

VESTAMID[®] D

Polyamid 612-Reihe



Evonik, der kreative Industriekonzern aus Deutschland, ist eines der weltweit führenden Unternehmen der Spezialchemie. Die Aktivitäten des Konzerns sind auf die wichtigen Megatrends Gesundheit und Ernährung, Ressourceneffizienz sowie Globalisierung konzentriert. Evonik ist in mehr als 100 Ländern der Welt aktiv.

Zusammen mit den Geschäftsgebieten Acrylic Monomers und Acrylic Polymers gehört das Geschäftsgebiet High Performance Polymers zum Geschäftsbereich Performance Polymers. Es stellt maßgeschneiderte Produkte, Systeme und Halbzeuge her, die auf Hochleistungspolymeren basieren. Unsere Kunststoffe haben sich seit 40 Jahren im Automobilbau, der Kommunikations- und Elektrotechnik, im Maschinen- und Apparatebau und dem Sport- und Freizeitbereich bewährt.

Durch ihre herausragenden Eigenschaften ergänzen die PA 612-Formmassen der VESTAMID® D-Reihe als Spezialität die umfangreiche Palette der PA 12-Formmassen der VESTAMID® L-Reihe und sind zudem prädestiniert für hochwertige Kunststoff-Kautschuk-Verbunde.



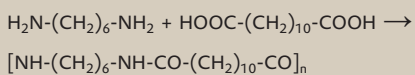
Inhalt

1.0	Übersicht über die PA 612-Formmassen und ihre Anwendungen	4
1.1	PA 612-Formmassen und ihre Anwendungen.....	4
1.2	Nomenklatur.....	6
1.3	Lieferform und Einfärbung	7
1.4	Verarbeitung.....	8
2.0	Allgemeine Eigenschaften.....	9
2.1	Physiologische und toxikologische Bewertung	9
2.2	Umweltverträglichkeit und Sicherheit	10
2.3	Einfluss der Temperatur auf die mechanischen Eigenschaften.....	11
2.4	Langzeiteigenschaften von PA 612 unter mechanischer Belastung.....	13
2.5	Einfluss der Umgebungsfeuchte auf die Eigenschaften	16
2.6	Beständigkeit gegen Chemikalien	18
2.7	Abriebverhalten	18
3.0	Kunststoff-Kautschuk-Verbund ohne Haftvermittler.....	19
4.0	Vergleichstabellen der Formmassen	20

1.0 Übersicht über die PA 612-Formmassen und ihre Anwendungen

Das Geschäftsgebiet High Performance Polymers von Evonik stellt eine Reihe von Polyamid 612-(PA 612) Formmassen her, die unter dem Markennamen VESTAMID® vertrieben werden.

PA 612 ist das Polykondensationsprodukt aus 1,6-Hexamethyldiamin und 1,12 Dodecandisäure (1,10-Decandicarbonsäure):



Die Carbonamid-Gruppen (-CO-NH-) der Polyamide bilden zwischen den Ketten der Makromoleküle Wasserstoffbrückenbindungen aus und fördern dadurch wesentlich die Kristallinität, erhöhen die Festigkeit, den Schmelzpunkt und die Chemikalienbeständigkeit, aber auch die Wasseraufnahme. Dies ist charakteristisch für alle teilkristallinen Polyamide.

Die Carbonamid-Gruppen-Konzentration aller kommerziell erhältlichen Polyamide ist in Polyamid 12 am geringsten, wodurch dieses Produkt die niedrigste Feuchtigkeitsaufnahme und damit die größte Bauteil-Maßhaltigkeit bei wechselnder Umgebungsfeuchte aufweist. In Polyamid 612 ist die Konzentration zwar geringfügig höher, aber immer noch deutlich niedriger als in Polyamid 6 oder Polyamid 66.

Formteile aus Polyamid 612 haben dadurch fast unverändert die geschätzten Eigenschaften der PA 12-Formteile:

- hohe Zähigkeit
- sehr gute Beständigkeit gegen Fette, Öle, Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten, Wasser, Alkalien, Salzlösungen
- sehr gute Spannungsrissbeständigkeit auch bei Einwirkung von Chemikalien und selbst wenn Metallteile umspritzt sind
- niedrige Gleitreibungskoeffizienten und hohe Abriebbeständigkeit selbst bei Trockenlauf

Vorteile gegenüber PA 12 zeigen sich in

- der Wärmeformbeständigkeit (fast 40 °C höherer Schmelzpunkt)
- der Zug- und Biegefestigkeit
- der ausgezeichneten Rückstell弹izität bei hoher Nassfestigkeit

Die PA 612-Formmassen der VESTAMID® D-Reihe ergänzen somit als Spezialitäten die umfangreiche Palette der PA 12-Formmassen der VESTAMID® L-Reihe.

Die VESTAMID® Formmassen erfüllen wie alle Hochleistungskunststoffe des Geschäftsgebiets High Performance Polymers höchste Qualitätsansprüche. Unser System zur Qualitätssicherung ist nach ISO 9001:2008 zertifiziert. In den vergangenen Jahren haben zahlreiche Kunden dieses Qualitätssystem geprüft und höchstes Niveau bestätigt.



1.1 PA 612-Formmassen und ihre Anwendungen

Die Palette der PA 612-Formmassen ergänzt sinnvoll das umfangreiche Angebot unserer PA 12-Formmassen. Die Tabelle unten gibt eine Übersicht über die Charakterisierung der bedeutendsten Produkte und deren typische Anwendungen. Detaillierte Informationen über die meisten Formmassen sind in den vergleichenden Tabellen in Kapitel 4 enthalten.

Für neue oder Spezialprodukte erhalten Sie auf Anfrage Produktinformationen von den angegebenen Ansprechpartnern.

Weitere Eigenschaften der VESTAMID® Formmassen sowie Informationen über die anderen Produkte des Geschäftsbereiches High Performance Polymers sind in der Kunststoffdatenbank

Campus®*) enthalten, die regelmäßig aktualisiert wird. Sie finden Campus im Internet unter www.vestamid.de > Produkte & Dienstleistungen.

*) Campus® ist die eingetragene Marke der CWF GmbH/ Frankfurt (Main)

PA 612-Formmassen und ihre typischen Anwendungen

VESTAMID®	Charakterisierung	empfohlen für K&K-Verbund ²⁾	Verarbeitungsverfahren ³⁾	Zug-Modul [MPa] ⁴⁾	Bezeichnung nach ISO 1874-1	Anwendungsbeispiele
D16	niedrigviskoses Basisprodukt		S,E	2200	PA612, LN, 12-020	Monofile, Borsten mit hoher Rückstellelastizität für Pinsel und Zahnbürsten
D18	mittelviskoses Basisprodukt		S,E	2200	PA612, LN, 14-020	Monofile, Borsten mit hoher Rückstellelastizität für Pinsel und Zahnbürsten
D22	hochviskoses Basisprodukt		S,E	2200	PA612, LN, 18-020	Monofile, Borsten mit hoher Rückstellelastizität für Pinsel und Zahnbürsten, Schleifborsten, Rohre
D26	hochviskoses Basisprodukt		E	2200	PA612, LN, 22-020	Monofilamente
DX9300	niedrigviskos, wärmestabilisiert, mit verbesserter Entformbarkeit		S	2100	PA612, MHR, 12-020	Retainer für Quick Connectoren
DX9322 ¹⁾	mit 15% Mahlglassfaser verstärkt, wärmestabilisiert	+	S	3150	PA612, MH, 14-030, GF15	verzugsarme Gehäuse, Abdeckungen mit angespritzten Elastomerdichtungen
X7099 ¹⁾	mit 20 % GF verstärkt, wärmestabilisiert	+	S	5600	PA612, MH, 14-050, GF20	Gehäuse, Dicht- und Dämpfungselemente für Automobilbau, geräusch- und vibrationsgedämpfte Gleitlager und Rollen
DX9321 ¹⁾	schlagzäh, mit 20% GF verstärkt, wärmestab.	+	S	5700	PA612-HI, MH, 14-050, GF20	Gehäuse, Abdeckungen
DX9323 ¹⁾	schlagzäh, mit 35% GF verstärkt, wärmestab.	+	S	8900	PA612-HI, MH, 14-090, GF35	Kunststoff-Kautschuk-Verbunde
DX9325 ¹⁾	mit 40 % GF verstärkt, wärmestabilisiert	+	S	9400	PA12, MH, 14-100, GF40	Kunststoff-Kautschuk-Verbunde
DX9302 ¹⁾	elastomermodifiziert, wärmestabilisiert		E	1150	PA612-HI, EH, xx-010	extraktarme Scheibenwischerleitungen, Wellrohre
DX9304 ¹⁾	schlagzäh, hitze- und lichtstabilisiert		E	1800	PA612-HI, EHL, 18-020	Rohrleitungssysteme mit erhöhter Anforderung an Temperaturbeständigkeit, z.B. hydraulische Kuppelungsleitungen
DX9305 ¹⁾	hitze- und lichtstabilisiert		E	2250	PA612, EHL, 22-020	Anwendungen wie DX9304
EX9350 ¹⁾	elastomermodifiziert		E	600	PA612, PPGD, EHL, 18-005	Bremskraftverstärkerleitungen

¹⁾ derzeit nur in schwarz verfügbar, damit durch Rußfärbung auch lichtstabil, ²⁾ Kunststoff-Kautschuk-Verbund, ³⁾ S = Spritzgießen; E = Extrusion, ⁴⁾ trocken/spritzfrisch gemessen

1.2 Nomenklatur

Die VESTAMID® Formmassen sind in Verkaufs- und Entwicklungsprodukte eingeteilt. Bei Verkaufsprodukten sind Zusammensetzung und Herstellverfahren nach umfangreichen Erfahrungen und breiter Akzeptanz endgültig festgelegt worden. Sie sind durch eine systematische Nomenklatur gekennzeichnet. Bei Entwicklungsprodukten kann sich die Formulierung noch ändern, um sie für bestimmte Anwendungen zu optimieren.

Verkaufsprodukte

Die Bezeichnungen der Standard-Verkaufsprodukte der VESTAMID® 612-Reihe beginnen mit dem Kennbuchstaben D als Hinweis auf den Monomerbaustein Dodecandisäure. Bei den ungefüllten Standardprodukten entsprechen die folgenden beiden Ziffern dem Zehntel der mittleren Viskositätszahl (J-Wert) gemessen nach ISO 307 in m-Kresol. Die Norm erlaubt alternativ zu m-Kresol auch die Messung in 96-prozentiger Schwefelsäure. Beide Werte unterscheiden sich, korrelieren aber streng*) (siehe Abbildung). Schmelze-Fließraten (MFR, MVR) geben wir nicht an, weil Polyamide unter den gegebenen Testbedingungen als „lebende Polymere“ angesehen werden müssen. Bereits minimale Wassergehalte der Formmassen führen zu stark streuenden, nicht reproduzierbaren Werten der Schmelze-Fließraten, während die Lösungsviskosität davon unbeeinflusst bleibt. Je höher der J-Wert ist und damit die beiden Ziffern in der Bezeichnung des Produkts, um so höher sind in der Regel auch das Molekulargewicht, die Schmelzeviskosität und die Zähigkeit.

Abschließender Bestandteil der Bezeichnung ist die Farbe.

Beispiel: VESTAMID® D16 naturfarben

*) Bei der Qualitätsprüfung bestimmen wir ausschließlich die Lösungsviskosität mit m-Kresol

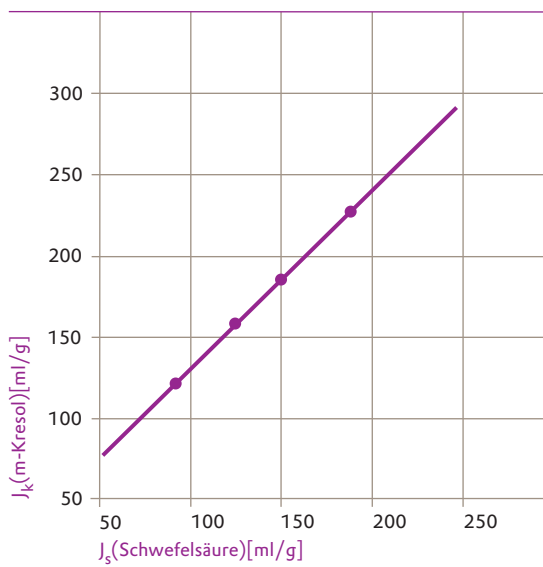
Entwicklungsprodukte

Entwicklungsprodukte werden für bestimmte Anwendungen geschaffen. Die Erfahrungen, die wir während der Markteinführung machen, nutzen wir zur Optimierung. Daher können sich die Rezepturen und Herstellverfahren noch leicht verändern. Die betroffenen Kunden informieren wir unverzüglich über die Modifizierungen und weisen auf evtl. Auswirkungen auf Spezifikationen oder Qualität hin.

VESTAMID® Entwicklungsprodukte auf Basis PA 612 werden mit DX bezeichnet, gefolgt von einer vierstelligen Registriernummer. Diese lässt keinerlei Hinweise auf die Zusammensetzung oder die Eigenschaften des Produkts zu.

Beispiel: Versuchsprodukt, Nomenklatur VESTAMID® DX9300 naturfarben

Vergleich der Viskositätszahlen J, gemessen nach ISO 307 in m-Kresol und Schwefelsäure



■ experimentelle Überprüfung an VESTAMID®

1.3 Lieferform und Einfärbung

VESTAMID® Formmassen werden als trockenes, verarbeitungsfertiges Granulat in feuchtigkeitsdichten Säcken mit 25 kg Inhalt geliefert. Nach beidseitiger Über-einkunft liefern wir VESTAMID® auch in Oktabins mit 1000 kg Füllung. Die Lagerungsdauer ist bei üblichen Lagerbedingungen nahezu unbegrenzt, wenn die Verpackung nicht beschädigt ist. Eine Lagertemperatur von 45 °C sollte – vor allem bei weichgemachten Formmassen – nicht überschritten werden.

Ähnlich wie bei anderen teilkristallinen Polyamiden erscheint unmodifiziertes VESTAMID® farblos in der Schmelze und weißlich opak im festen Zustand (naturfarben). Falls nicht durch spezielle Additive eingeschränkt, kann VESTAMID® beliebig eingefärbt werden. Die meisten Formmassen werden naturfarben oder schwarz geliefert. Andere haben wegen ihrer Additive eine spezielle Eigenfarbe, wie etwa die mit Graphit modifizierten Formmassen. Blei- und cadmiumhaltige Farbmittel werden grundsätzlich nicht eingesetzt.

Bei entsprechenden Auftragsgrößen sind speziell eingefärbte Formmassen lieferbar. Weitere Auskünfte erhalten Sie bei den angegebenen Ansprechpartnern.

VESTAMID® Formmassen lassen sich auch bei der Verarbeitung einfärben. Die bevorzugte Methode ist die Verwendung von Farbkonzentraten auf Basis von PA 612. Möglich, aber aufwändiger, ist die Trockeneinfärbung von Granulat mit Farbpulvern durch Auftrommeln in Mischern; pneumatische Förderung des Granulats zu den Maschinen ist dann ausgeschlossen. Die Verwendung von Farbpasten oder Farbkonzentraten auf „neutraler“ Basis kann zu Unverträglichkeiten mit PA 612 führen. Neben inhomogener Farbverteilung kann es auch zu mechanischem Versagen von Formteilen kommen. Die Prüfung der Verträglichkeit eines Farbkonzentrats mit der Formmasse ist deshalb unerlässlich.

Unsere Mitarbeiter geben gerne weitere Informationen und Unterstützung.



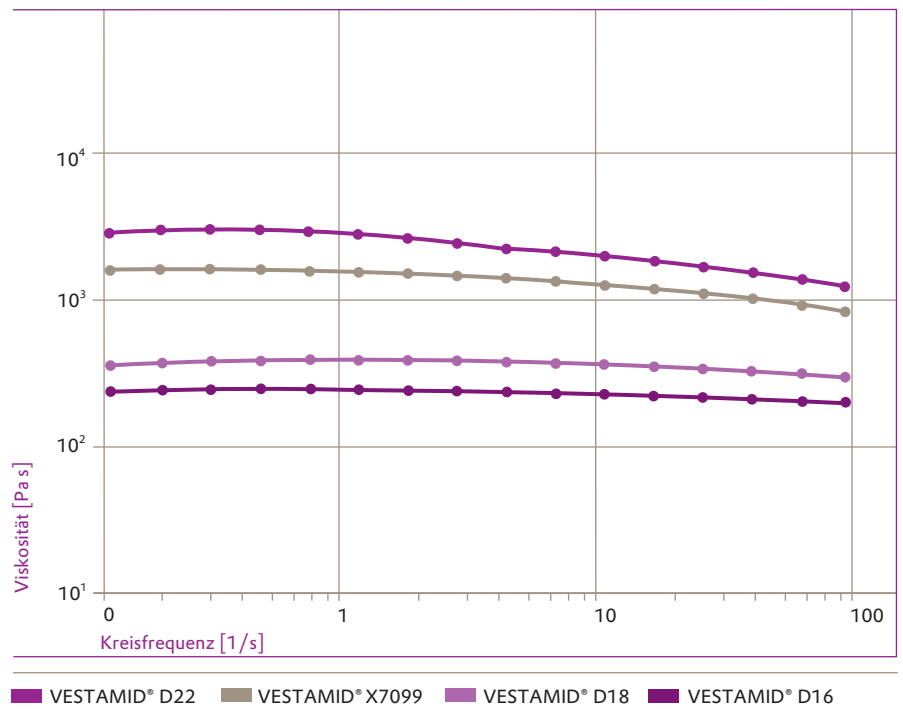
1.4 Verarbeitung

Die Verarbeitung der PA 612-Formmassen darf nur in trockenem Zustand bei einem Wassergehalt unter 0,1% erfolgen. Andernfalls ist mit einem Abbau und einer irreversiblen Vorschädigung während der Verarbeitung zu rechnen. Details zur Handhabung und Verarbeitung sowie zur Maschinenauslegung entnehmen Sie bitte der Broschüre „Handhabung und Verarbeitung von VESTAMID®“.

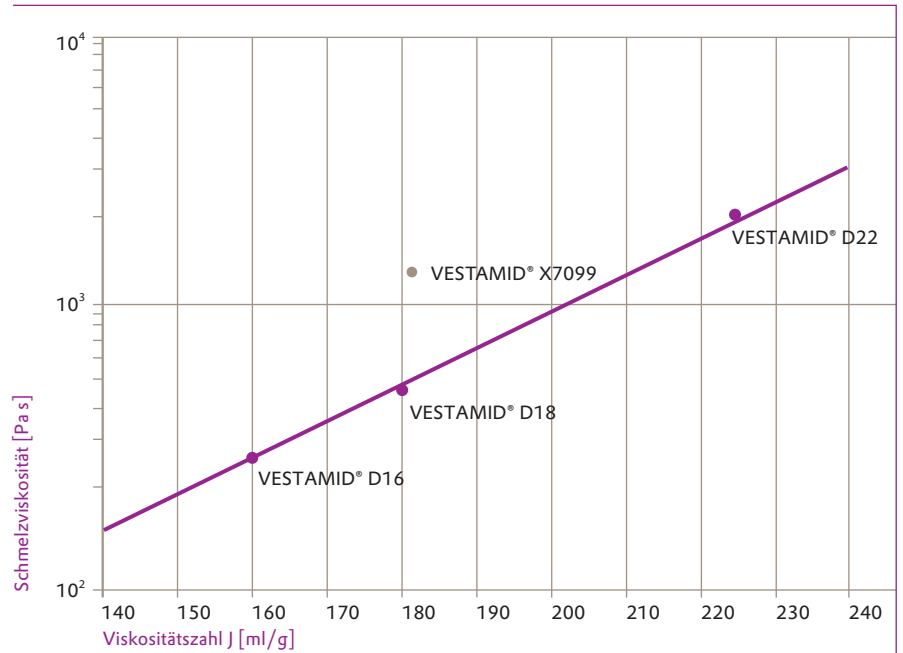
Im Kapitel 1.2 Nomenklatur wurde bereits auf den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Viskositätszahl und Schmelzeviskosität hingewiesen. Die Verhältnisse für 260 °C sind in den nebenstehenden Abbildungen am Beispiel der niedrigviskosen Formmasse VESTAMID® D16, der mittelviskosen Formmasse VESTAMID® D18 und der hochviskosen Formmasse VESTAMID® D22 dargestellt.

Die Kurve für die verstärkte Formmasse VESTAMID® X7099 verdeutlicht den Einfluss von 20% Glasfasern auf die Schmelzeviskosität. Die unterschiedlichen Viskositätsniveaus können bei Bedarf durch Anpassung der Verarbeitungstemperatur in üblicher Weise ausgeglichen werden.

Viskositätskurven, T = 260 °C



Abhängigkeit der Schmelzeviskosität von der Lösungsviskosität (260 °C bei 10/s)





2.0 Allgemeine Eigenschaften

2.1 Physiologische und toxikologische Bewertung

Einen Überblick über die toxikologischen Eigenschaften von VESTAMID® Formmassen oder relevante Bewertungen, die ihren Kontakt mit Lebensmitteln betreffen, erstellt die für das Geschäftsgebiet High Performance Polymers zuständige Abteilung für Environment, Health, Safety & Quality. Diese Abteilung ist auch verantwortlich für die Bereitstellung von Informationen über Produktsicherheit und die Erstellung von EG-Sicherheitsdatenblättern für VESTAMID®. Entsprechende Anfragen richten Sie bitte an die angegebenen Ansprechpartner.

Lebensmittelkontakt - EU-Status

Nach der Harmonisierung europäischer Gesetze und Vorschriften gelten auch für Kunststoffe im Lebensmittelkontakt neue Verordnungen. Seit dem 1. Mai 2011 gilt die Verordnung (EU) Nr. 10/2011 der Kommission.

Die VESTAMID® D Basistypen der PA 612-Reihe wie VESTAMID® D16, D18, D22 und D26 sind für den Lebensmittelkontakt in der Europäischen Union zugelassen, da die zugrunde liegenden Monomere Hexamethyldiamin und Dodecandisäure und die Additive in der Verordnung (EU) Nr. 10/2011 positiv gelistet sind. Für Hexamethyldiamin ist der einschränkende Migrationsgrenzwert von 2,4 Milligramm pro Kilogramm Lebensmittel festgelegt, der am fertigen Bedarfsgegenstand überprüft und eingehalten werden muss.

Lebensmittelkontakt – FDA-Status

Gemäß des 21 CFR, § 177.1500 (Nylon Resins) der FDA ist PA 612 in den USA für Gegenstände mit wiederholtem Lebensmittelkontakt bis zu einer Höchsttemperatur von 100 °C zugelassen. Restriktionen in Absatz b(8) müssen jedoch beachtet werden. Eine Kaltsterilisation ist erlaubt.

Anwendungen in der Medizin

Für den Einsatz von Materialien in medizinischen Anwendungen gilt in der Europäischen Union die Richtlinie 93/42/EEC, die mit dem Medizinproduktegesetz im August 1994 in deutsches Recht umgesetzt wurde. Das Zulassungsverfahren ist im Einzelnen in den entsprechenden internationalen und nationalen Standards wie der ISO 10993 bzw. DIN EN 30993-1 geregelt. In Einzelfällen können als ergänzende Regelwerke das aktuelle Deutsche Arzneibuch (DAB) und die Europäische Pharmacopea zur Beurteilung herangezogen werden. In Zweifelsfällen sind Formteile oder Halbzuge unter den jeweiligen Einsatzbedingungen vom Hersteller oder Anwender zu prüfen.

Unsere Mitarbeiter informieren Sie gerne über ihre Erfahrungen mit entsprechenden Zulassungsverfahren.

2.2 Umweltverträglichkeit und Sicherheit

VESTAMID® Formmassen sind ungiftig, nicht kennzeichnungspflichtig nach Gefahrstoffverordnung und nicht wassergefährdend. Sie können – unter Berücksichtigung der örtlichen Behördenvorschriften – wie Hausmüll durch Depozieren oder Verbrennen entsorgt werden. Eine Wiederverwendung ist aus ökologischen und ökonomischen Gründen einer Entsorgung vorzuziehen. Weitere Hinweise geben die EG-Sicherheitsdatenblätter der einzelnen VESTAMID® Produkte.

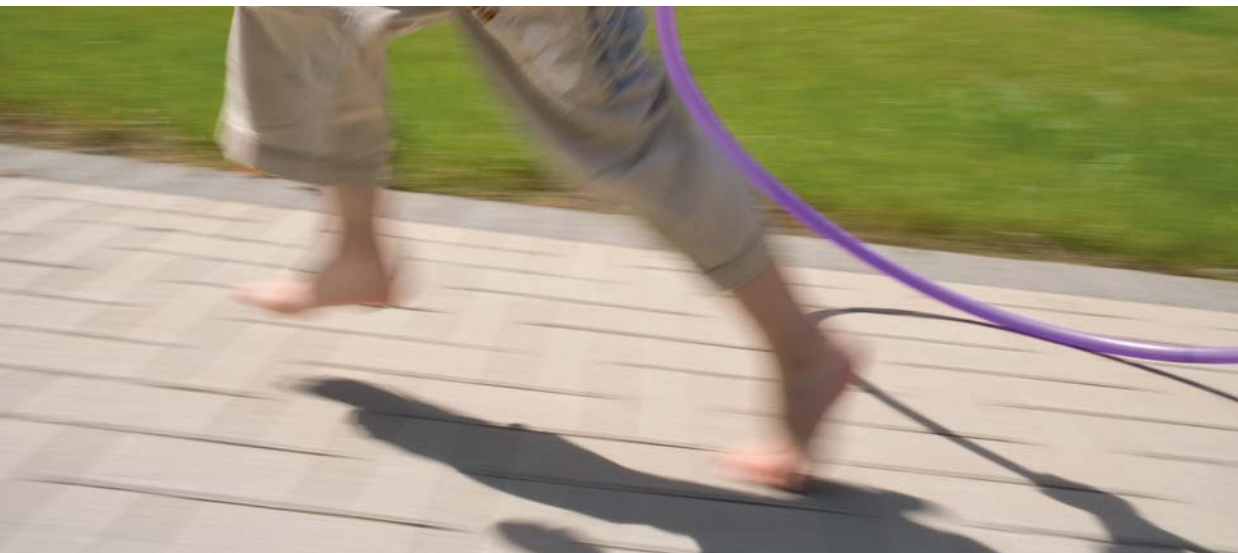
Brandschutzmittelhaltige VESTAMID® Formmassen enthalten keine polybromierten Diphenyle oder Diphenylether. Es werden grundsätzlich keine cadmiumhaltigen Pigmente und Füllstoffe verwendet.

Bei sachgemäßer Verarbeitung von VESTAMID® Formmassen entstehen keine gefährlichen Nebenprodukte. Jedoch sollte wie bei jeder Thermoplastverarbeitung für ausreichende Belüftung und Absaugung gesorgt werden, insbe-

sonders bei weichmacher- oder brandschutzmittelhaltigen Formmassen. Die Broschüre „Handhabung und Verarbeitung von VESTAMID®“ gibt ausführliche Hinweise über den Umgang mit VESTAMID® Formmassen.

Schädigungen des Materials bei der Verarbeitung erkennt man an der Verfärbung der Schmelze. Geschädigtes Material sollte rasch aus der Maschine ausgefahren und unter Wasser abgekühlt werden, um Geruchsbelästigungen zu vermeiden.

Die meisten VESTAMID® Formmassen sind brennbar. Bei Massetemperaturen über 350 °C entstehen durch Zersetzung brennbare Gase. Die Verbrennung bei ausreichender Luftzufuhr liefert CO, CO₂, H₂O und stickstoffhaltige Verbindungen als Endprodukte. Da das Spektrum der Crack- und Verbrennungsprodukte stark von den jeweiligen Brandbedingungen abhängt, sind weitergehende Aussagen hier nicht möglich.



2.3 Einfluss der Temperatur auf die mechanischen Eigenschaften

Einen ersten Überblick über die Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften von unverstärkten und verstärkten VESTAMID® 612-Formmassen geben die Kurven des Speichermoduls und Verlustfaktors $\tan \delta$ aus Torsionsschwingungsanalysen. Die Abbildung verdeutlicht die höhere Steifigkeit der PA 612-Formmassen im Vergleich zu PA 12 und dem auf Grund des höheren Schmelzpunktes erheblich zu höheren Temperaturen verschobenen Abfall der Festigkeit. Auch die Sonderstellung von VESTAMID® DX9302 wird deutlich: Diese speziell modifizierte Formmasse ist bis -50 °C deutlich flexibler und zäher als unmodifiziertes PA 612 und eignet sich daher vorzüglich für biegsame Rohrleitungen.

Den Einfluss der Temperatur auf das Spannungsdehnungsverhalten veran-

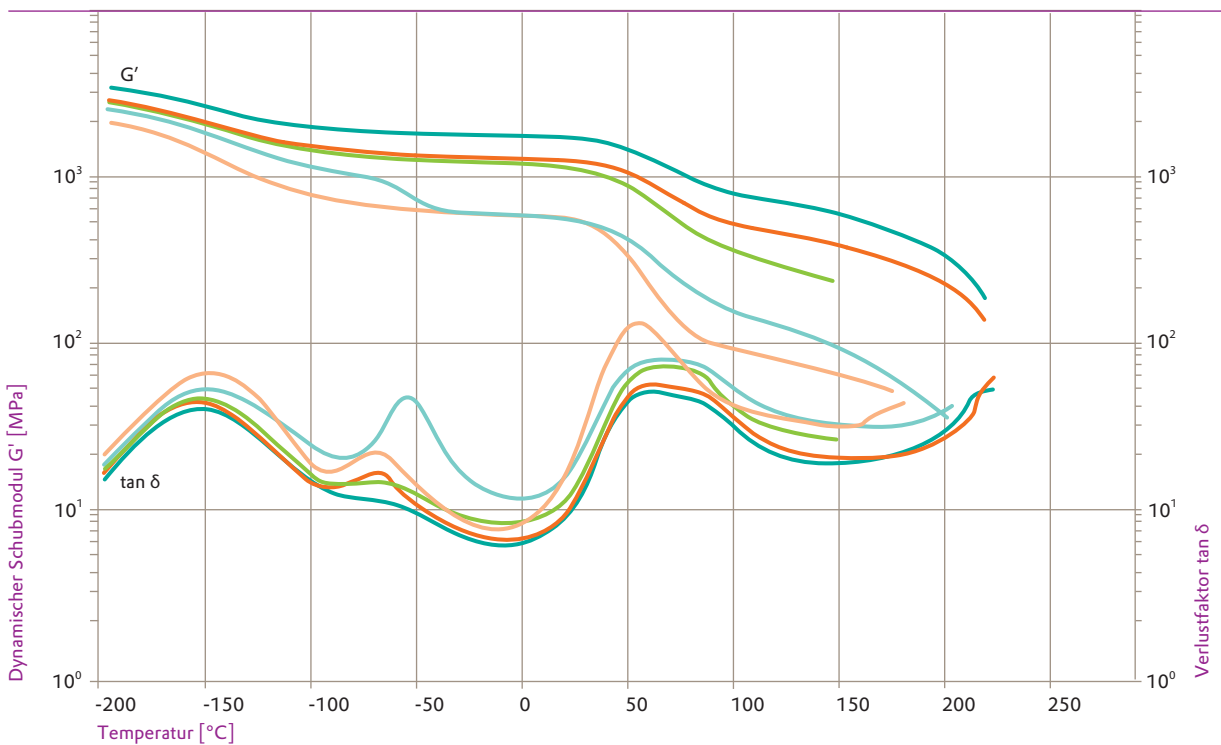
schalicht die Abbildung auf Seite 12. Der Kurvenverlauf für VESTAMID® D16 ist repräsentativ für alle unverstärkten PA 612-Formmassen.

Aussagen zu temperaturbedingten Dimensionsänderungen können den Diagrammen der thermischen Längenänderung bzw. des thermischen Ausdehnungskoeffizienten entnommen werden. Die Kurven für VESTAMID® DX9300 sind repräsentativ für unsere ungefüllten PA 612-Formmassen (D16, D18, D22, D26). Die mittleren Ausdehnungskoeffizienten für den Bereich 23 °C bis 55 °C sind darüber hinaus in den Tabellen im Teil 4 aufgelistet.

Bei kurzzeitiger Temperatureinwirkung sind die vorstehend beschriebenen Änderungen, abgesehen von einer möglichen verarbeitungsabhängigen

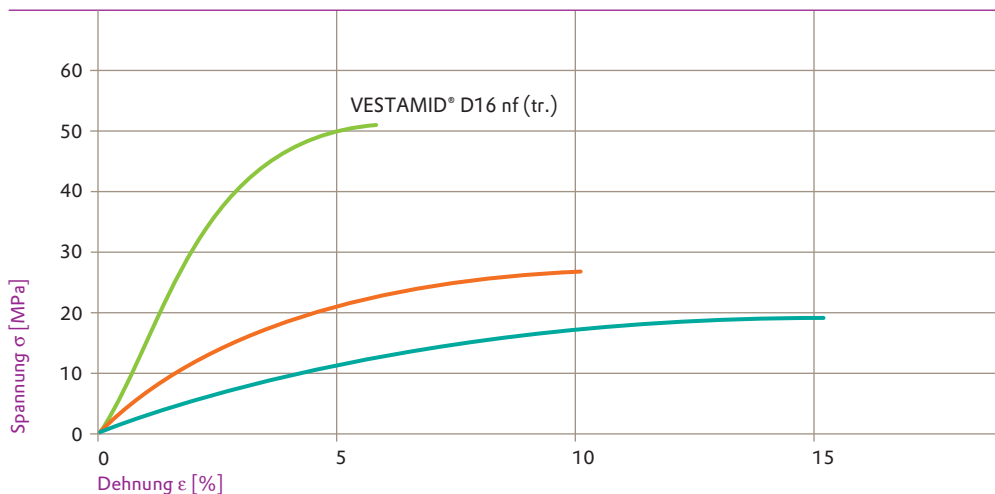
Nachschwindung, reversibel. Sind die Bauteile jedoch langfristig in Gegenwart von Sauerstoff (Luft) wärmebeansprucht, so kann es abhängig von Dauer und Höhe der Temperatur zu einer allmählichen, irreversiblen Alterung kommen. Diese führt letztlich – wie auch bei anderen Kunststoffen – zu einer Versprödung. Zur Stabilisierung gegen langfristig einwirkende Wärme sind abgesehen von den Basisprodukten alle VESTAMID® 612-Formmassen mit Wärmestabilisatoren ausgerüstet. Bei den Basisprodukten VESTAMID® D16, D18, D22 und D26 setzen im allgemeinen die Verarbeiter nach Bedarf anwendungsorientierte Stabilisatorkonzentrate während der thermoplastischen Umformung zu. Auf Wunsch beraten wir Sie gerne bei der Auswahl.

Torsionsschwingungsanalyse nach ISO 6721



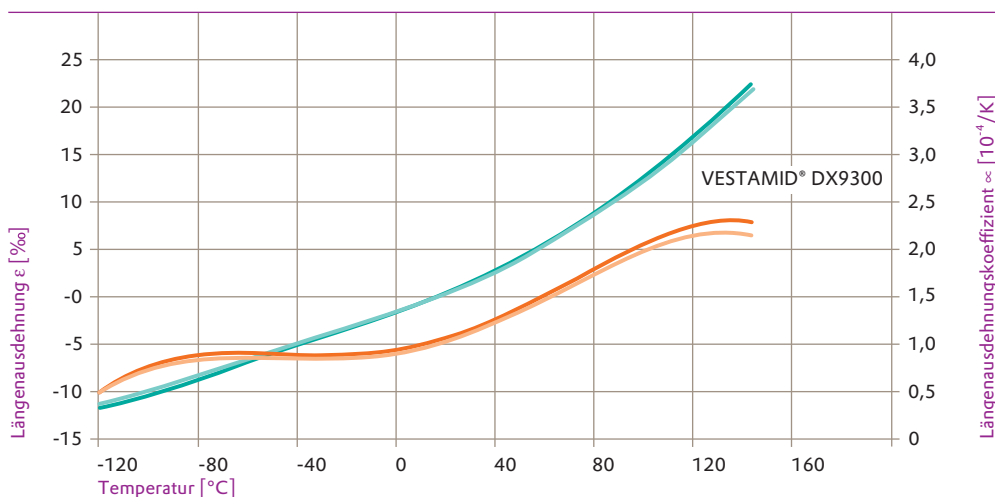
■ VESTAMID® X7099 ■ VESTAMID® DX9320 ■ VESTAMID® D16 ■ VESTAMID® DX9302 ■ z.Vgl. PA 12 (VESTAMID® L2140)

Spannungsdehnungsdiagramme aus Zugversuchen nach ISO 527



23 °C 60 °C 100 °C

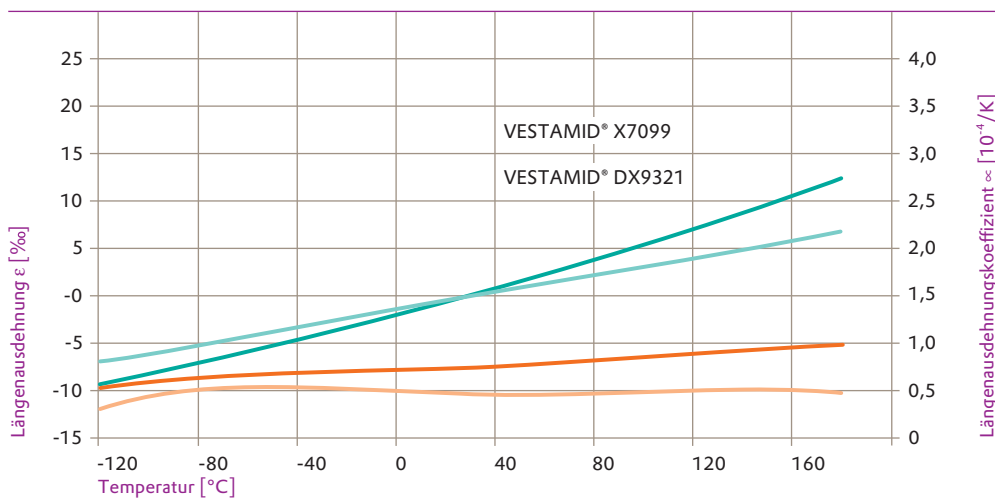
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient nach ISO 11359



Ausdehnung: quer längs

Koeffizient: quer längs

Thermischer Längenausdehnungskoeffizient nach ISO 11359



Ausdehnung: quer längs

Koeffizient: quer längs

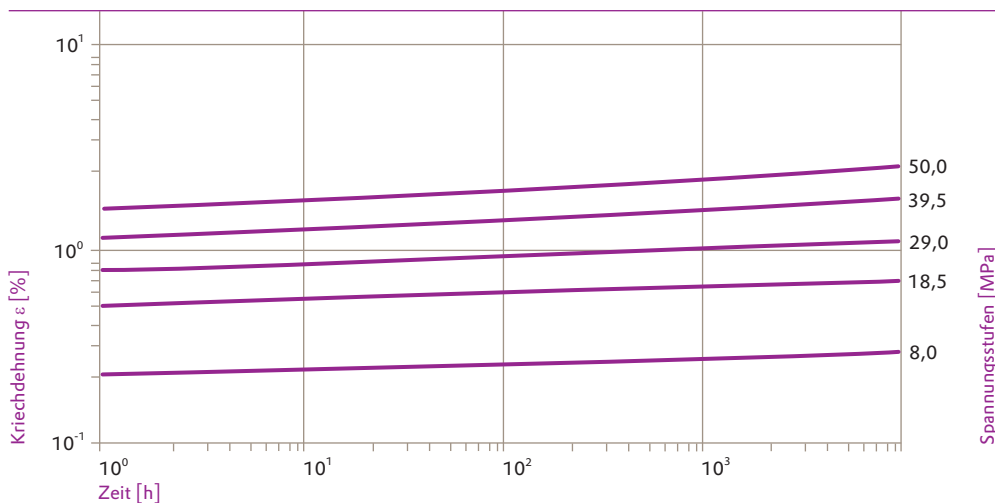
2.4 Langzeiteigenschaften von PA 612 unter mechanischen Bedingungen

Bei erhöhten Temperaturen kommt es besonders bei unverstärkten Thermoplasten unter Einfluss von Spannungen zum Fluss bzw. Kriechen. Die Kriechneigung ist bei PA 612 relativ gering, dennoch muss der Konstrukteur die bei Dauerbelastung gegenüber der Kurzzeitfestigkeit verringerte Dauerstandfestigkeit

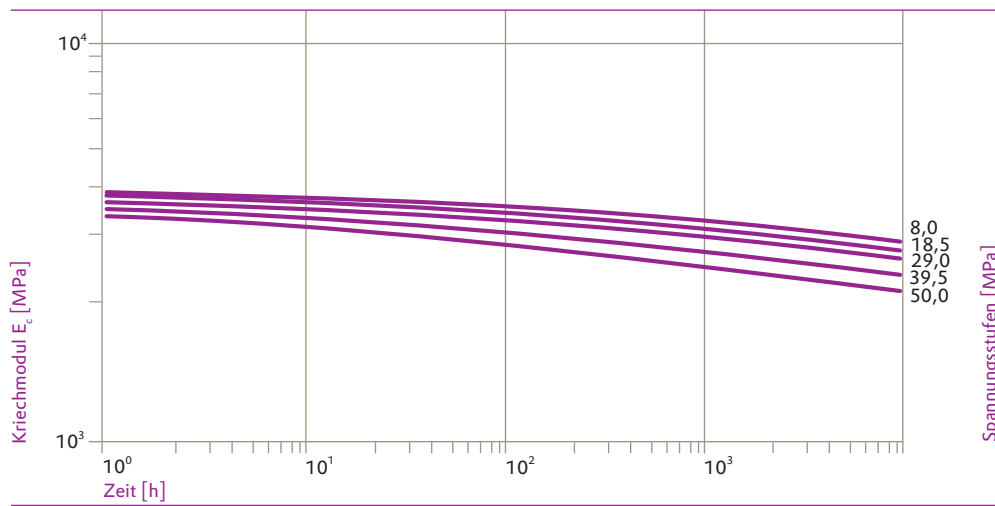
berücksichtigen. Andererseits bedeutet das auch, dass bei einer konstant gehaltenen Dehnung die Anfangsspannung abgebaut wird. Kennzahlen zur Teileauslegung können den nachfolgenden Abbildungen entnommen werden, in denen die Ergebnisse von Zeitstand-Zugversuchen nach ISO 899 aufgetragen sind.

VESTAMID® X7099 schwarz V307171: Zeitstand-Zugversuch nach ISO 899

Zeit-Dehnlagen, Testbedingungen 23 °C, 50% r. F.

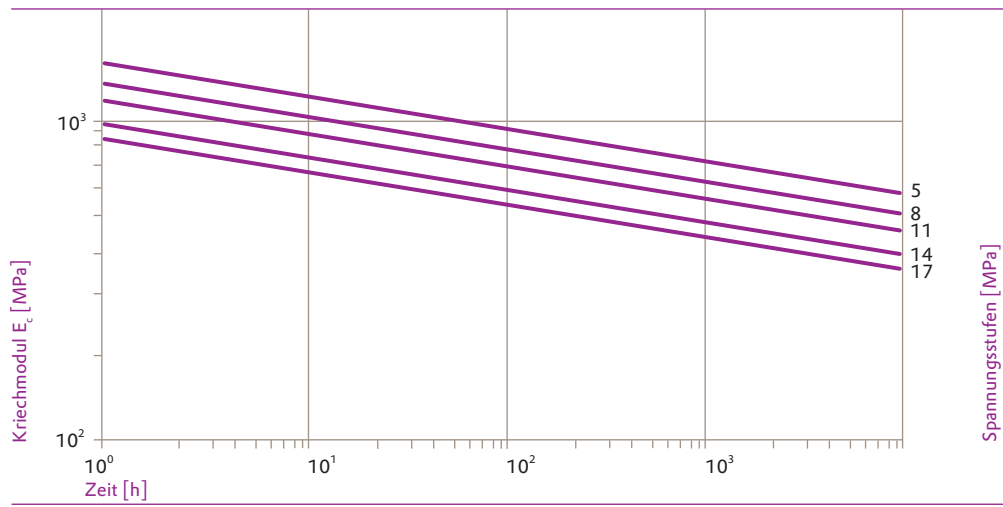


Zug-Kriechmodullagen, Testbedingungen 23 °C, 50% r. F.

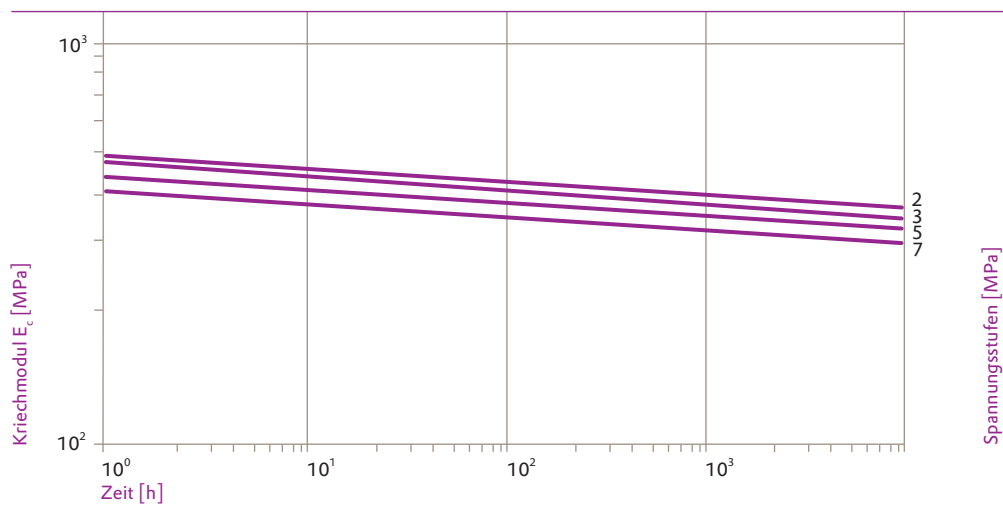


VESTAMID® D16: Zug-Kriechmodul-Linie nach ISO 899

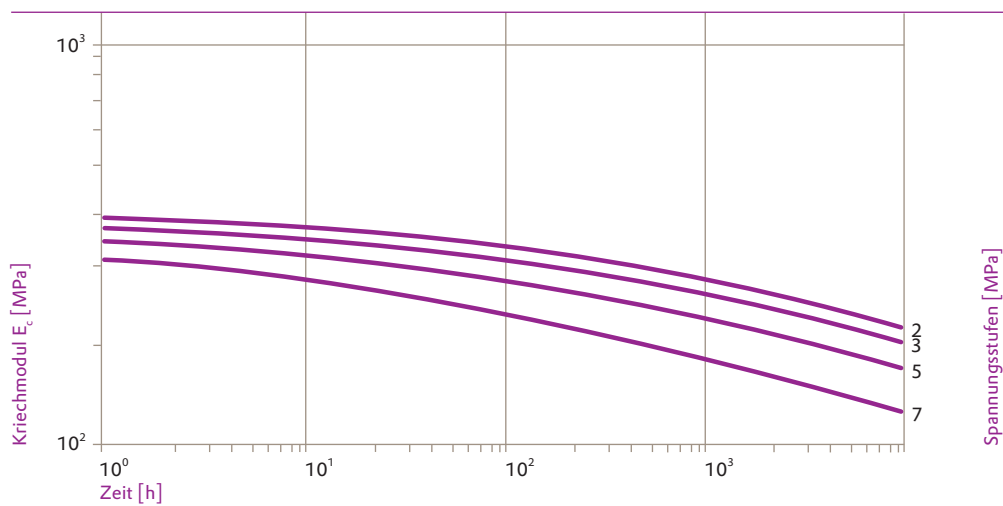
Testbedingungen 23 °C, 50% r. F.



Testbedingungen 60 °C

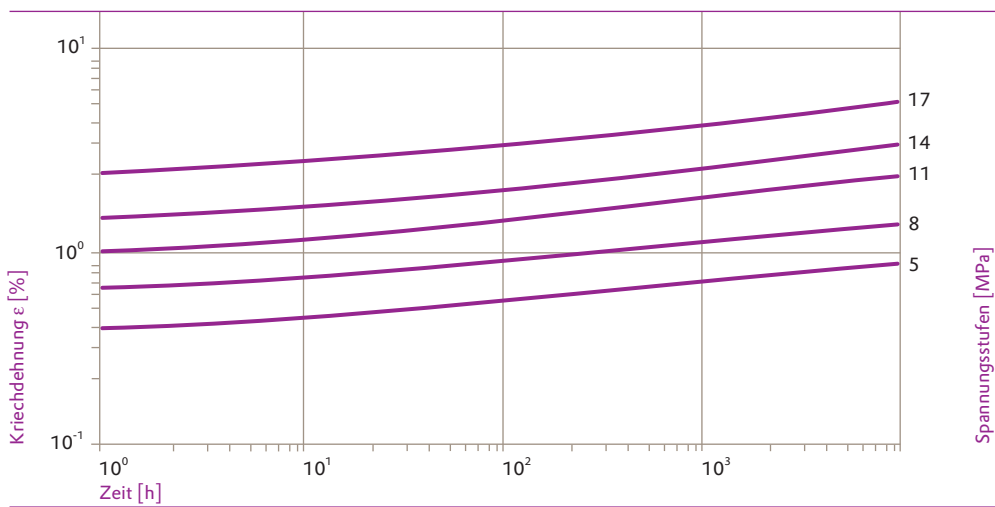


Testbedingung 100 °C

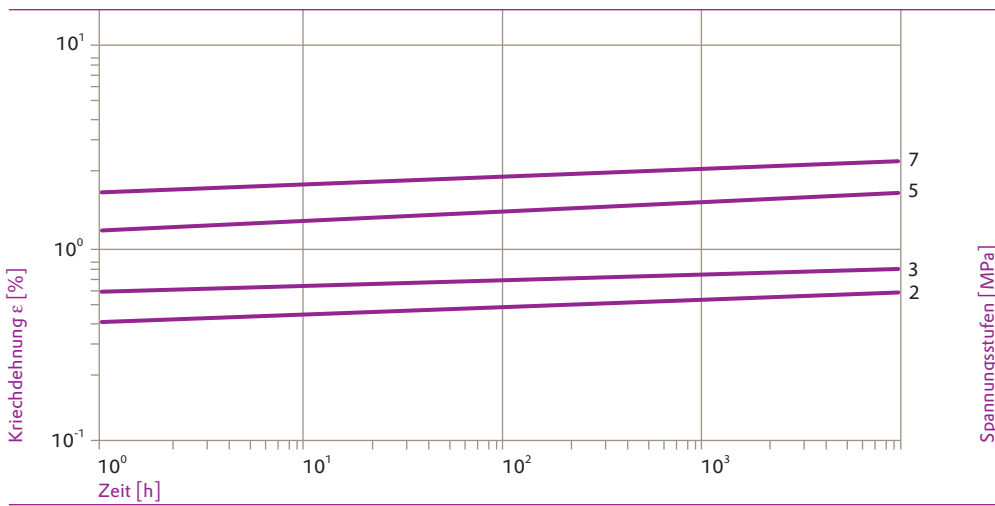


VESTAMID® D16: Zeitdehnungslinien nach ISO 899

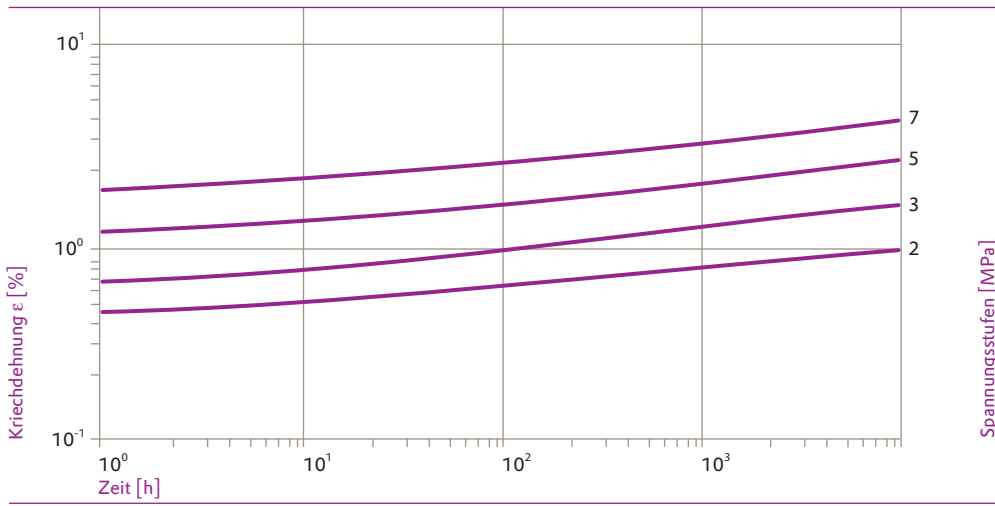
Testbedingungen 23 °C, 50% r. F.



Testbedingung 60 °C



Testbedingung 100 °C





2.5 Einfluss der Umgebungsfeuchte

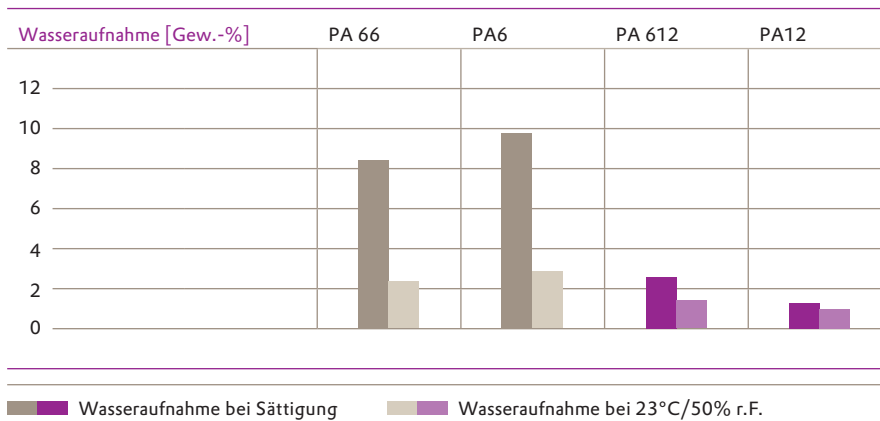
Im Gegensatz zu PA 6 und 66 nimmt PA 612 nur sehr wenig Feuchtigkeit auf (siehe Abbildungen Seite 17), wenn auch geringfügig mehr als PA 12. Im Normklima 23 °C / 50% relative Feuchte werden ca. 1% Wasser, bei Lagerung in Wasser ca. 2,7% aufgenommen. Bei gefüllten oder mit Glasfasern verstärkten Formmassen liegen diese Werte entsprechend niedriger. Die Aufnahme von 1% Wasser bewirkt eine Volumenzunahme von etwa 0,9%, entsprechend einer linearen Längenänderung von 0,2 - 0,3%.

Bei Lagerung in Wasser nimmt die Feuchtigkeitsaufnahme mit steigender Temperatur zu. An der Luft trocknen die Bauteile hingegen bei Temperaturen oberhalb 80 °C bereits wieder aus, so dass hier die Werte der trockenen Teile zum Tragen kommen.

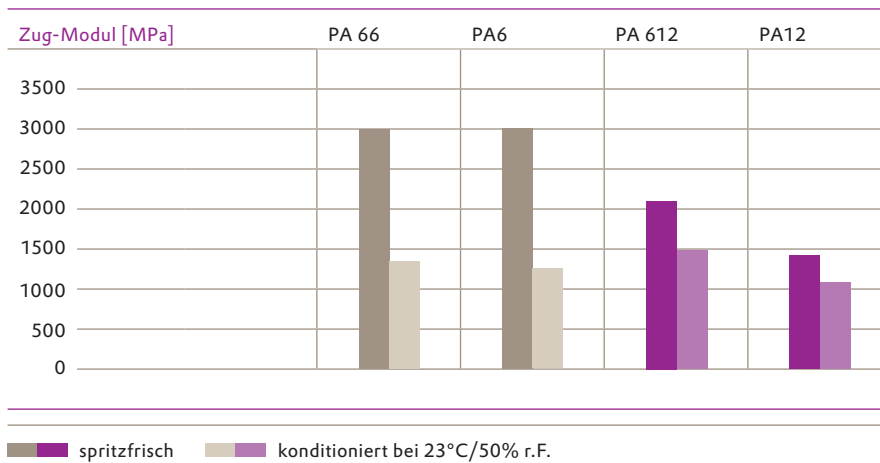
Das eingelagerte Wasser wirkt oberhalb 0 °C wie eine geringe Menge Weichmacher. Das bedeutet, dass Festigkeit und Steifigkeit etwas absinken und die Schlagzähigkeit bzw. Kerbschlagzähigkeit sowie die Kriechneigung leicht zunehmen (vergleiche dazu auch die ausführlichen Tabellen in Kapitel 4).

Da die Wasseraufnahme nur gering ist, sind auch die Änderungen der elektrischen Kennwerte bei Raumtemperatur niedrig: Die guten Isoliereigenschaften und die Durchschlagfestigkeit bleiben praktisch unverändert. Am ehesten ist der Effekt des Wassers am Anstieg des Verlustfaktors $\tan \delta$ erkennbar.

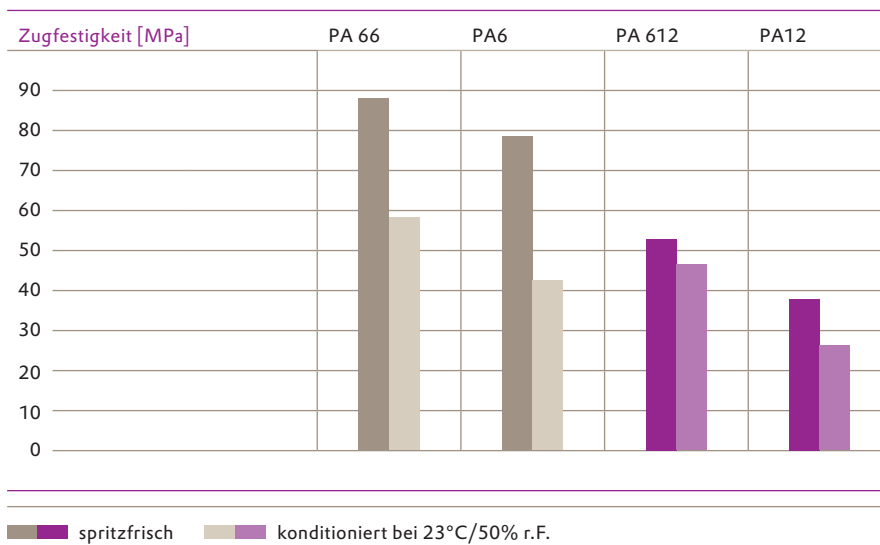
Vergleich der Wasseraufnahme verschiedener Polyamide



Einfluss des Wassergehalts auf den Zug-Modul verschiedener Polyamide



Einfluss des Wassergehalts auf die Zugfestigkeit verschiedener Polyamide



2.6 Beständigkeit gegen Chemikalien

Die Chemikalienbeständigkeit von PA 612 ist vergleichbar mit der von PA 12. Generell ist für Polyamid 612 eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Kraft- und Schmierstoffe, Fette, Öle und die meisten technischen Lösemittel gegeben. Bei polaren Lösemitteln kann es insbesondere bei erhöhter Temperatur zu reversiblen Quellungen kommen, mit denen in der Regel auch ein Abfall der Festigkeit verbunden ist (Weichmacher-Effekt). Nach der Verdunstung des Lösemittels werden praktisch die alten Eigenschaften wieder erreicht.

Flüssigkeiten mit einer besonders hohen Affinität zu den Carbonamid-Gruppen des Polyamids können bei erhöhter Temperatur als Lösemittel für PA 612 wirken, z.B. Phenole, Kresole, Benzylalkohol und bestimmte Chlorkohlenwasserstoffe.

Wegen der niedrigen Wasseraufnahme zeigen PA 612-Formmassen sehr gute Beständigkeit gegen wässrige Agenzien wie Laugen, Salzlösungen und Reinigungsmittel. Gegen wässrige Säuren ist – abhängig von Temperatur, Zeit und Konzentration – nur eine eingeschränkte Beständigkeit gegeben. Konzentrierte Säuren führen in der Regel zu einem mehr oder minder schnellen Abbau der Molmasse (Versprödung). Konzentrierte Schwefelsäure und Ameisensäure lösen PA 612.

2.7 Abriebverhalten

Polyamide zeichnen sich durch eine sehr hohe Abriebbeständigkeit aus. Diese kann nach DIN 53754 (Taber) oder DIN 53516 bestimmt werden. Die Prüfung erfolgt durch schmirgelnden Abrieb. Einige typische Werte sind in der Tabelle angegeben, aus der auch der Einfluss von Füll- bzw. Verstärkungsstoffen erkennbar wird. Für Lager- und Gleitteile ist weniger der Abrieb als der Gleitreibungskoeffizient von Bedeutung. Dieser liegt niedrig und ist vergleichbar mit PA 12. Wegen der guten Beständigkeit gegen Fette und Schmierstoffe bietet sich PA 612 zur Fertigung wartungsfreier Lager an.



Abrieb von PA 612-Formmassen

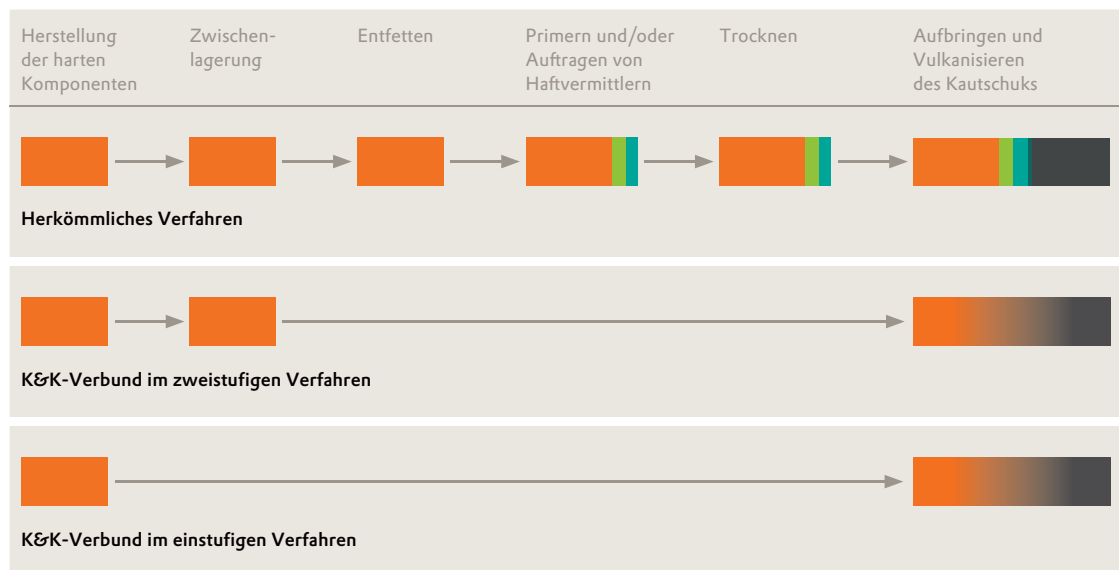
VESTAMID®	Modifizierung	Abrieb nach dem Reibradverfahren DIN 53754 (Taber) bei 23 °C [mg/100 Umdrehungen]
DX9300	–	15
DX9322	15 % Mahlglassfaser	7 - 8
DX9321, X7099	20 % Schnittglassfaser	10

3.0 Kunststoff-Kautschuk-Verbund ohne Haftvermittler

Einige der VESTAMID® D-Formmassen sind speziell für den Direktverbund mit ausgewählten x-NBR-, HNBR-, FPM-, AEM-, ACM-, VMQ- und EPDM-Kautschuken ausgerüstet. Hierzu werden nach dem von Evonik patentierten Kunststoff-Kautschuk-Verbundverfahren (K&K) in einer besonders wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Weise Formteile aus PA 612 ohne weitere Vorbehandlung und ohne Haftvermittler direkt mit dem Kautschuk überspritzt. Bei der anschließenden peroxidischen Vulkanisation entsteht ein dauerhafter chemischer Thermoplast-Elastomer-Verbund.

Außer der Produktgruppe VESTAMID® D stehen K&K-fähige Formmassen auf Basis PPE (VESTORAN®) und PPA (VESTAMID® HTplus) zur Verfügung. Das prinzipielle Verfahrensschema ist unten dargestellt. Weitere Informationen erhalten Sie durch die eigens für das Thema K&K-Verbund aufgelegte Broschüre „High Performance Polymers in Platic-Rubber Composites“ oder von unseren Mitarbeitern. Diese beraten Sie auch bei der Auswahl der geeigneten Verbundpartner. Wenden Sie sich bitte an die angegebenen Ansprechpartner.

Verfahrensschema für den Kunststoff-Kautschuk-Verbund



4.0 Vergleichstabellen der Formmassen

4.1 Ungefüllte PA 612-Formmassen

Eigenschaft	Prüfnorm	Einheit	VESTAMID®					
			D16		D18		D22	
			trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	
Physikalische, thermische und mechanische Eigenschaften sowie Brennbarkeit								
Dichte	23 °C	ISO 1183	g/cm ³	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Schmelztemperatur		ISO 11357						
Kristallitschmelzpunkt, 2. Aufheizen			°C	215	215	215	215	215
Formbeständigkeit in der Wärme ²⁾		ISO 75-1/-2						
Verfahren A	1,8 MPa		°C	65 (75)	55	60 (75)	55	60 (75)
Verfahren B	0,45 MPa		°C	150 (170)	150 (170)	140 (170)	140 (170)	140 (170)
Vicat Erweichungstemperatur		ISO 306						
Verfahren B	50 N		°C	180	180	180	180	180
Therm. Längenausdehnungskoeffizient	23-55 °C	ISO 11359	10 ⁻⁴ K ⁻¹	1,3	-	1,3	-	1,3
Brennbarkeit nach UL94		IEC 60695						
	1,6 mm			HB	HB	HB	HB	HB
	3,2 mm			HB	HB	HB	HB	HB
Wasseraufnahme	23 °C, Sättigung		%	2,6	-	2,7	-	2,7
	23 °C, 50 % r. F.	ISO 62	%	1,0	-	1,0	-	1,0
Verarbeitungsschwindigkeit		Prüfkörper 127x12,7x3,2 mm ³⁾						
	in Spritzrichtung	Verarbeitung	%	1,4	-	1,3	-	1,3
	senkrecht zur Spritzrichtung	nach ISO 1874-2	%	1,0	-	1,1	-	1,1
Zugversuch		ISO 527-2/1A						
Streckspannung			MPa	58	53	60	52	60
Streckdehnung			%	5	16	4	20	4
Bruchdehnung			%	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
Zug-Modul		ISO 527-2/1A	MPa	2200	1700	2200	1700	2200
CHARPY-Schlagzähigkeit ³⁾		ISO 179/1eU						
	23 °C		kJ/m ²	N	N	N	N	N
	-30 °C		kJ/m ²	N	N	N	N	N
CHARPY-Kerbschlagzähigkeit ³⁾		ISO 179/1eA						
	23 °C		kJ/m ²	5C	6C	6C	9C	7C
	-30 °C		kJ/m ²	6C	6C	6C	7C	7C
Elektrische Eigenschaften								
Dielektrizitätszahl		IEC 60250						
	100 Hz			3,8	4,5	3,8	-	3,8
	1 MHz			3,2	4,1	3,4	-	3,0
Dielektrischer Verlustfaktor		IEC 60250						
	100 Hz		10 ⁻⁴	240	590	260	-	230
	1 MHz		10 ⁻⁴	290	510	310	-	290
Elektrische Durchschlagfestigkeit	K20/P50	IEC 60243-1	kV/mm	28	27	28	-	27
Vergleichszahl der Kriechwegbildung	CTI	IEC 60112						
Prüflösung A	50-Tropfen-Wert			> 600	> 600	> 600	-	> 600
Spezifischer Durchgangswiderstand		IEC 60093	Ohm cm	10 ¹⁵	10 ¹⁴	-	-	10 ¹⁵
Elektrolytische Korrosion		IEC 60426	Stufe	A1	A1	A1	A1	A1

¹⁾ konditioniert bei 23 °C, 50% relativer Feuchte bis zur Gewichtskonstanz

²⁾ spritzfrisch gemessen; Werte in Klammern nach Temperung bei 180 °C/60 min

³⁾ N = Nicht-Bruch, P = Teilbruch, C = vollständiger Bruch einschließlich Scharnierbruch H

DX9300		DX9302 *)		D26		DX9304 *)		DX9305 *)		
konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾
1,06	1,06	1,06	1,02	1,02	1,06	1,06	1,04	-	1,06	-
215	215	215	215	215	215	215	213	-	213	-
55 140 (170)	65 (75) 155 (170)	55 155 (170)	50 140	- -	70 (75) 180 (190)	- -	50 (55) 170 (175)	- -	60 (70) 175 (185)	- -
180	180	180	110	110	185	-	175	-	185	-
-	1,3	-	1,7	-	1,5	-	1,5	-	1,4	-
HB HB	HB HB	HB HB	HB HB	- -	HB HB	- -	HB HB	- -	HB HB	- -
-	2,6	-	2,2	-	2,7	-	2,7	-	2,7	-
-	1,0	-	0,5	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-
-	1,1	-	1,9	-	**) 1,6	-	**) 2,2	-	**) 1,8	-
-	1,5	-	1,4	-	1,5	-	1,4	-	1,2	-
49 20 > 50	59 5 > 50	52 20 > 50	30 15 > 50	26 23 > 50	60 4,2 > 50	49 4,4 > 50	50 5,0 > 50	41 20 > 50	60 4,3 > 50	49 18 > 50
1700	2100	1700	1150	850	2200	1700	1800	1200	2250	1500
N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N
10C 6C	6C 6C	8C 6C	90P 19C	100P 17P	8C 7C	9C 7C	50P 30C	95P 18C	6C 6C	10C 7C
5,0 3,7	4,0 2,9	- -	3,8 3,0	- -	4,4 3,2	- -	4,1 3,2	- -	4,3 3,3	- -
650 550	440 330	- -	470 370	- -	590 380	- -	560 310	- -	550 320	- -
27	29	-	41	-	22	-	24	-	23	-
> 600	> 600	-	> 600	-	> 600	-	> 600	-	> 600	-
10 ¹⁴	10 ¹⁴	-	10 ¹⁴	-	10 ¹⁴	-	10 ¹³	-	10 ¹³	-
A1	A1	A1	AN 1,2	-	AN 1,2	-	AN 1,2	-	AN 1,2	-

*) derzeit nur in schwarz verfügbar

**) gemessen an Probekörper 60x60x2 mm, ISO 294-4

4.2 Gefüllte und verstärkte PA 612-Formmassen

Eigenschaft	Prüfnorm	Einheit	VESTAMID®					
			DX9322*) (15% Mahlglassfasern)		X7099*) (20% Glasfasern)		DX9321*) (20% Glasf)	
mit Füll-/Verstärkungsstoff			trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾	trocken/ spritzfrisch	konditioniert ¹⁾
nach Vorbehandlung								
Physikalische, thermische und mechanische Eigenschaften sowie Brennbarkeit								
Dichte	23 °C	ISO 1183	g/cm ³	1,17	1,17	1,20	1,20	1,19
Schmelztemperatur: Kristallitschmelzpunkt, 2. Aufheizen		ISO 11357	°C	215	215	215	215	215
Formbeständigkeit in der Wärme		ISO 75-1/-2						
Verfahren A	1,8 MPa		°C	114	114	190	190	189
Verfahren B	0,45 MPa		°C	186	186	210	210	208
Vicat Erweichungstemperatur, Verfahren B	50 N	ISO 306	°C	194	193	205	205	207
Therm. Längenausdehnungskoeffizient 23-55 °C		ISO 11359						
	längs		10 ⁻⁴ K ⁻¹	1,0	-	0,5	-	0,5
	quer		10 ⁻⁴ K ⁻¹	0,6	-	0,7	-	0,7
Brennbarkeit nach UL94		IEC 60695						
	1,6 mm			HB	HB	HB	HB	HB
	3,2 mm			-	-	HB	-	-
Wasseraufnahme	23 °C, Sättigung	ISO 62	%	2,4	-	2,0	-	2,0
	23 °C, 50 % r. F.		%	0,9	-	0,8	-	0,8
Verarbeitungsschwindung		Prüfkörper 127x12,7x3,2 mm Verarbeitung nach ISO 1874-2						
	in Spritzrichtung		%	1,9	-	0,6	-	0,7
	senkrecht zur Spritzrichtung		%	0,9	-	1,1	-	0,9
Zugversuch		ISO 527-2/1A						
Streckspannung			MPa	63	53	-	-	-
Streckdehnung			%	8	12	-	-	-
Bruchspannung			MPa	59	47	118	-	115
Bruchdehnung			%	18	23	5	-	5
Zug-Modul		ISO 527-2/1A	MPa	3150	2650	5600	-	5700
CHARPY-Schlagzähigkeit ²⁾		ISO 179/1eU						
	23 °C		kJ/m ²	46C	96C	80C		93C
	-30 °C		kJ/m ²	43C	48C	60C		106C
CHARPY-Kerbschlagzähigkeit ²⁾		ISO 179/1eA						
	23 °C		kJ/m ²	4C	5C	10C		18C
	-30 °C		kJ/m ²	3C	3C	7C		11C
Elektrische Eigenschaften								
Dielektrizitätszahl		IEC 60250						
	100 Hz			4,3	-	4,4	-	4,4
	1 MHz			3,1	-	3,9	-	3,1
Dielektrischer Verlustfaktor		IEC 60250						
	100 Hz		10 ⁻⁴	430	-	650	-	500
	1 MHz		10 ⁻⁴	493	-	430	-	470
Elektrische Durchschlagfestigkeit	K20/P50	IEC 60243-1	kV/mm	-	-	38	-	-
Vergleichszahl der Kriechwegbildung, Prüflösung A	CTI	IEC 60112						
	50-Tropfen-Wert			> 600	-	-	-	> 600
	100-Tropfen-Wert			575	-	-	-	600
Spezifischer Durchgangswiderstand		IEC 60093	Ohm cm	10 ¹⁴	-	10 ¹⁴	-	10 ¹⁴

¹⁾ konditioniert bei 23 °C/50 % relativer Feuchte bis zur Gewichtskonstanz

²⁾ C = vollständiger Bruch einschließlich Scharnierbruch H

asern)		DX9323*) (35% Glasfasern)		DX9325*) (40% Glasfasern)	
konditioniert ¹⁾		trocken/ spritzfrisch		trocken/ spritzfrisch	
1,19	1,33	1,33	1,37		
215	215	215	212		
189	196	196	195		
208	213	213	210		
207	209	209	-		
-	0,5	-	0,5		
-	0,8	-	-		
HB	HB	HB	HB		
-	HB	HB	HB		
-	1,9	-	1,9		
-	0,8	-	0,8		
-	0,4	-	0,23		
-	1,0	-	0,8		
90	-	-	-		
5	-	-	-		
86	148	126	150		
10	5	5	4		
4700	8900	7400	9400		
93C	90C	86C	100C		
102C	105C	97C	104C		
19C	22C	21C	22C		
11C	15C	14C	16C		
-	4,8	-	-		
-	3,6	-	-		
-	610	-	-		
-	320	-	-		
-	39	-	-		
-	> 600	-	-		
-	575	-	-		
-	10 ¹⁴	-	-		

*) derzeit nur in schwarz verfügbar

Ihre technischen Ansprechpartner:

Frank Lorenz (Automotive, K&K)
frank.lorenz@evonik.com

Paul-Ludwig Waterkamp (Filamente)
paul-l.waterkamp@evonik.com

Unsere Informationen entsprechen unseren heutigen Kenntnissen und Erfahrungen nach unserem besten Wissen. Wir geben sie jedoch ohne Verbindlichkeit weiter. Änderungen im Rahmen des technischen Fortschritts und der betrieblichen Weiterentwicklung bleiben vorbehalten. Unsere Informationen beschreiben lediglich die Beschaffenheit unserer Produkte und Leistungen und stellen keine Garantien dar. Der Abnehmer ist von einer sorgfältigen Prüfung der Funktionen bzw. Anwendungsmöglichkeiten der Produkte durch dafür qualifiziertes Personal nicht befreit. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von Schutzrechten Dritter. Die Erwähnung von Handelsnamen anderer Unternehmen ist keine Empfehlung und schließt die Verwendung anderer gleichartiger Produkte nicht aus.
* = eingetragene Marke



Evonik Industries AG
High Performance Polymers
45764 Marl
Deutschland

TELEFON +49 2365 49-9878
evonik-hp@evonik.com
www.vestamid.de
www.evonik.com

Evonik. Kraft für Neues.