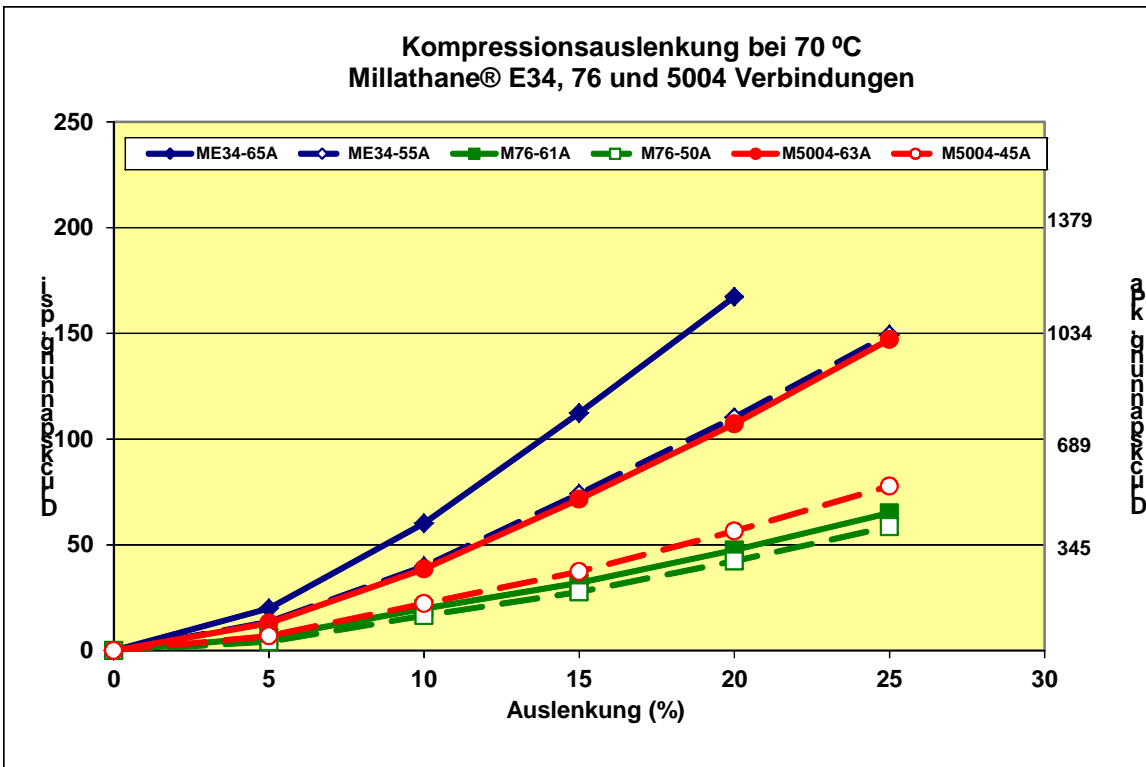
## Kompressionsdurchbiegung

Die Kompressionsdurchbiegung verschiedener Carbon-Black-verstärkter walzbarer Millathane® Polyurethan-Verbindungen basierend auf drei verschiedenen Polymeren (Millathane® 76, Millathane E34 und Millathane 5004) wurde gemäß ASTM D575 Methode A getestet. Die Millathane-76- und E-34-Verbindungen wurden schwefelvernetzt, die Millathane-5004-Verbindungen peroxidvernetzt, und es wurden zwei Härten jeder Verbindung getestet. Die Prüflinge hatten einen Formfaktor von 0,5 (Zylinder mit 25,4 mm Durchmesser und 12,7 mm Höhe). Die Kompressionsdurchbiegung wurde bei Zimmertemperatur (23°C), 50°C und 70°C getestet.

Die in unten und auf der Folgeseite geplotteten Daten zeigen, dass die weicheren Verbindungen niedrigere Kompressionsauslenkungskurven aufweisen als die härteren Verbindungen. Zudem weisen die Millathane-76-Verbindungen die niedrigsten Kompressionsauslenkungswerte auf, während die Kompressionsauslenkung der Millathane-E34- und Millathane-5004-Verbindungen ähnlich wie bei Verbindungen mit ähnlichen Härten ist.

Die Kompressionsauslenkungsergebnisse bei **höheren Temperaturen** entsprechen der erwarteten Tendenz, dass weniger Kraft zur Auslenkung der Prüflinge erforderlich ist. Dies zeigt sich in den geplotteten 70°C-Daten für alle Verbindungen und bei den Daten der 63 Shore-A Millathane 5004 Verbindungen für alle Temperaturen.





## Chemische Widerstandsfähigkeit

Urethane weisen im Allgemeinen gute Beständigkeit gegen Öle und Kraftstoffe auf, allerdings sind sie weniger resistent gegen chlorierte Kohlenwasserstoffe und Ketone. Urethane sind nicht für Beständigkeit gegen Säuren und Basen bekannt und werden in gewissem Grad durch Wasser angegriffen, insbesondere bei höheren Temperaturen. Dies betrifft vor allem Polyesterurethane, da bei diesen Hydrolyse eintreten kann, die das Polymer verschlechtert. Stabilisatoren können Polyesterurethane bis zu einem gewissen (jedoch nicht dauerhaften) Grad vor Hydrolyse schützen.

Das nachstehende Diagramm der Widerstandsfähigkeit der Millathane® 76 Prüfverbindung (Carbon-Black-verstärkt, schwefelvernetzt) gegen verschiedene Chemikalien zeigt die prozentuale Volumenzunahme nach einwöchigem Eintauchen bei Raumtemperatur - bzw. wie angegeben.

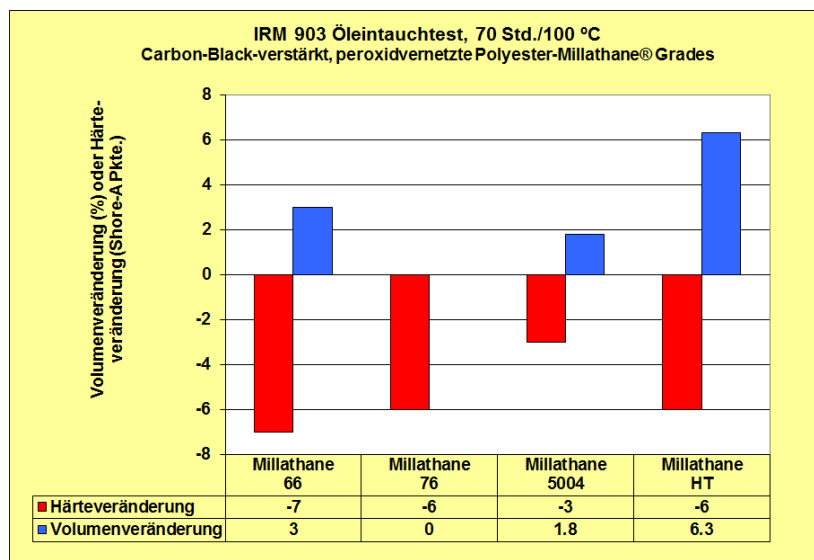
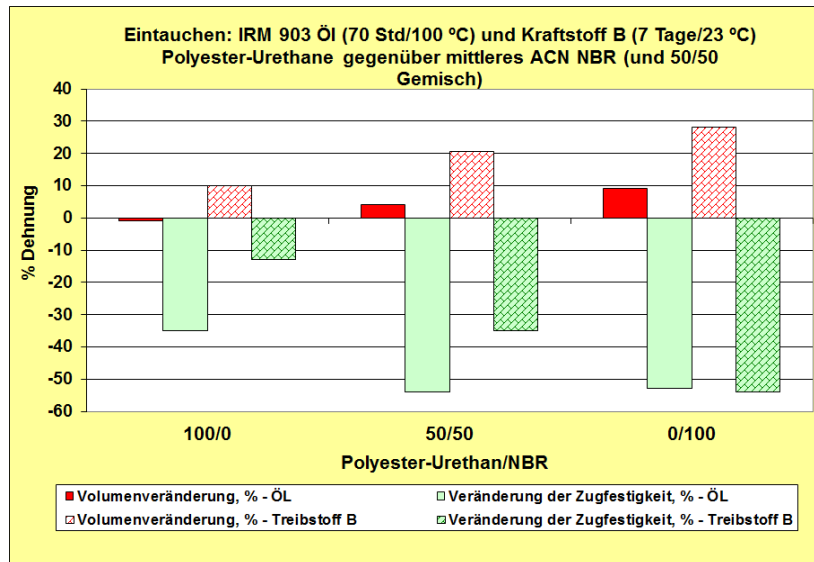
### VOLUMENZUNAHME VON MILLATHANE 76 IN VERSCHIEDENEN CHEMIKALIEN

<b>SÄUREN</b>	<b>%</b>	<b>KOHLENWASSERSTOFFE</b>	<b>%</b>
Salzsäure, 10 %	4	ASTM Kraftstoff B	16
Salpetersäure, 10 %	25	ASTM Öl #1	1
Phosphorsäure, 10 %	5	ASTM Öl# 1, 70 Std./100°C	-2
Schwefelsäure, 10 %	3	ASTM Öl #3	1
		ASTM Öl# 3, 70 Std./100°C	-2
			10
<b>ALKOHOLE</b>		Benzol	0
Butylalkohol	16	Benzin	9
Ethylalkohol	19	Rohöl, 70 Std./100°C	2
		Toluen	59
<b>ALKALI</b>		Wachs, Petroleum, 70 Std/100°C	-5
Natriumhydroxid, 10 %	2	Xylen	36
<b>ESTER</b>		<b>KETONE</b>	
			12
Cellosolve-Azetat	302	Azeton	6
			11
Ethylazetat	104	Methylethyl-Keton (MEK)	9
<b>HALOGENKOHLENWASSERSTOFFE</b>		<b>ANDERE STOFFE</b>	
Karbondetrachlorid	33	Hydraulikflüssigkeit (Skydrol)	59
Tetrachlorethylen	21	Leinöl	4
Trichlorethylen	121	Wasser	5

## Öl-, Kraftstoff- und Lösungsmittelbeständigkeit

Im Allgemeinen weisen walzbare Polyurethane eine herausragende Ölbeständigkeit auf, die jener von Akrylkautschuk (NBR) mit mittlerem ACN Gehalt oder HNBR-Kautschuk vergleichbar ist. Die Lösungsmittel- oder Kraftstoffbeständigkeit (z. B. Benzin oder Ethanol) ist ebenfalls vergleichbar und übertrifft in einigen Fällen sogar jene von mittlerem ACN-Nitrilkautschuk. Das nachstehende Diagramm zeigt die bessere Beständigkeit (geringere Veränderung des Volumens und der Zugfestigkeit) von Millathane-Polyester gegen Öl und Kraftstoff B als von einem mittleren ACN-Nitrilkautschuk. IRM 903 ist ein Testöl ähnlich zu Schmieröl mit einem Anilinpunkt von 70°C. Kraftstoff B ist ein 70:30-Gemisch aus Isooktan und Toluol.

Polyester-Grades sind wesentlich beständiger gegen Öle und Lösungsmittel als Polyether-Grades. Polyester-Grades sollten für Anwendungen gewählt werden, bei denen es auf optimale Beständigkeit gegen diese Stoffe ankommt, beispielsweise Druckwalzen und Dichtungen. Das nachstehende Diagramm vergleicht die fünf Polyester-Millathane-Grades bezüglich ihrer Beständigkeit gegen IRM-903-Öl. Alle Verbindungen weisen nach der Exposition in Öl mit hohen Temperaturen geringe Härte- und Volumenveränderungen auf, wobei die Volumenveränderung bei Millathane 76, und Millathane 5004 sowie die Härteveränderung bei Millathane 5004 am geringsten sind.

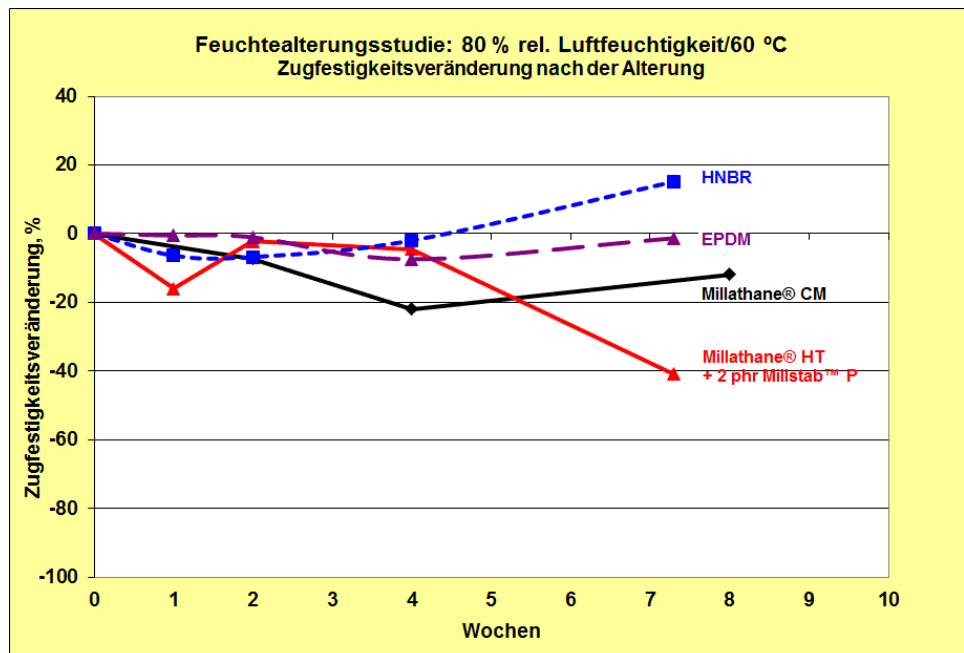
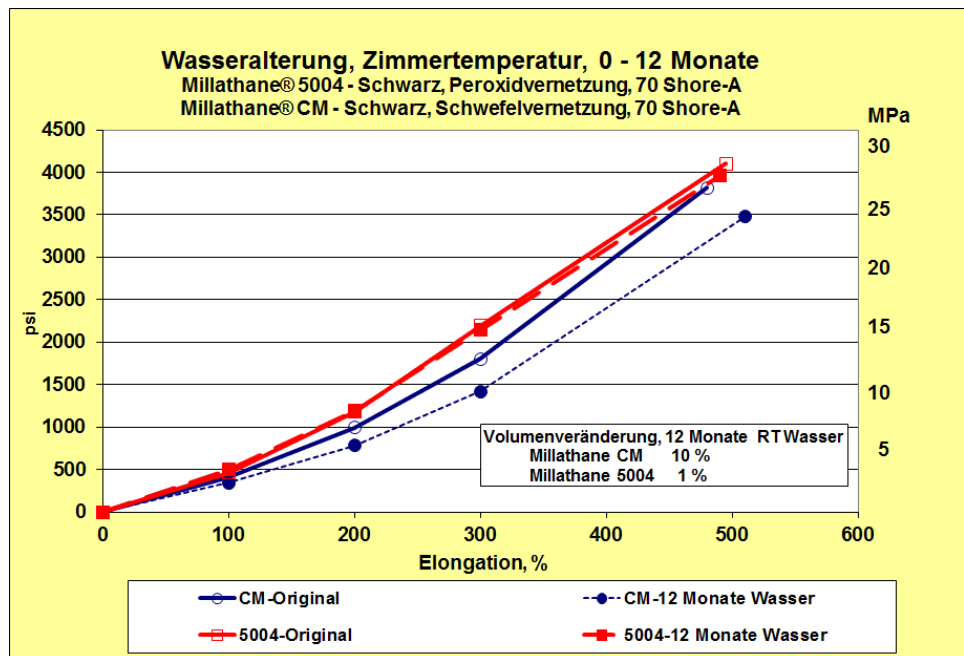


## Wasser-/Feuchtebeständigkeit

Walzbare Polyether-Urethane weisen gute Wasser- und Feuchtebeständigkeit auf und werden für Anwendungen empfohlen, bei denen langfristige Hydrolysebeständigkeit wichtig ist. Polyester-Urethane sind weitaus weniger hydrolysebeständig, können jedoch hervorragend (wenn auch nur zeitlich begrenzt) gegen Hydrolyse resistent sein, wenn Carbodiimide-Hydrolysestabilisatoren zugegeben werden, wobei die Höhe und die Dauer des Schutzes proportional zur Menge des Stabilisators (Millstab™ P) in der Zusammensetzung sind.

Das Diagramm rechts zeigt ein Beispiel für die herausragende Hydrolysebeständigkeit von walzbarem Polyester-Urethane Millathane CM; das walzbare Urethan Millathane 5004 (mit fünf Teilen Millstab P) ist rechts im Diagramm dargestellt. Nach einem Jahr permanentem Eintauchen in Wasser weisen die Eigenschaften beider Verbindungen nur geringfügige Veränderungen auf.

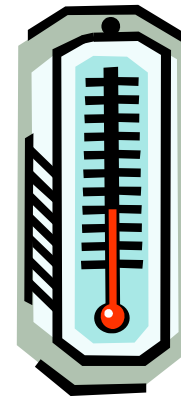
Ein Vergleich von Millathane CM und Polyesterurethan Millathane HT (mit zwei Teilen Millstab P) mit ähnlichen Härten der getesteten HNBR- und EPDM-Verbindungen unter heißen, feuchten Bedingungen ist im Diagramm rechts abgebildet. Millathane CM und HNBR- und EPDM-Verbindungen weisen während des sieben- bis achtwöchigen Tests minimale Veränderungen der Zugfestigkeit auf. Die Zugfestigkeit von stabilisiertem Millathane HT war in den ersten vier Wochen minimal verändert; danach ließ sie jedoch beträchtlich nach.





## Wärmebeständigkeit

Walzbarer Polyurethankautschuk ist nicht sonderlich für hohe Wärmebeständigkeit bekannt und wird typischerweise bei Temperaturen unter 100°C eingesetzt. Die Polyester-Grades des walzbaren Millathane® Urethan sind wesentlich wärmebeständiger als Polyether-Grades, und die Wärmebeständigkeit von Peroxidvernetzungen ist jener von Schwefelvernetzungen überlegen.



Bei Anwendungen, die nicht dauerhaft Temperaturen bis 150°C ausgesetzt werden müssen, sind peroxidvernetzte walzbare Polyesterurethane, wie Millathane 66 und Millathane 5004, wegen der ausgezeichneten Beibehaltung ihrer Eigenschaften hervorragend geeignet.

Die nachstehende Tabelle zeigt die hervorragende Wärmebeständigkeit der Carbon-Black-verstärkten, peroxidvernetzten Millathane-66-Verbindung. Die getesteten physikalischen Eigenschaften wiesen bei Wärmealterung zwischen 70°C und 150°C keine Veränderungen der Härte und nur geringfügige Veränderungen der Zugfestigkeit und Dehnung auf. Die Druckverformungsrest-Ergebnisse waren bis 140°C hervorragend; der hohe Wert des Verformungsrests bei 150°C macht diese Material jedoch für Anwendungen bei diesen Temperaturen ungeeignet.

	Wärmealterungsbedingungen					
	Original	70 Std./70 °C	70 Std./100°C	70 Std./125°C	70 Std./140°C	70 Std./150°C
Härte, Shore-A	88	88	88	88	88	88
Punkte Veränderung	---	0	0	0	0	0
Zugfestigkeit, psi	3550	3920	4120	2370	2750	3190
MPa	24,5	27,0	28,4	16,3	19,0	22,0
% Veränderung	---	10	16	-33	-23	-10
Dehnung, %	155	165	170	90	100	150
% Veränderung	---	6	10	-42	-35	-3
Testbedingungen für Druckverformungsrest						
	22 Std/70 °C	22 Std/100°C	22 Std/125°C	22 Std/140°C	22 Std/150°C	
Druckverformungsrest, %		4	5	22	35	74

Die Verbindung war Millathane 66 *Premilled*, mit 1,5 Teilen Hydrolyse-Stabilisator Millstab™ P. Millstab P ist ein Polymer-Carboiimide mit herausragender Hydrolysebeständigkeit, unterstützt jedoch auch die Beständigkeit gegen Wärmealterung und Druckverformungsrest.

## Ozon- und Witterungsfestigkeit

Walzbare Millathane- Urethane zeichnen sich aufgrund der gesättigten Struktur des Urethanpolymers durch hervorragende Ozonbeständigkeit aus.



Walzbare schwarze Millathane-Urethan-Verbindungen weisen eine ausgezeichnete UV- (ultraviolettes Licht) Beständigkeit auf. Hellfarbige und transparente Produkte (mit Millathane 97) sind ebenfalls hervorragend beständig gegen UV und Vergilbung, sofern Antidegradante, beispielsweise Antioxidante und Ultravioletstabilisatoren, zugegeben werden. Die nachstehende Tabelle zeigt die minimalen Auswirkungen auf die Eigenschaften nach einjähriger Florida-Exposition bei drei Millathane-Verbindungen.

	Millathane CM	Millathane 5004*	Millathane M97
Verbindungsverstärkung	<b>Carbon-Black</b>	<b>Carbon-Black</b>	<b>Kieselsäure</b>
Farbe der Verbindung	<b>Schwarz</b>	<b>Schwarz</b>	<b>Klar/Transparent</b>
<b>Originaleigenschaften</b>			
Härte, Shore-A	70	70	72
TSE-100**, psi (MPa)	405 (2,8)	460 (3,2)	317 (2,2)
Zugfestigkeit, psi (MPa)	3820 (26,3)	4100 (28,3)	3905 (26,9)
Dehnung, %	480	495	560
Reißen, Stempel C, lb/in (kN/m)	269 (47,1)	284 (49,7)	219 (38,4)
<b>Eigenschaften nach einjähriger Florida-Exposition im Freien (nicht belastete Prüflinge)</b>			
Härte, Shore-A	75	68	66
TSE-100*, psi (MPa)	695 (4,8)	530 (3,7)	310 (2,1)
Zugfestigkeit, psi (MPa)	3650 (25,2)	3200 (22,1)	2600 (17,9)
Dehnung, %	335	490	475
Zug, Stempel C, lb/in (kN/m)	211 (36,9)	302 (52,9)	190 (33,3)
<b>Oberflächenbeschaffenheit</b>	<b>Keine Anzeichen von Rissen oder Fließzonen</b>		
* enthält 5 Teile Millstab™ P, ein Carbodiimide-Hydrolysestabilisator			
**TSE-100 = Zugfestigkeit bei 100 % Dehnung			

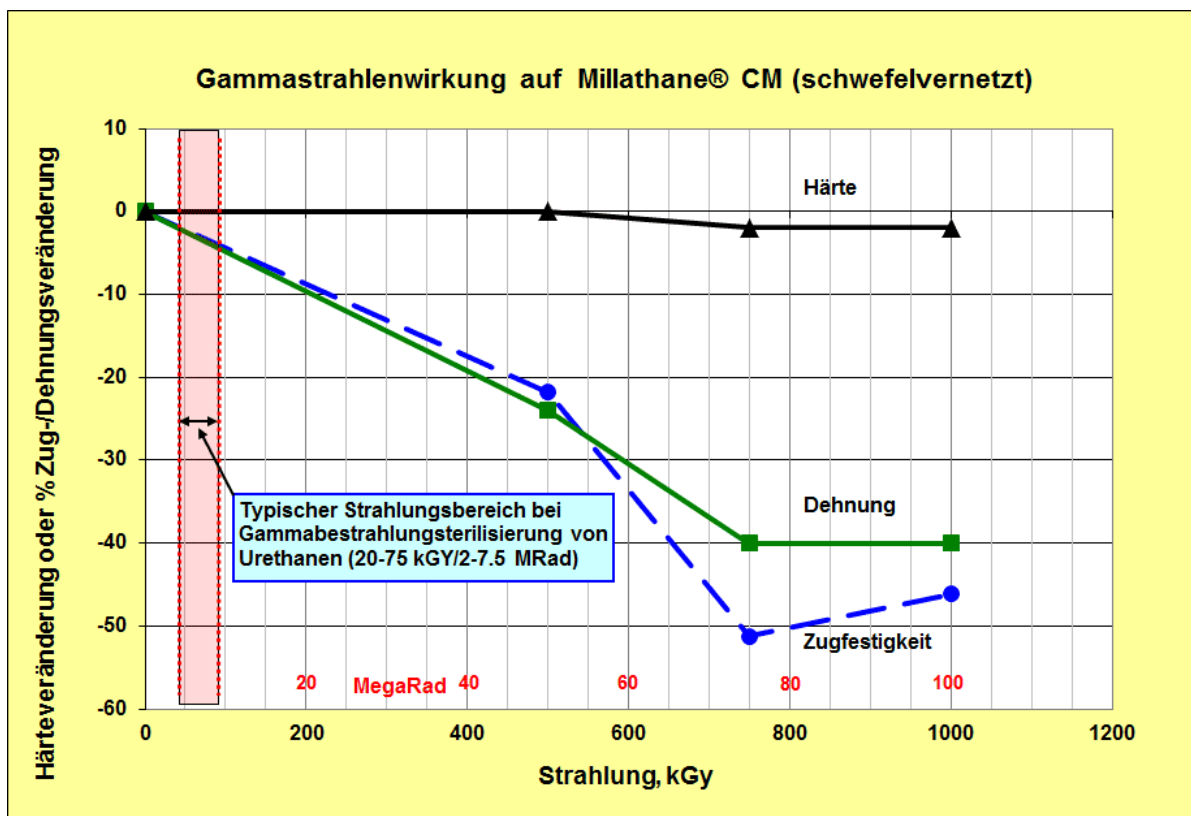
## Flammbeständigkeit

Walzbare Millathane- Urethane sind selbst nicht flammbeständig, können jedoch mit flammbeständigen Additiven gemischt werden, um die Flammbeständigkeit so zu verbessern, dass sie jener anderer Kautschuke vergleichbar ist. Verbindungen, die neben halogenierten Stoffen noch Antimonoxid enthalten, wurden getestet und entsprechen den UL94-V-0-Anforderungen. Halogenfreie flammbeständige Verbindungen lassen sich mit Anteilen an Aluminiumoxidtrihydraten und/oder Magnesiumhydroxid herstellen.

## Strahlungs- und Sterilisierungsbeständigkeit

Millathane® CM weist verglichen mit anderen Elastomeren gute Beständigkeit gegen Gammastrahlung auf. Bei den typischen Strahlungsdosen für die Gammstrahlensterilisation medizinischer Produkte (bis 75 kGy), waren die Veränderungen der Eigenschaften von schwefelvernetzten Millathane CM-Verbindungen vernachlässigbar.

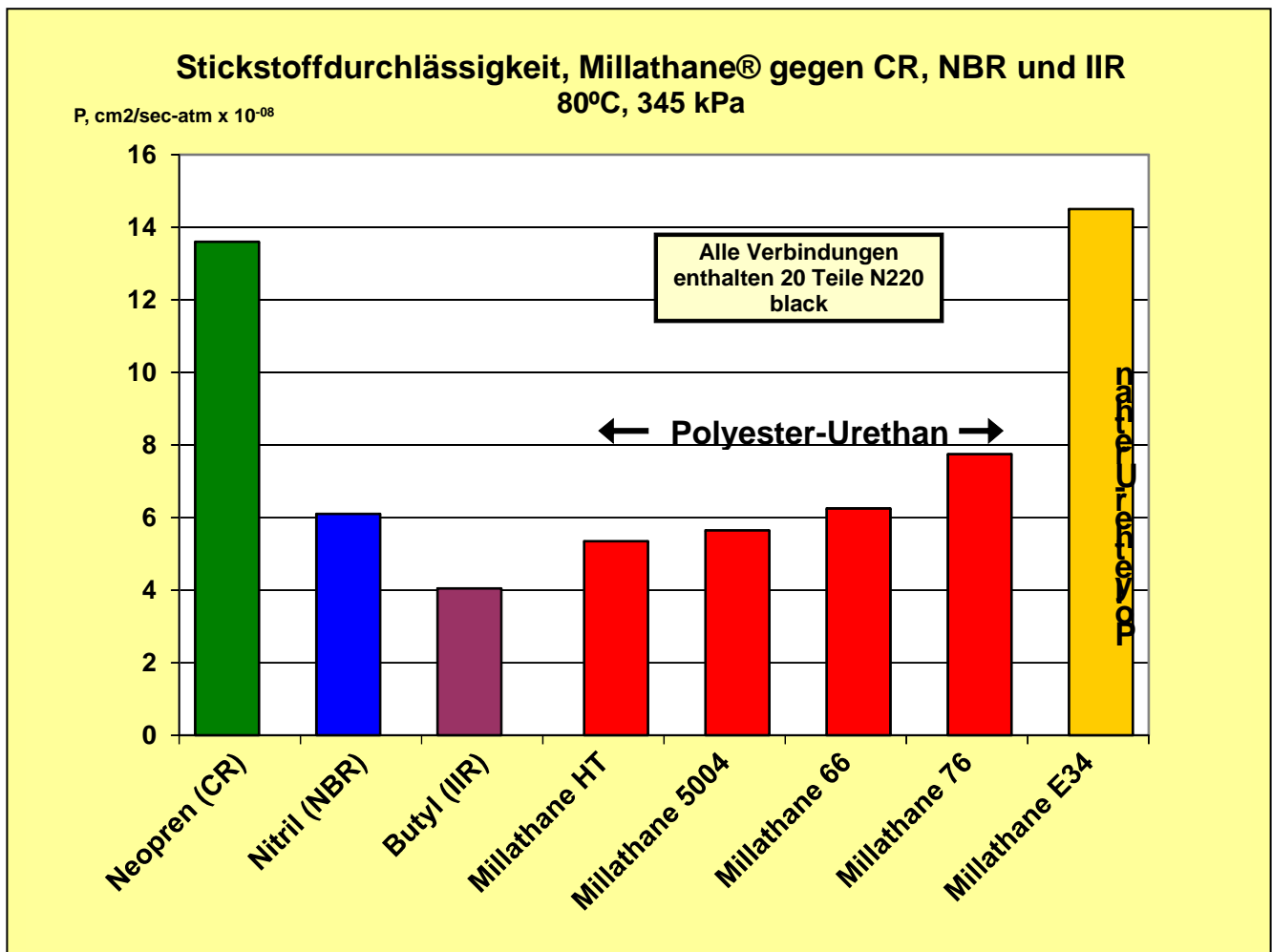
Selbst bei relativ großen Dosen von 1000 kGy (100 Megarad) wies diese Millathane CM-Verbindung noch immer gute Eigenschaften auf und würde zufriedenstellende Dienste leisten. Peroxidvernetzte Verbindungen sind gegen Strahlung weniger gut beständig als schwefelvernetzte Verbindungen.



## Gasdurchlässigkeit

Walzbare Millathane®-Urethane weisen hohen Widerstand gegen Gasdurchlässigkeit auf, wobei die Durchlässigkeit von Polyester-Millathane-Grades der von Butylkautschuk vergleichbar ist. Ein Vergleich der Stickstoffdurchlässigkeit verschiedener Millathane-Grades mit Neopren (CR), Nitril (NBR) und Butyl (IIR) Kautschuk ist der Grafik unten zu entnehmen.

Walzbare Polyester-Urethane haben sehr gute Durchlässigkeit, vergleichbar oder leicht besser als bei Nitrilkautschuk, jedoch nicht ganz so gut wie bei Butylkautschuk. Millathane E34, ein Polyether-Polyurethan, wies eine höhere (schlechtere) Stickstoffdurchlässigkeit auf, die jener von Neoprenkautschuk vergleichbar war.



## Formschwindung

Die Formschwindung für walzbare Millathane® Urethan-Verbindungen liegt generell zwischen 2,2 und 2,5 %. Gummiverbindungen und jene mit geringer Füllstoffmenge weisen eine etwas höhere Formschwindung auf, bei Verbindungen mit höherer Füllstoffmenge ist sie geringer. Die Formschwindung ist bei Peroxidvernetzungen im Allgemeinen etwas geringer als bei Schwefelvernetzungen.

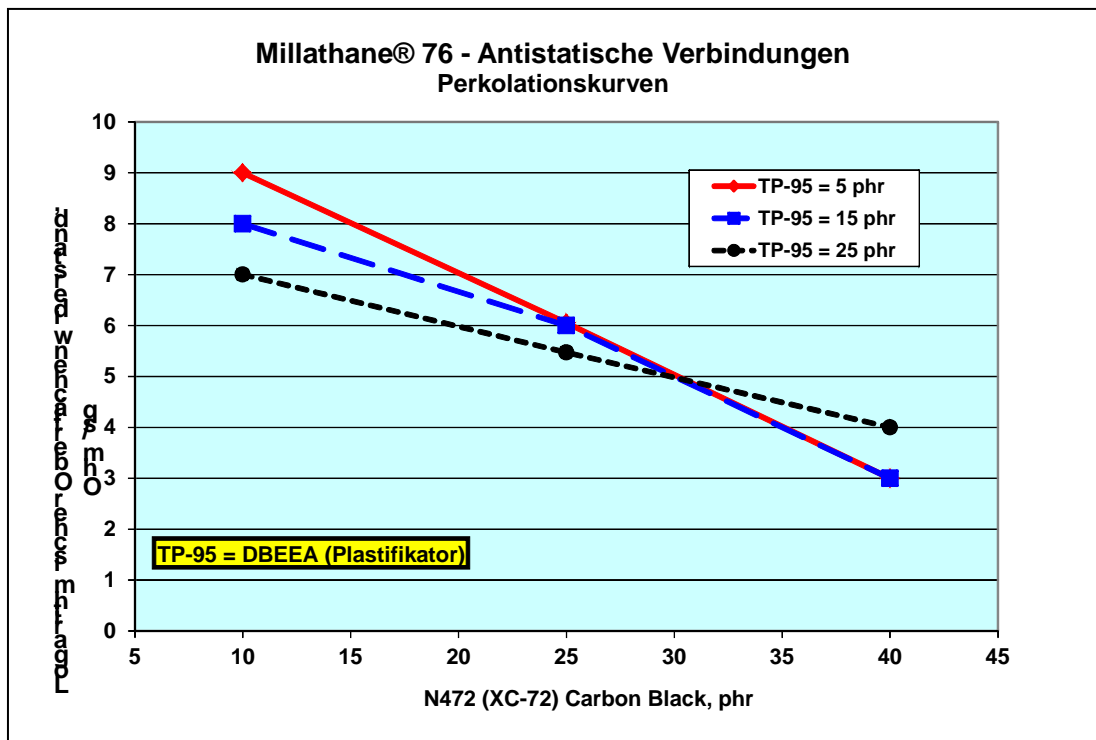
## Elektrische Eigenschaften

Im Allgemeinen werden walzbare Urethane wegen der relativ schlechten elektrischen Eigenschaften polarer Urethanpolymere nicht für elektrische Anwendungen verwendet. Ein Vergleich von Isolierverbindungen auf Basis von Millathane CM, Naturgummi und Neopren ist nachstehend dargestellt.

	Widerstand, Ohm-cm	Relative Dielektrizitäts- konstante bei 1000 cps	Leistungsfaktor bei 100 cps
Naturgummi	$10^{15}$	2,5	0,005
Neopren	$10^{12}$	6,7	0,025
Millathane CM	$10^{10}$	10,2	0,080

Millathane-Verbindungen können durch Zusatz von leitfähigem Kohlenstoff so formuliert werden, dass sie antistatisch oder halbleitend sind. Antistatische Verbindungen sind wichtig für ableitfähige Walzen und Riemen, vor allem in Büromaschinen mit Papiertransport.

Schwefelvernetzte Millathane 76-Verbindungen mit leitendem Carbon-Black zwischen 10 bis 40 Teilen und Plastifikator zwischen 5 bis 25 Teilen wiesen elektrische Widerstandswerte von  $10^8$  bis  $10^3$  auf, wie der nachstehenden Grafik entnommen werden kann.



## Färbbarkeit

Wie bei anderen Kautschukarten sind die Farben von peroxidvernetzten Verbindungen heller und der Farberhalt ist besser als bei schwefelvernetzten Verbindungen, was insbesondere bei der Hochtemperaturvernetzung auf die Verfärbung (Gelbfärbung) bei Schwefelvernetzungen zurückzuführen ist. Für die besten Farbverbindungen empfehlen wir Millathane 97, ein peroxidvernetztes, walzbares Polyetherurethan.

Millathane 97 wurde für transparente Anwendungen entwickelt, beispielsweise für Schuhsohlen, und kann in der richtigen Verbindung klare oder leuchtend farbige Teile erzeugen.



## Recyclingfähigkeit

Vernetzte Produkte aus walzbaren Millathane-Urethanen können zu feinem Pulver gemahlen (z. B. mit Kryotechniken) und dann in kleinen Mengen in die Verbindung rückgeführt werden, wobei sich die Eigenschaften nur minimal verändern.

## Anwendungen

Einige Beispiele des breiten Anwendungsspektrums von walzbaren Millathane-Urethanen sind Vollgummireifen, gummibeschichtete Walzen, Buchsen, Lager, Membrane, Dichtungen, Testpolster, Sportschuhe, Riemen, militärische Staubabdeckungen, Flugzeug-Enteisungsblasen und Stoßdämpfer.



## Fazit

Wie dieses Bulletin zeigt, weisen walzbare Millathane<sup>®</sup> Urethane viele herausragende Eigenschaften auf. Wenn Sie erfahren möchten, wie walzbare Millathane-Urethane für Ihre Anwendung geeignet sein könnten, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung.





TSE Industries, Inc.  
4370 112<sup>th</sup> Terrace N  
Clearwater, FL 33762 USA  
727-573-7676 or 800-237-7634  
Fax: 727-572-0487  
[www.tse-industries.com](http://www.tse-industries.com)  
[millathaneinfo@tse-industries.com](mailto:millathaneinfo@tse-industries.com)

