

VICTREX™ PEEK MATERIALEIGENSCHAFTEN

# VICTREX™ PEEK

DIE GRUNDLAGE DER VICTREX-INNOVATIONEN



## Inhaltsverzeichnis

Einleitung	
<b>Mechanische Eigenschaften</b>	<b>2</b>
Eigenschaften unter Kurzzeit-Zugbelastung	2
Eigenschaften unter Biegebelastung	3
Eigenschaften unter Druckbelastung	3
Eigenschaften unter Langzeit-Zugbelastung	3
Ermüdungsfestigkeit	4
Schlagzähigkeit	4
<b>Thermische Eigenschaften</b>	<b>5</b>
Formbeständigkeit in der Wärme	6
Relativer Temperaturindex	6
Thermische Alterung	6
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	7
Thermische Zersetzung	7
<b>Fließeigenschaften</b>	<b>8</b>
<b>Brandverhalten</b>	<b>9</b>
Entflammbarkeit	9
Brennbarkeit	9
Rauchgasdichte	9
Toxizität und Korrosivität der Brandgase	9
<b>Elektrische Eigenschaften</b>	<b>10</b>
Spezifischer Durchgangswiderstand	10
Oberflächenwiderstand	10
Dielektrische Eigenschaften	10
Elektrostatisch Dissipative Eigenschaften	12
<b>Tribologie</b>	<b>13</b>
Reibung und Verschleiß	13
Block-auf-Ring	13
Anlaufscheiben	14
Grenzwert $L_{pv}$	15
<b>Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse</b>	<b>16</b>
Hydrolysebeständigkeit	16
Barriereigenschaften	16
Chemikalienbeständigkeit	17
Strahlungsbeständigkeit	18
Ausgasungsverhalten	18
<b>Zulassungen und Spezifikationen</b>	<b>19</b>
<b>Eigenschaften im Überblick</b>	<b>20</b>

Victrex Polymer Solutions, ein Unternehmen der Victrex plc, ist weltweit führender Hersteller von Polyaryletherketonen (PAEK), zu denen auch das VICTREX™ PEEK Polymer zählt. Mit einer über 30-jährigen Erfahrung im Bereich der Hochleistungs-thermoplaste bietet Victrex das bislang umfangreichste Produktportfolio dieser Art. In über 30 Ländern weltweit arbeiten global tätige Abteilungen für Marktentwicklung, Vertrieb und technischen Support eng mit den Kunden zusammen und leisten Hilfestellung bei der Verarbeitung, Konstruktion und Anwendungsentwicklung in zahlreichen Industriezweigen, von Luftfahrt, Automobil und Elektronik über Energie und Halbleiter bis hin zur Medizintechnik. So können Kosten deutlich gesenkt, noch höhere Leistungen erzielt und innovative Produkte entwickelt werden.

VICTREX PEEK Polymer bietet überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit über einen weiten Temperaturbereich unter extremen Einsatzbedingungen. Es handelt sich um ein lineares, aromatisches, teilkristallines Polymer und gehört zu den weltweit leistungsfähigsten thermoplastischen Materialien mit einer einzigartigen Kombination ausgezeichneter Eigenschaften.

Mit VICTREX™ HT™ und VICTREX™ ST™ sind neben VICTREX PEEK Polymer zwei weitere PAEK Polymere im Angebot, deren mechanische Leistung auch bei steigenden Temperaturen in noch widrigeren Umgebungen aufrechterhalten wird.

Dort wo Einsatzbereiche eine Kombination von drei oder mehr Leistungsmerkmalen verlangen, überzeugt unsere PAEK Polymerreihe im Vergleich zu anderen auf dem Markt verfügbaren Produkten mit hervorragenden Materialvorteilen und unvergleichlicher Vielfaltigkeit. Durch die außergewöhnliche Kombination hervorragender Eigenschaften bestehen unsere Materialien unter unterschiedlichsten Betriebsbedingungen und in verschiedenartigsten Einsatzbereichen.

## Warum VICTREX PAEK?

- Einzigartige Kombination von Eigenschaften
- Umfangreiches Produktsortiment
- Thermoplastische Verarbeitbarkeit auf konventionellen Anlagen
- Konform mit globalen Richtlinien und Vorschriften
- Gleichbleibend hohe Produktqualität
- Liefersicherheit
- Globale Kundenbetreuung durch technisches Expertenteam

### Hochtemperatureigenschaften

Ausgezeichnete Hochtemperatureigenschaften mit Glasübergangstemperaturen von 143°C - 162°C und Schmelztemperaturen von 343°C - 387°C.

### Mechanische Festigkeit und Formstabilität

Ausgezeichnete Festigkeit, Steifigkeit, Kriecheigenschaften und Ermüdungsfestigkeit.

### Verschleißigenschaften

Hohe Abrieb- und Kerbfestigkeit in Kombination mit einem geringen Reibungskoeffizienten.

### Chemikalienbeständigkeit

Resistent gegen viele verschiedene Säuren, Basen, Kohlenwasserstoffe und organische Lösungsmittel.

### Hydrolysebeständigkeit

Geringe Feuchtigkeitsaufnahme; beständig in Dampf- und Salzwasser mit geringer Permeabilität.

### Elektrische Eigenschaften

Die elektrischen Eigenschaften bleiben über einen weiten Frequenz- und Temperaturbereich erhalten.

### Geringe Rauchgastoxizität und Rauchgasdichte

Inhärent flammwidrig ohne Zusätze. Geringe Toxizität der Verbrennungsgase.

### Reinheit

Außergewöhnlich geringe Mengen extrahierbarer Bestandteile und exzellente Ausgasungseigenschaften.

### Umweltfreundlich

Geringes spezifisches Gewicht, komplett recyclebar, halogenfrei und RoHS-konform.

### Leichte Verarbeitung

Einer der leistungsfähigsten Kunststoffe, der sich mit konventionellen thermoplastischen Verfahren verarbeiten lässt.

### VICTREX™ PEEK Polymer

Die umfangreichste Produktpalette an Polyaryletherketonen, einschließlich VICTREX™ PEEK Polymer. Victrex-Produkte sind in breiten Temperaturbereichen und unter extremen Einsatzbedingungen überdurchschnittlich leistungsfähig.

### APTIV™ Folie

Victrex APTIV™ Folie bietet alle Leistungseigenschaften des VICTREX™ PEEK Polymers in einem flexiblen Format und gilt als die vielseitigste und leistungsfähigste thermoplastische Folie, die derzeit erhältlich ist.

### VICOTE™ Beschichtung

Umweltfreundliche VICOTE™ Beschichtungen in Pulver- oder Dispersionsform bieten eine hohe Temperaturbeständigkeit, hervorragende Kratz- und Verschleißfestigkeit sowie hohe Festigkeit und Haltbarkeit.

Victrex-Polymere werden mit verschiedenen Schmelzviskositäten je nach thermoplastischer Prozessanforderung angeboten: Die Schmelzviskosität erhöht sich vom leicht fließenden PEEK 90 Polymer über die Standardviskosität PEEK 450 Polymers bis hin zum hoch duktilen PEEK 650 Polymer. Die Produkte werden

zu ungefülltem Granulat schmelzefiltrierte, zu feinem Pulver gemahlen bzw. mit verschiedenen Füllstoffen compoundingiert. Sie werden aber auch als Endprodukt in Form von Fasern, Folien, Rohren oder Beschichtungen angeboten. Tabelle 1 bietet einen Überblick über das Victrex Produktportfolio.

**Tabelle 1: Produkte können schmelzefiltrierte für ungefüllte Granulate, gemahlen als Feinpulver oder mit verschiedenen Füllstoffen compoundingiert werden.**

VICTREX™ PEEK Polymere				
Schmelzviskosität- Polymer	90	150	450	650
Ungefülltes Grobpulver	90P	150P	450P	650P
Ungefülltes Feinpulver		150PF	450PF	650PF
		150XF		
		150UF10		
Ungefülltes Granulat	90G	150G / 150G903BLK	450G / 450G903BLK	650G
Glasfasergefüllt	90GL30	150GL15	450GL15	
	90GL60	150GL20	450GL20	
		150GL30 / 150GL30BLK	450GL30 / 450GL30BLK	
Kohlenstofffasergefüllt	90CA30	150CA30	450CA20	
	90HMF20		450CA30	650CA30
	90HMF40		450CA40	
Verschleißtypen		150FC30	450FC30	
		150FW30	450FE20	
VICTREX HT™ Polymere		VICTREX ST™ Polymere		
Ungefülltes Grobpulver	HT P22 / P45		ST P45	
Ungefülltes Feinpulver	HT P22PF / P45PF			
Ungefülltes Granulat	HT G22 / G45		ST G45	
Glasfasergefüllt	HT 22GL30		ST 45GL30	
Kohlenstofffasergefüllt	HT 22CA30		ST 45CA30	
VICTREX™ Spezialitäten				
Feinfiltriertes Granulat	151G / 381G		Ungefülltes VICTREX PEEK für extreme Anforderungen bzgl. Reinheit (Faserspinnen, Kabel-Ummantelung)	
Premium Verschleißtypen	VICTREX WG™ Polymer WG101, WG102		Übertreffen Standard-Verschleißtypen bei hohen Geschwindigkeiten und hohen Drücken	
Elektrostatisch dissipativ	VICTREX™ PEEK-ESD™ Polymer ESD101		Für eng tolerierten Widerstandsbereich	

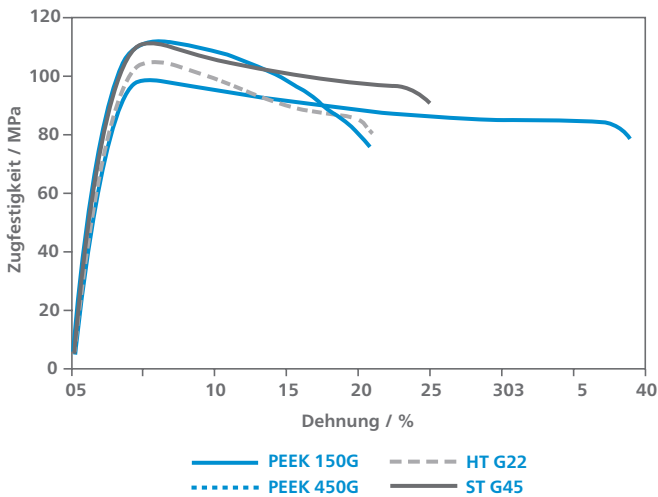
# MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Victrex-Polymere werden weltweit als die leistungsfähigsten thermoplastischen Kunststoffe angesehen, die ihre sehr guten mechanischen Eigenschaften über einen breiten Temperaturbereich und unter extremen Umgebungsbedingungen beibehalten.

## EIGENSCHAFTEN UNTER KURZZEIT-ZUGBELASTUNG

Die Eigenschaften der Victrex Produkte unter Zugbelastung übersteigen die der meisten technischen Thermoplaste. Das Spannungs-Dehnungsverhalten wurde nach ISO 527 bestimmt und wird für ungefüllte Produkte in Abbildung 1 veranschaulicht. Sie zeigen duktiles Werkstoffverhalten mit einer Streckgrenze von ca. 5 % und einer Zugfestigkeit von 100 MPa und höher.

Abbildung 1: Typische Spannungs-Dehnungs-Kurven für ungefüllte Victrex-Polymere



Die Zugabe von Verstärkungsstoffen oder Gleitadditiven erhöht Festigkeit und Steifigkeit wie in Abbildung 2 ersichtlich. Verstärkte Compounds weisen typischerweise keine Streckgrenze auf und zeigen eher sprödes Werkstoffverhalten. Zugmodul, Festigkeit und Dehnung sind je nach Füllstoffart und -menge höchst unterschiedlich.

Abbildung 2: Typische Spannungs-Dehnungs-Kurven für PEEK-Compounds (unverstärktes PEEK 450G als Vergleich)

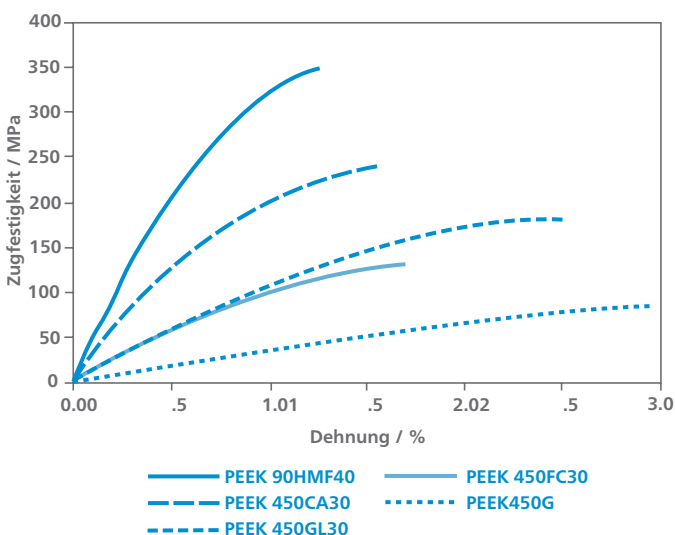
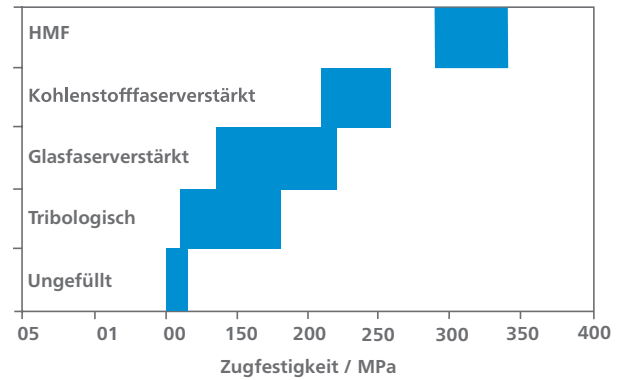


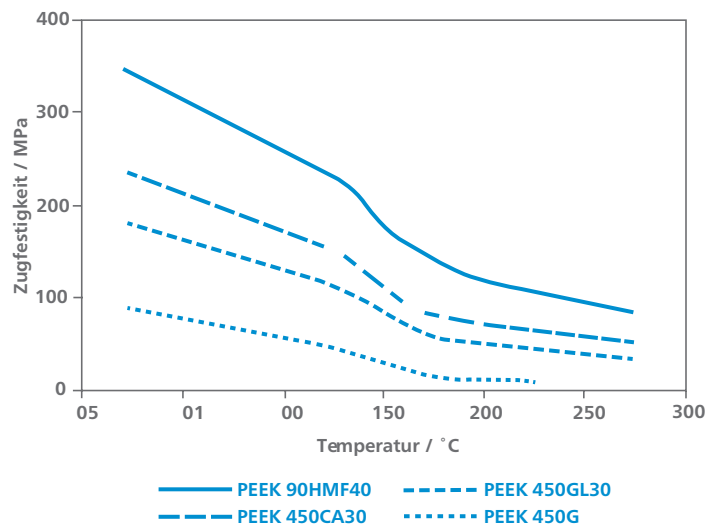
Abbildung 3 fasst Bereiche der Zugfestigkeit für ungefüllte, glas- und kohlenstoffasergefüllte Produkte sowie für tribologische Compounds zusammen.

Abbildung 3: Zugfestigkeits-Bereiche von Victrex Produkten



Victrex-Produkte werden für Strukturbauteile benutzt, die hohe Umgebungstemperaturen erfahren oder solchen dauerhaft ausgesetzt werden. Abbildung 4 zeigt den Verlauf der Zugfestigkeit als Funktion der Temperatur und verdeutlicht, dass die sehr guten mechanischen Eigenschaften der verschiedenen Victrex-Produkte auch über einen breiten Temperaturbereich erhalten bleiben.

Abbildung 4: Zugfestigkeit verschiedener Victrex-Produkte als Funktion der Temperatur

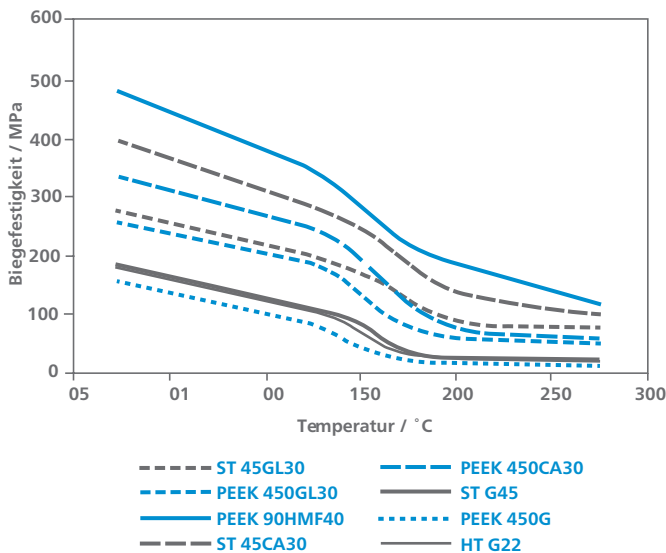


## EIGENSCHAFTEN UNTER BIEGEBELASTUNG

Victrex-Produkte weisen außerordentliche Eigenschaften unter Biegebelastung über einen großen Temperaturbereich auf. Die Biegefestigkeit wurde gemäß ISO 178 bestimmt und wird als Funktion der Temperatur in Abbildung 5 veranschaulicht.

Wie bei allen teilkristallinen Kunststoffen hängt die Biegefestigkeit der Victrex-Polymere von der Temperatur ab, wobei beim Überschreiten der Glasübergangstemperatur ( $T_g$ ) ein ausgeprägter Abfall erkennbar ist. Dennoch können für verstärkte Produkte bei Temperaturen oberhalb  $T_g$  Werte von mehr als 200 MPa Biegefestigkeit erreicht werden. Die Verbesserung der Festigkeiten zwischen den Polymeren in diesem Diagramm lässt sich durch die Erhöhung der  $T_g$  von PEEK über HT zu ST erklären.

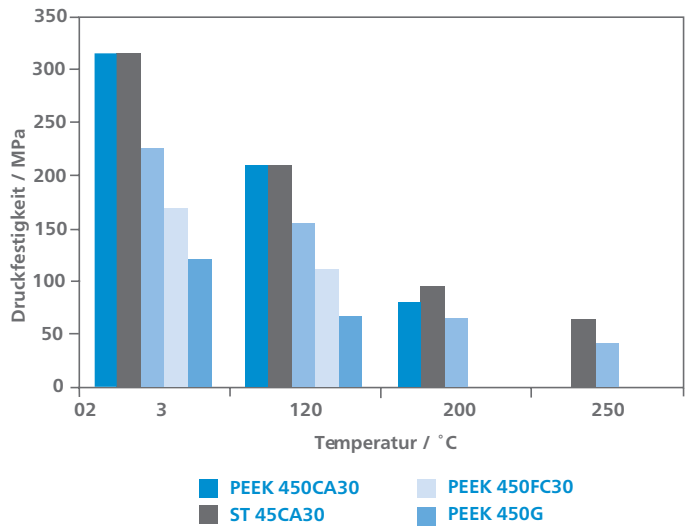
Abbildung 5: Biegefestigkeit als Funktion der Temperatur verschiedener Victrex-Produkte



## EIGENSCHAFTEN UNTER DRUCKBELASTUNG

Die Druckfestigkeit wurde gemäß ISO 604 bei Temperaturen bis zu 250°C untersucht und ist in Abbildung 6 für verschiedene Victrex-Produkte dargestellt. In der Darstellung werden Typen aufgeführt, die häufig in Gleit-Reibe-Anwendungen ihren Einsatz finden oder andererseits hohen Druckbelastungen ausgesetzt sind; unverstärktes PEEK 450G dient als Referenz.

Abbildung 6: Druckfestigkeit verschiedener Victrex-Produkte bei unterschiedlichen Temperaturen

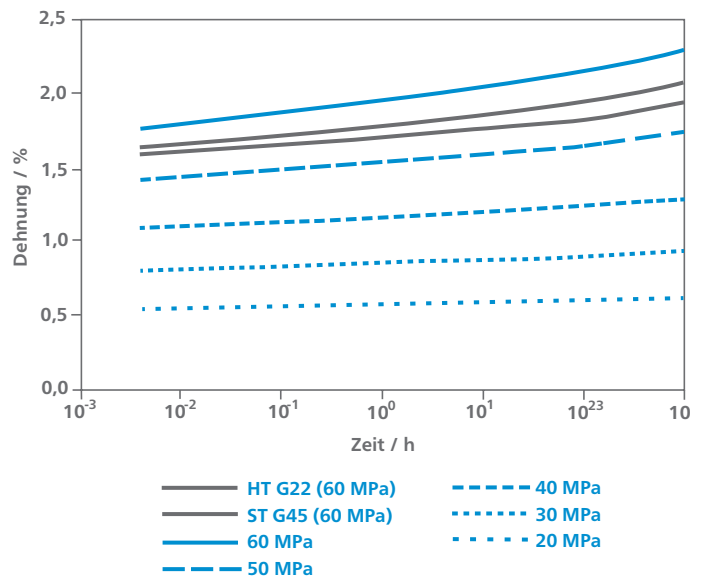


## EIGENSCHAFTEN UNTER LANGZEIT-ZUGBELASTUNG

Victrex-Produkte verfügen über ausgezeichnete Eigenschaften unter langzeitiger mechanischer Belastung und können während ihrer Betriebsdauer großen Spannungen standhalten. Unter Kriechen versteht man die zeitabhängige Deformation eines Probekörpers unter konstanter Spannung. Die hier diskutierten Dehnkriecheigenschaften wurden gemäß ISO 899 bei 23°C über einen Zeitraum von 1000 Stunden bestimmt.

Ergebnisse der Kriechexperimente für PEEK 450G bei 23°C werden in Abbildung 7 für verschiedene konstante Spannungen zwischen 20 MPa und 60 MPa veranschaulicht. VICTREX HT und ST werden bei 60 MPa für Vergleichszwecke gezeigt. Die unmittelbare Deformation (nach kurzen Belastungszeiten) korreliert zum Spannungs-Dehnungsverhalten aus dem Zugversuch. Entsprechend ist das Anfangsniveau der Kriechkurven mit zunehmender Belastung bei höherer Dehnung. Im Vergleich zu PEEK 450G bei 60 MPa weisen VICTREX HT und ST ein leicht geringeres Kriechen bei gleicher Spannung auf.

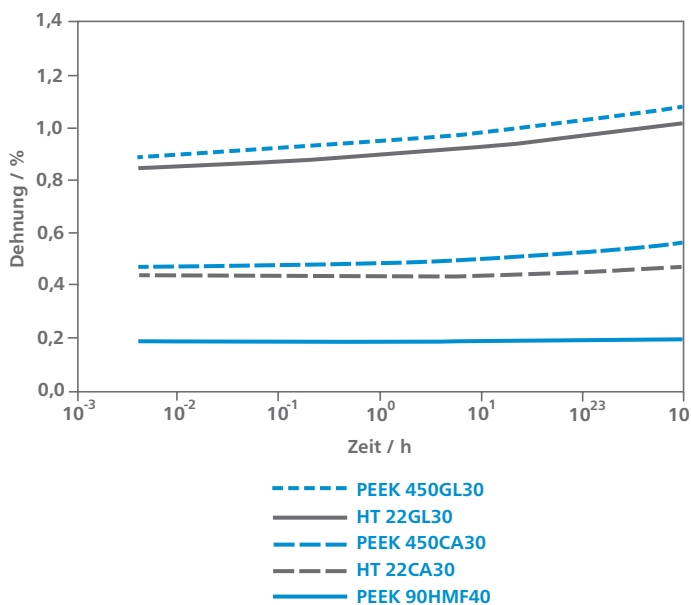
Abbildung 7: Dehnung bei konstanter Belastung von PEEK 450G, HT und ST bei 23°C



Werden dem ungefüllten Polymer Verstärkungsfasern zugegeben, so verbessern sich mechanische Eigenschaften wie Festigkeit und Steifigkeit, und somit auch die Kriecheneigenschaft. Das Ausmaß der Änderung ist abhängig von Art und Menge des Füllstoffs. Die hohe Festigkeit und Steifigkeit der PEEK und HT Compounds wird auch im Dehnkriechen reflektiert, das in Abbildung 8 bei 23°C unter konstanter Spannung von 90MPa vergleichend dargestellt wird.

PEEK 90HMF40 weist die höchsten Festigkeits- und Steifigkeitswerte aller Victrex-Produkte auf und zeigt auch die geringste Kriechneigung. Die Kriechkurven von PEEK 450CA30 und 450GL30 sind zu höheren Dehnungswerten verschoben und zeigen eine etwas höhere Zeitabhängigkeit als PEEK 90HMF40 bei 90 MPa. Compounds auf Basis VICTREX HT verfügen über eine etwas geringere Kriechneigung als die äquivalenten PEEK-Compounds.

**Abbildung 8: Dehnung von PEEK und HT-Compounds bei 23°C und konstanter Spannung von 90 MPa**

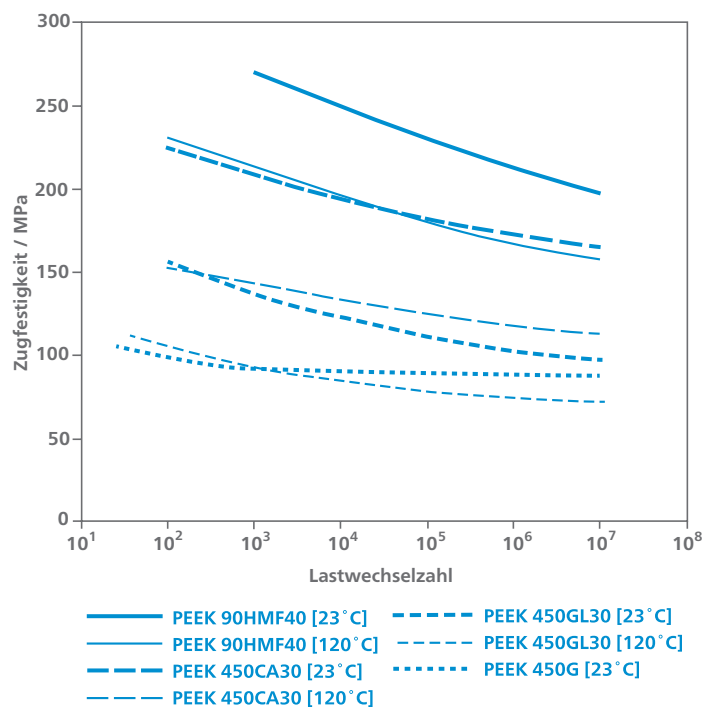


## ERMÜDUNGSFESTIGKEIT

Ermüdung eines Materials kann als Verringerung der mechanischen Festigkeit unter einer andauernden zyklischen Belastung definiert werden. Zur Charakterisierung der Ermüdungseigenschaften wurden ISO-Zugstäbe einer Sinusschwingung von 5 Hz unter einer Belastung zwischen 10 und 100% definierter Kräfte ausgesetzt.

Abbildung 9 zeigt die ausgezeichneten Ermüdungseigenschaften bei 23°C und 120°C für verschiedene Victrex-Produkte. PEEK 450G weist eine sehr hohe Festigkeit auch bei hohen Lastspielzahlen auf. Füllstoffe erhöhen die Ermüdungsfestigkeit der PEEK-Compounds deutlich.

**Abbildung 9: Ermüdungsfestigkeit verschiedener Victrex-Produkte bei 5Hz, 23°C und 120°C**



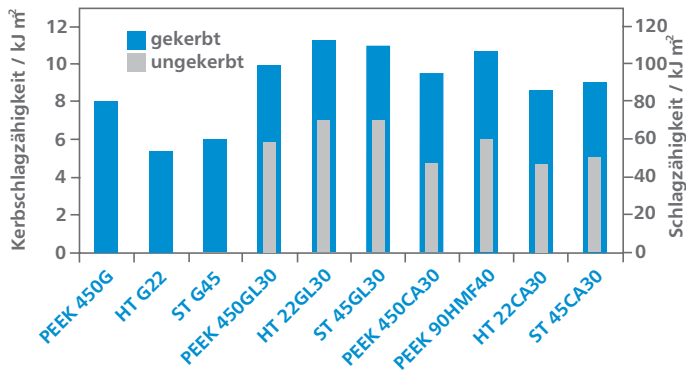
## SCHLAGZÄHIGKEIT

Versuche mit Schlagbeanspruchung dienen der Beurteilung der Werkstoff-Zähigkeit unter spezifischen Bedingungen. Es gibt viele verschiedene Prüfmethode, wie z.B. Pendelversuche mit niedriger kinetischer Energie und verschiedenen Pendelgeometrien, und Untersuchungen mit hoher Energie mit Fallgewichten.

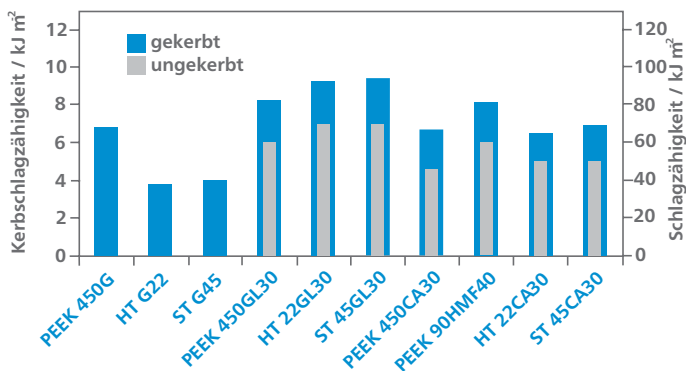
Bei der Pendelgeometrie kann zwischen der einseitig eingespannten Izod- (ISO 180) oder der 3-Punkte-Biegeanordnung nach Charpy (ISO 179) differenziert werden; in beiden Fällen können gekerbte oder ungekerbte Probekörper untersucht werden.

In Abbildung 10 und 11 sind Schlag- und Kerbschlagzähigkeit verschiedener Victrex-Produkte nach Izod und Charpy, mit Schlag auf die Schmalseite, dargestellt. Ungefüllte Victrex-Produkte sind sehr zäh und brechen weder in der Izod- noch der Charpy-Anordnung in ungekerbter Form. Die Zugabe von Füllstoffen erhöht die Kerbschlagzähigkeit.

**Abbildung 10: Schlag- und Kerbschlagzähigkeit verschiedener Victrex-Produkte nach Izod bei 23°C**

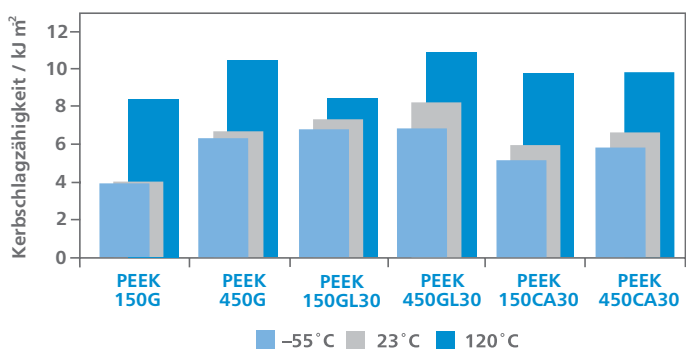


**Abbildung 11: Schlag- und Kerbschlagzähigkeit verschiedener Victrex-Produkte nach Charpy bei 23°C**



Die Schlagzähigkeit ist von der Temperatur abhängig wie Abbildung 12 für verschiedene Victrex-Produkte verdeutlicht. Bei einem Temperaturanstieg von -55°C auf +120°C nimmt die Zähigkeit zu.

**Abbildung 12: Kerbschlagzähigkeit nach Charpy verschiedener Victrex-Produkte bei 3 Temperaturen**

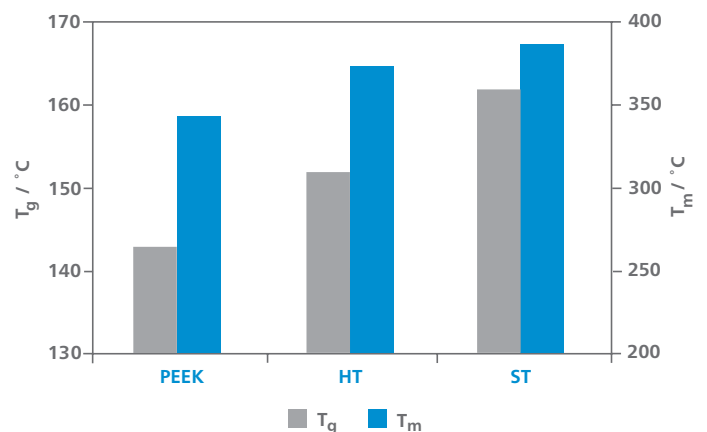


VICTREX™ PEEK Polymer für Fahrwerkradkappen von Flugzeugen hält dem Aufprall von umherfliegenden Teilen stand und bietet ausgezeichnete Widerstandsfähigkeit gegen widrige Umwelteinflüsse.

## THERMISCHE EIGENSCHAFTEN

Victrex-Polymere haben eine Glasübergangs- ( $T_g$ ) und Kristallitschmelztemperatur ( $T_m$ ) wie in Abbildung 13 dargestellt. Der teilkristalline Charakter dieser Kunststoffe erlaubt, dass sie bis in die Nähe des Schmelzpunktes belastbar sind.

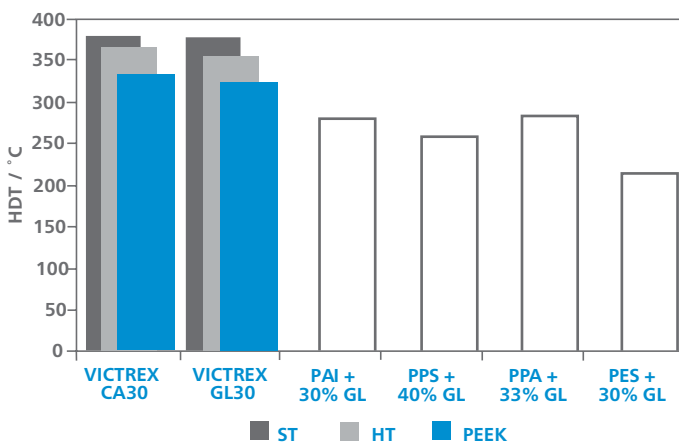
**Abbildung 13: Glasübergangs- ( $T_g$ ) und Kristallitschmelztemperatur ( $T_m$ ) der Victrex-Polymere (DSC nach ISO 11357)**



## FORMBESTÄNDIGKEIT IN DER WÄRME

Der Einfluss kurzzeitiger Temperatureinwirkung kann durch die Wärmeformbeständigkeit (HDT, ISO 75) charakterisiert werden. Hierbei wird ein Probkörper unter definierter Belastung (1,8 MPa) mit einer bestimmten Aufheizgeschwindigkeit erwärmt und die Deformation gemessen. Als Formbeständigkeitstemperatur HDT wird diejenige Temperatur bezeichnet, bei der eine definierte Deformation erreicht wird. Victrex-Produkte weisen eine ausgezeichnete Steifigkeit bei hohen Temperaturen auf und zeichnen sich entsprechend durch hohe HDT-Werte im Vergleich mit anderen Hochleistungskunststoffen aus.

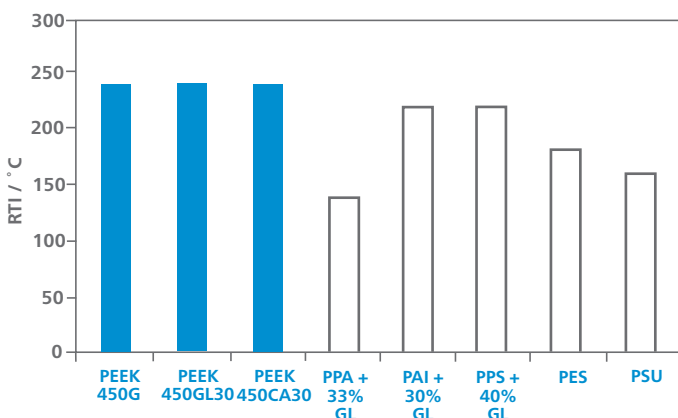
**Abbildung 14: Wärmeformbeständigkeit HDT (1,8 MPa) für einige Victrex-Produkte und andere Hochleistungskunststoffe**



## RELATIVER TEMPERATURINDEX

Die Kombination langer Verweilzeiten mit hohen Temperaturen verursacht bei Kunststoffen einen thermisch-oxidativen Abbau. Dieser Effekt lässt sich durch den relativen Temperaturindex (RTI) charakterisieren, der nach Underwriters Laboratories (UL746B) ermittelt wird. Bei diesem Test wird die Temperatur ermittelt, bei welcher 50% einer bestimmten Materialeigenschaft im Vergleich zu einem Referenzmaterial beibehalten wird, dessen RTI bereits bekannt ist (RTI entspricht typischerweise einem extrapolierten Wert zwischen 60.000 und 100.000 Stunden). Die UL RTI-Klassifizierung für Victrex-Produkte im Vergleich zu anderen Hochleistungskunststoffen wird in Abbildung 15 dargestellt.

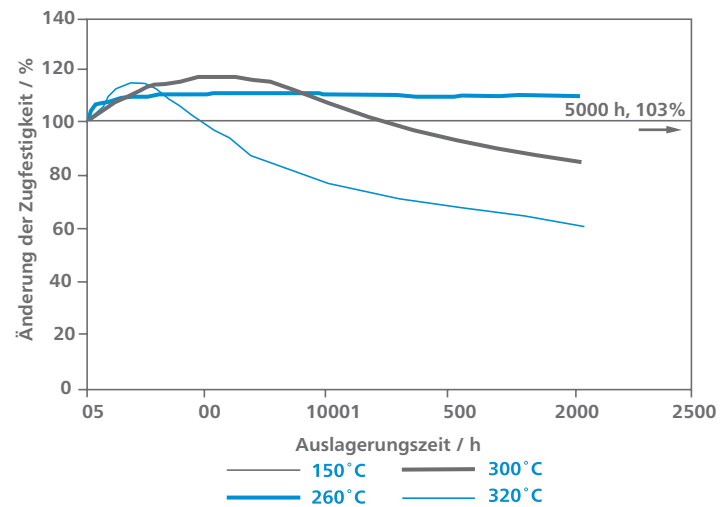
**Abbildung 15: Relativer Temperaturindex (RTI) für verschiedene Hochleistungskunststoffe – Zugversuch**



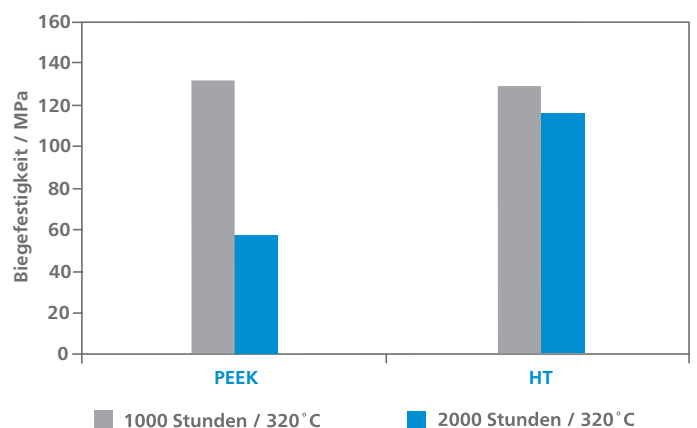
## THERMISCHE ALTERUNG

Die hervorragende Alterungs-Beständigkeit in Luft von unverstärktem PEEK wurde über die Zugfestigkeit bei verschiedenen hohen Temperaturen in Abhängigkeit von der Auslagerungszeit bewertet; Resultate sind in Abbildungen 16 und 17 dargestellt. Der anfängliche in Abbildung 16 beobachtete Anstieg der Zugfestigkeit ist das Resultat fortschreitender Kristallisation während der Auslagerung. Der darauf folgende allmähliche Rückgang in der Zugfestigkeit ist auf den kongruierenden thermisch-oxidativen Abbau zurückzuführen.

**Abbildung 16: Änderung der Zugfestigkeit von unverstärktem PEEK in Abhängigkeit von der Auslagerungszeit bei hohen Temperaturen**



**Abbildung 17: Biegefestigkeit von unverstärktem PEEK und HT nach thermischer Alterung**

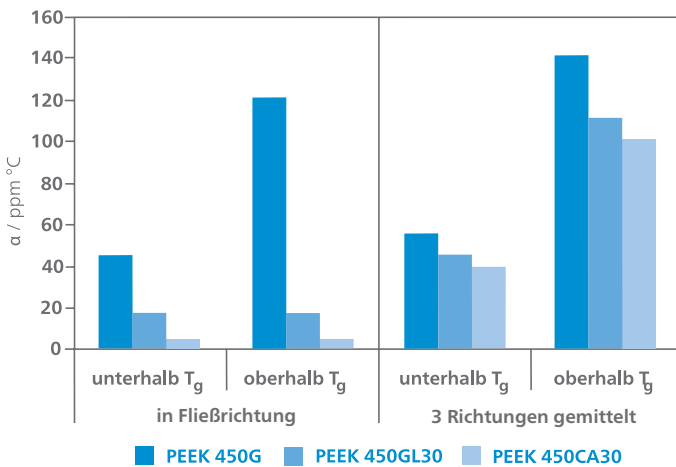




## LINEARER WÄRMEAUSSDEHNUNGSKOEFFIZIENT

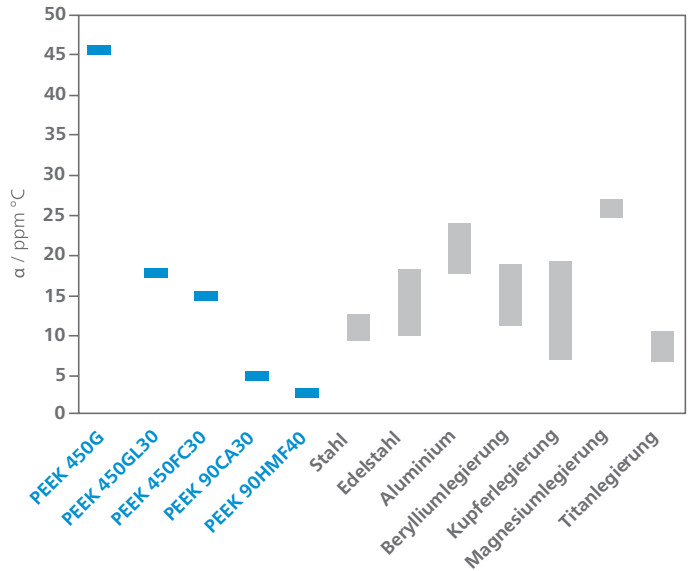
Der lineare Ausdehnungskoeffizient ( $\alpha$ ) wurde nach ISO 11359 in allen 3 Koordinatenachsen gemessen, um auch anisotrope Effekte gefüllter Produkte zu charakterisieren. Abbildung 18 zeigt die thermische Ausdehnung von 3 Standard PEEK-Produkten einmal nur in Fließrichtung, und einmal über die 3 Koordinaten gemittelt. Unverstärktes PEEK 450G verhält sich nahezu isotrop, während sich glas- und kohlenstofffaserverstärkte Produkte mit kleinerer Ausdehnung in als auch quer zur Fließrichtung anisotrop verhalten. Ferner ist der Ausdehnungskoeffizient bei Temperaturen oberhalb  $T_g$  größer als unterhalb  $T_g$ ; dieser Temperatureinfluss auf  $\alpha$  ist insbesondere in Fließrichtung für faserverstärkte Produkte kleiner als für unverstärktes PEEK.

Abbildung 18: Linearer Ausdehnungskoeffizient ( $\alpha$ ) für einige Standard PEEK-Produkte unterhalb und oberhalb  $T_g$



Der Ausdehnungskoeffizient ( $\alpha$ ) verschiedener Victrex-Produkte unterhalb  $T_g$  und in Fließrichtung bestimmt wird in Abbildung 19 mit verschiedenen Metallen verglichen.

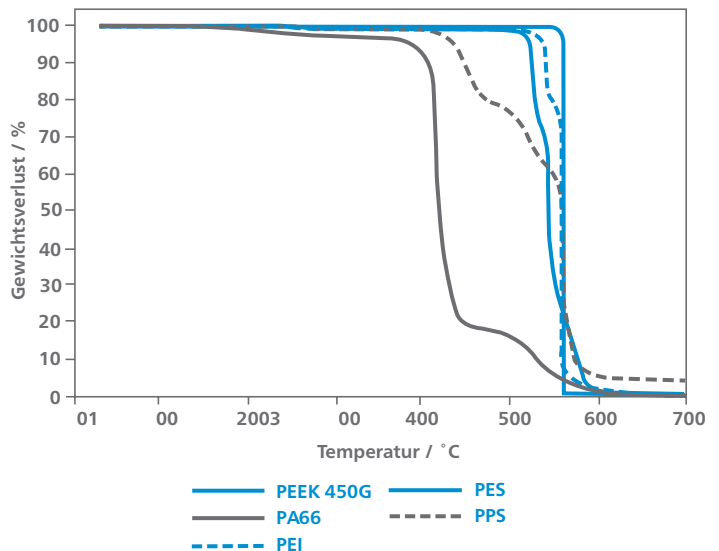
Abbildung 19: Ausdehnungskoeffizient ( $\alpha$ ) für verschiedene Victrex-Produkte im Vergleich zu Metallen (in Fließrichtung, unterhalb  $T_g$ )



## THERMISCHE ZERSETZUNG

Mittels Thermogravimetrie (TGA) wird die Wärmestabilität von Kunststoffen bis zu ihrer Zersetzung bestimmt. Bei PEEK findet diese Zersetzung in Luft erst oberhalb 550°C statt, wobei unterhalb 550°C auch keine signifikante Ausgasung auftritt. Dieser Sachverhalt wird für PEEK 450G im Vergleich zu einigen anderen Hochleistungskunststoffen in Abbildung 20 verdeutlicht.

Abbildung 20: Thermogravimetrische Analyse (TGA) von PEEK und anderen Hochleistungskunststoffen



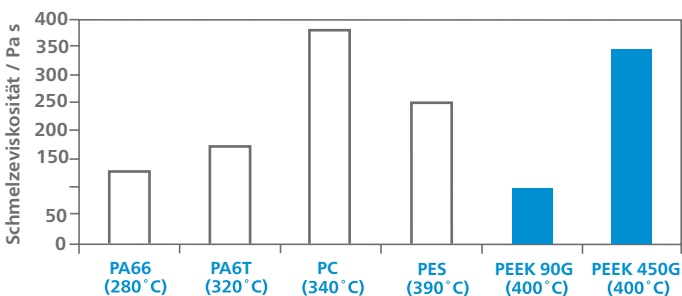
VICTREX™ PEEK Polymer wurde aufgrund seiner Formstabilität, seines geringen Hochfrequenzverlustes (RF) und seiner präzisen Bearbeitbarkeit als Material für einen Kühlmantel einer Plasmakammer gewählt, wobei ein neues einteiliges Design realisiert wurde.

## FLIESSEIGENSCHAFTEN

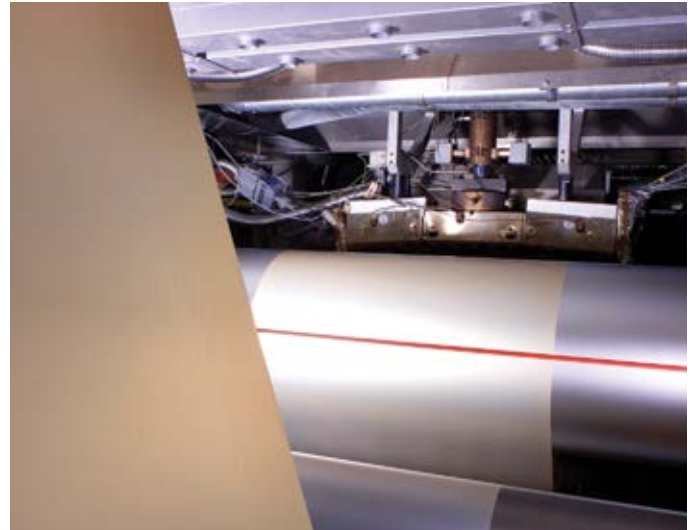
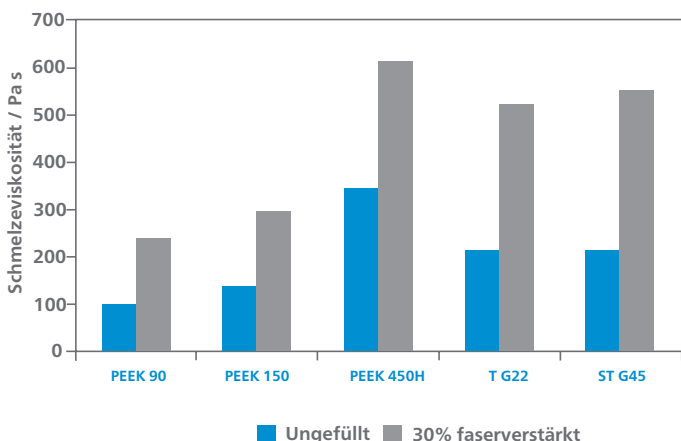
Wie bei den meisten thermoplastischen Kunststoffen ist die Schmelzeviskosität der Victrex-Produkte von Temperatur und Schergeschwindigkeit abhängig. Eine vergleichende Darstellung der Viskosität bei einer Schergeschwindigkeit von  $1000 \text{ s}^{-1}$  ist für PEEK und andere Thermoplaste in Abbildung 21 dargestellt. Obwohl PEEK eine der höchsten Verarbeitungstemperaturen hat, liegt die Schmelzeviskosität von PEEK 450G im Bereich einer Polycarbonat-Schmelze bei deren Verarbeitungstemperatur.

Die Schmelzeviskosität ist abhängig vom Polymer sowie von Füllstoffart und -menge. Produkte auf PEEK 450-Basis weisen eine höhere Viskosität auf als solche auf PEEK 150- bzw. PEEK 90-Basis. Durch Zugabe von Füllstoffen wie Glas- oder Kohlenstofffasern wird die Viskosität erhöht, wie in Abbildung 22 zu sehen. Wegen der guten Fließfähigkeit der PEEK 90-Basis kann dieses Polymer mit bis zu 60 Gew.-% Füllstoffen versetzt werden und dabei eine geringere Schmelzeviskosität aufweisen, als ein 30 Gew.-% gefülltes Produkt auf der standardviskosen PEEK 450-Basis. Die Viskosität von 30% gefüllten tribologischen Victrex-Produkten ist mit anderen 30% fasergefüllten Produkten in Abbildung 22 vergleichbar.

**Abbildung 21: Schmelzeviskosität verschiedener Thermoplaste bei einer Schergeschwindigkeit von  $1000 \text{ s}^{-1}$  und deren typischen Verarbeitungstemperaturen**



**Abbildung 22: Schmelzeviskosität ( $1000 \text{ s}^{-1}$ ;  $400 \text{ °C}$ ) verschiedener Victrex-Produkte (ST bei  $420 \text{ °C}$ )**



Die Fließigenschaften der Victrex Polymere ermöglichen sowohl standardmäßiges Verarbeiten im Spritzguss als auch die Verarbeitung in kritischeren Prozessen wie der Extrusion zu APTIV™ Folien.



VICTREX™ PEEK Polymer ersetzt Stahl in Hochgeschwindigkeitsrotoren und Lagerschalen für Dispergierinstrumente in der Medizintechnik.

## BRANDVERHALTEN

Brennbarkeit bezeichnet die Möglichkeit eines Materials zu brennen, wobei ein brennbares Material leicht entzündbar ist und rasch weiter brennt.

Victrex-Produkte sind inhärent flammwidrig. Wenn sie brennen, entstehen im Vergleich zu anderen Kunststoffen nur sehr geringe Mengen toxische und korrosive Gase. Durch Zugabe von Füllstoffen (wie Glas- oder Kohlenstofffaser) wird die Flammwidrigkeit erhöht.

### ENTFLAMMBARKEIT

Der Glühdrahttest (IEC 695-2-1) bestimmt die Widerstandsfähigkeit eines Materials gegen Entzündung sowie die Fähigkeit wieder zu erlöschen. Ungefülltes PEEK und PEEK-Compounds sind GWFI 960°C eingestuft – sie entzünden sich bei 960°C, erlöschen jedoch nach Entfernen des Glühdrahts.

### BRENNBARKEIT

Der allgemein anerkannte Standard zur Klassifizierung der Brennbarkeit ist der UL94-V Test, in dem eine vertikal eingespannte Probe durch einen Bunsenbrenner entzündet wird. Die Brennbarkeit wird dann nach der Zeit bis zum Erlöschen der Flamme klassifiziert; dabei wird jedoch nicht die Entflammbarkeit bewertet. Ungefülltes PEEK 450G erreicht bei 1,5 mm Probendicke die bestmögliche UL94-V0 Einstufung. Glas- oder kohlenstoffasergefüllte Typen erreichen über weite Füllstoffgehalte die UL94-V0 Einstufung bei 0,5 mm Probendicke.

### RAUCHGASDICHTE

Unvollständige Verbrennung von Kunststoffen erzeugt Rauch, der die Sichtbarkeit einschränkt und die Flucht vor dem Feuer erschwert. Die Rauchgasdichte von Victrex-Produkten ist um mehr als 95 % geringer als in gängigen Luftfahrtnormen spezifizierte Grenzwerte (z.B.: Boeing BSS 7238).

### TOXIZITÄT UND KORROSIVITÄT DER BRANDGASE

Brennender Kunststoff erzeugt verschiedene Giftgase wie Cyanwasserstoff (HCN), Schwefelgase (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S), Stickoxide (NO, NO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO). Diese sind oft gefährlicher als das Feuer selbst, da man nach deren Einatmen unfähig sein kann, sich vor dem Feuer zu retten. Korrosive Brandgase wie Fluorwasserstoff (HF)

und Chlorwasserstoff (HCl) beschädigen empfindliche elektronische Geräte.

Bei der Verbrennung von Victrex-Produkten entstehen überwiegend Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO). Dabei ist die CO-Menge weniger als 5% der in gängigen Luftfahrtnormen spezifizierten Grenzwerte (z.B. Boeing BSS 7239, Airbus ATS-1000).

Es ist üblich die Toxizität der produzierten Giftgase in Relation zu derjenigen Menge anzugeben, die für den Menschen tödlich ist. Testergebnisse aus der NBS-Rauchkammer sind in Tabelle 2 aufgeführt. Daraus geht hervor, dass Kohlenmonoxid das einzige in signifikanten Mengen erzeugte Giftgas ist.



Flammwidriges VICTREX™ PEEK Polymer ersetzt Metall bei Kabelschellen in der Luftfahrtindustrie, wodurch Gewicht und Montagezeiten reduziert werden.

Tabelle 2: Toxizität der Rauchgase, ermittelt in einer NBS-Rauchkammer

	Test ohne Flamme [ppm]		Test mit Flamme [ppm]		Erlaubte Konzentration [ppm]	
	nach 90 s	nach 4 min	nach 90 s	nach 4 min	nach 90 s	nach 4 min
Kohlenmonoxid (CO)	Spuren	1	30	100	3000	3500
Chlorwasserstoff (HCl)	0	0	0	0	50	500
Cyanwasserstoff (HCN)	0	0	0	0	100	150
Schwefelgase (H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> )	0	0	0	0	50	100
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	0	0	0,5	1	50	100
Fluorwasserstoff (HF)	0	0	0	0	50	50

## ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN

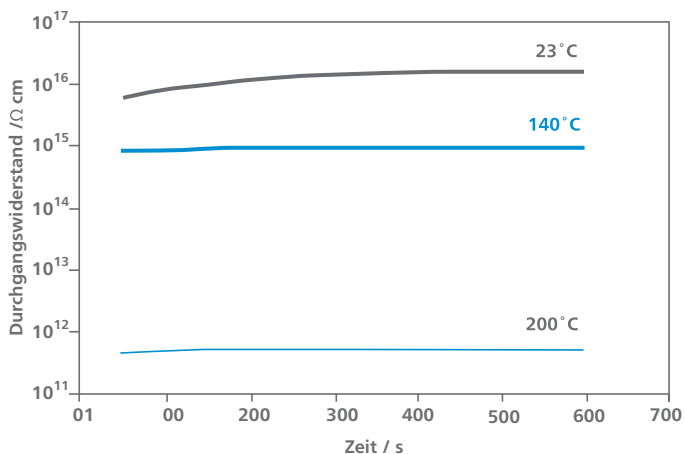
Victrex-Produkte werden oft zur elektrischen Isolation eingesetzt und bieten ausgezeichnete elektrische Eigenschaften unter Einwirkung von Temperatur, Umwelteinflüssen und mechanischer Beanspruchung.

### SPEZIFISCHER DURCHGANGSWIDERSTAND

Der Durchgangswiderstand ist der Quotient aus der angelegten Gleichspannung [V] und dem stationären Strom [A], der zwischen 2 angelegten Elektroden durch den Probekörper fließt.

Wie bei allen Isolationsmaterialien, kann der Widerstand von der Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Bauteilgeometrie und der Zeit beträchtlich beeinflusst werden. Diese Effekte werden in Abbildung 23 als Durchgangswiderstand von PEEK 450G in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur dargestellt. VICTREX-HT verhält sich unter diesen Bedingungen vergleichbar mit PEEK 450G.

**Abbildung 23: Durchgangswiderstand in Abhängigkeit von der Zeit bei verschiedenen Temperaturen für PEEK 450G**

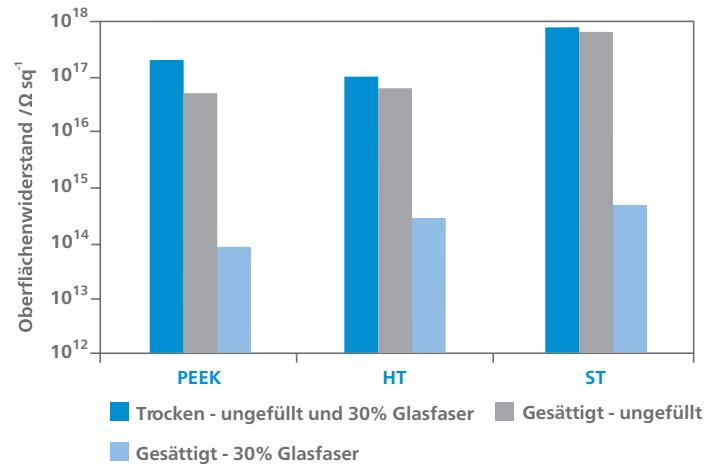


### OBERFLÄCHENWIDERSTAND

Der Oberflächenwiderstand eines Materials ergibt sich aus dem Verhältnis der Potentialdifferenz zwischen zwei Elektroden, die auf der Oberfläche eines Probekörpers angelegt sind und dem dazwischen fließenden Strom. Victrex-Produkte verfügen über einen für Hochleistungskunststoffe typischen Oberflächenwiderstand.

Abbildung 24 zeigt den Oberflächenwiderstand nach ESD S11.11 für unverstärkte und glasfaserverstärkte Victrex-Produkte und die Auswirkung von Feuchtigkeit. Der Oberflächenwiderstand ist im feuchten Zustand geringer, besonders bei Materialien mit Glasfaserverstärkung. Dennoch sind PEEK, HT und ST auch im feuchten Zustand Isolationswerkstoffe.

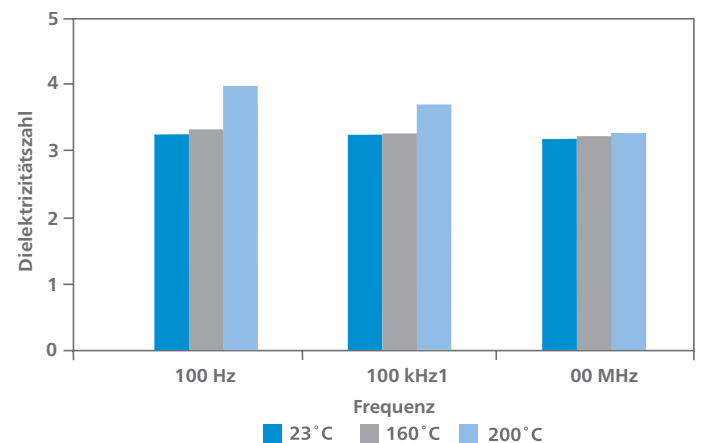
**Abbildung 24: Einfluss von Feuchtigkeitsaufnahme auf den Oberflächenwiderstand von Victrex-Produkten**



### DIELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN

Die Dielektrizitätszahl (oder -konstante) gibt an, um welches Vielfache die Kapazität eines Kondensators mit Kunststoff als Dielektrikum größer ist, als der gleiche Kondensator mit Luft als Dielektrikum. Bei Kunststoffen ist die Dielektrizitätszahl abhängig von Temperatur und Frequenz, wie es für PEEK 450G in Abbildung 25 gezeigt wird.

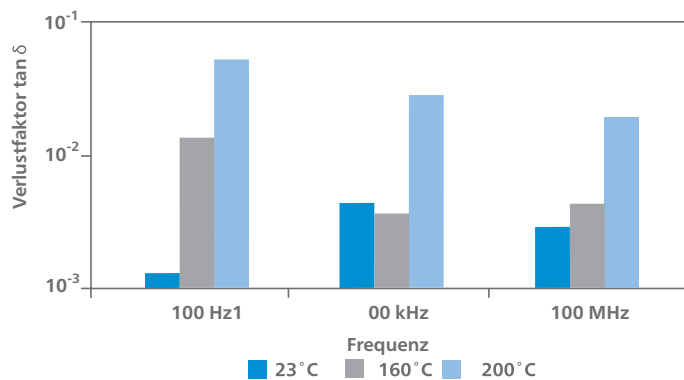
**Abbildung 25: Dielektrizitätszahl von PEEK 450G bei Temperaturen zwischen 23°C und 200°C und Frequenzen zwischen 100 Hz und 100 MHz**



Der Verlustfaktor  $\tan \delta$  ist ein Maß für die Energie, die im elektrischen Wechselfeld in Wärme umgewandelt wird und somit als elektrische Energie nicht mehr zur Verfügung steht.

Bei Kunststoffen ist der Verlustfaktor von Temperatur und Frequenz abhängig, was für PEEK 450G in Abbildung 26 veranschaulicht wird. Die Ergebnisse sind mit anderen Hochleistungsmaterialien vergleichbar.

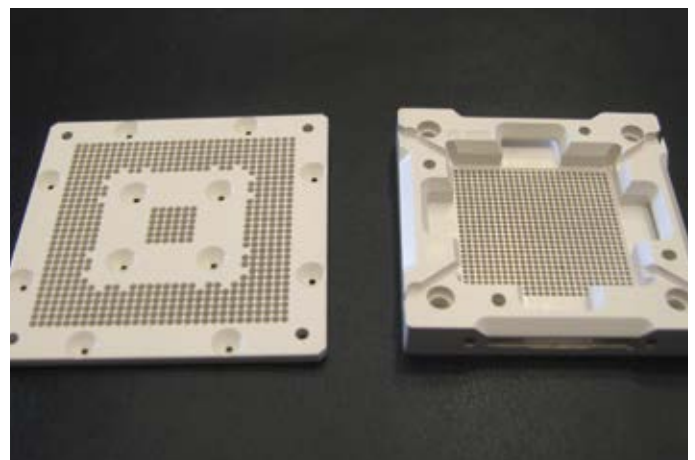
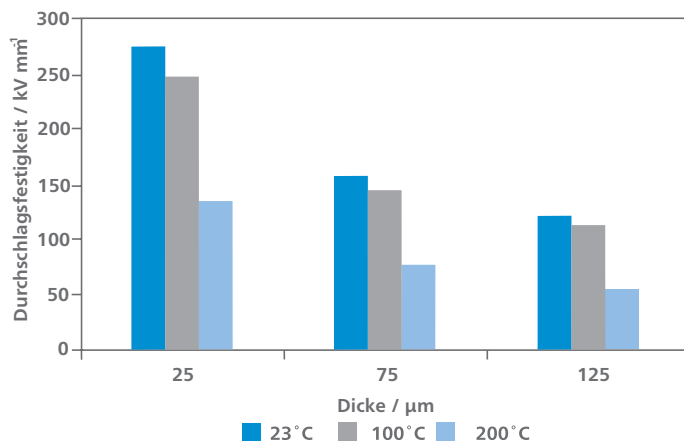
**Abbildung 26: Dielektrischer Verlustfaktor von PEEK 450G bei Temperaturen zwischen 23°C und 250°C und bei Frequenzen von 50 Hz bis 100 MHz**



VICTREX™ PEEK Polymer als Gehäuse für Aluminium-Elektrolyt Kondensatoren kommt den Anforderungen in Bezug auf bleifreie Lötverfahren in der Elektronikindustrie nach.

Bei Einwirkung einer hohen Spannung kann es zu einem elektrischen Durchschlag kommen. Die Durchschlagfestigkeit als Maß für die Isolationseigenschaft ist der Quotient aus der beim Durchschlag vorliegenden Spannung bezogen auf den Abstand der beiden Elektroden bzw. der Probendicke. Sie ist unter anderem vom Werkstoff, der Probendicke und der Temperatur abhängig. Abbildung 27 veranschaulicht die Abhängigkeit der Durchschlagfestigkeit von Probendicke und Temperatur von Folien aus PEEK.

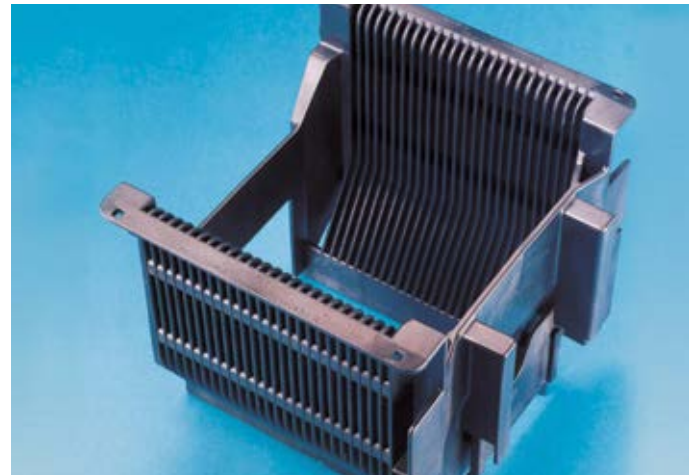
**Abbildung 27: Einfluss von Probendicke und Temperatur auf die Durchschlagfestigkeit teilkristalliner Folien aus VICTREX PEEK**



VICTREX™ PEEK Polymer wird aufgrund guter elektrischer Eigenschaften über viele Prüfzyklen und präziser und gratfreier mechanischer Bearbeitbarkeit als Halterung zur Endprüfung elektronischer Komponenten verwendet.

## ELEKTROSTATISCH DISSIPATIVE EIGENSCHAFTEN

Bedingt durch die geringe elektrische Leitfähigkeit von Kunststoffen stellt die elektrostatische Aufladung eine zumeist unerwünschte Begleiterscheinung in elektronischen Bauteilen dar. Zur Beurteilung des elektrostatischen Verhaltens sind besonders der Aufladungsvorgang und die Ableitung der aufgebracht Ladung von Interesse. Abbildung 28 veranschaulicht den Lade- und Entladevorgang von 3 Victrex-Produkten, die einer 9 kV Korona-Entladung ausgesetzt wurden. Die Aufladung von PEEK 450G ist dabei am größten, die Ableitung der Ladung am geringsten. PEEK ESD101 nimmt am wenigsten Ladung auf und hat zusätzlich den Vorteil der raschen Ladungs-Ableitung.  $1/e$  bezeichnet die verstrichene Zeit, bei der nur noch 37% der ursprünglichen Aufladung verbleiben.



Wafer-Kassetten aus VICTREX™ PEEK-ESD™ Polymer geben statische Ladungen kontrolliert ab und verhindern somit Beschädigung der Wafer durch elektrischen Überschlag oder Verunreinigung.

Abbildung 28: Elektrostatische Eigenschaften von PEEK 450G, 450CA30 und ESD101

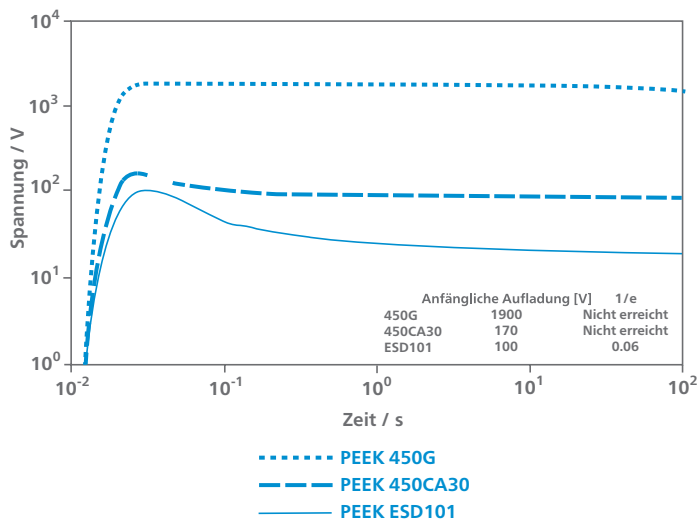
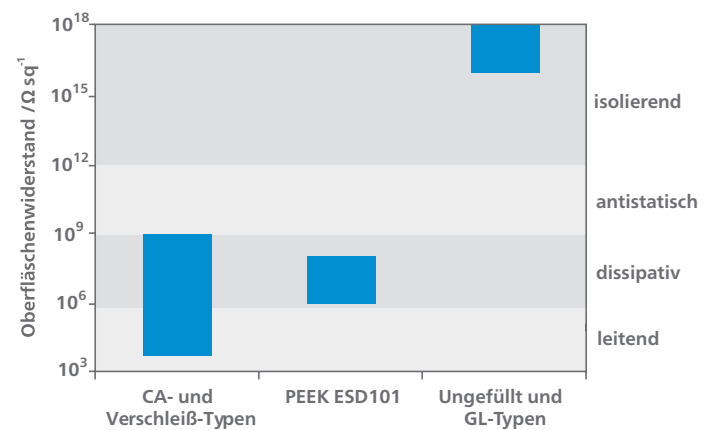


Abbildung 29: Klassifizierung der Victrex-Produkte nach deren Oberflächenwiderstand



PEEK ESD101 ist elektrostatisch dissipativ mit reproduzierbaren Werten des Oberflächenwiderstands innerhalb des wichtigen ESD-Bereichs von  $10^6$  bis  $10^9$  Ohm/cm<sup>2</sup>.

Der Oberflächenwiderstand anderer Victrex-Produkte verteilt sich über einen weiten Bereich. So sind ungefüllte und glasfaserverstärkte Produkte elektrisch isolierend einzustufen, während kohlenstofffaserverstärkte und tribologische Produkte von elektrisch leitfähig bis dissipativ einzustufen sind, wie in Abbildung 29 ersichtlich.



Der Einsatz von VICTREX™ PEEK Polymer in Anschlüssen und Sensoren ermöglicht ausgezeichnete dielektrische Bauteileigenschaften in einem weiten Temperatur- und Frequenzbereich. Sie zeigen hohe mechanische Festigkeit, sind mit der RoHS konform und können wegen der hohen Wärmeformbeständigkeit in bleifreien Lötverfahren gefügt werden.

## TRIBOLOGIE

Die Tribologie befasst sich mit der Wechselwirkung sich berührender und bewegender Oberflächen unter aufgebrachtter Belastung: Reibung, Verschleiß, Schmierung und die Auswirkung vom Bauteildesign auf diese Kenngrößen.

Victrex-Produkte sind häufig in tribologischen Komponenten wiederzufinden, da sie über eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit unter hohem Druck und bei hohen Geschwindigkeiten verfügen.

### REIBUNG UND VERSCHLEISS

Grundsätzlich ist unter Verschleiß der fortschreitende Materialabtrag von Oberflächen in relativer Bewegung zueinander zu verstehen. Mechanismen wie z.B. Abrasions- oder Adhäsionsverschleiß sowie Oberflächenermüdung können dabei die Oberflächenrauheit erhöhen oder auch erniedrigen. Je geringer die Verschleißrate desto höher ist die Verschleißbeständigkeit im jeweiligen Verschleißszenarium. Die Verschleißrate wird als Höhenverlust/Zeit unter bestimmten Verschleißbedingungen definiert, wird jedoch oft als spezifische Verschleißrate oder Verschleißfaktor angegeben (Verschleißrate / (Druck x Geschwindigkeit)).

Die Verschleißrate wird durch Prüfbedingungen wie z.B. Druck (p) und Geschwindigkeit (v) beeinflusst; daher ist es ausschlaggebend zu wissen, ob der Verschleißfaktor aus Untersuchungen mit hoher Geschwindigkeit und geringem Druck oder geringer Geschwindigkeit und hohem Druck ermittelt wurde.

Der zu überwindende Widerstand während der Relativbewegung zweier Oberflächen wird als Reibung bezeichnet und durch den dimensionslosen Reibungskoeffizienten ( $\mu$ ) angegeben. Wie die Verschleißrate wird auch der Reibungskoeffizient von Geschwindigkeit, Druck, Temperatur, Schmierung sowie Oberflächenbeschaffenheit der sich berührenden Komponenten beeinflusst.

Durch Reibungserwärmung erhöht sich die Temperatur an den Kontaktflächen insbesondere dann, wenn die Wärmeableitung systembedingt limitiert ist. Wenn die Temperatur für ein bestimmtes Material über  $T_g$  ansteigt, erhöht sich auch die Verschleißrate (das Material wird weicher).

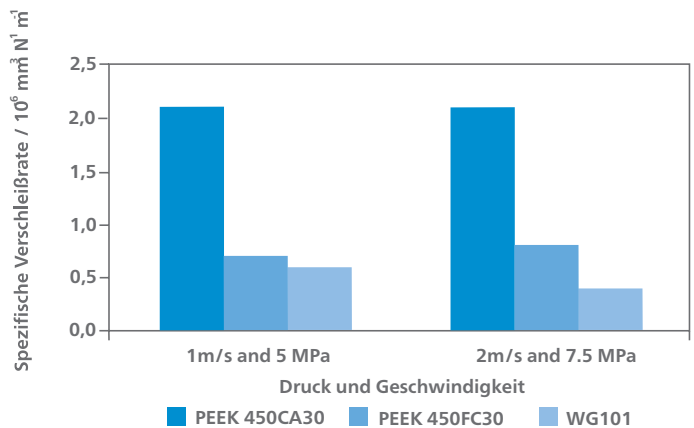
### BLOCK-AUF-RING

Die Block-auf-Ring-Prüfanordnung (ASTM G137) misst die Verschleißfestigkeit eines Kunststoffes im Trockenlauf. Diese Konfiguration eignet sich besonders für das Verschleißverhalten im stationären Zustand unter hoher Belastung und Geschwindigkeit, das in der Anlaufscheiben-Prüfanordnung ASTM D3702 zu Überhitzung führen kann (vorzeitiges Versagen durch Schmelzen). Trotz signifikanter

Unterschiede beider Prüfanordnungen ergibt sich bezüglich der Einstufung der Produkte eine gute Korrelation zwischen beiden Methoden.

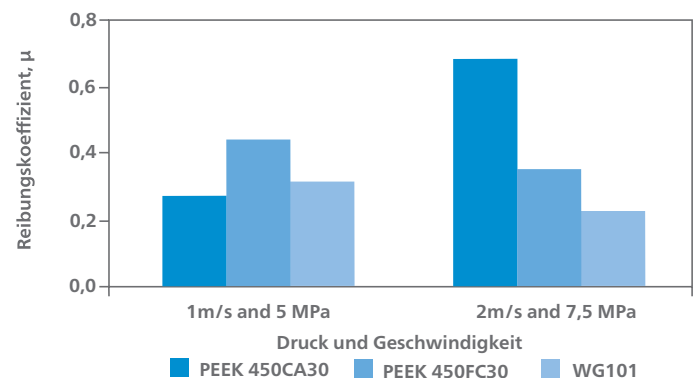
Die Verschleißrate unter pv-Bedingungen von 5 – 15 MPa.m/s in der Block-auf-Ring-Anordnung ist für verschiedene Victrex-Produkte in Abbildung 30 zu sehen; die Verschleißrate tribologischer Typen ist signifikant geringer als die von PEEK 450CA30.

Abbildung 30: Spezifische Verschleißrate verschiedener Victrex-Produkte in der Block-auf-Ring-Anordnung



Bei niedrigen Geschwindigkeiten und Drücken unterscheidet sich der Reibungskoeffizient der Victrex-Produkte wenig. Unter höheren p- und v-Bedingungen ist der Reibungskoeffizient ein Unterscheidungsmerkmal, insbesondere zwischen Verschleißtypen und dem kohlenstofffaserverstärkten 450CA30, wie in Abbildung 31 ersichtlich.

Abbildung 31: Reibungskoeffizient verschiedener



## ANLAUFSCHLEIBEN

Die Prüfverordnung nach ASTM D3702 für Anlaufschleiben (Verschleißrate und Reibungskoeffizient von selbstschmierenden Materialien) wird vor allem in der Automobilindustrie zum Vergleich und zur Einstufung von Kunststoffen eingesetzt.

Abbildung 32 zeigt, wie sich die Rezeptur verschiedener Victrex-Produkte auf die Verschleißfestigkeit bei Geschwindigkeiten von 1-4 m/s und Lasten von 0,35-0,65 MPa (PV Stufen 0,35-2,6 MPa.m/s) auswirkt.

Kohlenstofffaserverstärkte Produkte (CA und HMF) verfügen im Vergleich zu glasfaserverstärkten Produkten (GL) über eine niedrigere Verschleißrate. Materialien mit Verschleißzusätzen (FC, FW und WG) weisen die niedrigsten Verschleißraten unter diesen Prüfbedingungen auf.

**Abbildung 32: Durchschnittliche Verschleißrate verschiedener Victrex-Produkte bei niedrigen pv-Werten in der Anlaufschleiben-Prüfanordnung**

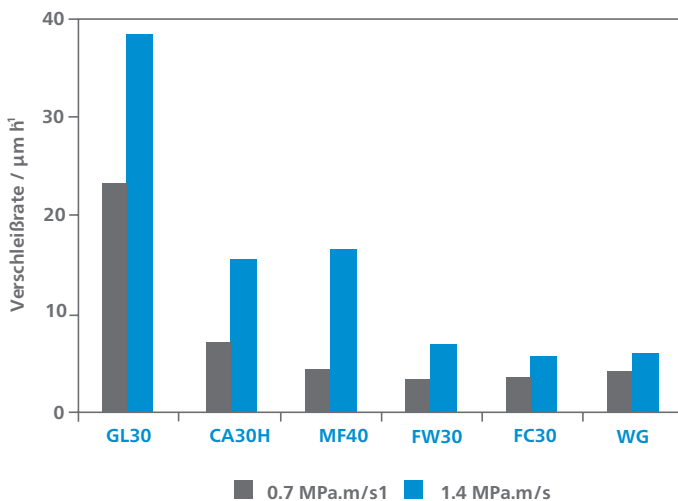
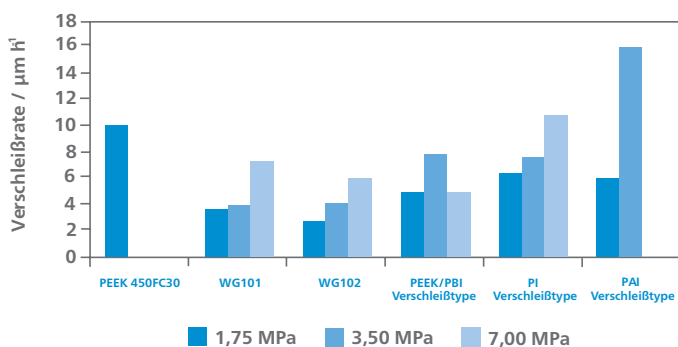


Abbildung 33 zeigt die Ergebnisse der Verschleißprüfungen nach ASTM D3702 für Victrex-Produkte und andere Hochleistungskunststoffe, die bei verschiedenen Drücken bis zur Zerstörung unter Geschwindigkeiten bis zu 6 m/s geprüft wurden. Diese Ergebnisse zeigen, dass VICTREX WG-Typen eine bessere Verschleißfestigkeit als andere Hochleistungsmaterialien aufweisen.

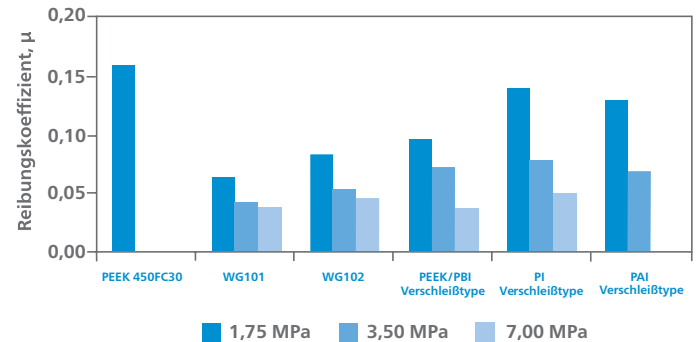
**Abbildung 33: Verschleißrate verschiedener Victrex-Produkte verglichen mit anderen Hochleistungsmaterialien, die in der Anlaufschleiben-Prüfanordnung bei 1 m/s untersucht wurden**



\*VICTREX PEEK 450FC30 versagte bei Drücken oberhalb 1,75 MPa, die PAI-Verschleißtype oberhalb 3,5 MPa

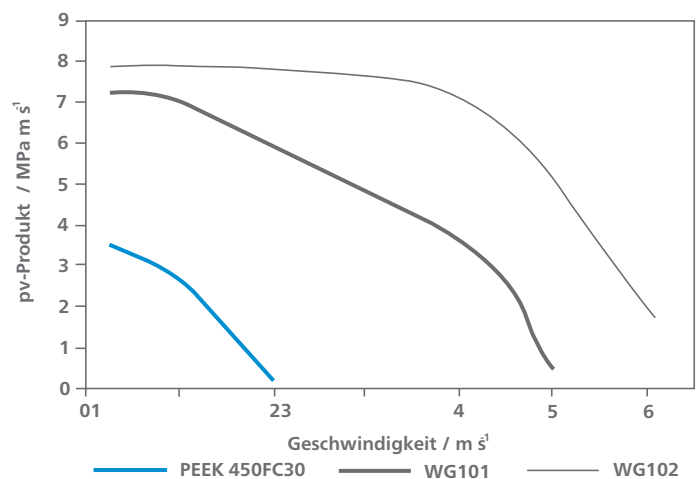
Abbildung 34 zeigt, dass die VICTREX WG-Typen einen geringeren Reibungskoeffizienten als andere Hochleistungsmaterialien aufweisen. Anzumerken ist hier, dass der Reibungskoeffizient vier Mal geringer ist als in der zuvor beschriebenen Block-auf-Ring-Methode (ASTM G137).

**Abbildung 34: Reibungskoeffizient verschiedener Victrex-Produkte verglichen mit anderen Hochleistungsmaterialien, die in der Anlaufschleiben-Prüfanordnung bei 1 m/s untersucht wurden**



Auf Basis von Ergebnissen nach ASTM D3702 kann ein Anwendungsbereich für verschiedene Verschleißtypen von Victrex abgeleitet werden, wie in Abbildung 35 dargestellt. WG101 und WG102 können bei wesentlich höheren Geschwindigkeiten und pv-Bedingungen als 450FC30 eingesetzt werden. Bei höchsten Geschwindigkeiten zeigt WG102 höchste Belastungsfähigkeit.

**Abbildung 35: Anwendungsbereich für Victrex-Verschleißtypen**





## GRENZWERT LPV

Werkstoffe für tribologische Anwendungen werden häufig nach ihrem Grenzwert aus  $p$  und  $v$  ( $L_{pv}$ , Limiting pressure and velocity) klassifiziert.  $L_{pv}$  ist die maximal erreichbare Kombination aus Druck und Geschwindigkeit, bevor der Werkstoff durch übermäßigen Verschleiß, durch Schmelzen oder durch Rissbildung versagt. Werkstoffversagen kann dabei durch Druck oder durch Geschwindigkeit hervorgerufen eintreten. Extremer Druck kann durch Ermüdung zur Rissausbreitung an Oberflächenunebenheiten führen. Extreme Geschwindigkeit kann im Kontaktbereich zu einem Temperaturanstieg führen, der ausreicht, die Verschleißrate abrupt ansteigen zu lassen.

In der Automobilindustrie gibt es prinzipiell zwei Anwendungs-Szenarien: einerseits unter hoher Last und bei geringer Geschwindigkeit (wie z.B. bei Anlaufscheiben), und andererseits bei hoher Geschwindigkeit aber bei relativ geringer Last (z.B. bei dynamischen Dichtungen). Unter gleichen  $p$ - $v$ -Bedingungen können Anlaufscheiben höhere Lasten aufnehmen, drehen sich aber viel langsamer als dynamische Dichtungen.

Die Versuche wurde mit einer modifizierten ASTM D3702 Anlaufscheiben-Prüfanordnung durchgeführt, um  $L_{pv}$ -Ergebnisse in den Kombinationen geringe Geschwindigkeit / hohe Last und hohe Geschwindigkeit / geringe Last zu erhalten.

Bei der Kombination geringe Geschwindigkeit / hohe Last überstanden alle geprüften Materialien die maximalen Bedingungen von 20 MPa und 0,7 m/s. Die Premium-Verschleißtypen WG101 und WG102 weisen dabei erheblich geringere Reibungskoeffizienten und geringere Temperaturanstiege an der Oberfläche auf als die Standard-Verschleißtypen (150FW30 und 450FC30).

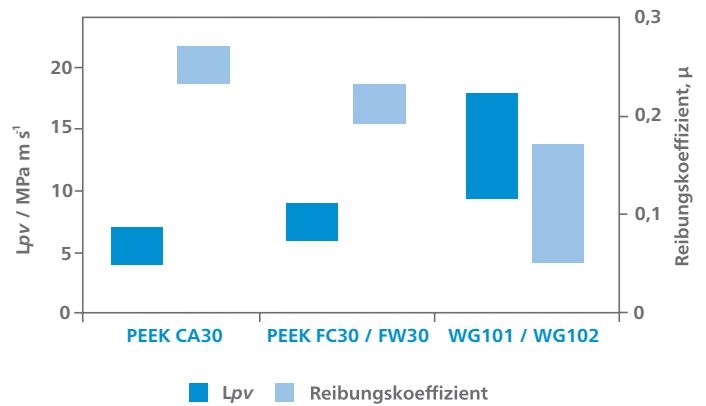
Bei der Kombination hohe Geschwindigkeit / geringe Last zeigten die Materialien drei verschiedene Leistungsbereiche (mit der gleichen Rangfolge wie bei den ASTM G137 Block-auf-Ring- Messungen in Abbildung 30 und 31). Alle Proben versagten wenn die Temperatur an der Gegenfläche  $\approx 300^\circ\text{C}$  überschritt.

Kohlenstofffaserverstärkte Produkte ohne Gleitzusätze (450CA30 und HT 22CA30) haben einen geringen  $L_{pv}$ -Grenzwert (kleiner 7 MPa.m/s) mit hohem Reibungskoeffizient ( $\approx 0,25$ ).

Standard Verschleißtypen (150FW30 und 450FC30) haben einen höheren  $L_{pv}$ -Grenzwert (6-9 MPa.m/s) mit geringerem Reibungskoeffizienten ( $\approx 0,20$ ).

Die Premium Verschleißtypen WG101 und WG102 zeigen einen deutlich höheren Grenzwert  $L_{pv}$  (10-18 MPa.m/s) und zugleich einen deutlich geringeren Reibungskoeffizienten (0,05-0,15). Probekörper aus WG102 überstanden sogar die höchste Kombination aus Last und Geschwindigkeit in diesem Versuch.

Abbildung 36: Grenzwert  $L_{pv}$  und Reibungskoeffizient in der Kombination hohe Geschwindigkeit / geringe Last für einige Victrex-Produkte



VICTREX™ PEEK Polymer ersetzt Metall in Zahnrädern von Ausgleichswellenmodulen für erhöhte Leistung, Zuverlässigkeit und Effizienz.



VICTREX™ HT™ Polymer ersetzt einen fluorpolymerbeschichteten Splitfingerring aus Metall in Druckern, wodurch Nachbearbeitungsschritte eliminiert wurden. Der Splitfingerring aus HT Polymer hält den hohen tribologischen Anforderungen und Temperaturen stand.



Aufgrund der hohen Hydrolysebeständigkeit, Resistenz gegenüber Reinigungsmitteln sowie der hohen Verschleißbeständigkeit ersetzt VICTREX™ PEEK Polymer Edelstahlventile und -gehäuse in Getränkeabfüllanlagen.



VICTREX™ PEEK Polymer wird als Auskleidungswerkstoff in abriebfesten Förderrohren in der Öl- und Gasindustrie eingesetzt, wobei sich die Widerstandsfähigkeit von PEEK gegen Chemikalien und Gasen zunutze gemacht wird.

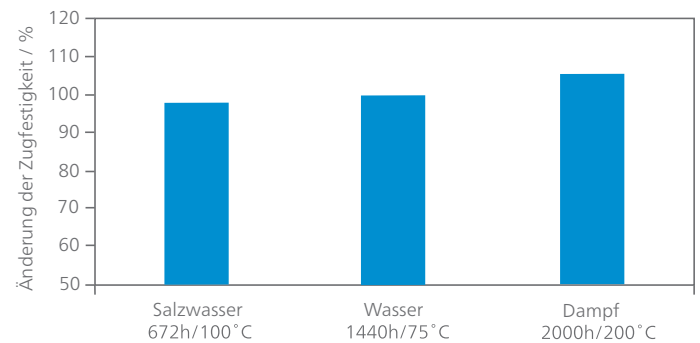
## BESTÄNDIGKEIT GEGEN UMWELTEINFLÜSSE

Victrex-Produkte weisen auch bei hohen Temperaturen grundsätzlich eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse auf. Sie können für Komponenten in hoch aggressiven Einsatzbereichen Verwendung finden wie z.B. bei der Öl- und Gasgewinnung sowie in Anwendungen, die wiederholt einer Dampfsterilisation ausgesetzt werden.

### HYDROLYSEBESTÄNDIGKEIT

Die Hochleistungskunststoffe von Victrex halten dauerhaft dem Kontakt mit Wasser, Salzwasser oder Wasserdampf stand, was sie ideal für medizinische Geräte, Anwendungen im Tiefseebereich und für Komponenten in Ventilen macht.

**Abbildung 37: Änderung der Zugfestigkeit von PEEK als Funktion der Zeit in Wasser bei 75°C, in Salzwasser bei 100°C und in Heißdampf-Atmosphäre bei 200°C und 14 bar Druck**



### BARRIEREEIGENSCHAFTEN

VICTREX PEEK bietet eine effektive Barriere gegenüber der Permeation von Flüssigkeiten und Gasen. Die Löslichkeit von Flüssigkeiten und Gasen in PEEK und deren Diffusion durch PEEK sind um einige Größenordnungen geringer als bei anderen Kunststoffen. Obwohl die Beweglichkeit der Molekülketten im Polymer mit steigender Temperatur zunimmt, bleibt die Löslichkeit von Gasen nahezu konstant und es gibt beim Überschreiten der Glasübergangstemperatur praktisch keine Veränderungen der Permeationskonstanten. Des Weiteren ist der Einfluss des Druckes gering: eine Druckerhöhung um das 100-fache z.B. erhöht die Permeabilität um nur das 10-fache. Eine geringe Löslichkeit von Gasen und Flüssigkeiten in PEEK in Kombination mit dessen hoher Steifigkeit bietet guten Schutz vor explosiver Dekompression (RGD).

**Tabelle 3: Permeation verschiedener Gase durch 100µm teilkristalline Folie aus PEEK**

Gas	Permeation cm <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> Tag <sup>-1</sup>
Kohlendioxid	420
Helium	1600
Wasserstoff	1400
Methan	8
Stickstoff	15
Sauerstoff	76
Wasserdampf	4

Umfangreiche Studien über die Durchlässigkeit von Gasen wie Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) durch Rohre aus PEEK zeigen, dass PEEK bessere Barriereigenschaften bietet als andere Hochleistungskunststoffe wie in Tabelle 4 angegeben.

**Tabelle 4: Barriereigenschaften von PEEK und anderen Hochleistungskunststoffen**

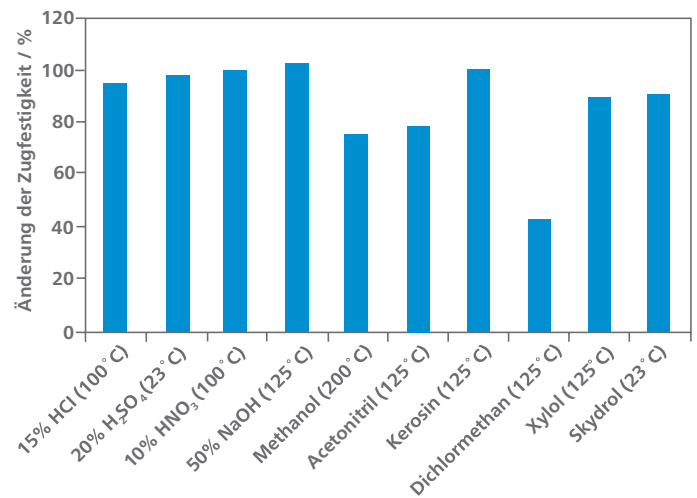
Material	Temperatur (°C)	Permeations- koeffizient Q (cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> atm <sup>-1</sup> )	Diffusions- koeffizient (cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
PEEK	155	6,2 x 10 <sup>-9</sup>	6,5 x 10 <sup>-8</sup>
PEEK	110	1,2 x 10 <sup>-9</sup>	1,3 x 10 <sup>-8</sup>
PVDF	100	1,3 x 10 <sup>-6</sup>	Nicht verfügbar
PA 11	100	6,6 x 10 <sup>-7</sup>	0,8 x 10 <sup>-6</sup>

## CHEMIKALIENBESTÄNDIGKEIT

VICTREX PEEK ist bekannt für seine ausgezeichnete Beständigkeit gegenüber vielen verschiedenen Chemikalien in einem breiten Temperaturbereich. Dabei werden mechanische Eigenschaften wenig beeinflusst und es kommt kaum zum Quellen und nur zu geringer Verfärbung. Der weite Bereich der Chemikalienbeständigkeit wird in Abbildung 38 gezeigt, in der die Zugfestigkeit von PEEK 450G nach 28-tägiger Auslagerung in verschiedenen Chemikalien und bei verschiedenen Temperaturen dargestellt ist.

*Eine aktuelle Liste zur Chemikalienbeständigkeit steht auf unserer Internetseite zum Herunterladen zur Verfügung [www.victrex.com](http://www.victrex.com)*

**Abbildung 38: Änderung der Zugfestigkeit von PEEK 450G nach 4-wöchiger Auslagerung in verschiedenen Chemikalien bei angegebener Temperatur**

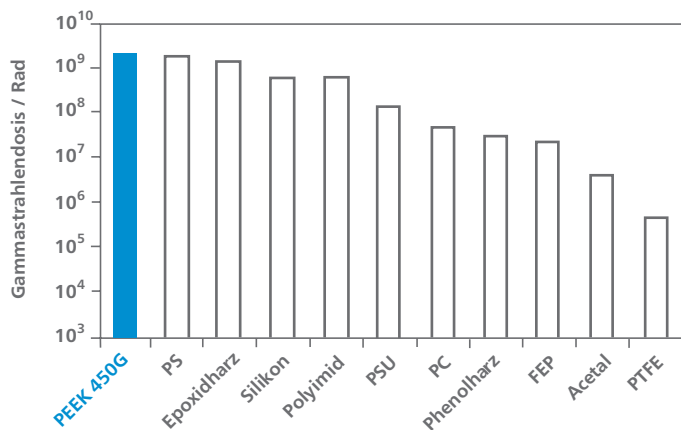


VICTREX™ PEEK Polymer wird in der patentierten PEEK-SEP-Membrantechnologie eingesetzt zur Reinigung von Erdgas, zur Abtrennung von flüchtigen Kohlenwasserstoffen und zur Filtration von aggressiven Lösemitteln in anspruchsvollen Trennverfahren.

## STRAHLUNGSBESTÄNDIGKEIT

Thermoplaste, die ionisierender Teilchen- oder Wellenstrahlung ausgesetzt werden, können verspröden. Bauteile aus Victrex Polymeren können aufgrund der energetisch stabilen chemischen Struktur dennoch hohen Dosen ionisierender Strahlung ausgesetzt werden, ohne einen signifikanten Verlust an Eigenschaften aufzuzeigen. Zum Vergleich ist im Balkendiagramm Abbildung 39 die Gammastrahlendosis angegeben, ab welcher ein leichter Rückgang der Biegeeigenschaften zu beobachten ist. Die Daten zeigen, dass VICTREX PEEK eine höhere Strahlungsbeständigkeit als andere Hochleistungskunststoffe aufweist.

Abbildung 39: Gammastrahlendosis, bei der eine leichte Abnahme der Biegeeigenschaften eintritt



## AUSGASUNGSVERHALTEN

Victrex-Polymere sind inhärent rein und enthalten sehr geringe Mengen leicht flüchtiger organischer Verbindungen. Tabelle 5 zeigt experimentelle Ergebnisse nach ASTM E595. Dabei wurden verschiedene Typen Victrex PEEK für 24 Stunden einem Vakuum von  $5 \times 10^{-5}$  Torr bei 125°C ausgesetzt. Die prozentualen Angaben in Tabelle 5 beziehen sich auf das Gewicht der Probekörper. ASTM E595 bezieht akzeptable Grenzwerte als 1,0% für TML und 0,1% für CVCM.

Tabelle 5: Ausgasungsverhalten verschiedener Typen Victrex-PEEK

PEEK	%TML	%CVCM	%WVR
450G	0,26	0,00	0,12
450GL30	0,20	0,00	0,08
450CA30	0,33	0,00	0,12

**Total Mass Loss (TML)** – gesamter Massenverlust eines Probekörpers durch Ausgasung über einen bestimmten Zeitraum bei bestimmter Temperatur.

**Collected Volatile Condensable Material (CVCM)** – ist die Menge ausgegaseter Materie, die bei vorgegebener Temperatur und Zeit als Kondensat gesammelt wird.

**Water Vapor Regained (WVR)** – ist die Masse an Wasser, die von einem Probekörper während einer 24-stündigen Lagerung bei 50% relativer Luftfeuchte und 23°C wieder aufgenommen wird.



VICTREX™ PEEK Polymer bietet eine optimale Dimensionsstabilität und Reinheit für Komponenten in Kontakt mit Halbleiterwafern, wie z.B. für FOUP Transportkassetten (Front Opening Unified Pods).

## ZULASSUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN

Victrex-Polymere kommen in vielen Anwendungen aus allen Industriezweigen, wie in der Luft- und Schifffahrt (zivil und militärisch), in der Automobilindustrie, im Maschinenbau und im Energiesektor (konventionelle Energieträger und erneuerbare Energien) zum Einsatz. In diesen Industriezweigen sind Zulassungen vom Endkunden üblich, damit das Endprodukt die Normen des Endverbrauchers oder des Marktes erfüllt. Victrex-Polymere erfüllen die verschiedensten Spezifikationen von führenden Luftfahrt- und Automobil-Herstellern und deren Zulieferern. Tabelle 6 fasst die wichtigsten weltweiten Zulassungen von Victrex-Polymeren zusammen.

**Tabelle 6: Zusammenfassung der wichtigsten weltweiten Zulassungen von Victrex-Polymeren**

### WASSERKONTAKT

- WRAS - (BS 6920)** VICTREX PEEK 450G, 450GL30, 450CA30 und 450FC30 sind konform mit der WRAS, (Water Regulations Advisory Scheme) - Auswirkungen auf die Wasserqualität gemäß BS 6920 für Nichtmetalle, die für den Kontakt und die Herstellung von Komponenten für Wasserarmaturen im Einsatz mit kaltem und heißem Wasser bis zu 85 °C für Haushaltszwecke geeignet sind.
- DVGW - (W270)** VICTREX PEEK-unverstärkt, GL30, CA30 und FC30 sind konform mit den Anforderungen gemäß des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) Arbeitsblatt W270 - Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich - Prüfung und Bewertung.

### LEBENSMITTELKONTAKT

- 2002/72/EC** Unverstärktes VICTREX PEEK und VICTREX HT sowie verschiedene darauf basierende Compounds sind mit den Vorschriften der EU-Direktive (EU) 10/2011 bis einschließlich der Ergänzung 1282/2011 konform in ihren Ausführungen für Materialien als auch für fertige Artikel die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen. Bitte kontaktieren Sie Ihren Victrex Berater für aktuelle Information.
- FDA 21 CFR 177.2415** VICTREX PEEK - ungefüllt, ungefüllt schwarz 903, GLxx, GLxx Blk, CAxx, FE20, FW30 und VICTREX HT-ungefüllt sind konform mit den Anforderungen an die Zusammensetzung für Kunststoffe, die mit Lebensmittel gemäß FDA 21 CFR 177.2415 der Food and Drug Administration (FDA) der Vereinigten Staaten von Amerika in Kontakt kommen.
- 3A Hygienischer Standard f. mehrfach verwendbare Polymere** VICTREX PEEK ungefüllt (alle Typen, die auf 90, 150, 380 und 450 Viskositäten basieren) extrudierte Folien der APTIV 1000 und 2000 Serie sowie gemahlene Pulver der VICOTE 700 Serie.

### ENTFLAMMBARKEIT

- UL94** Victrex Polymere und Compounds entsprechen den Victrex allgemeinen Anforderungen des UL (Underwriters Laboratory) Entflammbarkeitsstandards 94-V. Typenspezifische Details sind auf Wunsch von Victrex plc oder über die UL-Internetseite unter dem Kennzeichen QMFZ2.E161131 erhältlich.

### ALLGEMEINES


- ISO 9001:2015** Das Managementsystem von Victrex Manufacturing Ltd wurde gemäß ISO 9001:2015 für Design, Herstellung und Vertrieb von Hochleistungspolyketonen bewertet und zertifiziert.
- REACH** Victrex Polymere unterliegen nicht den REACH-Registrieranforderungen. Die bei der Kunststoffherstellung eingesetzten Monomere wurden gemäß den REACH-Anforderungen vorregistriert. Nach bestem Wissen beinhalten Victrex-Produkte momentan keine besonders besorgniserregenden Stoffe (SVHCs, Substance of Very High Concern) >0,1 Gew.-%. Es ist unsere Unternehmenspolitik und unser Ziel, keine Polymere mit besonders besorgniserregenden Stoffen >0,1 Gew.-% zu liefern. Deshalb unterliegen alle neuen und bestehenden Lieferanten einer kontinuierlichen Prüfung.
- RoHS** VICTREX PEEK, VICTREX HT, VICTREX ST und deren Compounds entsprechen den Anforderungen der EU-Direktive 2002/95/EC (27. Januar 2003) bzgl. RoHS (Einschränkung des Gebrauchs bestimmter gefährlicher Substanzen in Elektro- und Elektronikgeräten).
- Altfahrzeug Verordnung** VICTREX PEEK, VICTREX HT, VICTREX ST und deren Compounds entsprechen den Anforderungen der EU-Direktive 2000/53/EC über Altfahrzeuge. Sie umfasst Fahrzeuge und Altfahrzeuge sowie deren Komponenten und Materialien.
- WEEE** Victrex-Polymere in Verbindung mit der Direktive für RoHS, entsprechen den Anforderungen der EU-Direktive 2002-96-EC über Elektro- und Elektronikaltgeräte.
- FM 4910 Zulassung** VICTREX PEEK-ungefüllt ist konform mit den Anforderungen des US-amerikanischen Standards für Reinraummaterialien, Entflammbarkeitstestprotokoll, ANSI/FM 4910. Die FM 4910 wurde aufgrund der Anforderungen in der Halbleiterindustrie für feuersichere Materialien erstellt.
- MITI Zulassung** VICTREX PEEK ist vom Ministerium für Internationalen Handel und Industrie (engl. Abk.: MITI) zugelassen.
- Umweltpolitik** Victrex besitzt eine Umweltpolitik und arbeitet gemäß einer Betriebsgenehmigung (Referenznummer BU5640IA), die von der britischen Umweltbehörde verliehen und geprüft wurde. Wir verfügen außerdem über ein internes Umweltverwaltungssystem, die im Rahmen unserer ISO 9001:2008 Zertifizierung regelmäßig überprüft wird.

Victrex entwickelt unentwegt neue Anwendungen für unsere Produkte auf Basis von PAEK, wodurch der Umfang der Zulassungen und Spezifikationen für unsere Produkte ständig zunimmt. Die aktuellsten Informationen hierzu finden Sie stets auf unserer Internetseite

[www.victrex.com](http://www.victrex.com)

Bedingung	Prüfverfahren	Einheit	Unverstärkt								Glasfaserverstärkte Typen					Kohlenstofffaserverstärkte Typen						Verschleißtypen				Spezialprodukte					
			PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	HT	ST	PEEK	PEEK	PEEK	HT	ST	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	HT	ST	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	WG101	WG102	ESD101		
			90G	150G/151G	381G	450G	650G	G22	G45	90GL30	150GL30	450GL30	22GL30	45GL30	90CA30	150CA30	450CA30	650CA30	22CA30	45CA30	90HMF20	90HMF40	150FC30	450FC30	150FW30	450FE20					
<b>Mechanische Eigenschaften</b>																															
Zugfestigkeit	Streckgrenze, 23°C	ISO 527	MPa	110	110	100	100	95	115	115																					
	Bruch, 23°C										190	190	180	200	200	260	260	260	250	260	270	280	330	150	140	180	78	180	190	120	
	Bruch, 125°C										130	125	115	125	130	180	150	160	150	170	180	190	220	100	95	115	125	130	75		
	Bruch, 175°C										80	75	60	75	80	110	95	85	85	110	120	120	145	65	55	85	85				
	Bruch, 275°C										45	45	35	55	50	65	55	50	50	70	70	80	85	35	35	55	55				
Zugdehnung	23°C	ISO 527	%	15	25	40	45	45	20	20	2,3	2,5	2,7	2,8	2,5	1,3	1,5	1,7	2,2	1,6	1,7	1,9	1,2	2,0	2,2	1,8	25	1,9	1,9	1,5	
Zugmodul	23°C	ISO 527	GPa	3,7	3,7	3,7	3,7	3,5	3,7	4,3	12,0	12,0	11,8	12,0	12,0	27	26	25	24	26	25	22	45	12,5	12,5	15	2,9	19	19	11,5	
Biegefestigkeit	23°C	ISO 178	MPa	180	175	170	165	155	185	180	290	280	270	300	270	360	360	380	370	370	380	400	480	220	230	270	125	280	290	190	
	125°C			95	90	90	85	85	110	110	230	230	190	210	180	250	250	250	250	240	290	290	350	160	160	170	70	220	220	135	
	175°C			20	19	18	18	16	32	36	115	115	80	120	120	120	120	120	120	170	190	180	220	80	80	105	18	140	145	65	
	275°C			14	13	13	13	9	16	21	75	75	50	85	70	60	60	60	60	90	100	100	120	45	45	65	13	70	75	35	
Biegemodul	23°C	ISO 178	GPa	4,3	4,3	4,2	4,1	4,0	4,2	4,1	12,0	11,5	11,3	11,0	11,0	24	23	23	22	23	23	20	37	11,5	11,5	14,5	3,2	17	17	10,5	
Druckfestigkeit	23°C	ISO 604	MPa	130	130	125	125	120	140	145	250	250	250	290	290	300	300	300	280	300	310	270	310	170	170	210	105	220	250	170	
	120°C			80	80	70	70	65	90	90	160	160	160	180	190	200	200	200	180	210	210	200	250	110	110	155	65	160	175	115	
	200°C								30	35	55	55	55	75	75	70	70	70	60	95	95	90	120			60	65	80	45		
	250°C													50	50					65	65					45	55				
Schlagzähigkeit, Charpy	gekerbt, 23°C	ISO 179/1eA	kJ/m²	4,0	4,0	6,0	7,0	8,0	3,8	4,0	7,5	7,5	8,0	9,0	9,5	6,0	6,0	7,0	10,5	6,5	7,0	7,5	8,0	4,0	5,0	5,0	6,0	5,0	5,0	2,5	
	ungekerbt, 23°C	ISO 179/1U		kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	45	55	55	70	70	45	45	45	60	45	50	60	60	30	35	35	kein Bruch	35	35	17	
Schlagzähigkeit, Izod	gekerbt, 23°C	ISO 180/A	kJ/m²	4,5	5,0	6,5	7,5	9,5	5,0	6,0	8,5	9,0	10,5	11	11	7,0	7,5	10	12	9	10,0	9,5	10,5	5,0	6,5	5,0	7,5	6,0	6,0	3,5	
	ungekerbt, 23°C	ISO 180/U		kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	40	55	60	70	60	40	40	50	60	45	50	60	60	30	35	35	kein Bruch	35	35	25	
<b>Thermische Eigenschaften</b>																															
Schmelzpunkt		ISO 3146	°C	343	343	343	343	343	373	387	343	343	343	373	387	343	343	343	343	373	387	343	343	343	343	343	343	343	373	343	
Glasübergangstemperatur (T <sub>g</sub> )	Anfang	ISO 3146	°C	143	143	143	143	143	152	162	143	143	143	152	162	143	143	143	143	152	162	143	143	143	143	143	143	143	152	143	
Thermischer Ausdehnungskoeffizient	In Fließrichtung <T <sub>g</sub>	ISO 11359	ppm/K	45	45	45	45	45	45	45	20	20	18	20	21	5	5	5	6	5	10	5,5	3,0	12	15	9	40	9	9	25	
	Durchschnittswert <T <sub>g</sub>			55	55	55	55	65	55	55	45	45	45	45	40	40	40	40	50	35	40	40	35	45	45	45	60	35	35	40	
	In Fließrichtung >T <sub>g</sub>			120	120	120	120	125	75	105	20	20	18	25	23	5	6	6	6	5	13	3,0	1,0	15	20	9	120	10	10	70	
	Durchschnittswert >T <sub>g</sub>			140	140	140	140	160	130	125	110	110	110	110	100	90	100	100	135	90	95	100	80	110	115	110	140	90	90	125	
Formbeständigkeit in der Wärme	1.8MPa	ISO 75A-f	°C	156	156	152	152	152	163	172	335	335	328	360	380	342	339	336	333	368	383	347	349	315	315	>300	150	343	367	258	
Wärmeleitfähigkeit	23°C	ISO 22007-4	W/m.K	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1,0	2,0	0,87	0,87	1,3	1,3				
Relativer Temperaturindex (RTI)	Elektrisch	UL 746B	°C		260	260	260							240	240																
	Mechanisch ohne Schlag			240	240	240							240	240									240	240							
	Mechanisch mit Schlag			180	180	180							220	220									180	180							
<b>Fließeigenschaften</b>																															
Schmelzeviskosität	400°C	ISO 11443	Pa.s	90	130	300	350	500	190				220	280	560	500	260	320	675			550	200	330	290	550	260	340	350	600	275
	420°C													220																	
<b>Andere Eigenschaften</b>																															
Dichte	23°C	ISO 1183	g/cm³	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,52	1,52	1,51	1,53	1,53	1,40	1,40	1,40	1,40	1,41	1,41	1,37	1,45	1,45	1,45	1,43	1,40	1,44	1,44	1,65	
<b>Elektrische Eigenschaften</b>																															
Durchschlagfestigkeit	2.5mm Wanddicke	IEC 60243-1	kV/mm	16	16	16	16	20	17	21	17	17	20	16	19												21				
Kriechstromfestigkeit (CTI)	23°C	IEC 60112	V	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150																
Dielektrischer Verlustfaktor	23°C, 1MHz	IEC 60250	n/a	0,004	0,004	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004												0,004				
Dielektrizitätskonstante	23°C, 1kHz	IEC 60250	n/a	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,0	3,3	3,3	3,2	3,2	3,3												2,8				
Spezifischer Durchgagswiderstand	23°C	IEC 60093	Ωcm	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	
<b>Empfohlene Verarbeitungsbedingungen</b>																															
Temperatureinstellungen	Trichter – Düse		°C	350-365	350-365	350-370	355-375	375-395	375-395	375-395	355-370	360-380	360-385	375-395	385-410	360-380	365-385	375-395	390-415	380-405	390-415	365-385	365-385	360-380	365-385	365-385	355-375	370-390	390-410	365-385	
Empfohlene Werkzeugtemperatur (max. 250°C)			°C	160-200	160-200	170-200	170-200	170-200	190-215	200-220	170-200	170-200	180-200	190-215	200-220	170-200	180-210	180-210	180-210	190-215	200-230	180-200	190-200	170-200	170-200	170-200	170-200	180-210	190-215	180-220	
Düsentemperatur für Fließweglänge und Schwindung			°C	365	365	370	375	395	395	395	370	380	385	395	410	380	385	395	415	405	415	385	380	380	385	385	375	390	410	385	
Werkzeugtemperatur für Fließweglänge und Schwindung			°C	160	160	170	180	180	200	200	180	180	190	200	210	190	200	200	200	200	210	190	190	180	200	180	180	200	190	180	
Fließweglänge in Fließspirale	1mm wall Wanddicke	Victrex	mm	245	220	130		110	125	200	160	185	150	85	105	100	130	140	75	80	80	90	180	100	130	80	165	130	135	85	140
	3mm wall Wanddicke							700	630					410		440			330	375		410				380			360		
Schwindung	In Fließrichtung	ISO 294-4	%	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	1,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,3	0,1	1,2	0,0	0,1	0,4	
	Quer zur Fließrichtung		%	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,4	0,7	0,7	0,6	1,				





Victrex ist ein innovativer Weltmarktführer bei PEEK- und PAEK-Hochleistungspolymerlösungen mit Fokus auf den strategischen Märkten Automobil, Luftfahrt, Energie (einschließlich Industrietechnik), Elektronik und Medizin. Jeden Tag nutzen Millionen von Menschen Produkte und Anwendungen, die unsere Materialien enthalten – wie Mobiltelefone, Flugzeuge, Autos, Öl- und Gasanlagen und medizinische Anwendungen. Mit über 35 Jahren Erfahrung entwickeln wir weltweit führende Lösungen mit PEEK- und PAEK-Polymeren sowie in ausgewählten Bereichen verschiedene Formen und Bauteile und die die Zukunftsleistungen und Märkte unserer Kunden gestalten und Werte für unsere Aktionäre schaffen.

[www.victrex.com](http://www.victrex.com)

#### World Headquarters

Victrex plc  
Hillhouse International  
Thornton Cleveleys  
Lancashire  
FY5 4QD  
United Kingdom

TEL +44 (0)1253 897700  
FAX +44 (0)1253 897701  
MAIL [victrexplc@victrex.com](mailto:victrexplc@victrex.com)

#### Americas

Victrex USA Inc  
300 Conshohocken State Road  
Suite 120  
West Conshohocken  
PA 19428  
USA

TEL +1 800-VICTREX  
TEL +1 484-342-6001  
FAX +1 484-342-6002

#### Europe

Victrex Europa GmbH  
Langgasse 16  
65719 Hofheim/Ts.  
Germany

TEL +49 (0)6192 96490  
FAX +49 (0)6192 964948  
MAIL [customerserviceEU@victrex.com](mailto:customerserviceEU@victrex.com)

#### Japan

Victrex Japan Inc  
Mita Kokusai Building Annex  
4-28, Mita 1-chome  
Minato-ku  
Tokyo 108-0073  
Japan

TEL +81 (0)3 5427 4650  
FAX +81 (0)3 5427 4651

#### Asia Pacific

Victrex High Performance  
Materials (Shanghai) Co Ltd  
Part B Building G  
No. 1688 Zhuanxing Road  
Xinzhuang Industry Park  
Shanghai 201108  
China

TEL +86 (0)21-6113 6900  
FAX +86 (0)21-6113 6901

©Victrex plc

Victrex plc and/or its group companies ("Victrex plc") believes that the information contained in this document is an accurate description of the typical characteristics and/or uses of the product or products, but it is the customer's responsibility to thoroughly test the product in each specific application to determine its performance, efficacy, and safety for each end-use product, device or other application. Suggestions of uses should not be taken as inducements to infringe any particular patent. The information and data contained here in are based on information we believe reliable. Mention of a product in this document is not a guarantee of availability. Victrex plc reserves the right to modify products, specifications and/or packaging as part of a continuous program of product development. Victrex plc makes no warranties, express or implied, including, without limitation, a warranty of fitness for a particular purpose or of intellectual property non-infringement, including, but not limited to patent non-infringement, which are expressly disclaimed, whether express or implied, in factor by law. Further, Victrex plc makes no warranty to your customers or agents, and has not authorized anyone to make any representation or warranty other than as provided above. Victrex plc shall in no event be liable for any general, indirect, special, consequential, punitive, incidental or similar damages, including without limitation, damages for harm to business, lost profits or lost savings, even if Victrex has been advised of the possibility of such damages regardless of the form of action. VICTREX™, APTIV™, VICOTE™, VICTREX PIPES™, VICTREX HT™, VICTREX ST™, VICTREX WG™, PEEK-ESD™ and the Triangle (Device), are trade marks of Victrex plc or its group companies.