

1. Allgemeine Beschreibung

PTFE (Polytetrafluorethylen)

PTFE ist ein Fluorkunststoff mit außergewöhnlich guten chemischen, thermischen, elektrischen und tribologischen Eigenschaften. PTFE verhält sich zum Teil thermoplastisch. Es ist in der Schmelze hochviskos und lässt sich nicht im Spritzgießverfahren verarbeiten. Für seine Verarbeitung werden spezielle Preß- und Sinter-techniken benötigt. PTFE-Derivate wie PFA und FEP sind dagegen im Spritzgießverfahren verarbeitbar.

Die Fluorkunststoffe PTFE und PFA besitzen die höchste Chemikalienbeständigkeit aller Kunststoffe. Sie ist durch die starke Kohlenstoff-Fluor-Bindung in der Molekülkette begründet.

Die Temperaturbeständigkeit der Fluorkunststoffe übertrifft im Hoch- wie auch im Tieftemperaturbereich die der meisten übrigen Kunststoffe. Die guten anti-adhäsiven Eigenschaften und die niedrigen Reibungskoeffizienten, sowohl statisch als auch dynamisch, zeichnen Fluorkunststoffe besonders aus. Diese Eigenschaft ist bei der Verwendung von Materialien in der Dichtungstechnik sehr wichtig. Statischer und dynamischer Reibwert liegen eng zusammen. Dies verhindert Stick-Slip-Erscheinungen.

Ein weiterer Vorteil ist das gute Verhalten gegenüber Feuchtigkeit. Äußerst geringe Wasseraufnahme und universelle Medienbeständigkeit ermöglichen den Einsatz der Fluorkunststoffe ohne Berücksichtigung der umgebenden Medien.

Um die Belastbarkeit des PTFE zu erhöhen, kommen in der Dichtungstechnik hauptsächlich verstärkte Compounds zum Einsatz. Sie besitzen ein wesentlich besseres Verhalten gegen Verschleiß und Druckbelastung bei niedrigem Reibungswert.

Grundsätzlich sollte bei tribologischen Systemen berücksichtigt werden, daß Reibung und Verschleiß von Werkstoffen keine Stoffeigenschaften, sondern Systemeigenschaften sind, die sich durch das Beanspruchungskollektiv und die beteiligten Elemente ergeben. Die für die Dichtungstechnik wichtigsten Parameter sind: Gegenlauffläche, Gleitgeschwindigkeit, Beanspruchungsdauer, Temperatur, Umgebungsmedium und Normalkraft.

PUR (Polyurethan)

Polyurethan-Elastomere sind Werkstoffe, die innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen die charakteristischen, elastischen Eigenschaften von Gummi besitzen. Sie zeichnen sich im Vergleich zu anderen Elastomerwerkstoffen durch ihre höhere Verschleißfestigkeit aus. Entsprechend den vielfältigen Möglichkeiten der Formgebung dieser Werkstoffe haben unterschiedliche Polyurethan-Zusammensetzungen Eingang in die Praxis gefunden und einen hohen Qualitätsbegriff geprägt.

1. General Description

PTFE (Polytetrafluoroethylene)

PTFE is a fluoroplastic with excellent chemical, thermal, electrical and tribological properties. PTFE behaves partly as a thermoplastic. It is highly viscous in the melt and can be processed by injection moulding using specific press and sinter technologies. PTFE derivatives like PFA and FEP, however, can be processed by injection moulding.

PTFE and PFA fluoroplastics have the highest resistance to chemicals of all plastics. This is due to the strong carbon-fluorine bond in the molecular chain.

The ability of fluoroplastics to resist extreme temperatures is superior to most other plastics, both at high and low temperatures. Good anti-adhesive characteristics and the low coefficients of friction under both static and dynamic conditions are a particular feature of fluoroplastics. These characteristics are very important for the materials used in sealing systems. The static and dynamic coefficients of friction are very close to each other and prevent stick-slip behaviour.

A further advantage is their good behaviour with regard to humidity. Their extremely low absorption of water means that fluoroplastics can be used without regard for the surrounding fluids.

Reinforced compounds are used mainly in the field of sealing technology in order to increase the load factor of PTFE-pure. They have a considerably better behaviour against wear and pressure load with low coefficient of friction.

It should be noticed in general with tribological systems that friction and wear of materials are not material properties but system properties which result from the stress conditions and elements employed. The most important parameters for the sealing technology are: sliding surface, sliding speed, stress duration, temperature, surrounding fluid and nominal force.

PUR (Polyurethane)

The PUR elastomers are materials which possess the characteristic elastic qualities of rubber. They are distinguished by their higher wear resistance compared to other elastomer materials. Because of the wide-ranging possibilities given in process engineering in the moulding of these materials, various types of polyurethane compounds have found application in practice and gained a high reputation for quality.

Die von uns verarbeiteten Spezial-Polyurethane zeichnen sich durch ihr gutes Tieftemperaturverhalten sowie durch ihre Hydrolyse- und Alterungsbeständigkeit aus. Sie sind die Voraussetzungen für die Herstellung hochwertiger Dichtungselemente.

Das Quellverhalten in Wasser, Fetten, Ölen und Lösungsmitteln kann durch die Struktur und Anzahl sog. Weichsegmente stark beeinflusst werden, so daß Werkstoffmischungen für nahezu alle mineralölbasischen Betriebsmedien der Hydraulik zur Verfügung stehen.

FPM (Fluorkautschuk)

FPM ist ein Fluorelastomer mit hoher thermischer und chemischer Beständigkeit. Sein breites Beständigkeitspektrum und sein relativ guter Compression-Set, auch bei hohen Temperaturen, ermöglichen die Verwendung von Dichtungen aus Fluorelastomeren auch unter Bedingungen, bei denen andere Dichtungswerkstoffe keine ausreichende Dichtwirkung mehr bieten.

Die Temperaturgrenzen für Fluorelastomere liegen zwischen ca. +230°C im Hoch- und -30°C im Tieftemperaturbereich. Auch bei diesen Temperaturen ist das elastische Dichtverhalten im statischen und dynamischen Einsatz ausreichend.

NBR (Nitrilbutadienkautschuk)

NBR ist ein klassisches synthetisches Elastomer, das durch geeignete Zusatzstoffe hervorragend auf die speziellen Erfordernisse der Dichtungstechnik zugeschnitten werden kann. Die in unserem Hause verarbeiteten Mischungen weisen gerade in Bezug auf den Compression-Set (Druckverformungsrest) sehr gute Werte auf. Der Anwendungsbereich bewegt sich bei diesen Mischungen in einem für NBR ungewöhnlich großen Temperaturbereich von -30°C (-45°C für Tieftemperaturwerkstoff NBR TT) bis +120°C. NBR ist bei Standardhydraulikölen auf Mineralölbasis, Öl-Wasser- und Wasser-Öl-Emulsionen und Wasser-Glykol-Medien einsetzbar.

POM (Polyoxymethylen)

Der thermoplastische Kunststoff POM wird als Basiswerkstoff für die Führungselemente der Hunger DFE verwendet. Bei dem von uns eingesetzten POM handelt es sich um ein Acetalharz, das durch Copolymerisation hergestellt wird.

Spritzgegossene Teile bieten in Verbindung mit PTFE-Compound ausgezeichnete Gleiteigenschaften. Dies gilt auch beim Trockenlauf der Führung.

Das Material besitzt gute Zähigkeit und ebenso gute Formbeständigkeit bei verschiedenen Temperaturen. Außerdem bewirkt der chemische Aufbau eine hohe Medienbeständigkeit und nur geringste Wasseraufnahme.

The special polyurethane materials used by us distinctive for their good low temperature behaviour as well as by their resistance to hydrolysis and ageing, properties which are the basis for the manufacture of high-quality sealing elements.

The swelling characteristics in water, fats, oils and solvents can be greatly influenced by the structure and number of so-called soft segments, so that compounds are available for almost all hydraulic fluids.

FPM (Fluoro Rubber)

FPM is a fluorocarbon elastomer with high thermal and chemical resistance. Its broad spectrum of resistance and relatively good compression set, even at high temperatures, allows the use of seals of fluorocarbon elastomer in conditions where other sealing materials no longer provide an adequate sealing function.

The temperature limits for fluorocarbon elastomers are around +230°C (+446°F) in the high temperature range and -30°C (-22°F) in the low temperature range. Even with such temperatures the elastic properties of the seals are sufficient under static and dynamic conditions.

NBR (Nitrile Butadiene Rubber)

NBR is a classical synthetic elastomer which, as a result of suitable additives, can be tailored to the specific requirements of the sealing technology. The compound used by us has a very good compression set. The temperature range of -30°C (-22°F) (-45°C (-49°C) for low temperature material NBR TT) and +120°C (+248°F) is unusually high for NBR. NBR is suitable for standard hydraulic fluids based on mineral oil, for oil-water and water-oil emulsions as well as water-glycol fluids.

POM (Polyoxymethylene)

The thermoplastic material POM is used as the base material for all bearing elements of the Hunger DFE product range. The type of POM used by us is an acetal resin produced by copolymerization.

Combined with PTFE-Compound, injection-moulded parts offer excellent sliding characteristics, particularly in the dry-running range of the bearing element.

The material is tough and maintains good stability of shape at different temperatures. Its chemical structure also gives it high resistance to various fluids with low water absorption.

Aufgrund all dieser Eigenschaften ist POM, insbesondere mit PTFE-Compound, für die Funktionen, die Führungsringe und auch Stützringe zu erfüllen haben, geradezu prädestiniert.

PA 6 Guß (Polyamid 6 Guß)

PA 6 Guß ist ein hochmolekulares Polyamid mit dem auch große Elemente realisiert werden können.

Aufgrund seiner rein chemischen, drucklosen Polymerisation in beheizten Formen können Halbzeuge hergestellt werden, die im Extrusions- oder Spritzgießverfahren nicht möglich oder wirtschaftlich nicht sinnvoll wären. Auch PA 6 Guß besitzt eine gute Abriebfestigkeit.

Die Wasseraufnahme und die damit verbundene Volumenänderung wird bei der Auslegung der Teile durch etwas höhere Toleranzen berücksichtigt. Verwendung findet es z. B. für Führungs- und Stützringe.

PEEK (Polyetheretherketon)

Der teilkristalline, thermoplastische Kunststoff wird als Sonderwerkstoff für Hochtemperaturanwendungen eingesetzt. Sein Temperatureinsatzbereich liegt zwischen -50°C und +250°C. Aufgrund seiner hervorragenden Chemikalien- bzw. Hydrolysebeständigkeit eignet sich dieser Werkstoff besonders für die Führungselemente der Hunger DFE. Das Material besitzt gute Festigkeitswerte und zeigt ein sehr günstiges Gleit- und Verschleißverhalten.

PE-UHMW (Polyethylen ultrahochmolekularer Dichte)

Dieses hoch entwickelte Polyolefin zeichnet sich durch herausragende Gleit- und Verschleißfähigkeiten aus, weshalb PE-UHMW als Sonderwerkstoff für Gleitringe bei der Hunger DFE Anwendung findet. Speziell im Tieftemperatur-Bereich kommt ultrahochmolekulares Polyethylen häufig zum Einsatz. Sehr gute Chemikalienbeständigkeit und physiologische Unbedenklichkeit (Lebensmittelbereich) runden das Eigenschaftsbild ab. PE-UHMW empfiehlt sich besonders für das Einsatzgebiet Wasserhydraulik sowie für Dichtelemente im Hochdruckbereich.

Weitere Werkstoffe

Neben den bereits genannten Werkstoffen können für spezielle Anwendungsfälle weitere handelsübliche oder speziell modifizierte Kunststoffe in verschiedenen Ver-/Bearbeitungsverfahren zum Einsatz kommen.

Bitte nutzen Sie auch hier unsere langjährige Erfahrung und sprechen Sie mit unserer Anwendungstechnik.

As a result of all these characteristics, POM, particularly with PTFE-compound, is particularly suitable for the functions which guide rings and back-up rings are required to fulfil.

PA 6 cast (Polyamide 6 Cast)

PA 6 cast is a high-molecular polyamide from which even large elements can be produced economically. Due to its purely chemical and pressureless polymerisation in heated moulds, semi-finished products can be manufactured, which would not be possible or economical with extrusion processing or injection moulding. PA 6 cast has also a good wear resistance.

Water absorption and resulting change in volume can be catered for by increasing housing tolerances. PA 6 cast is used for large bearings and support rings.

PEEK (Polyetheretherketone)

The semi-crystalline thermoplastic is used as special material for high temperature applications. Its temperature range is between -50 to +250 °C. This material is especially suitable for the bearing elements of Hunger due to its excellent resistance against chemicals and hydrolysis. PEEK has good mechanical strength properties and outstanding sliding- and wear behaviour.

PE-UHMW (Polyethylene-ultra high molecular weight)

This sophisticated polyolefin PE-UHMW is distinguished by its excellent sliding and wear behaviour, and is therefore used as special material for Hunger DFE slide rings. Ultra-high-molecular polyethylene in particular is often used in low temperature applications. Excellent chemical resistance and physiological safety (foodstuff industry) are further properties of this high-tech plastic. PE-UHMW is recommended particularly in the field of water hydraulics and for sealing elements in high pressure applications.

Other Materials

In addition to the materials previously mentioned, other standard or specifically modified trade plastics, processed and machined as necessary, are also used for special applications.

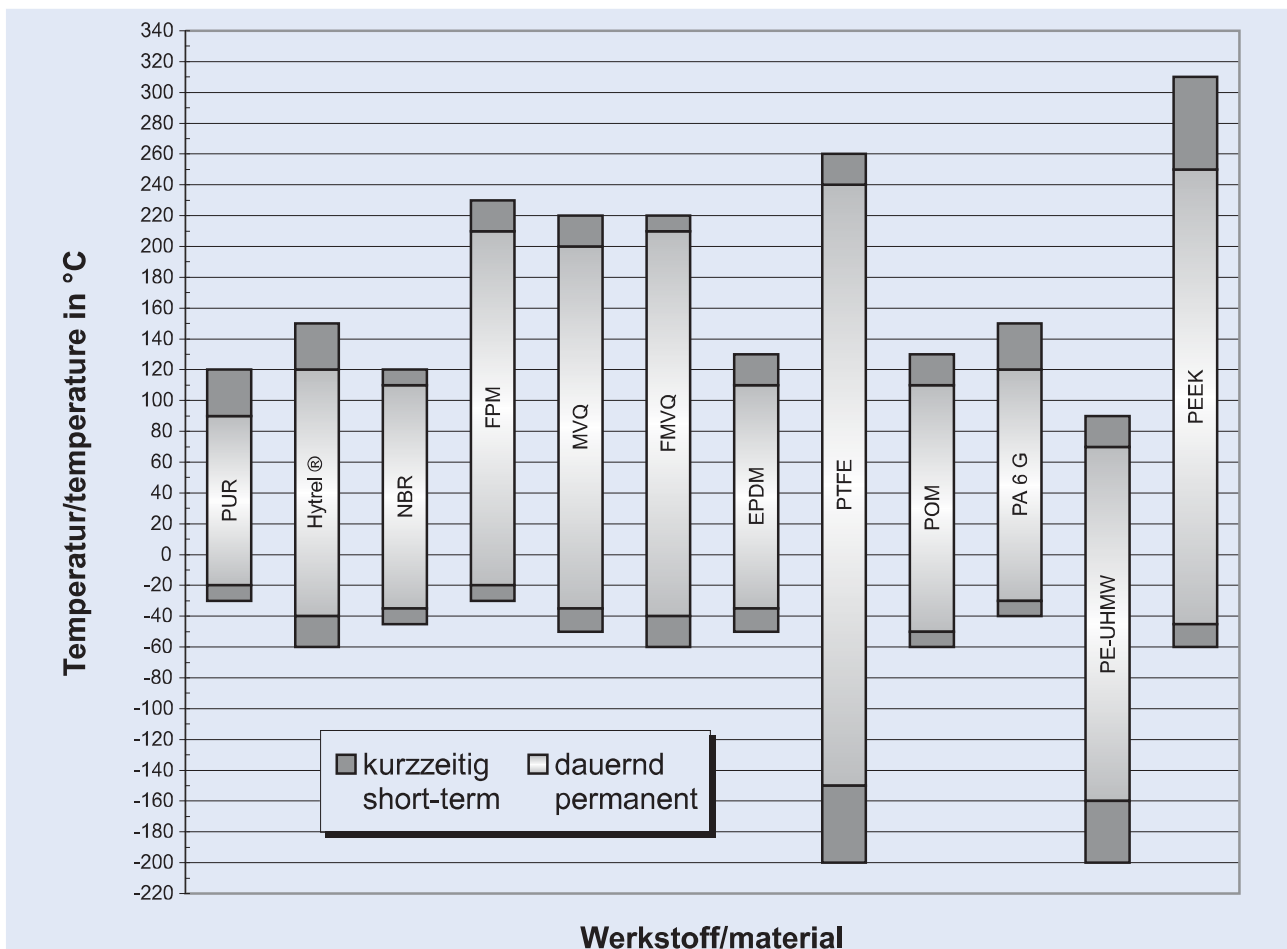
Please refer to our decades of experience and contact our department for application technique.

Werkstoffgruppe material group	Kurzbezeichnung abbreviation	Werkstoff material	gebräuchliche Handelsnamen* usual trade names*
Thermoplastische Elastomere thermoplastic elastomers	PUR Hytrel®	Polyurethan / polyurethane Polyethen-Copolymer	Elastollan®, Desmopan® Hytrel®
Elastomere elastomers	NBR	Nitrilbutadien Kautschuk nitrile butadiene rubber	Perbunan®
	FPM	Fluorkautschuk fluoro rubber	Viton®, Fluorel®
	MVQ	Silikonkautschuk silicon rubber	-
	FMVQ	Fluorsilikonkautschuk fluoro silicon rubber	-
	EPDM	Ethylpropylenkautschuk ethylenpropyleniene rubber	Keltan®
Thermoplaste thermoplastics	PTFE	Polytetrafluorethylen polytetrafluoroethylene	Teflon®, Hostaflon®
	POM	Polyoxymethylen polyoxymethylene	Ultraform®, Hostaform®, Delrin®
	PA 6 Guß / PA 6 cast	Polyamid 6 Guß polyamide 6 cast	Ultramid®, Durethan®
	PE-UHMW	Polyethylen polyethylene	Lupolen®, Hostalen®
	PEEK	Polyetheretherketon polyetheretherketone	Victrex®

*: Die mit „®“ gekennzeichneten Namen sind eingetragene Handelsnamen der jeweiligen Hersteller * '®' Registered trademarks.

2. Temperaturverhalten

2. Temperature Range



3. Verstärkungs- und Füllstoffe

Trotz seines hervorragenden Eigenschaftsprofils besitzt reines PTFE für eine Reihe technischer Anwendungen einen zu hohen kalten Fluß. Dieses Kriechen kann durch die Beimischung geeigneter Füllstoffe wesentlich verbessert werden.

Gebräuchliche Füllstoffe sind:

- Bronze
- Kohle
- Graphit
- Glasfaser
- MoS₂ (Molybdändisulfid)
- Pigmente

Für spezielle Anwendungen werden auch polymere Verstärkungsstoffe wie PI, Ekonol, Polyphenylensulfon, Kohlefasern etc. verwendet.

Durch die Beimischung einzelner oder mehrerer Zusatzstoffe werden folgende Eigenschaften beeinflusst:

- Verschleißfestigkeit
- Druckfestigkeit
- Dehnung/Zugfestigkeit
- Chemikalienbeständigkeit

Je nach Anforderung an das Produkt und den zu verändernden Eigenschaften kann auch der prozentuale Füllstoffanteil variiert werden. So werden auch viele Compounds mit einer Kombination mehrerer Füllstoffe eingesetzt. Die nachfolgenden Diagramme zeigen Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften von PTFE-Compounds in Abhängigkeit vom Füllstoff.

Bitte beachten Sie, daß es sich bei den angegebenen Werten um Richtwerte handelt. Die Werte wurden an Probekörpern ermittelt und können, z. B. bei PTFE je nach Compound und Meßmethode, schwanken. Sollten Sie die Teile in einem Grenzbereich einsetzen und sich über die Eignung nicht sicher sein, bitten wir Sie, sich mit unserer Anwendungstechnik in Verbindung zu setzen.

3. Filler and Reinforcing Additives

Despite its excellent properties, pure PTFE has a too high cold flow for a number of technical applications. This creeping effect can be improved considerably by adding suitable fillers.

Usual additives:

- bronze
- carbon
- graphite
- glass fibre
- MoS₂ (molybdenum disulphide)
- pigments

For special applications polymer additives like PI, econol, polyphenylene sulphone, carbon fibres etc. are also used.

By adding individual or several additives the following parameters are influenced:

- Wear resistance
- Compressive strength
- Elasticity/tensile strength
- Chemical resistance

Depending on the requirements of the product and the parameters to be modified, the percentages of the additives can be varied. Therefore, many compounds are used with a combination of several additives. The following diagrams show reference values for the physical properties of PTFE-compounds depending on the additive.

Please note that the stated values are only reference values. They have been determined by means of test pieces and may vary, for example, according to the PTFE-compound used and the measuring method. Should you require elements for use in the upper range or outside the limits shown, please contact our engineers for guidance.

Diagramm / diagram 1:

Zugfestigkeit in Abhängigkeit vom Füllstoff / Tensile strength as a function of the ingredient

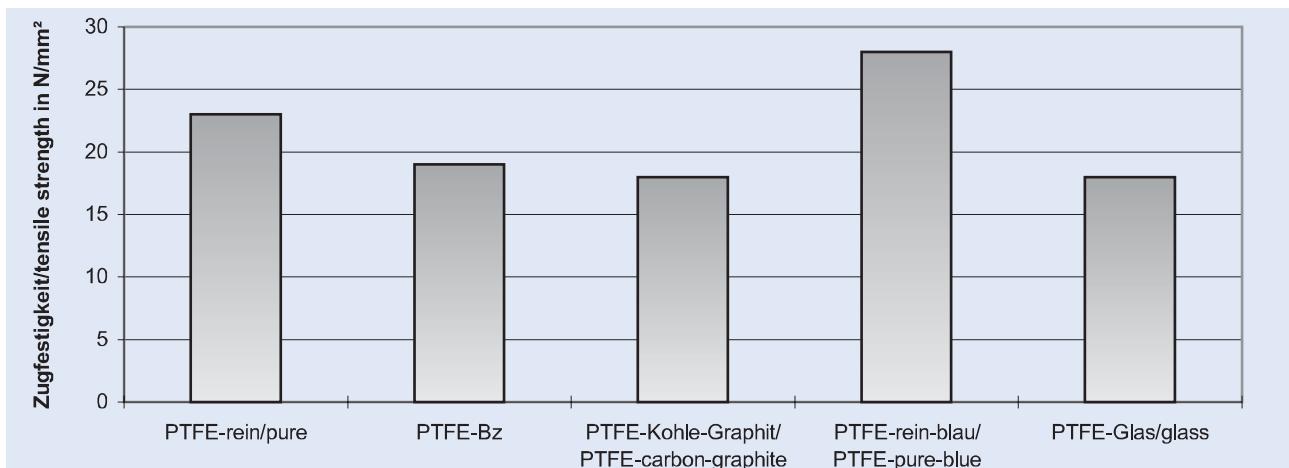
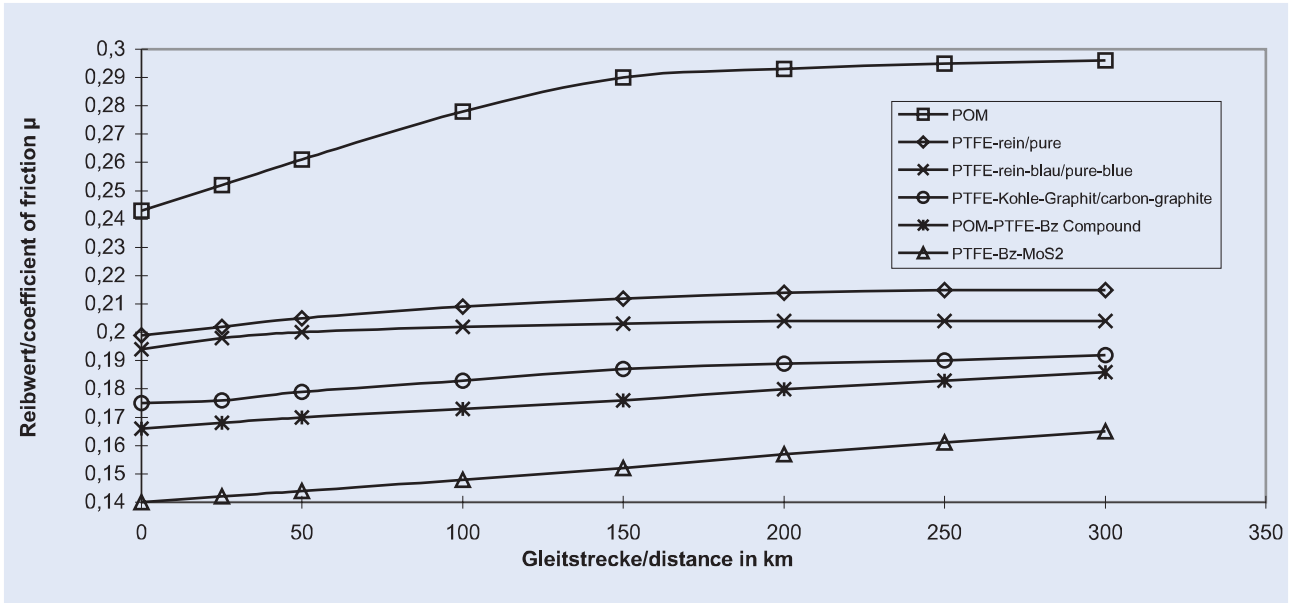


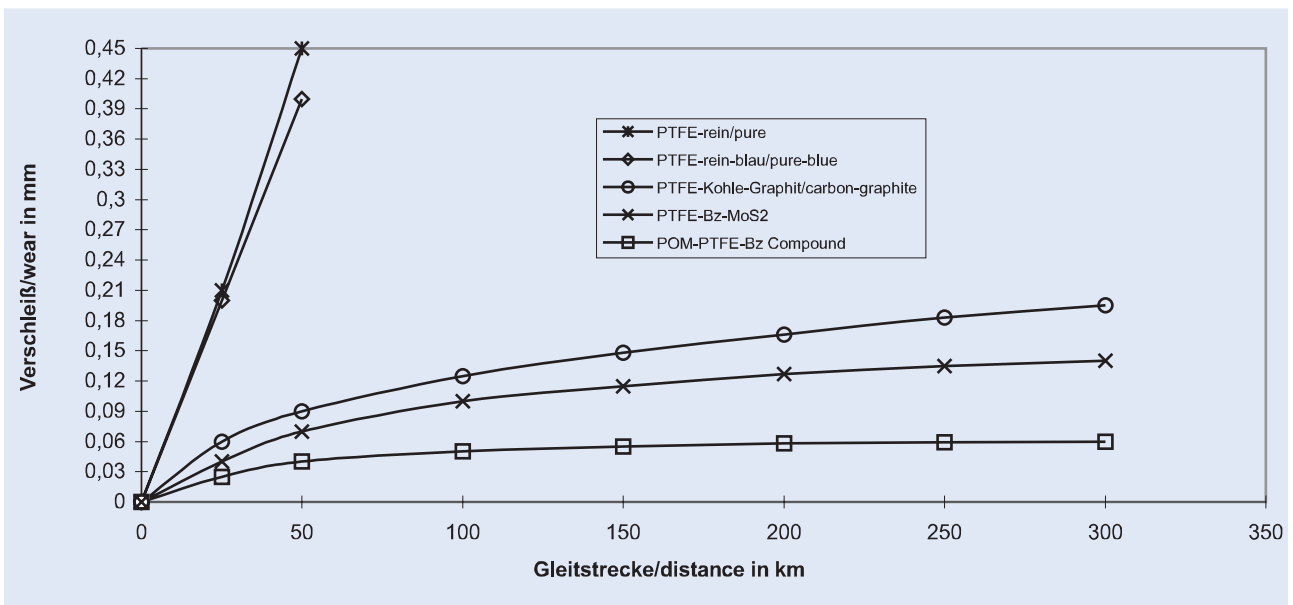
Diagramm / diagram 2:
Reibungskoeffizient in Abhängigkeit vom Füllstoff
Coefficient of friction as a function of the ingredient



Die Reibungswerte wurden durch Stift-Scheibe-Ver-
suche ermittelt.

The frictional values were determined by the pin-on-disk
method

Diagramm / diagram 3:
Verschleiß in Abhängigkeit vom Füllstoff
Wear as a function of the ingredient



Die Verschleißwerte wurden durch Stift-Scheibe-Ver-
suche ermittelt.

The wear values were determined by the pin-on-disk
method.

Ein ausschlaggebender Faktor für den Einsatz ist die Verschleiß- und Druckfestigkeit eines Dichtungs- und Führungselementes. Dies gilt insbesondere auch für Elemente aus PTFE.

Das von der Hunger DFE eingesetzte PTFE-Spezialcompound ist das Ergebnis langjähriger Entwicklung und Erfahrung. Durch die Verwendung von Bronze- und Bronzepartikeln mit irregulärer Oberfläche wird bei unserem PTFE-Bronze-Compound eine zusätzliche mechanische Verbindung mit dem PTFE Matrixwerkstoff erreicht. Dies wirkt sich positiv auf die Zugfestigkeit, die Dehnung, die Druckfestigkeit und das Abriebverhalten aus. Durch Füllstoffe wie Mineralfasern, MoS₂ und weiterer Additive wird das Eigenschaftsniveau dieses Compounds zusätzlich verbessert.

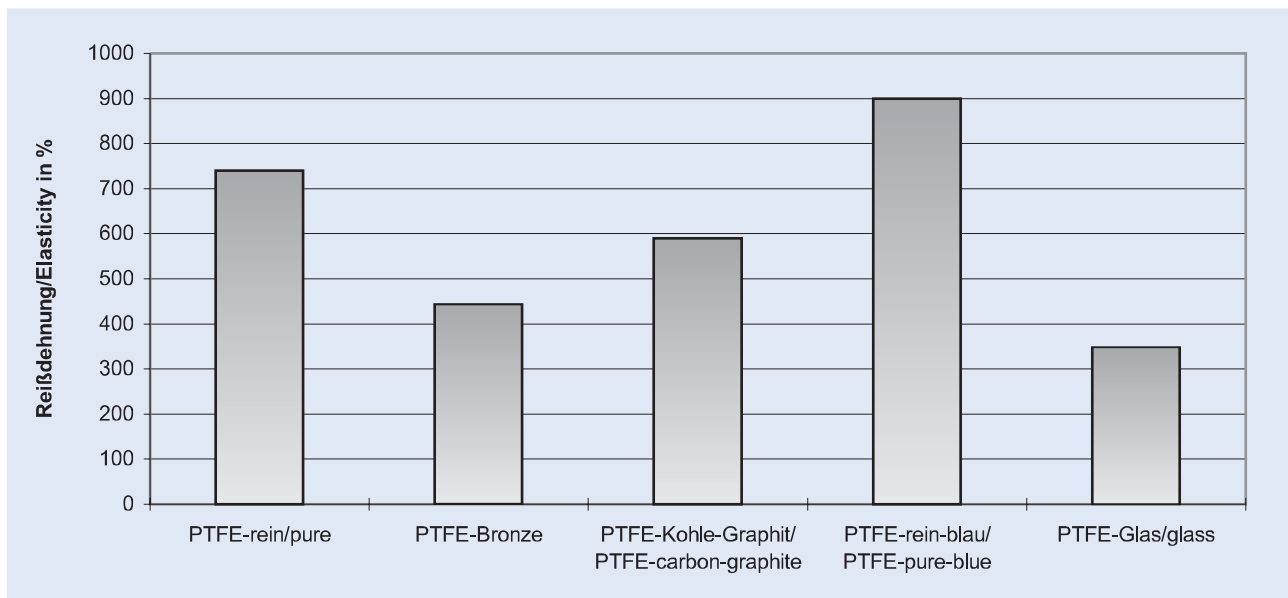
Allgemein kann gesagt werden, daß PTFE-Bronze gefüllte Compounds heute das breiteste und günstigste Anwendungsspektrum in Bezug auf die physikalischen Eigenschaften und den Teilepreis bieten.

Wear and pressure resistance are decisively important parameters for seals and bearing elements, particularly for elements made of PTFE.

The special PTFE-compound used by Hunger DFE is the result of many years of development and experience. The inclusion of bronze particles with an irregular surface produces a mechanically improved PTFE matrix material, with an influence on tensile strength, elasticity and abrasion resistance. By adding fillers like mineral fibres, MoS₂ and other additives the characteristic features of this compound are further improved.

In general it can be said that PTFE-bronze filled compounds today offer the widest and most favourable application spectrum with regard to physical properties and price.

Diagramm / diagram 4: Dehnung in Abhängigkeit vom Füllstoff Elasticity as a function of the ingredient



Die Reißdehnung wurde an Ringproben ermittelt.

The elasticity values shown were determined on test rings.

4. Physikalische Eigenschaften

4. Physical Properties

Gruppe 1: Thermoplaste

Group 1: Thermoplastics

Eigenschaft Property	Einheit unit	Norm/Toleranz norm/tolerance	PTFE-rein PTFE-pure	PTFE-Bronze PTFE-bronze	PTFE-Kohle PTFE-carbon	PTFE-Glas PTFE-glass	PTFE-Kohle 33 PTFE-carbon 33
Temperaturbereich temperature range	° C		-200 ... +260	-200 ... +260	-200 ... +260	-200 ... +260	-200 ... +260
Bruchdehnung tensile strain at break	%	DIN EN ISO 527	740	450	570	350	70
Shore Härte Shore hardness	Sh D	DIN 53505 ± 3	60	69	66	65	71
Reibungskoeffizient coefficient of friction		± 0,05	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Haupteinsatzbereich main applications			Stütz-, Gleit- und Dichtring support, slide and sealing ring	Gleitring Dichtring slide ring sealing ring	Gleitring Dichtring slide ring sealing ring	Stütz-, Gleit- und Dichtring support, slide and sealing ring	Stützring Gleitring support ring slide ring

Eigenschaft Property	Einheit unit	Norm norm	POM-PTFE- Bronze- Compound	POM	PA 6 G	PA-CF	PE-UHMW	PEEK
Temperaturbereich temperature range	° C		-60 ... +120	-60 ... +120	-40 ... +120	-35 ... +150	-200 ... +80	-50 ... +250
Druckfestigkeit compressive strength	MPa ≙ N/mm ²	DIN 53454	78	80	80	220	30	100
Reibwert gegen Stahl coefficient of friction against steel			0,2 ... 0,3	0,25 ... 0,32	0,3 ... 0,4	0,3 ... 0,4	0,3 ... 0,4	0,3 ... 0,4
Haupteinsatzbereich main applications			Führungs- ring bearing ring	Stützring Kammerring Führungsring support ring L-ring bearing ring	Stützring Kammerring Führungsring support ring L-ring bearing ring	Stützring Kammerring Stützring support ring L-ring	Stützring Kammerring Gleitring Dichtring support ring L-ring slide ring sealing ring	Stützring Kammerring Führungsring support ring L-ring bearing ring

Gruppe 2: Elastomere und thermoplastische Elastomere

Group 2: Elastomers and thermoplastic elastomers

Eigenschaft Property	Einheit unit	Norm norm	NBR	FPM	MVQ	FMVQ	EPDM	PUR	HytreI®
Temperaturbereich temperature range	° C		-30 ... +120 (-45 für TT)	-30 ... +230	-50 ... +220	-60 ... +220	-50 ... +130	-35 ... +120	-60 ... +160
Shore Härte Shore hardness	Sh A	DIN 53505 ±5	83	78	80	80	80	87	63 (D)
Druckverformungsrest compression set	%	DIN 53517A	22h/100°C 8	22h/180°C 10,5	22h/175°C 6,2	24h/175°C 19,8	22h/70°C 13	72h/23°C 25	
Reißdehnung elongation at tear	%	DIN 53504	176	200	410	210	283	560	400
Haupteinsatzbereich main applications			Dicht- und Vorspann- element sealing element energiser	Dicht- und Vorspann- element sealing element energiser	Vorspann- element energiser	Vorspann- element energiser	Vorspann- element energiser	Dicht- und Vorspann- element sealing element energiser	Stützring Kammer- ring support ring L-ring

Diese Tabellen enthalten die in unserem Hause vorrangig verarbeiteten Werkstoffe. Um Sie über deren Eigenschaften zu informieren und Ihnen Vergleichsmöglichkeiten zu geben, wurden die unter den verschiedenen Werkstoffgruppen genannten Materialien unter gleichen Bedingungen geprüft. Im Einsatzfall ergeben sich für Dichtungs- und Führungselemente weitere zu berücksichtigende Parameter. Unsere Anwendungstechnik unterstützt Sie gerne bei der Werkstoff- bzw. Dichtungsauswahl.

The above tables contain the materials mainly used by us. For comparison purposes, the properties given have been determined by testing the materials in the different groups under the same conditions. In practice, seals and bearings are often exposed to other conditions and operating parameters which may influence material selection. Our application engineers will be pleased to assist you in the selection of materials and seals to meet your requirements.