

- Polyamid 12
 1. Polyamid 12-Formmassen und ihre Eigenschaften
 2. Vergleichende Tabellen der Formmassen
- **Polyamid 12-Elastomere**
- Polyamid 612
- Handhabung und Verarbeitung von VESTAMID

VESTAMID Polyamid 12-Elastomere

Einführung	4
1 Übersicht über die PA 12-Elastomer-Formmassen, ihre Eigenschaften und Anwendungen ..	5
1.1 Nomenklatur	5
1.2 Zulassungen	5
1.3 Lieferform und Einfärbung	7
1.4 Verarbeitung von PA 12-Elastomeren	7
2 Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von PA 12-Elastomeren	8
3 Mechanische Eigenschaften	12
3.1 Härte und Festigkeiten	12
3.2 Temperaturabhängigkeit	12
3.3 Zeitstandfestigkeit	14
3.4 Druckverformungsrest	15
4 Abriebverhalten	16
5 Überspritzen und Verkleben	16
6 Bedruckbarkeit	17
7 Chemikalien- und Lösemittelbeständigkeit	20
8 Wichtige Eigenschaften von PA 12-Elastomeren	22

Einführung

Der Geschäftsbereich High Performance Polymers der Degussa AG stellt eine Reihe von Polyamid 12- (PA 12), Polyamid 612- (PA 612) und Polyamid 12-Elastomer-Formmassen (PEBA¹) her, die unter dem Markennamen VESTAMID® vertrieben werden.

Die vorliegende Broschüre beschreibt die PA 12-Elastomere. Die beiden anderen Produktfamilien werden in den gesonderten Teilen der Broschürenreihe VESTAMID „Polyamid 12“ und „Polyamid 612“ behandelt. Die Verarbeitung von VESTAMID ist in der Broschüre „Handhabung und Verarbeitung von VESTAMID“ dargestellt.

Die PA 12-Elastomere gehören als wichtigste Untergruppe der Polyamid-Elastomere zu der immer bedeutender werdenden Werkstoffklasse der thermoplastischen Elastomere (TPE). Auf Grund ihrer herausragenden Eigenschaften sind sie in vielen Anwendungen unverzichtbar.

Die PA 12-Elastomere sind Blockcopolymerer aus PA 12-Segmenten und Polyether-Segmenten. PA 12-reiche Produkte zeigen die wesentlichen Eigenschaften von PA 12, während sich mit zunehmendem Polyether-Gehalt der Elastomercharakter ausprägt: Die Polymere werden biegsamer und kälteschlagzäher.

Gegenüber konkurrierenden thermoplastischen Elastomeren zeichnen sich die PA 12-Elastomere durch folgende Eigenschaften besonders aus:

- Sie besitzen eine niedrige Dichte.
- Sie sind gut chemikalien- und lösemittelbeständig.
- Sie sind leicht zu verarbeiten und einzufärben sowie leicht zu überspritzen.
- Sie sind durch Thermodiffusionsdruck exzellent dekorierbar.
- Sie sind außerordentlich kälteschlagzäh.
- Ihre Härte und Flexibilität ist in einem weiten Bereich variierbar.
- Sie besitzen hohe Elastizität und ein gutes Rückstellverhalten.
- Ihre mechanischen Eigenschaften sind nur wenig temperaturabhängig.
- Sie sind frei von flüchtigen oder migrierenden Weichmachern.

Die angebotenen PA 12-Elastomer-Formmassen sind sowohl für Präzisions-spritzguss geeignet als auch für anspruchsvolle Extrusionsverarbeitung einsetzbar, beispielsweise zur Fertigung von Rohren und Folien. Je nach Anforderungen liefern wir sie un-stabilisiert oder wärme- und lichtstabilisiert.

Die VESTAMID-Formmassen erfüllen wie alle Hochleistungskunststoffe des Geschäftsbereichs High Performance Polymers höchste Qualitätsansprüche. Unser System zur Qualitätssicherung ist nach ISO 9001 und QS 9000 zertifiziert. Unsere Kunden haben es in vielen Audits hervorragend beurteilt.



¹) PEBA = Polyetherblockamid gemäß ISO 1043 oder DIN 7728, beide Teil 1

Übersicht

1 Übersicht über die PA 12-Elastomer-Formmassen, ihre Eigenschaften und Anwendungen

1.1 Nomenklatur

Die PA 12-Elastomere haben innerhalb der VESTAMID-Produktgruppe eigenständige Bezeichnungen, die zwischen Verkaufsprodukten und Entwicklungsprodukten unterscheiden. Bei Verkaufsprodukten sind Rezeptur und Herstellverfahren nach umfangreichen Erfahrungen endgültig festgelegt worden. Bei Entwicklungsprodukten ist die Erprobungsphase im Markt nicht abgeschlossen. Ihre Zusammensetzung und Fertigung kann noch modifiziert werden, wobei wir großen Wert auf die Kooperation mit unseren Kunden legen.

Die Bezeichnung der PA 12-Elastomer-Verkaufsprodukte beginnt mit der Marke VESTAMID gefolgt von dem Großbuchstaben E für Elastomere und einer zweistelligen Zahl, die die Shore-Härte D des Produkts angibt. Beispiel: VESTAMID E47.

Auf weitere Rezepturbestandteile und Eigenschaften wird durch Großbuchstaben und Ziffern hingewiesen, die mit Bindestrich angehängt sind:

- S1 Formmasse ist stabilisiert gegen Hitze.
- S3 Formmasse ist stabilisiert gegen Hitze und Licht (UV).
- R2 Formmasse ist dauerantistatisch ausgerüstet. Die Ziffer gibt die Zehnerpotenz des spezifischen Oberflächenwiderstandes in Ohm an (Minimalwert).

Entwicklungsprodukte sind gekennzeichnet durch den Markennamen VESTAMID und ein X oder EX gefolgt von einer vierstelligen Zahl, die keinerlei Hinweise auf die Modifizierung der Formmasse zulässt.

Beispiel: VESTAMID EX9200.

1.2 Zulassungen

S1-stabilisierte VESTAMID E-Formmassen können unter Beachtung von Migrationsgrenzwerten im Kontakt mit Lebensmitteln eingesetzt werden. Sie erfüllen die Anforderungen der Kunststoffrichtlinie 90/128/EWG. Verarbeiter von S1-stabilisierten VESTAMID E-Formmassen haben Zulassungen für Anwendungen in der Medizintechnik, beispielsweise die Herstellung von Kathetern. Weitere Hinweise zur physiologischen und toxikologischen Bewertung finden Sie in der Broschüre „VESTAMID Polyamid 12“. Spezielle Anfragen beantwortet Ihnen unser Technisches Marketing in Zusammenarbeit mit der zuständigen Abteilung Environment, Health & Safety.

Weitere Eigenschaften der VESTAMID-Elastomere sowie Werkstoffinformationen über die anderen Produkte des Geschäftsbereichs High Performance Polymers sind in der Kunststoffdatenbank Campus^{®2)} enthalten, die regelmäßig aktualisiert wird. Sie finden Campus im Internet unter www.degussa-hpp.de.



²⁾ Campus[®] ist die eingetragene Marke der CWF GmbH/Frankfurt (Main).

Übersicht

Tabelle 1: PA 12-Elastomer-Formmassen und ihre typischen Anwendungen

VESTAMID	stabilisiert gegen	Shore-Härte D ^{*)}	typische Anwendungen
E40-S3	Hitze und Licht	40	geräuschfreie Getriebe, Dichtungen, Funktionselemente an Sportschuhen, Verarbeitungshilfsmittel bei der Extrusion von thermoplastischen Polyurethanen, Folien
E47-S1 E47-S3	Hitze Hitze und Licht	47	Sportschuhsohlen, Verpackungsfolien, griffige Oberflächen, Sportbrillen, Schutzbrillen
E55-S1 E55-S3	Hitze Hitze und Licht	55	Skischuhteile, Sportschuhsohlen, Pneumatikleitungen, Rollen, technische Folien
E62-S3	Hitze Hitze und Licht	62	Skistiefel, geräuschlose Getriebe, Förderbänder
EX9200	Hitze und Licht	68	Dekorations- und Schutzfolien für Sportartikel und für Innen-/Außen-dekoration von Autos
E50-R2	Hitze (durch Leitfähigkeitsruß auch gegen Licht)	50	Dauerantistatische Artikel ($R_{OE} = 10^2 - 10^5 \Omega$), z.B. Transportbänder, Gehäuse, Farbspritzschläuche

^{*)} nach ISO 868

Tabelle 2: Wichtige Eigenschaften von PA 12-Elastomeren verschiedener Härte verglichen mit PA 12

Eigenschaften	Test-methode	Einheit	VESTAMID E mit Shore-Härte D (ISO 868)					PA 12	
			30 ^{*)}	40	47	55	62	68 ^{*)}	72
Dichte bei 23 °C	ISO 1183	g/cm ³	1,01	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01
Zug-Modul	ISO 527 -1/-2	MPa	45	85	115	240	360	500	1500
IZOD-Kerbschlag-zähigkeit bei -30 °C	ISO 180/1A	kJ/mm ²	N	N	N	N	N	N	N
Vicat-Erweichungs-temperatur Verfahren A/10 N	ISO 306	°C	90	125	140	160	165	170	174

N = Nicht-Bruch; ^{*)} nicht kommerziell verfügbar

1.3 Lieferform und Einfärbung

VESTAMID E-Formmassen werden als trockenes, verarbeitungsfertiges Granulat in feuchtigkeitsdichten Säcken mit 25 kg Füllung geliefert. Nach beidseitiger Über-einkunft liefern wir VESTAMID E auch in Oktabins mit 1000 kg Fassungsvermögen. Aus einem gerade geöffneten Gebinde können die Formmassen ohne weitere Vortrocknung sofort verarbeitet werden. Die Lagerungsdauer von ungeöffneten Gebinden ist bei üblichen Lagerbedingungen nahezu unbegrenzt, wenn die Verpackung nicht beschädigt ist.

Wie alle teilkristallinen Polyamide ist auch VESTAMID farblos in der Schmelze und weißlich-opak im festen Zustand (naturfarben). Das gleiche gilt für die PA 12-Elastomere. Folien bis einige hundert Mikrometer Dicke sind allerdings noch so transparent, dass sie beispielsweise für rückseitig bedruckte Dekorfolien zum Einsatz kommen.

Die meisten Formmassen werden entweder naturfarben oder schwarz geliefert. Andere zeigen eine durch die verwendeten Additive hervorgerufene spezifische Farbe. Bei entsprechenden Auftragsgrößen sind speziell eingefärbte Formmassen lieferbar. Blei und Cadmium enthaltende Farbstoffe werden grundsätzlich nicht eingesetzt.

VESTAMID E-Formmassen können auch während der Verarbeitung eingefärbt werden. Hier sollten bevorzugt Masterbatches auf Basis PA 12 verwendet werden. Die Trockeneinfärbung mit feingepulverten Farbstoffen ist ebenfalls möglich, aber unbequem; eine pneumatische Förderung des Granulats ist dann ausgeschlossen. Die Verwendung von Farbpasten auf "neutraler" Basis (z. B. Polyethylen) kann zu Unverträglichkeiten mit der VESTAMID E-Formmasse und schließlich zu Fehlstellen und Inhomogenitäten führen. Daher sollte die Verträglichkeit der Farbpaste unbedingt vorab geprüft werden.

1.4 Verarbeitung von PA 12-Elastomeren³⁾

VESTAMID E-Formmassen können auf allen für Polyamide geeigneten Spritzgieß- und Extrusionsmaschinen verarbeitet werden. Bei sachgemäßer Verarbeitung entstehen keine gesundheitsgefährdenden Nebenprodukte. Wie bei der Verarbeitung von Thermoplasten allgemein üblich sollte auf eine ausreichende Belüftung der Fertigungshalle geachtet werden.

Bei der Verarbeitung von VESTAMID E-Formmassen muss der Feuchtigkeitsgehalt

Tabelle 3: Empfehlungen für Verarbeitungs- und Formtemperaturen

VESTAMID	Schmelzetemperatur [°C]	Formtemperatur [°C]
E40-S3	170 - 210	20 – 40
E47-S1, S3	180 - 220	
E55-S1, S3	190 - 230	
E62-S3		
E50-R2		
EX9200	200 - 240	

unter 0,1 Gewichtsprozent liegen. Die Trocknung des Granulats ist nur dann erforderlich, wenn die Verpackung beschädigt ist oder für eine längere Zeit (mehr als zwei Stunden) geöffnet war. In diesen Fällen sollten die Formmassen vier bis zwölf Stunden bei 80 bis 100 °C, vorzugsweise in einem Trockenlufttrockner, getrocknet werden. Die Säcke sollten vor der Verarbeitung etwa einen Tag bei Umgebungstemperatur der Maschine lagern, um Kondensation von Feuchtigkeit auf dem Granulat zu vermeiden.

VESTAMID E ist wie die meisten Polymere nur mit sehr wenigen anderen Kunststoffen mischbar. Deshalb sind alle Maschinen vor der Verarbeitung grundsätzlich zu reinigen. Für die Reinigung wird HDPE oder PP empfohlen. Besonders geeignet ist Talkum-gefülltes PP.

³⁾ Ausführliche Hinweise zur Verarbeitung finden Sie in der Broschüre „Handhabung und Verarbeitung von VESTAMID“

2 Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von PA 12-Elastomeren

Bei der Herstellung von PA 12-Elastomeren wird Laurinlactam, das Monomer von PA 12, in Gegenwart eines Polyetherdiols und einer Dicarbonsäure als Regler polykondensiert. Dabei entsteht ein Multiblockcopolymer aus Polyether- und PA 12-Blöcken:



Die Polyether-Sequenzen bezeichnet man wegen ihrer sehr niedrigen Glasübergangstemperatur gerne als Weichblöcke und die kristallisationsfähigen PA 12-Sequenzen als Hartblöcke. Die beiden Blöcke sind eigentlich völlig unverträglich. Die chemische Verknü-

pfung der Blöcke durch die Esterbindung verhindert jedoch eine Entmischung.

Die Blockzusammensetzung und die Blocklängen können in weiten Grenzen variiert werden, so dass sehr unterschiedliche Produkte entstehen.

Abbildung 1 zeigt Spannungs-Dehnungs-Diagramme aus Zugversuchen an PA 12-Elastomeren verschiedener Zusammensetzung. PA 12-reiche Elastomere zeigen das typische Verhalten eines teilkristallinen Thermoplasten mit ausgeprägter Streckgrenze. Mit steigendem Polyether-Gehalt findet ein Übergang zu rein-elastomerem Verhalten statt.

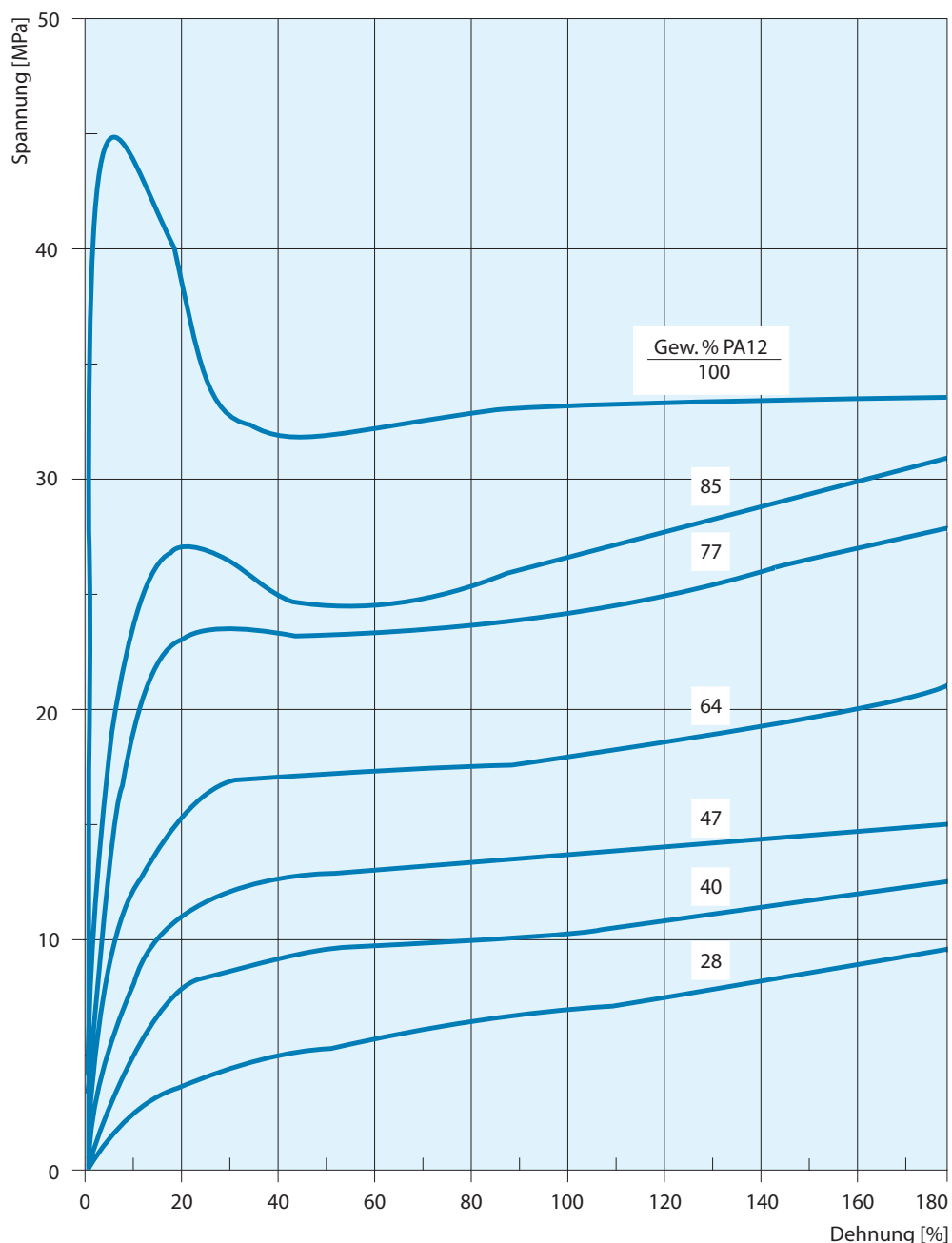


Abbildung 1: Spannungs-Dehnungs-Diagramme aus Zugversuchen nach ISO 527 an PA 12-Elastomeren mit Polytetrahydrofuran-Weichblöcken

Eine detaillierte Untersuchung der Phasenmorphologie zeigt, dass bei allen Zusammensetzungen die Matrix der PA 12-Elastomere aus einer hartblockreichen Mischphase aus PA 12 und Polyetherblöcken besteht. Bei PA 12-reichen Produkten kristallisieren die Hartblöcke wie in reinem PA 12 in Form von Lamellen mit einer sphärolithischen Überstruktur und bilden eine zweite kontinuierliche Phase (Abbildung 2). Diese kristalline Überstruktur geht bei den Produkten mit

geringeren PA 12-Anteilen verloren. Es gibt dann nur noch Ansätze von Sphärolithen oder Einzellamellen (Abbildung 3).

Die kristallinen Überstrukturen machen den besonderen Unterschied zu anderen teilkristallinen thermoplastischen Elastomeren aus und sind verantwortlich für einige herausragende mechanische Eigenschaften – unter anderem geringe Temperaturabhängigkeit, hohe Elastizität und gutes Rückstellverhalten.

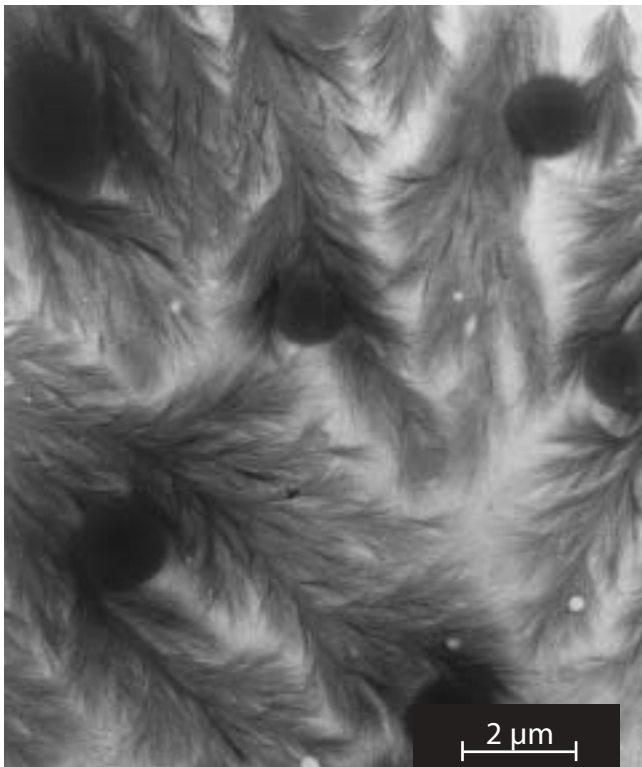


Abbildung 2: Aufnahme eines PA 12-reichen Elastomers mit dem Transmissions-Elektronenmikroskop



Abbildung 3: Aufnahme eines Polytetrahydrofuran-reichen PA 12-Elastomers mit dem Transmissions-Elektronenmikroskop

Struktur

Die Morphologie der PA 12-Elastomere wird demnach durch drei wesentliche Phasen charakterisiert: Eine kristalline Phase von lamellar kristallisiertem PA 12, deren Schmelzübergangstemperatur gegenüber reinem PA 12 zu tieferen Temperaturen verschoben ist (Abbildung 4). Zwischen den Lamellen aus kristallisiertem PA 12-Blöcken befindet sich die amorphe Mischphase aus Hart- und Weichblöcken, deren Glasübergangstemperatur stark von der Blockzusammensetzung abhängt (Abbildung 5).

Als dritte Phase kann mit mechanisch-dynamischen Messungen eine dispers vorliegende amorphe weichblockreiche Phase mit niedriger Glasübergangstemperatur nachgewiesen werden. Sie entsteht offensichtlich durch Entmischung weichblockreicher Block-Copolymer-Moleküle und wirkt wie ein als Schlagzäh-Modifizierer zugesetzter Kautschuk⁴⁾. Freie Polyetherblöcke sind nicht nachweisbar.

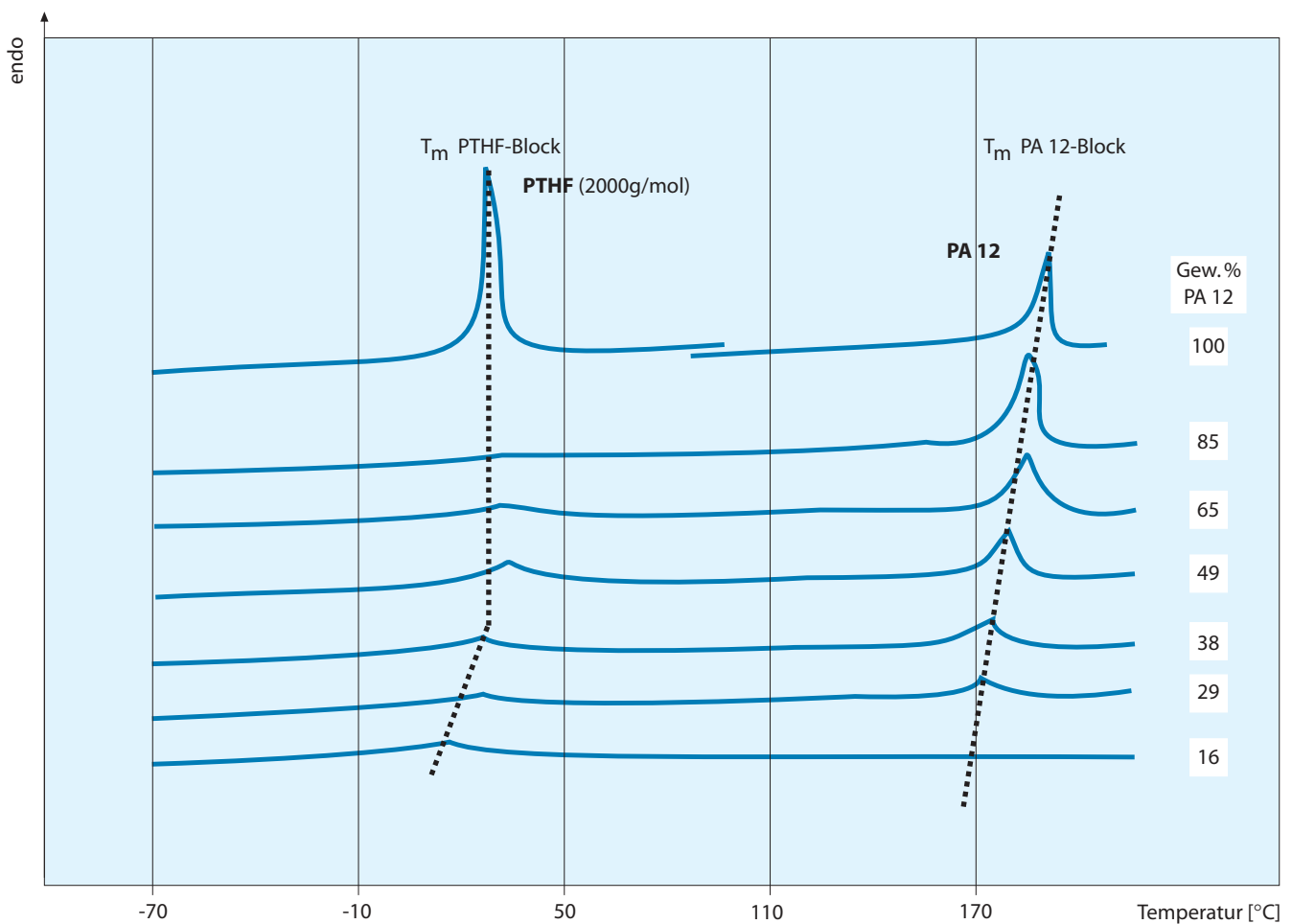


Abbildung 4: Aufschmelzdiagramme (DSC) von PA 12-Elastomeren mit Polytetrahydrofuran-Weichblöcken (PTHF); T_m = Schmelztemperatur

⁴⁾ In PEBA mit sehr langen Polytetrahydrofuran-Blöcken kann in dieser dispersen weichblockreichen Phase als 4. Phase kristallisiertes Polytetrahydrofuran nachgewiesen werden. Anwendungstechnisch ist diese Phase jedoch ohne Bedeutung.

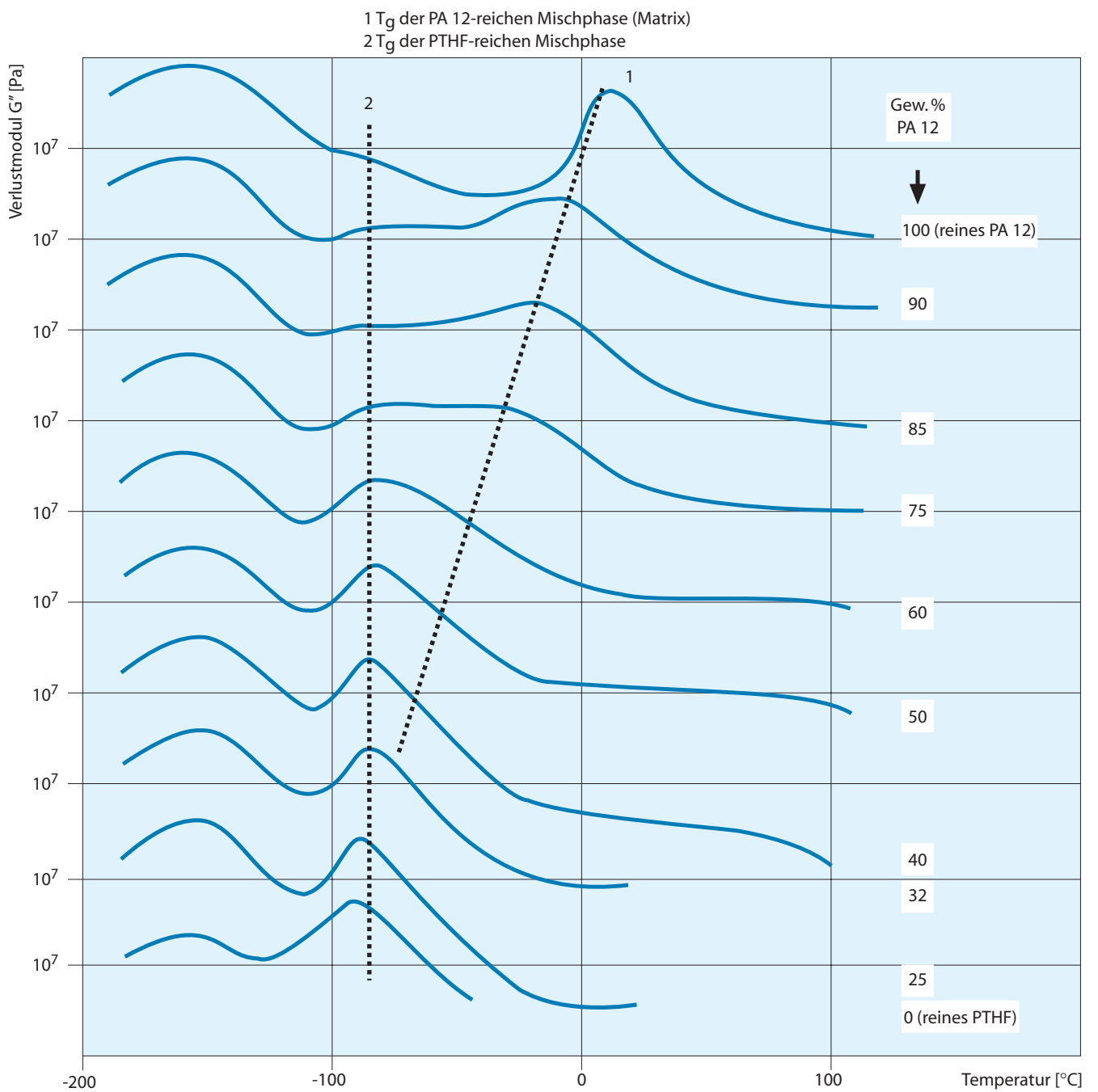


Abbildung 5: Verlustmodulkurven aus Torsionsschwingungsanalysen von PA 12-Elastomeren mit Polytetrahydrofuran-Weichblöcken (PTHF); T_g = Glasübergangstemperatur

3 Mechanische Eigenschaften

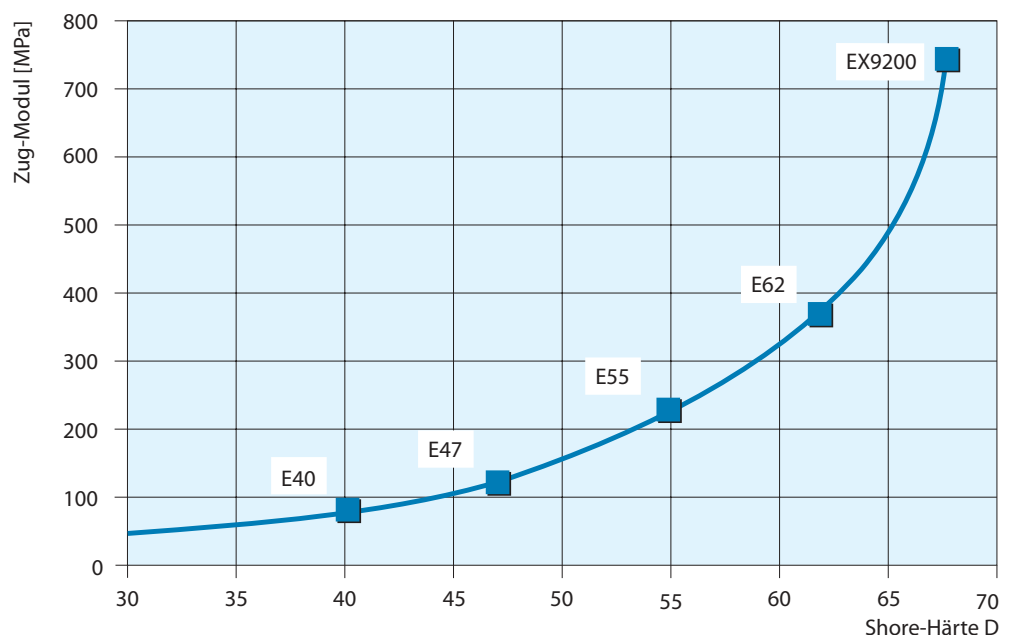
PA 12 hat unter den Polyamiden die geringste Wasseraufnahme und zeichnet sich deshalb durch besonders gute Dimensionsstabilität und geringen Einfluss von Feuchtigkeit auf die mechanischen Eigenschaften aus. Diese Vorteile werden auf die PA 12-Elastomere übertragen. Daher unterscheiden sich mechanische Daten von spritzfrischen und konditionierten Produkten kaum.

3.1 Härte und Festigkeiten

Bei Kautschuken ist es üblich, die Produkte nach ihrer Shore-Härte zu klassifizieren. Zum direkten Vergleich hat man auch die thermoplastischen Elastomere entsprechend eingeteilt. Für die härteren Typen wird die Shore-Härte D verwendet, für die weicheren die Shore-Härte A. Grundsätzlich lässt sich mit Polyamid-Elastomeren durch Variation der Blockzusammensetzung der Bereich von harten Thermoplasten mit Shore-Härte D 72 bis zu weichen Kautschuken mit Shore-Härte A 70 abdecken. Kein anderes thermoplastisches Elastomer umfasst einen solch großen Bereich. Der Geschäftsbereich High Performance Polymers verkauft derzeit VESTAMID E-Produkte von Shore-Härte D 68 bis D 40.

Für den Konstrukteur mit Kunststoffen sind Modul-Werte aussagekräftiger. Abbildung 6 zeigt die Zug-Moduli der VESTAMID E-Verkaufsprodukte aufgetragen über der Shore-Härte D.

Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Zug-Modul und Shore-Härte von VESTAMID-Elastomeren



3.2 Temperaturabhängigkeit

In zahlreichen Anwendungen für PA 12-Elastomere ist die relativ geringe Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften von ausschlaggebender Bedeutung. Die Abbildungen 7 bis 9 demonstrieren dies an den Parametern Shore-Härte, Speichermodul G' sowie Verlustfaktor $\tan \delta$.



Abbildung 7: Temperaturabhängigkeit der Shore-Härte am Beispiel von VESTAMID E40 und VESTAMID E55

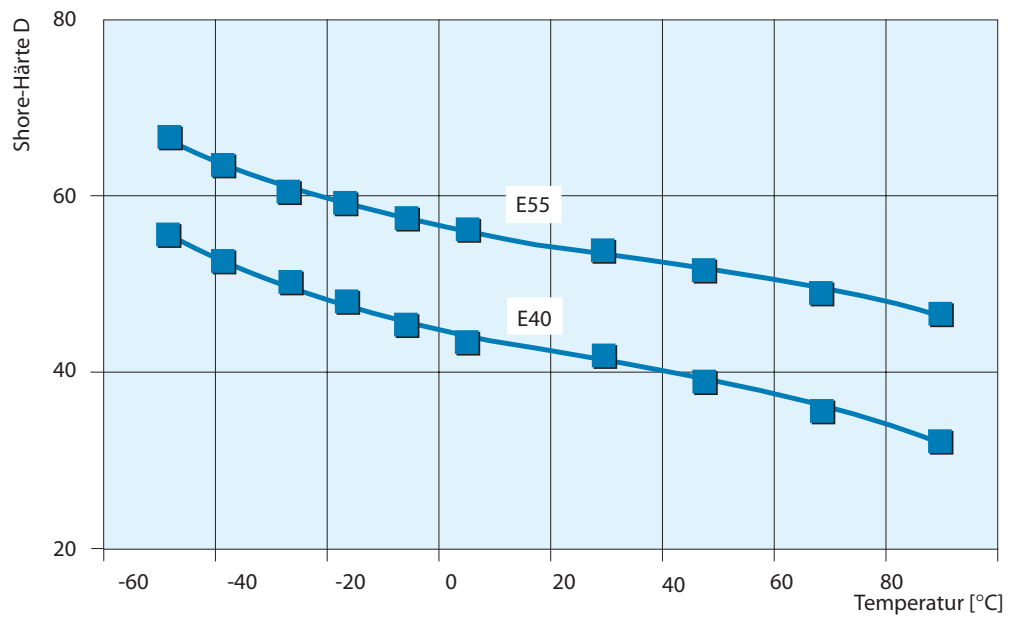


Abbildung 8: Temperaturabhängigkeit des Speichermoduls von VESTAMID-Elastomeren, ermittelt mit Torsionsschwingungsanalysen nach ISO 6721-2

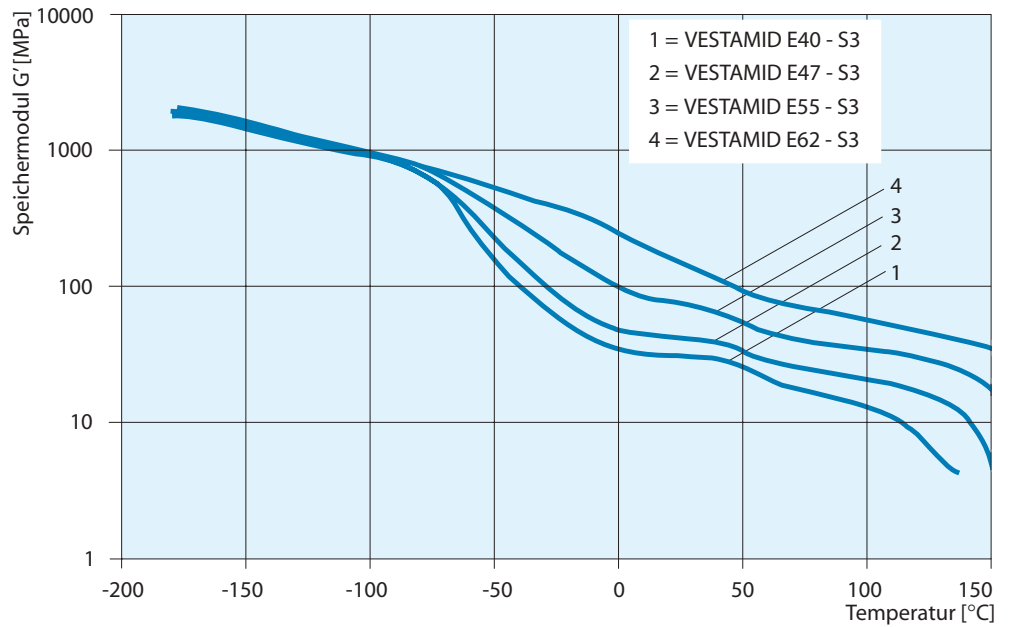
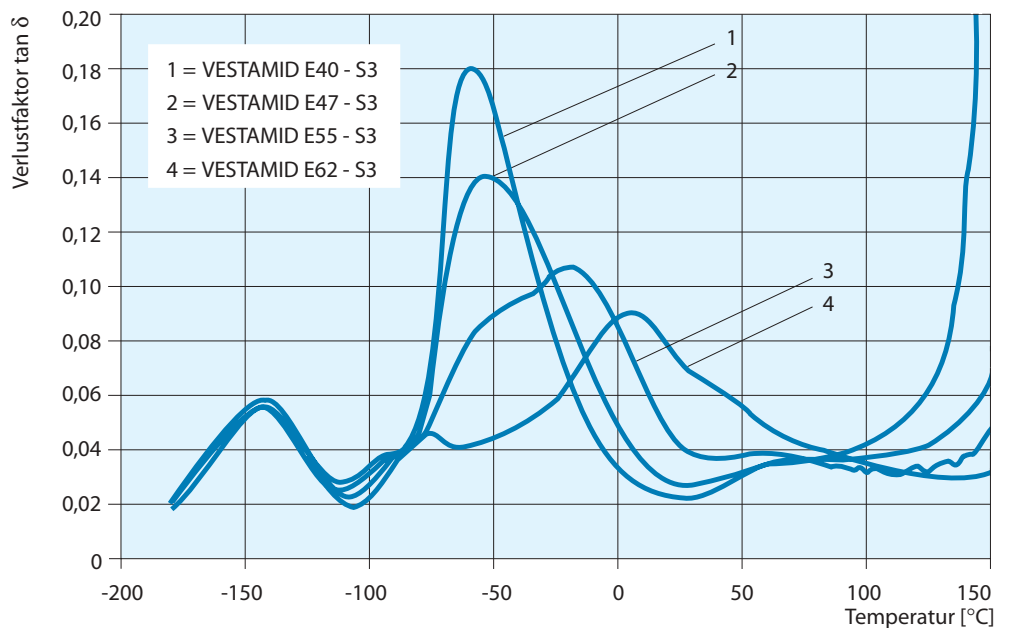


Abbildung 9: Temperaturabhängigkeit des Verlustfaktors $\tan \delta$ von VESTAMID-Elastomeren, ermittelt mit Torsionsschwingungsanalysen nach ISO 6721-2



Eigenschaften

3.3 Zeitstandfestigkeit

Im Zeitstand-Zugversuch nach ISO 899 lässt sich das Dehn- und Festigkeitsverhalten unter ruhender Zugbeanspruchung ermitteln. Die Abbildungen 10 bis 12 und 13 bis 15 zeigen die Zeit-Dehnlagen bei verschiedenen Zugspannungen und Temperaturen von VESTAMID E47 und E40. Die an den Kurven ablesbaren Kriechdehnungen sind die Summe der elastischen, viskoelastischen und bleibenden Verformungen einer unter Spannung stehenden Probe. Bei einer Entlastung stellt sich die elastische Verformung praktisch sofort und die viskoelastische abhängig von

der Zeit mehr oder weniger vollständig zurück. Annähernd lineare Zeitstandfestigkeitskurven für mittlere Spannungen und Dehnungen können meistens ohne Risiko bis auf die zehnfache Prüfdauer geradlinig extrapoliert werden, wenn die Formmassen bei der Prüftemperatur und den Umgebungsbedingungen genügend beständig sind.

VESTAMID E47-S3 Zeit-Dehnlagen nach ISO 899-1

Abbildung 10: Prüfbedingungen 23 °C/
50 % r. F.

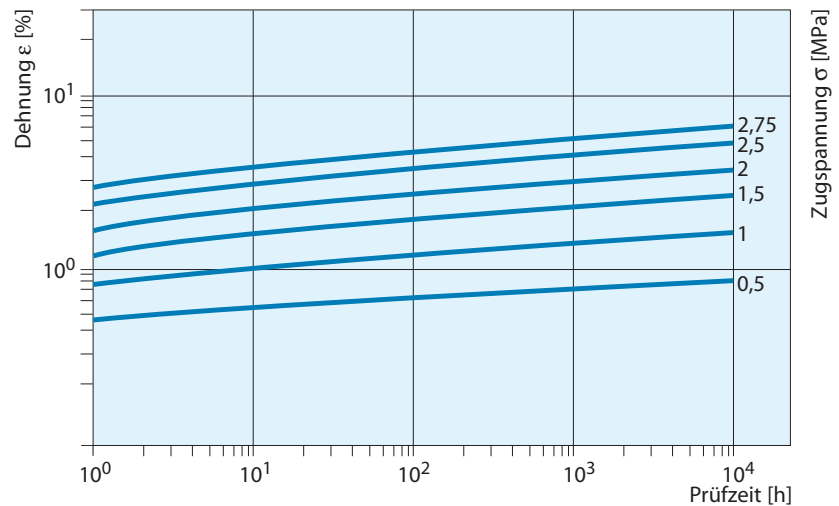
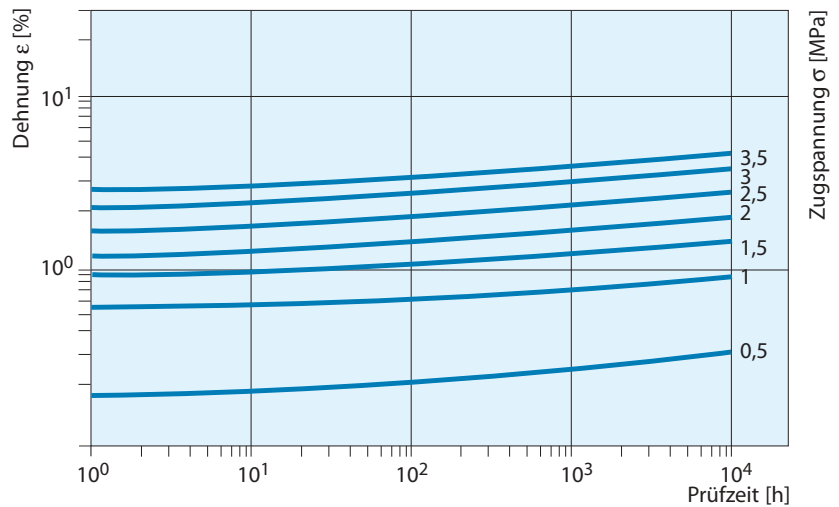


Abbildung 11: Prüfbedingung 60 °C

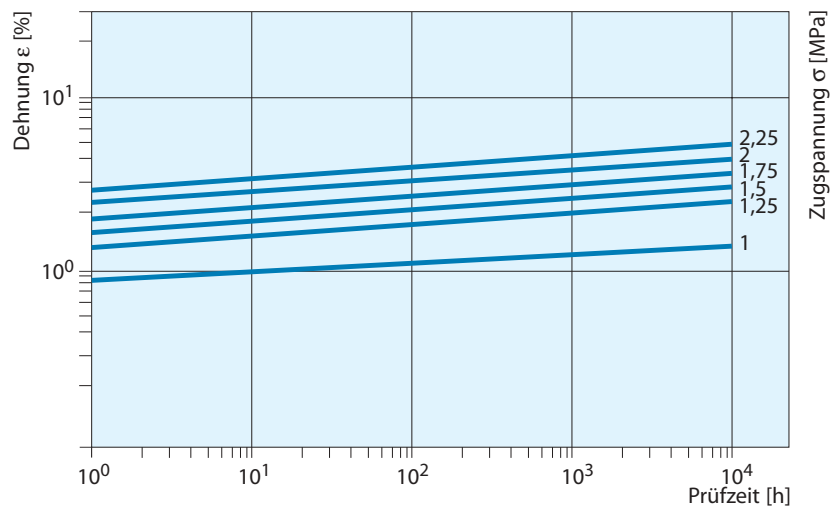


Abbildung 12: Prüfbedingung 80 °C

VESTAMID E40-S3
Zeit-Dehnlagen nach ISO 899-1

Abbildung 13: Prüfbedingungen 23 °C/
50 % r. F.

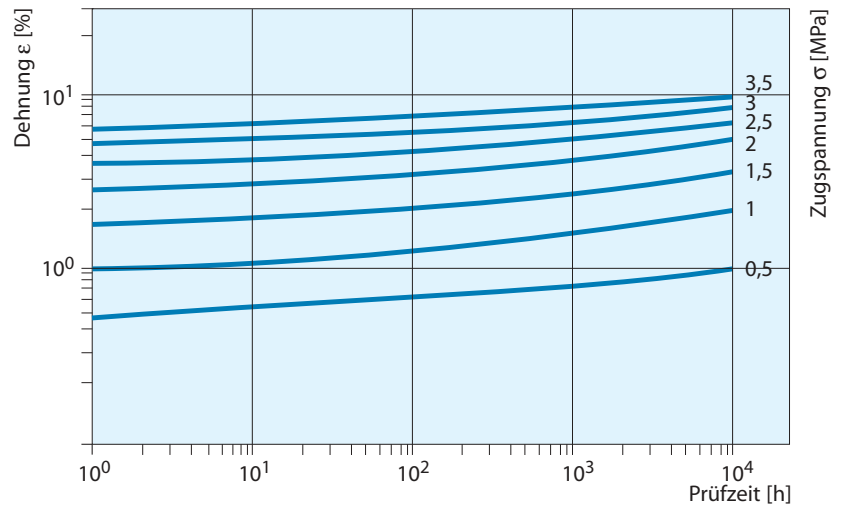


Abbildung 14: Prüfbedingung 60 °C

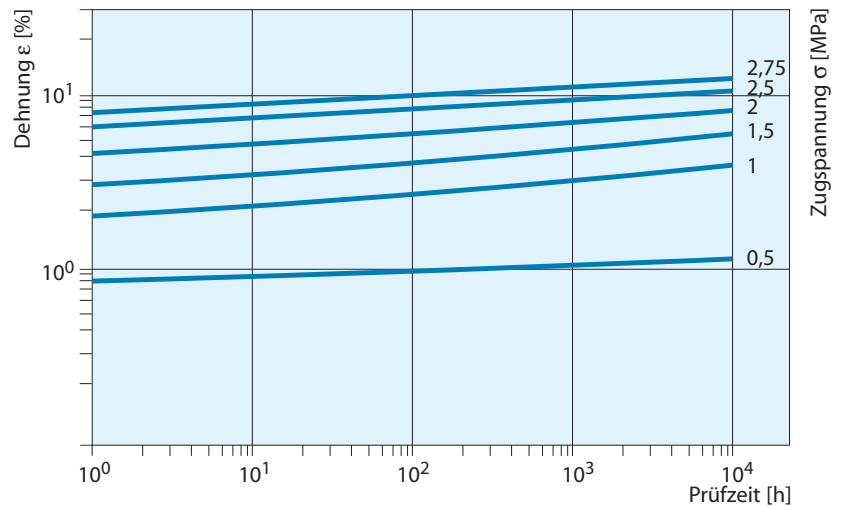
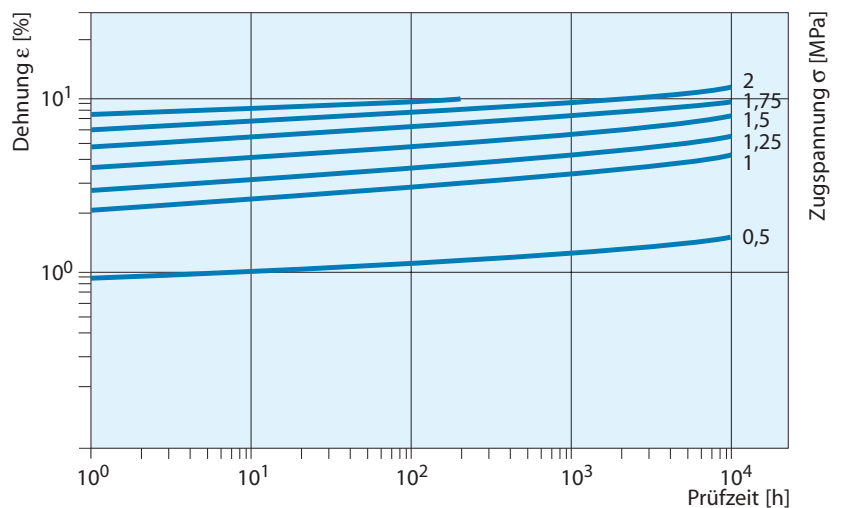


Abbildung 15: Prüfbedingung 80 °C



3.4 Druckverformungsrest

PA 12-Elastomere zeichnen sich unter den thermoplastischen Elastomeren durch eine hohe Rückstellfähigkeit nach Verformung aus. Für den Druckverformungsrest nach ISO 815 wurden beispielsweise folgende Daten ermittelt:

VESTAMID	23 °C	70 °C	100 °C
E40-S3	32 %	47 %	84 %
E62-S3	34 %	48 %	85 %

Tabelle 4: Druckverformungsrest von VESTAMID-Elastomeren nach ISO 815

4 Abriebverhalten

Die VESTAMID-Elastomere weisen auch bei sehr abrasiven Reibpartnern ein günstiges Abriebverhalten auf. Diese Eigenschaft wird bei vielen Anwendungen mit rauen Einsatzbedingungen wie etwa bei Sportartikeln geschätzt. Die hohe Elastizität der VESTAMID-Elastomere sorgt darüber hinaus dafür, dass sich Oberflächendeformationen, die nicht zu einer tieferen Schädigung geführt haben, wieder zurückstellen. Man spricht dann von einem Selbstheilungseffekt.

VESTAMID	Shore-Härte D	Prüfverfahren nach DIN 53754 mg/100 Umdrehungen	Prüfverfahren nach DIN 53516 mm/40 m Reibweg
E40-S3	40	20	105
E47-S3	47	-	63
E55-S3	55	8 – 9	50
E62-S3	62	9 – 10	47

Tabelle 5: Abriebverhalten von PA 12-Elastomeren

5 Überspritzen und Verkleben

Alle VESTAMID-Elastomere sind miteinander und mit VESTAMID L (PA 12) verschweisbar. Das gilt insbesondere für das Überspritzen verschieden harter oder verschieden eingefärbter Formmassen. Diese Eigenschaft wird besonders häufig bei der Herstellung von mehrkomponentigen und mehrfarbigen Teilen von Sportartikeln wie Spezialsport-schuhsolen oder Skistiefeln genutzt.

Für das Überspritzen empfiehlt sich eine höhere Massetemperatur von bis zu 300 °C, eine hohe Einspritzgeschwindigkeit und hoher Nachdruck. Noch bessere Verbundhaftung lässt sich erzielen, wenn man die Formtemperatur auf bis zu 100 °C anhebt. Dagegen kann für transparentere Überspritzungen eine niedrigere Verarbeitungstemperatur hilfreich sein.



VESTAMID-Elastomere lassen sich auch mit vielen anderen Polymeren durch Überspritzen verbinden. Bei Haftungstests wurden die in Tabelle 6 aufgeführten Resultate erzielt. Für Verklebungen eignen sich Spezial-Polyamid-Klebstoffe.

Tabelle 6: Verbundhaftung beim Überspritzen von VESTAMID E mit verschiedenen Polymeren

Polymer	PP	PE	PA 6	PA 66-GF30	PA 12	PA 12-PEBA	PBT	POM	PET/PBT	TPU	PS
Haftung	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+/-

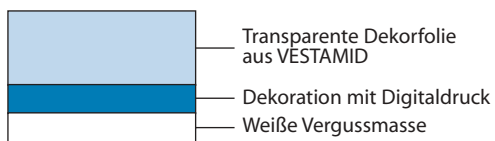
Dekor

6 Bedruckbarkeit

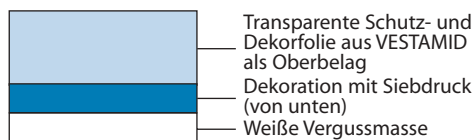
In den vergangenen Jahren hat die Dekoration von Spritzgussteilen und von Folien für die Oberflächenveredlung von hochwertigen Gebrauchsartikeln erheblich an Bedeutung gewonnen. VESTAMID-Elastomere sind hervorragend mit Thermodiffusions-Druckverfahren zu dekorieren. Insbesondere

lassen sich durch Sublimationsbedruckung und modernste Digitaldruckverfahren brillante Dekorfolien herstellen, die als sehr attraktive Schutzfolien unter anderem Einzug in den Sportartikelbereich und Automobilbau gefunden haben.

Aufbau einer Dekorfolie für Tennisschläger



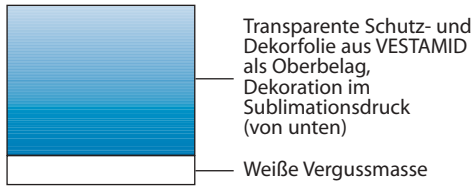
Fertigung eines Snowboards mit siebgedruckter VESTAMID-Dekorfolie



aufgebracht in der Form während des Ausschäumens des Snowboards



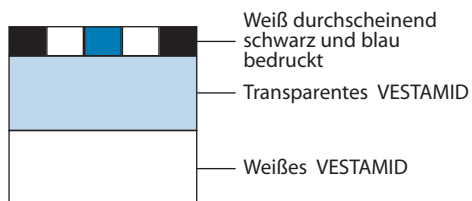
Aufbau eines Skis mit rückseitig sublimierter Dekorationsfolie aus VESTAMID



laminiert auf Ski-Korpus aus Epoxyharz oder Polyurethanschaum



Fußballschuhsohle mit coextrudierter VESTAMID-Dekorfolie, von oben sublimationsbedruckt



Folien von einigen zehntel Millimeter Dicke aus VESTAMID EX9200 sind hinreichend transparent und werden häufig auf der Unterseite sublimationsbedruckt, wobei die Farben bis zu 200 Mikrometer in die Folie eindringen. Die Folie selbst wirkt dann als Schutzschicht und die Druckmotive sind beinahe unverwundlich. Häufig werden die Dekorfolien mehrschichtig - auch aus verschiedenen VESTAMID-Formmassen - in Coextrusion her-

gestellt, um ein Optimum zwischen Oberflächenschutz, Dekoreffekt und Verklebbarkeit mit Substraten einzustellen. In Tabelle 7 sind einige Beispiele für den Aufbau und die Verwendung von Dekorationsfolien dargestellt.

	Folientyp	Monofolie	Coexfolie	Coexfolie	Coexfolie	Coexfolie
	Beschreibung	von unten bedruckt und weiß versiegelt	oben transparent unten weiß von oben bedruckt	transparent auf transparent von oben und unten bedruckt	transparent auf transparent von unten bedruckt	oben transparent unten weiß von oben bedruckt
	Charakterisierung Ziel	hochwertige Dekorfolien für Kaschierung und Überspritzen	optisch dichte Dekorfolien zum Hinterspritzen und Kaschieren	3 D- Dekorations- effekte	besonders kratzfeste und brillante Dekorfolien	besonders kratzfeste Dekoration von Formteilen
Folienaufbau	Transparente Schutzschicht	–	–	–	–	VESTAMID X7376 ²⁾ überspritzt
	Dekoration von oben	–	Sublimationsdruck	Sublimationsdruck	–	Sublimationsdruck
	Oberschicht	VESTAMID EX9200 ¹⁾	VESTAMID EX9200 ¹⁾	VESTAMID EX9200 ¹⁾	VESTAMID X7376 ²⁾	VESTAMID X7376 ²⁾
	Unterschicht (wenn vorhanden)	–	VESTAMID EX9200 (weiß)	VESTAMID EX9200	VESTAMID EX9200	VESTAMID EX9200 (weiß)
	Dekoration von unten	Sieb- oder Sublimationsdruck	–	Sublimationsdruck	Sieb- oder Sublimationsdruck	–
	Vergussmasse	Weißer Lack	entfällt	Weißer Lack	Weißer Lack ³⁾	entfällt
Anwendungen	Ski und Snowboard, Haushaltsgeräte	Ski und Snowboard, Formteile	Ski und Snowboard, Formteile	Ski, Snowboard, Formteile, Automobil außen, Haushaltsgeräte	Sportschuhsohlen	
Herstellung	Kalander Chill Roll	Coexfolien nur Chill Roll	Coexfolien nur Chill Roll	Coexfolien nur Chill Roll	Coexfolien nur Chill Roll	

¹⁾ VESTAMID EX9200: elastisch mit „Selbsteheilungseffekt“

²⁾ VESTAMID X7376 (modifiziertes PA 12): noch bessere Transparenz, höhere Kratzfestigkeit, höhere Submilationstemperatur (= kürzere Zykluszeiten)

³⁾ Weiße Vergussmasse nur bei Sublimationsbedruckung

Tabelle 7: Dekorkonstruktionen mit VESTAMID-Formmassen

Beständigkeit

7 Chemikalien- und Lösemittelbeständigkeit

Die Wechselwirkungen zwischen Chemikalien und Polymeren können sehr unterschiedlich sein. Man unterscheidet hauptsächlich zwischen folgenden Auswirkungen:

- Die Chemikalie wird bis zu einem bestimmten Grad vom Polymer aufgenommen, wodurch es zu einer mehr oder weniger starken Quellung kommt.

- Häufig wirkt die Chemikalie erst bei höheren Temperaturen als Lösemittel. Bei niedrigeren Temperaturen ist sie nur ein starkes Quellungsmittel.

- Die Chemikalie bewirkt den Abbau des Polymers, die Geschwindigkeit ist meist stark temperaturabhängig.

Prüfmittel	Prüf-temperatur [°C]	Prüf-dauer [h]	VESTAMID E62-S3		
			Massen-änderung ¹⁾ [%]	Zug-modul ²⁾ [MPa]	Kerbschlag-zähigkeit ³⁾ [kJ/m ²]
Vergleichsprobe	23	–	–	353	n. g.
Schwefelsäure (0,5 mol/l)	23	1200	1,0	388	n. g.
	60	300	1,1	330	5,3
Salzsäure (1 mol/l)	23	1200	2,8	383	n. g.
	60	300	1,4	289	2,0
Salpetersäure (1 mol/l)	23	1200	2,4	323	0,4
	60	300	zerfallen nach 170 h	–	–
Akkusäure (30 %)	23	1200	1,2	336	n. g.
	60	300	4,2	259	0,4
Ameisensäure (85 %)	23	1200	83,5	60	n. g.
	60	300	zerfallen nach 24 h	–	–
Essigsäure (2 mol/l)	23	1200	2,9	356	n. g.
	60	300	4,2	334	n. g.
Natronlauge (1 mol/l)	23	1200	1,1	367	n. g.
	60	300	1,0	363	n. g.
Chlorwasser (16 %)	23	1200	0,7	372	n. g.
Ammoniakwasser (25 %)	23	1200	1,1	364	n. g.
Hexan	23	1200	2,9	387	n. g.
	60	300	4,6	311	n. g.
Toluol und Benzol	23	1200	13,7	323	n. g.
	60	300	17,3	273	n. g.
Superkraftstoff (ARAL®)	23	1200	8,4	226	n. g.
	60	300	15,4	216	n. g.
ASTM fuel B	23	1200	5,6	363	n. g.
	60	300	7,5	271	n. g.
ASTM fuel B + Ethanol (80 : 20 Vol. %)	23	1200	14,5	252	n. g.
	60	300	17,6	240	n. g.
Methanol	23	1200	10,2	265	n. g.
	60	300	14,3	198	n. g.
Isoamylalkohol	23	1200	8,0	283	n. g.
	60	300	18,5	167	n. g.
Methylethylketon	23	1200	7,9	326	n. g.
	60	300	9,8	297	n. g.
Trichlorethylen	23	1200	35,1	301	n. g.
	60	300	36,8	243	n. g.
Butylacetat	23	1200	8,0	325	n. g.
	60	300	9,0	294	n. g.
ASTM ÖL Nr. 1	23	1200	0,1	398	n. g.
	60	300	0	–	–
ASTM ÖL Nr. 3	23	1200	0,7	347	n. g.
	60	300	2,2	–	–

Tabelle 8: Chemikalienbeständigkeit von PA 12-Elastomeren (Auswahl)

VESTAMID-Elastomere sind wegen ihrer Polyamid-Verwandtschaft im Vergleich zu anderen thermoplastischen Elastomeren relativ stabil gegen eine Vielzahl von Chemikalien. Hervorzuheben ist die gute Stabilität gegenüber verdünnter Salz- und Schwefelsäure und Laugen sowie die geringe Quellung vor allem der härteren Produkte gegen ASTM Öl, sogar noch bei 100 °C. Ähnliches gilt für Hydraulikflüssigkeiten.

Die Quellung in aliphatischen Lösemitteln und Alkoholen ist gering. In aromatischen Lösemitteln quellen die weicheren VESTAMID-Elastomere zwar deutlich, die mechanischen Eigenschaften gehen aber nicht dramatisch verloren. Tabelle 8 zeigt eine Zusammenstellung von Quelldaten und den Einfluss der Quellung auf die Steifigkeit und Kerbschlagzähigkeit.

VESTAMID E47-S3			VESTAMID E40-S3		
Massen- änderung ¹⁾	Zug- modul ²⁾	Kerbschlag- zähigkeit ³⁾	Massen- änderung ¹⁾	Zug- modul ²⁾	Kerbschlag- zähigkeit ³⁾
[%]	[MPa]	[kJ/m ²]	[%]	[MPa]	[kJ/m ²]
–	156	n. g.	–	79	n. g.
0,7	151	n. g.	0,8	88	n. g.
1,0	132	n. g.	1,1	69	n. g.
0,7	164	n. g.	0,7	84	n. g.
2,5	78	8,2	2,2	45	6,9
zerfallen nach 500 h	–	–	zerfallen nach 340 h	–	–
zerfallen nach 100 h	–	–	zerfallen nach 100 h	–	–
1,0	17	spröde	0,8	spröde	spröde
zerfallen nach 170 h	–	–	zerfallen nach 170 h	–	–
zerfallen nach 24 h	–	–	zerfallen nach 24 h	–	–
zerfallen nach 24 h	–	–	zerfallen nach 24 h	–	–
4,7	142	n. g.	4,7	80	n. g.
4,3	122	n. g.	4,8	61	n. g.
0,7	158	n. g.	0,7	88	n. g.
2,2	103	n. g.	2,8	55	n. g.
0,5	156	n. g.	0,7	85	n. g.
1,2	161	n. g.	1,2	90	n. g.
6,9	135	n. g.	9,3	77	n. g.
8,6	127	n. g.	27,5	26	n. g.
37,5	93	n. g.	62,8	41	n. g.
52,7	126	n. g.	104,0	26	n. g.
30,9	102	n. g.	46,7	38	n. g.
34,9	61	n. g.	63,7	27	n. g.
15,7	118	n. g.	22,3	59	n. g.
18,9	89	n. g.	29,8	39	n. g.
37,1	51	n. g.	79,4	20	n. g.
63,0	28	n. g.	123,3	nicht messbar	n. g.
16,0	79	n. g.	19,8	41	n. g.
27,2	66	n. g.	61,6	12	n. g.
22,5	82	n. g.	34,0	40	n. g.
71,0	19	n. g.	zerfallen nach < 24 h	–	–
18,6	94	n. g.	28,4	46	n. g.
26,5	70	n. g.	48,4	29	n. g.
102,3	84	n. g.	184,8	32	n. g.
133,7	76	n. g.	317,0	17	n. g.
18,8	101	n. g.	29,4	48	n. g.
37,7	76	n. g.	53,1	29	n. g.
0,4	145	n. g.	1,1	96	n. g.
0,7	–	–	1,5	–	–
7	129	n. g.	11	78	n. g.
9	–	–	13	–	–

¹⁾ Höchstwert in der Prüfdauer

²⁾ nach ISO 527-1/-2

³⁾ nach DIN 53453, Normstab 2, n. g. = nicht gebrochen

8 Wichtige Eigenschaften von PA 12-Elastomeren

Eigenschaften		Prüfnorm	Einheit	E40-S3
Dichte	23 °C	ISO 1183	g/cm ³	1,01
Zugversuch		ISO 527-1		
Streckspannung		ISO 527-2	MPa	–
Streckdehnung			%	–
Spannung bei 50 % Dehnung			MPa	9,5
Zugfestigkeit			MPa	17
Bruchdehnung			%	>200
Zug-Modul		ISO 527-1 ISO 527-2	MPa	80
Zug-Kriech-Modul	1000 h	ISO 899-1	MPa	60
CHARPY-Schlagzähigkeit ¹⁾	23 °C	ISO 179/1eU	kJ/m ²	N
	-30 °C		kJ/m ²	N
CHARPY-Kerbschlagzähigkeit ¹⁾	23 °C	ISO 179/1eA	kJ/m ²	N
	-30 °C		kJ/m ²	N
Shore-Härte D		ISO 868		40
Formbeständigkeit in der Wärme				
Verfahren A	1,8 N/mm ²	ISO 75-1	°C	
Verfahren B	0,45 N/mm ²	ISO 75-2	°C	55
Vicat-Erweichungstemperatur		ISO 306		
Verfahren A	10 N		°C	125
Verfahren B	50 N		°C	60
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient	23 °C - 55 °C	ISO 11359		
	längs		10 ⁻⁴ K ⁻¹	2,4
	quer		10 ⁻⁴ K ⁻¹	2,1
Dielektrizitätszahl	100 Hz	IEC 60250		7,5
	1 MHz			4,9
Dielektrischer Verlustfaktor	100 Hz	IEC 60250		700
	1 MHz			1200
Elektrische Durchschlagfestigkeit	K20/P50	IEC 60243-1	kV/mm	35
Vergleichszahl der Kriechwegbildung		IEC 60112		
Prüflösung A	CTI			600
Spezifischer Durchgangswiderstand		IEC 60093	Ohm • cm	10 ¹¹
Spezifischer Oberflächenwiderstand		IEC 60093	Ohm	10 ¹³
Viskositätszahl		ISO 307	cm ³ /g	190
Brennbarkeit nach UL94 ²⁾	1,6 mm	IEC 60695		HB
Wasseraufnahme	Sättigung	ISO 62	%	1,0
Verarbeitungsschwindigkeit		gemessen an 3 mm dicken		
in Spritzrichtung		Spritzplatten mit seitlichem Film-	%	0,6 - 0,09
senkrecht zur Spritzrichtung		anguss, Formtemperatur 80 °C	%	0,7 - 1,3

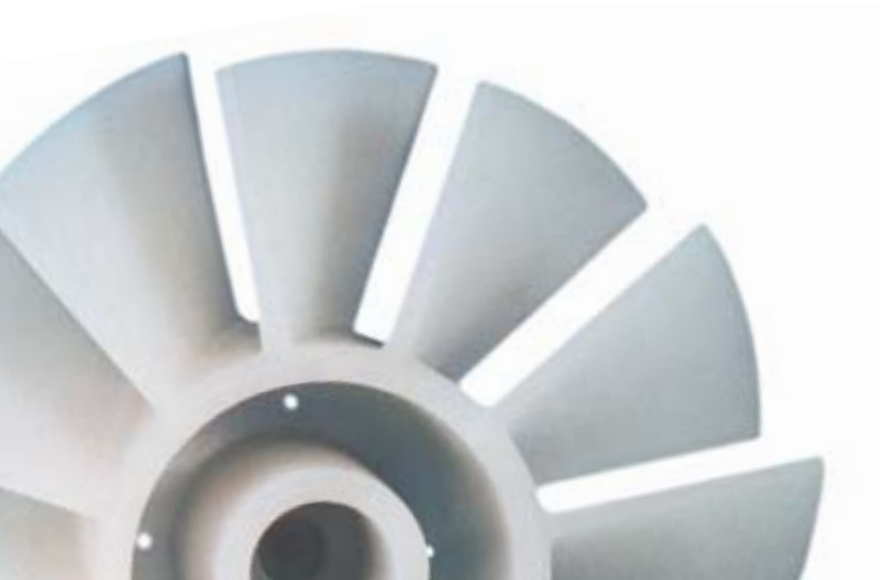
Durch Farbstoffe können die Eigenschaftswerte verändert werden.

VESTAMID				
E47-S3	E55-S3	E62-S3	EX9200	E50-R2
1,02	1,03	1,03	1,01	1,08
-	-	-	31	-
-	-	-	19	-
12	17	23	27	13
23	38	42	-	20
>200	>200	>200	>200	>200
120	230	370	700	170
90	100	200		
N	N	N	N	N
N	N	N	N	N
N	N	120 P	33 P	N
N	22 C	8 C	6 C	N
47	55	62	68	50
45	45	45	45	-
65	90	100	100	-
140	160	165	170	-
70	100	110	130	-
2,3	2,0	2,0	1,6	-
2,1	2,0	2,0	1,6	-
8,5	9,5	9,0	7,4	3)
4,7	4,3	4,0	4,6	3)
1200	950	1000	1500	3)
1300	1100	1200	760	3)
37	38	39	30	3)
600	600	600	600	3)
10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹¹	10 ³
10 ¹³	10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ⁴
190	190	190	190	
HB	HB	HB	HB	HB
1,0	1,1	1,1	1,5	-
0,6 - 1,0	0,6 - 1,1	0,6 - 1,1	-	-
0,9 - 1,5	0,9 - 1,5	0,9 - 1,4	-	-

- 1) N = Nicht-Bruch
P = Teilbruch
C = vollständiger Bruch; einschließlich Schamierbruch H
- 2) HB = horizontal brennend
- 3) wegen Leitfähigkeit der Formmassen nicht messbar

Unsere Ausführungen entsprechen unseren heutigen Kenntnissen und Erfahrungen. Wir geben sie jedoch ohne Verbindlichkeit weiter, auch in Bezug auf bestehende Schutzrechte Dritter. Insbesondere ist hiermit eine Eigenschaftszusicherung im rechtlichen Sinne nicht verbunden. Änderungen im Rahmen des technischen Fortschritts und betriebliche Weiterentwicklungen bleiben vorbehalten. Der Abnehmer ist von sorgfältigen Eingangsprüfungen nicht entbunden. Die Erwähnung von Handelsnamen anderer Unternehmen ist keine Empfehlung und schließt die Verwendung gleichartiger Produkte nicht aus. Selbstverständlich gewährleisten wir die Qualität unserer Produkte nach Maßgabe unserer Allgemeinen Verkaufsbedingungen.

® = eingetragene Marke



Degussa AG
High Performance Polymers
45764 MARL
Tel. +49 2365 49-9878
Fax +49 2365 49-5992
www.degussa-hpp.de