

Apeec[®]



Typenübersicht
Typische Werte

Apec[®]

Apec[®] ist eine Weiterentwicklung des Polycarbonates Makrolon[®] hin zu höherer Wärmeformbeständigkeit. Es weist eine einmalig günstige Kombination von Zähigkeit, Transparenz, Lichtstabilität und Fließfähigkeit auf. Aufgrund seiner hohen Wärmeformbeständigkeit von bis zu 203 °C (VST/B 120) ist Apec[®] der ideale Werkstoff für Formteile, die wegen ihrer hohen thermischen Belastung nicht mehr mit Standard-PC realisierbar sind.

Charakterisierung

Die Apec® Typen sind lineare, amorphe Copoly-carbonate (PC-HT), bestehend aus BPA, dem Baustein des Makrolon®, und BPTMC, einem speziellen Polymerbaustein. Abhängig vom Mengenverhältnis der beiden Bisphenol-Komponenten entstehen Produkte, deren Wärmeformbeständigkeit mit steigendem BPTMC-Anteil zunimmt.

Apec® gehört zur Familie der Polycarbonate und ist eine Weiterentwicklung des Standard-(BPA-) Polycarbonates Makrolon® hin zu höherer Wärmeformbeständigkeit.

Apec® zeichnet sich durch eine besonders günstige Kombination folgender Eigenschaften aus:

- hohe Wärmeformbeständigkeit
- hohe Zähigkeit
- hohe Transparenz
- gute Fließfähigkeit
- hohe Dimensionsstabilität

In Verbindung mit der – auch bei tiefen Temperaturen – hohen Schlagzähigkeit ergibt sich ein breiter Temperaturanwendungsbereich von ca. –30 °C bis zu ca. +180 °C.

Apec® – Typenübersicht

Typ	Vicat-Erweichungs-temperatur (°C)	MVR ¹⁾ (cm ³ /10 min)	UV-stabilisiert	Leicht entformbar
Standardtypen				
1603	159	25	X	
1703	171	17	X	
1800	185	10		
1803	184	10	X	
Leichtfließende Typen				
1695	158	45		X
1697	157	45	X	X
1795	173	30		X
1797	172	30	X	X
1895	183	18		X
1897	182	18	X	X
2095 ²⁾	203	8		X
2097	202	8	X	X
Typ mit hoher Fließfähigkeit				
2095HF	203	14		X
Typ für medizinische Anwendungen				
1745 ^{3), 7)}	170	17		X
Flammgeschützte Typen				
FR1892 ⁴⁾	183	18		X
FR1897 ⁵⁾	182	18	X	X
DP1-9354 ⁶⁾	185	12		
Typ mit hoher diffuser Lichtreflexion bzw. hoher Lichtdichtigkeit (Reflective White)				
RW1695	158	45		X
RW1697 ⁷⁾	157	45		X

¹⁾ 330 °C/2,16 kg.

²⁾ Nicht in klar transparent der Farbe 551022 verfügbar, alternativ Apec® 2097 551022 verwenden.

³⁾ Geeignet für Heißdampfsterilisation, ein typisches Muster hat die Anforderungen von USP Class VI erfüllt, nur erhältlich in klar transparent der Farbe 551022.

⁴⁾ Listungen gemäß UL 94: V-0/3,0 mm. Transparente Einfärbungen möglich.

⁵⁾ Interne Messung gemäß UL94: V-0/3,0mm. Transparente Einfärbungen möglich.

⁶⁾ Listungen gemäß UL 94: V-0/1,5 mm; V-0/3,0 mm; 5 VA/3,0 mm, nur in gedeckten Einstellungen verfügbar.

⁷⁾ Lichtreflexion ca. 95 % (Farb-Nr. 010226).

⁸⁾ Haftungsausschluss (siehe Seite 23).

Lieferform

Granulat, verpackt in 25-kg-PE-Säcken, Großgebinden (Bigbags), Großkartons mit PE-Innensack oder als Siloware lieferbar. Apec® ist in vielen transparenten und gedeckten Farben erhältlich.

Die Herstellbetriebe für Apec® sind von den zuständigen Zertifizierungsgesellschaften nach ISO 9001 zertifiziert.

Kennzeichnung der Handelsprodukte

Die Kennzeichnung der Apec® Handelsprodukte basiert auf einer 4-stelligen, selbsterklärenden Nomenklatur.

Die ersten beiden Ziffern bezeichnen die Wärmeformbeständigkeit.

- 16..** Vicat ca. 160 °C
- 17..** Vicat ca. 170 °C
- 18..** Vicat ca. 185 °C
- 20..** Vicat ca. 203 °C

Die Ziffern 3 und 4 beschreiben den Typ.

- ..00** Standard
- ..03** Standard, UV-stabilisiert
- ..45** Medizintyp, leicht entformbar
- ..92** leichtfließend, flammgeschützt, transparent
- ..95** leichtfließend, leicht entformbar
- ..97** leichtfließend, leicht entformbar, UV-stabilisiert

Vorsatzcodes

- FR..** flammgeschützt
- RW..** Reflective White

Suffix

- HF..** High Flow

Farbbezeichnungen

Sie erfolgen durch einen 6-stelligen Zahlencode. Die ersten beiden Ziffern geben die Hauptfarbe an, die weiteren 4 Ziffern dienen zur Unterscheidung der verschiedenen Tönungen.

	Gedekte Farbtöne	Transparente Farbtöne	Gedekte Farbtöne
Weiß	01	–	02 (Milchweiß)
Gelb	10	15	12
Orange	20	25	22
Rot	30	35	32
Violett	40	45	42
Blau	50	55	52
Grün	60	65	62
Grau	70	75	72
Braun	80	85	82
Schwarz	90	–	–
Natur	00	00	–

Anwendungen

Formteile aus Apec® haben aufgrund ihrer vorteilhaften Eigenschaftskombination (ausgezeichnete Transparenz, Temperaturbeständigkeit und Zähigkeit) ein vielseitiges Anwendungsspektrum.

Automobil:

- Scheinwerferblenden und -rahmen
- Scheinwerferreflektoren
- Scheinwerferlinsen
- Reflektoren für Blinker-, Rück- und Kennzeichenleuchten
- Brems- und Blinkleuchtenkappen (Lichtfilter)
- Hochgesetzte Stoppleuchten
- Gehäuse sowie Abdeckungen und Linsen für Innenbeleuchtung
- Flachsicherungen

Elektronik / Elektrotechnik; Haushaltsgeräte:

- Bauteile von Messwandlern
- Leuchtenabdeckungen
- Sammelschienenenträger (Isolatoren)
- Sicherungsgehäuse
- Skalenblenden für Elektroherde
- Steckdosengehäuse
- Beleuchtete Drehschalter
- Haarstyling-Zubehör
- Chip Trays

Beleuchtung:

- Signalleuchtsysteme
- Leuchten/Einbauleuchten
- Industrieleuchtenabdeckungen
- Dentalleuchten
- Gehäuse für Halogen- und Spotleuchten
- Verbindungsteile von Halogensystemen
- Schiffsleuchtenabdeckungen

Medizintechnik / Heißdampf-sterilisation:

- Spritzenaufsätze
- Transportbehälter
- Sicherheitsventil für Beatmungshilfen
- Sterilisations-Trays
- Medizinische Gefäße
- Folien für medizinische Verpackungen

Sicherheit:

- Visiere für Feuerwehrhelme
- Sichtscheiben von Gasmasken

Wärmeformbeständigkeit / Alterungsverhalten

Die besondere Eigenschaft von Apec® ist die abgestufte, hohe Wärmeformbeständigkeit in Verbindung mit ausgezeichneter Transparenz, geringer Eigenfarbe, guter Fließfähigkeit und hoher Schlagzähigkeit. Es sind Produkte mit einer Vicat-Erweichungstemperatur bis 203 °C verfügbar.

Die mögliche Einsatztemperatur der Apec® Typen liegt bei kurzzeitiger Wärmebelastung und mechanisch wenig beanspruchten Teilen ca. 15 °C unterhalb der jeweiligen Vicat-Erweichungstemperatur.

Die Dauergebrauchstemperatur von Apec® Teilen hängt von den Anforderungen an das Formteil ab.

Wie bei allen Thermoplasten kann langzeitige Temperaturbelastung zur Veränderung des Eigenschaftsniveaus (z. B. Mechanik und Farbe) führen. Daneben hängt das Ausmaß der Veränderung von der Belastungsdauer ab. Bei überhöhter Wärmebelastung kann es im Extremfall zum Ausfall des Formteils durch Spröbruch oder Anschmelzen kommen.

Richtwerte für Temperaturbeaufschlagung und Einsatzdauer von Teilen aus Apec® sind z. B. die Temperatur-Indices nach UL 746B (siehe Richtwerte-Tabelle). Sie entsprechen der Temperatur, bei der die geprüfte Materialeigenschaft für eine definierte Expositionszeit noch mindestens 50% des Ausgangsniveaus aufweist.

Optische Eigenschaften

Apec® ist in einer glasklaren, leicht bläulichen Farbe (551022) erhältlich. In dieser Farbe erreicht Apec® eine Lichttransmission von 89% bei 1 mm Wandstärke. Der Brechungsindex liegt auf Standard-PC-Niveau und nimmt mit steigender Wärmeformbeständigkeit etwas ab. Weiterhin sind hoher Oberflächenglanz und exzellente Oberflächenqualität typisch für Apec®.

Zähigkeit

Apec® besitzt eine hohe Schlagzähigkeit über einen breiten Temperaturbereich. Das hohe Energieaufnahmevermögen zeigt sich ebenfalls bei biaxialer Beanspruchung im Durchstoßversuch.

Apec® 1695

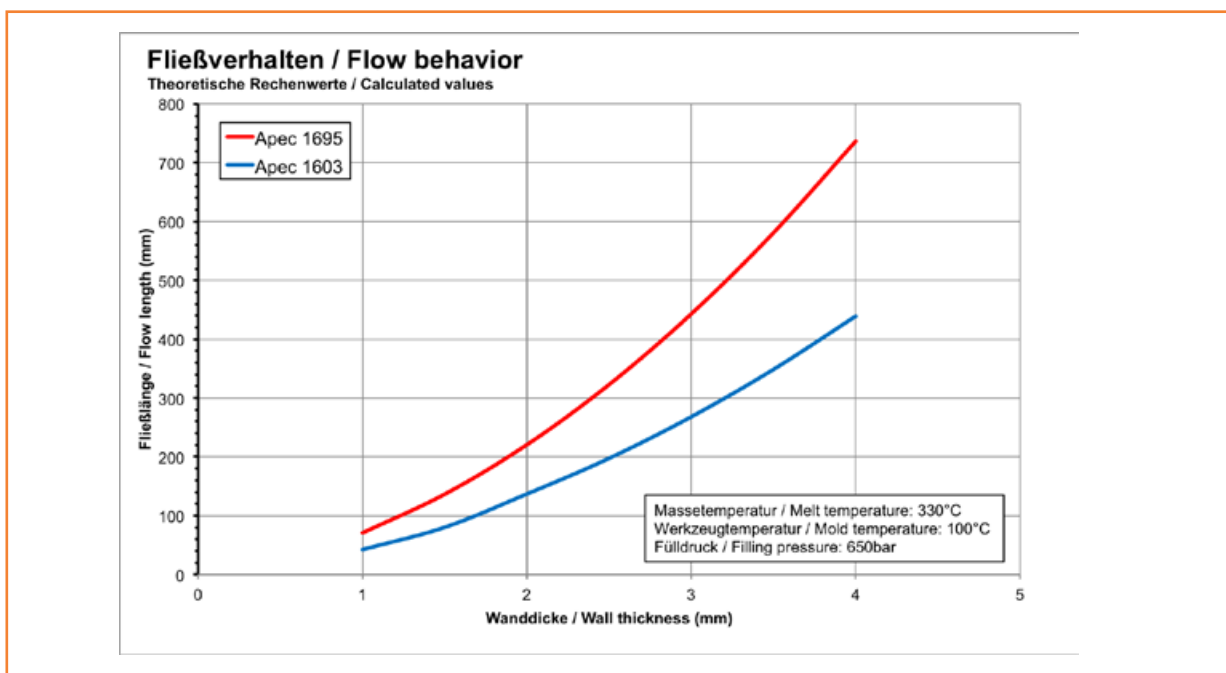


Bild 1: A. 1695 (A. 1697)

Schmelzeviskosität; Fließfähigkeit

Mit steigender Wärmeformbeständigkeit der Apec® Typen nimmt erwartungsgemäß deren Schmelzeviskosität zu. Im Vergleich zu anderen amorphen Thermoplasten, z. B. Polyarylaten, zeigt Apec® bei vergleichbarer Wärmeformbeständigkeit

jedoch eine deutlich geringere Schmelzeviskosität und somit eine bessere Fließfähigkeit. Die Bilder 1 bis 4 zeigen eine Auswahl von Fließweg-/Wanddicken-Diagrammen.

Apec® 1795

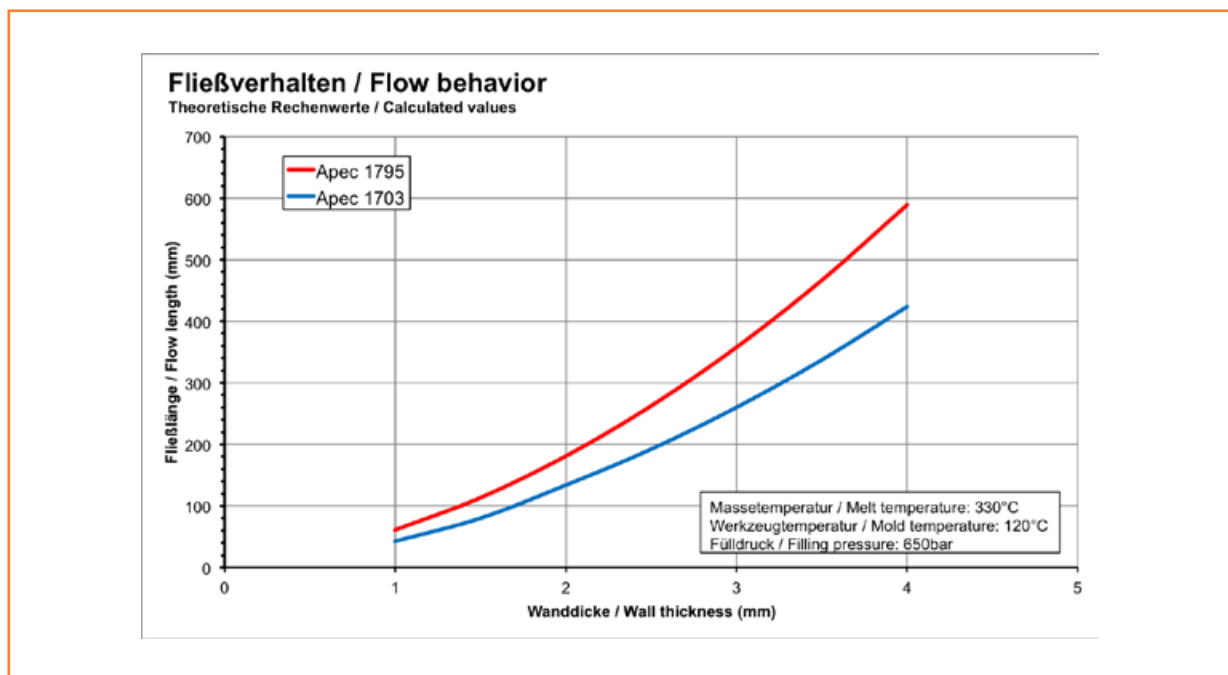


Bild 2: A. 1795 (A. 1797)

© 2019 Covestro Deutschland AG.

Apec® 1895

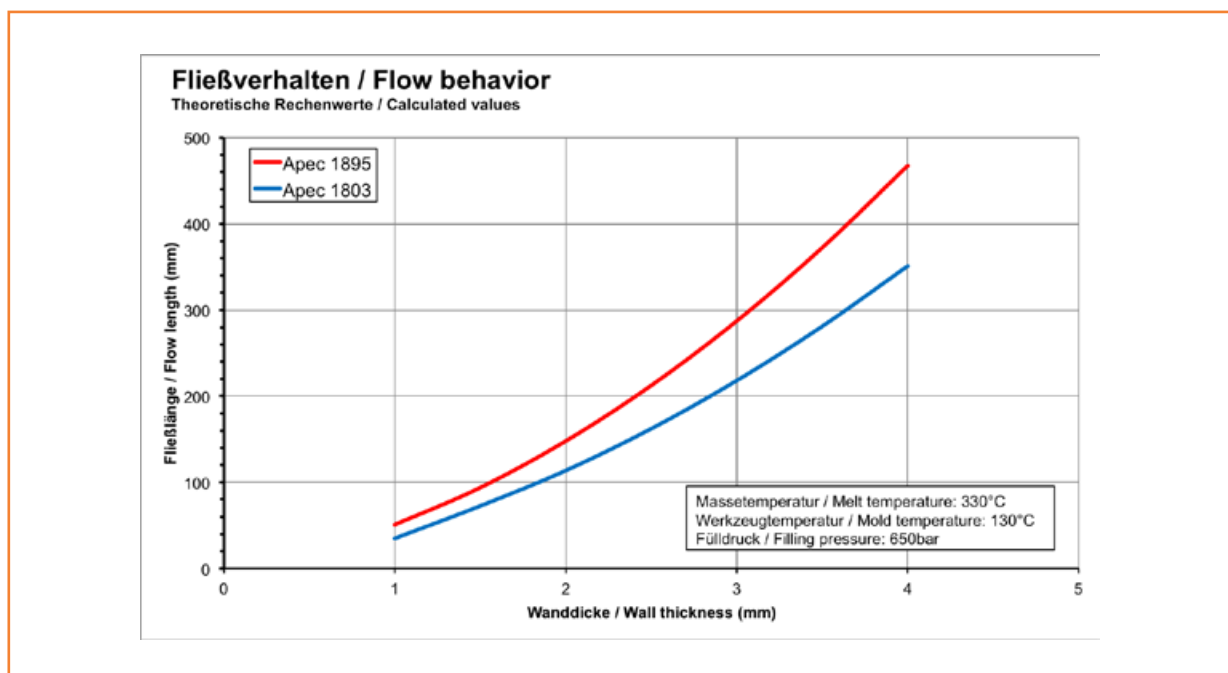


Bild 3: A. 1895 (A. 1897)

© 2019 Covestro Deutschland AG.

Apec[®] 2095

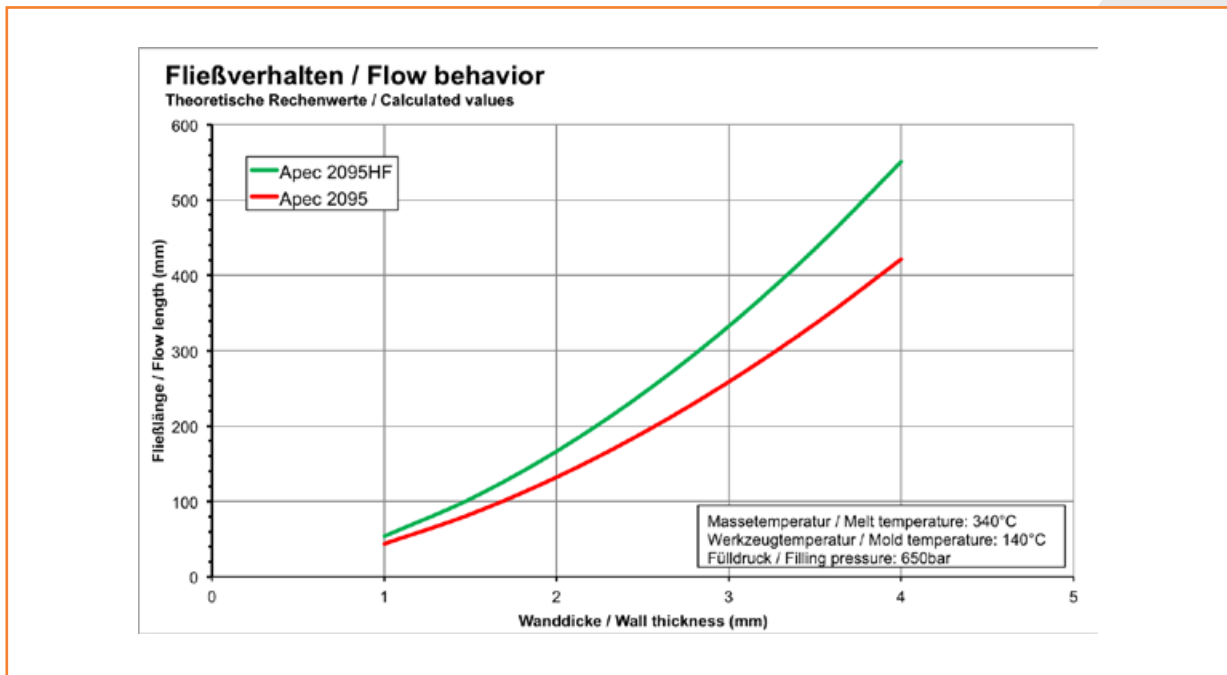


Bild 4: A. 2095 (A. 2097)

© 2019 Covestro Deutschland AG.

Elektrische Eigenschaften

Die elektrischen Eigenschaften von Apec® und Standard-Polycarbonat sind vergleichbar. Dies trifft insbesondere für den hohen spezifischen Oberflächenwiderstand, den hohen spezifischen Durchgangswiderstand sowie die Dielektrizitätszahl zu. Die Typen mit der höchsten Erweichungstemperatur (A. 2095 und A. 2097) erreichen einen bemerkenswert hohen CTI (Vergleichszahl der Kriechwegbildung).

Flammwidrigkeit

Apec® ohne Flammschutzadditive ist für die relevanten Wandstärken nach UL 94 mit HB einzustufen. Die flammgeschützten Typen Apec® FR1892 und Apec® FR1897 (transparente Einfärbungen möglich) und Apec® DP1-9354 (nur in gedeckten Farben verfügbar) sind gemäß UL 94 gelistet V-0/3,0 mm, bzw. V-0/1,5 mm.

Eignung für Außenanwendungen

Der ultraviolette Anteil des Sonnenlichtes wird von Apec® absorbiert und führt im Laufe der Zeit zu einer Verfärbung/Vergilbung. Bei den UV-stabilisierten Apec® Typen ist die Verfärbung/Vergilbung deutlich reduziert. Sind hohe Anforderungen an die UV-Stabilität gefragt, ist die zusätzliche Verwendung eines UV-Schutzlacks notwendig.

Lichtreflexion

Die neuen Apec® Typen RW1695 und RW1697¹⁾ ermöglichen Anwendungen mit hoher Anforderung an die diffuse Lichtreflexion auf Gebrauchstemperaturniveau oberhalb der Makrolon® RW Typen. Typen mit noch höherer Temperaturbeständigkeit sind in der Entwicklung. Apec® RW1695 und Apec® RW1697 weisen außerdem eine hohe Opazität auf; Teile aus diesen Materialien blockieren das Licht hervorragend.

¹⁾ RW = Reflective White
Abhängig vom Pigmentgehalt ist eine diffuse Lichtreflexion bis ca. 95% möglich. Die mechanischen Eigenschaften sind etwas spröder als bei Apec® 1695 bzw. Apec® 1697.

Chemikalienbeständigkeit, Spannungsrisssbeständigkeit

Apec® Teile besitzen eine gute Beständigkeit gegenüber gesättigten aliphatischen Kohlenwasserstoffen, Alkoholen, verdünnten Mineralsäuren, neutralen und sauren Salzlösungen. Apec® ist nicht beständig gegen aromatische Kohlenwasserstoffe, Ammoniak, Amine und alkalische wässrige Lösungen.

Das Verhalten von Apec® gegenüber Chemikalien ist somit dem von Standard-Polycarbonat vergleichbar.

Die Chemikalienbeständigkeit und Spannungsrisssbeständigkeit hängen in starkem Maße auch von Spannungszustand und Temperatur des betreffenden Teils sowie der jeweiligen Konzentration der in Frage kommenden Chemikalien ab. Deshalb sollte im Zweifelsfall ein Praxistest durchgeführt werden. Falls dies nicht möglich ist, kann das Biegestreifenverfahren (DIN 53 449/3) zumindest eine Orientierung geben. Zur Vermeidung von Spannungsrisen muss generell darauf geachtet werden, dass die bleibende Randfaserdehnung 0,3% nicht überschreitet.

Hydrolysebeständigkeit

Heißes Wasser bewirkt einen allmählichen chemischen Abbau, der mit einem Absinken der Schlagzähigkeit und Reißdehnung verbunden ist. Ein Dauereinsatz im Wasser bei Temperaturen oberhalb 60 °C ist deshalb nicht zu empfehlen.

Löslichkeit

Mit steigender Wärmeformbeständigkeit bzw. steigendem BPTMC-Anteil nimmt die Löslichkeit der Apec® Typen in diversen nicht halogenierten Lösungsmitteln zu (z. B. Toluol, Essigsäureethylester, Essigsäuremethylester, Butanon, Tetrahydrofuran).



Verarbeitung

Materialvorbereitung / Trocknung

Zur Erzielung optimaler Formteileigenschaften ist es unbedingt notwendig, Apec® Granulat vorzutrocknen. Unzureichende Trocknung verursacht bei der anschließenden Verarbeitung Molekulargewichtsabbau. Dieser kann die Eigenschaften des gefertigten Formteils wie folgt verändern:

- „Silberschlieren“ und Bläschen auf der Oberfläche
- Versprödung (Verminderung mechanischer Eigenschaften, z. B. Schlagzähigkeit, Reißdehnung, Biegefestigkeit)
- Beeinträchtigung der Brandeigenschaften
- Erhöhung der Spannungsrisanfälligkeit

Apec® nimmt aus der Luft (23 °C/50% rel. Feuchte) bis zu 0,12% Wasser auf, bei direktem Wasserkontakt bis zu 0,3%. Um die oben genannten Eigenschaftsverluste zu vermeiden, ist die Reduzierung des Wassergehaltes vor der Verarbeitung auf ≤0,02%, bei kritischen Anwendungen auf ≤0,01%, unbedingt erforderlich. Je nach Feuchtigkeitsgehalt im Granulat und Trocknerqualität empfehlen wir folgende Trocknungsbedingungen:

Sommerliche Temperaturen, insbesondere in Verbindung mit hohen relativen Luftfeuchten, erfordern längere Trocknungszeiten in Umluft- und Frischlufttrocknern, die das angegebene Zeitintervall überschreiten können. Im Extremfall mögen sogar die geforderten 0,02% mit solchen Geräten nicht erreicht werden. Um von klimatischen Außenbedingungen unabhängig zu sein, empfiehlt sich generell der Einsatz von Trockenlufttrocknern.

Damit das Granulat nicht rückfeuchtet, vor allem bei längeren Verweilzeiten in der Spritzgießmaschine, sollte ein beheizter Einfülltrichter verwendet werden.

Eine genaue Messung der Restfeuchte ist ausschließlich mit chemisch arbeitenden Analysemethoden wie z. B. der Karl-Fischer-Titration möglich.

	Trocknungstemperatur (Granulattemperatur)	Trocknungszeit		
		Umlufttrockner (50% Frischluft)	Frischlufttrockner (Schnelltrockner)	Trockenlufttrockner
Alle Typen	130 °C	4 bis 12 h	2 bis 4 h	2 bis 4 h

Empfohlene Trocknungsbedingungen für Apec®

Verarbeitungstemperaturen / -hinweise

Formteile aus Apec® werden in der Regel nach dem Spritzgießverfahren hergestellt. Die folgenden Hinweise beziehen sich deshalb ausschließlich auf diese Verarbeitungsmethode.

Zur Spritzgießverarbeitung von Apec® sind moderne Spritzgießmaschinen geeignet. Offene Düsen mit verhältnismäßig großem Querschnitt haben sich bewährt. Geringfügiges Ausfließen der Schmelze lässt sich im Allgemeinen durch etwas Schneckenrückzug verhindern (Entlastung der Schmelze).

Typ	Massetemperatur in °C	Werkzeugtemperatur in °C
16xx	320–340	100–120
17xx	320–340	110–130
18xx	330–340	120–140
20xx	330–340	130–150
FR1892/97	330–340	120–140
DP1-9354	330–340	120–140
RW1695/97	320–340	100–120

Empfohlene Masse- und Werkzeugtemperaturen für Apec®

Zur Erzielung möglichst spannungsarmer Teile (z. B. für die Heißdampfsterilisation) empfehlen wir, die Werkzeugtemperatur möglichst hoch zu wählen. Einspritzgeschwindigkeit, Nachdruckhöhe und Nachdruckzeit hängen neben den zu verarbeitenden Thermoplasten vor allem von der Teilegeometrie und der Gestaltung des Angussystems ab. Grundsätzlich kann Apec® schnell eingespritzt werden, aber auch gestuftes Einspritzen hat sich bewährt. Nachdruckhöhe und Nachdruckzeit sollten nicht höher bzw. länger als unbedingt notwendig sein.

Bei einer Produktionsunterbrechung ist Folgendes zu beachten:

Die Verwendung von nitrierten Spritzgießeinheiten wird grundsätzlich nicht mehr empfohlen.

Ist eine verschleiß- und korrosionsgeschützte Einheit (ausgeschleuderter Zylinder mit Chromstahlschnecke) in Gebrauch, kann auf Raumtemperatur abgeheizt werden.

In der Regel ist das Entformen von Spritzlingen aus Apec® problemlos (empfohlene Entformungsschragen mind. 1 %). Bei der Entformung vom Werkzeugkern wirkt sich eine hohe Werkzeugtemperatur erfahrungsgemäß positiv aus. Treten dennoch Entformungsprobleme auf, kann gegebenenfalls auf einen entformungsmittelhaltigen Typ umgestellt werden. Dagegen empfehlen wir, auf die Verwendung von Formtrennmitteln zu verzichten, da dies eine Schädigung des Spritzlings zur Folge haben kann.

Weitere Verarbeitungshinweise finden Sie in unserer produktübergreifenden Informationsschrift „Verarbeitungsdaten für den Spritzgießer“.

Verfahren, nach denen Apec® sich ebenfalls verarbeiten lässt, sind:

- Plattenextrusion
- Folienextrusion
- Profilextrusion
- Extrusionsblasen
- Spritzblasen
- Foliengießen

Recycling, Entsorgung

Verarbeitungsausschuss und -abfälle können unter Beachtung der Trocknungs- und Verarbeitungshinweise für Primärware regranuliert und zu neuen Formteilen verarbeitet werden. In jedem Fall müssen das Eigenschaftsniveau und die Farbe von Formmassen, die Regenerate enthalten, im Hinblick auf die Verwendung geprüft werden. Der zulässige Anteil eines wiedereingesetzten Materials ist im Einzelfall zu ermitteln.

Bei Einsatz von Mahlgut ist zu berücksichtigen, dass die vom Extrudergranulat abweichende Korngeometrie das Einzugs- und Plastifizierverhalten beeinflusst. Aus dem gleichen Grund neigen auch physikalische Mischungen aus Mahlgut und Granulat unter Bewegung bei Transport, Förderung und Dosierung zur Entmischung.

Bei Wiederverwertung von Apec® ist darauf zu achten, dass keine Fremdmaterialien und kein Schmutz eingeschleppt werden. Apec® ist mit additivfreiem, nicht geblendetem BPA-PC gut verträglich, sodass eine gemeinsame Wiederverwertung grundsätzlich möglich ist. Zu beachten ist, dass sich bei homogenen Mischungen beider Formmassen die Eigenschaften gemäß deren Mischungsanteilen einstellen.

Apec® kann zudem durch Deponierung oder fachgerechte Verbrennung umweltfreundlich entsorgt werden.

Für Apec® sind folgende Kennzeichnungen vorgesehen:

Standardtypen: >PC-HT<

Leichtfließende Typen: >PC-HT<

Typ mit hoher Fließfähigkeit: >PC-HT<

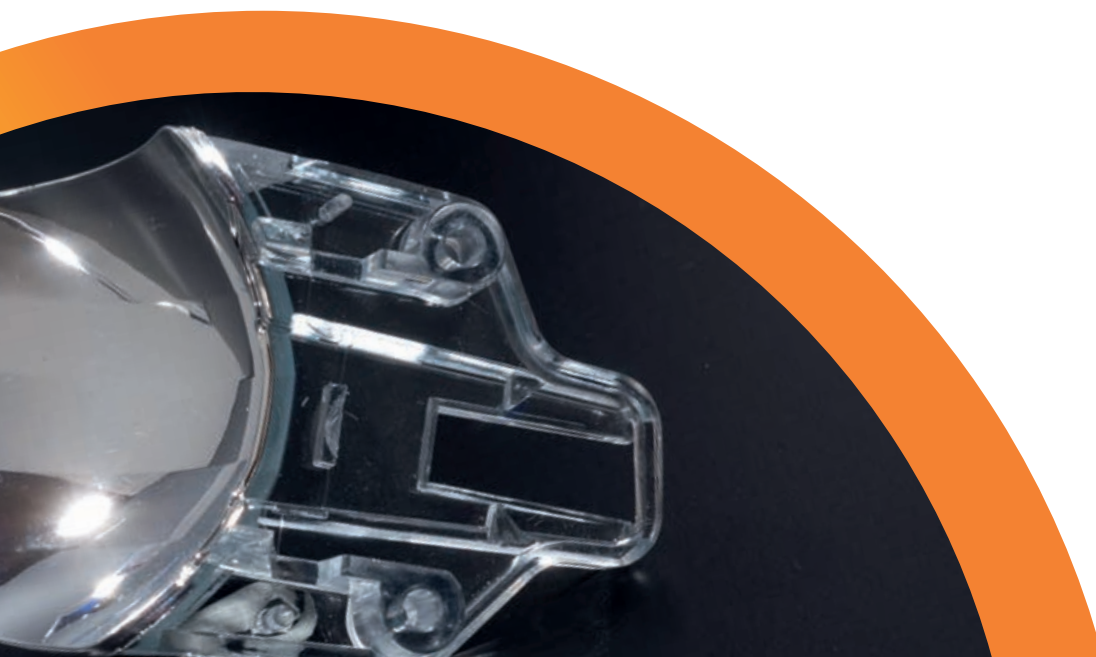
FR-Typen: >PC-HT FR<

Konstruieren mit Apec®

Apec® ist ein amorpher Thermoplast mit hoher Wärmeformbeständigkeit, der zur Familie der Polycarbonate gehört. Apec® weist im Vergleich zu anderen amorphen, hochwärmeformbeständigen Thermoplasten eine gute Fließfähigkeit auf. Dadurch steht dem Konstrukteur ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit und dem Verarbeiter ein weites Verarbeitungsfenster zur Verfügung.

Schwindung, Toleranzen

Apec® zeigt längs und quer zur Fließrichtung gleiches Schwindungsverhalten. Dies ist eine Voraussetzung zur Fertigung von Formteilen mit hoher Form- und Maßhaltigkeit. Unter optimalen Fertigungsbedingungen sind Toleranzen von $\pm 0,1\%$ beim Nennmaß 100 mm einhaltbar.



Apec® Typen	längs/quer
1695/1697	0,70/0,70
1795/1797	0,75/0,75
1895/1897	0,80/0,80
2095/2097	0,90/0,90
1603	0,75/0,75
1703/1745	0,80/0,80
1800/1803	0,85/0,85
2095HF	0,85/0,85
FR1892/FR1897	0,80/0,80
DP1-9354	0,85/0,85
RW1695/RW1697	0,70/0,70

Verarbeitungsschwindungen¹⁾

Mechanische Eigenschaften, zulässige Spannungen und Dehnungen

Bei längerer mechanischer Belastung können bei Apec® – wie auch bei anderen amorphen Thermoplasten – Spannungsrisse auftreten. Wirken spannungsrissauslösende Medien ein, wird dieser Vorgang beschleunigt. In der Konstruktionsphase können nicht alle Einflussfaktoren für die Spannungsrissbildung erfasst bzw. berücksichtigt werden. Ist eine mechanische Langzeitbeanspruchung gefordert, sollte so konstruiert werden, dass bleibende Dehnungen 0,3% nicht überschreiten. Bei kurzzeitiger Beanspruchung sind wesentlich höhere Dehnungswerte möglich. Bei einmaliger kurzzeitiger Beanspruchung sind bis zu 50% der Streckdehnung zulässig, bei mehrmaliger kurzzeitiger Beanspruchung bis zu 25%. Bei Unsicherheiten in der rechnerischen Spannungsermittlung sind entsprechende Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen.

Die Chemikalienbeständigkeit und das Spannungsrissverhalten hängen in starkem Maße von der Objekttemperatur, der Art und der Zusammensetzung der in Frage kommenden Chemikalien sowie von den inneren und äußeren Spannungszuständen der Formteile ab. Abhängig von der Formteilgeometrie und dem Anwendungsfall treten sowohl Druck- als auch Zugspannungen auf.

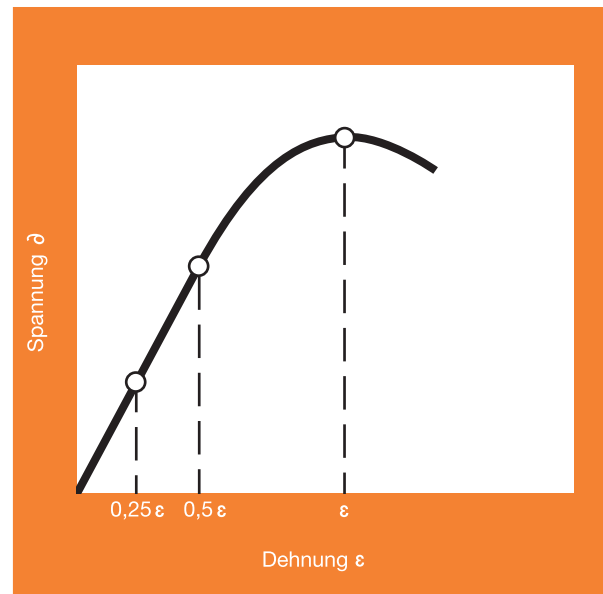


Bild 5: Zulässige Spannungen und Dehnungen für Apec®

Apec®	kurzzeitig einmalig MPa/%	kurzzeitig mehrmalig MPa/%	langzeitig MPa/%
Alle Typen	56/3,4	35/1,7	7/0,3

Letztere können, falls im Übermaß vorhanden, zu lokalen Deformationszonen in der Oberfläche und in oberflächennahen Bereichen (Mikrorisse, Crazes) und damit zu Schwachstellen führen. Um Teile mit hohem Gebrauchswert zu produzieren, liegt es im Interesse des Herstellers, solche Schwachstellen zu vermeiden, das heißt, den Spannungshaushalt der Formteile zu beherrschen.

Wie für Standard-Polycarbonat gibt es auch für Apec® eine schnelle Methode zur Abschätzung von eingefrorenen Zugspannungen in Formteilen: Das zu prüfende, auf Raumtemperatur ($22 \pm 3 \text{ °C}$) abgekühlte Formteil wird vollständig in ein Testmedium eingetaucht. Nach 15 Minuten Einwirkzeit wird es herausgenommen und visuell auf eventuell entstandene Risse und deren Ausmaß untersucht. Treten Risse auf, so deutet dies auf eine ungünstige Formgestaltung oder Werkzeugkonstruktion oder auf Verarbeitungsfehler hin. Die jeweilige Ansprechschwelle, das heißt Zugspannungen, die diesen Wert überschreiten, werden in Form von Spannungsrissen freigesetzt.

¹⁾ Die Schwindungsdaten wurden an einer Rechteckplatte 150 x 105 x 3 mm mit Filmguss an der 105-mm-Seite ermittelt. Massetemperatur: 330 °C bis 340 °C (je nach Typ), Werkzeugtemperatur: 120 °C bis 150 °C (je nach Typ), Einspritzzeit: 1 s, max. Werkzeuginnendruck: 600 bar (Druckaufnehmer nahe Filmschnitt). Bitte beachten: Die angegebenen Schwindungswerte sind „orientierende“ Werte und damit für eine Werkzeugauslegung nur bedingt geeignet.

Prüfmedium*	Anspruchsschwelle (nach 15 min Einwirkung)
n-Propanol	14 MPa
Toluol/n-Propanol 1:10	9 MPa
Toluol/n-Propanol 1:3	5 MPa

* Aus Gründen der Arbeitssicherheit müssen die entsprechenden Vorschriften zur Handhabung dieser Medien eingehalten werden. Der Test sollte nur unter einem Abzug oder in gut belüfteter Umgebung durchgeführt werden. Schutzbrille und Handschuhe tragen!

Ein Formteil aus Apec® sollte mindestens die Prüfung in n-Propanol bestehen – auch wenn im Gebrauch keine mechanischen Belastungen zu erwarten sind. Manchmal ist es schwierig, an eingefärbtem Kunststoff Spannungsrisse zu erkennen. Es empfiehlt sich dann, die Teile in einem transparenten Material abzumustern und zu prüfen.

Radien, Querschnittsübergänge

Scharfe Ecken und Kanten führen bei Belastung zu Spannungsüberhöhungen (Kerbwirkung) im Ecken- bzw. Kantenbereich. Bei Formteilen aus Apec®, die mechanisch belastet sind, sollten alle Ecken und Kanten mit einem Radius von mindestens 0,5 mm versehen werden. Ebenso sollten abrupte Querschnittsübergänge (Steifigkeitssprünge) vermieden werden. Querschnittsübergänge sollten möglichst kontinuierlich erfolgen.



Bild 6: Gestaltung von Querschnittsübergängen

Schraub- und Schnappverbindungen

Schraubdomen und Schnapphaken sind mechanisch beanspruchte Elemente in einem Kunststoffformteil.

Schraubdomen für selbstschneidende oder selbstformende Schrauben werden beim Einschrauben geweitet.

Es liegt danach eine Langzeitbeanspruchung vor. Die Aufweitung und damit das Spannungsniveau im Schraubdom werden von der Schraubdomgeometrie und der verwendeten Schraube bestimmt. Bei selbstformenden Schrauben ist die Aufweitung größer als bei selbstschneidenden. Kleine Flankenwinkel reduzieren das Spannungsniveau im Schraubdom. Es ist ratsam, die Schrauben vor dem Eindrehen zu entfetten. In diesem Zusammenhang empfiehlt es sich, keine Messingschrauben zu verwenden, da sie sich schwerer entfetten lassen als z. B. vernickelte Schrauben. Eine rechnerische Spannungsermittlung ist sehr schwierig und mit großen Unsicherheiten behaftet (Schraubentoleranzen). Aus Praxisversuchen haben sich die nachfolgend aufgeführten Gestaltungsrichtlinien als günstig erwiesen (siehe auch unsere Informationsschrift „Selbstformende Schrauben für thermoplastische Kunststoffe“).

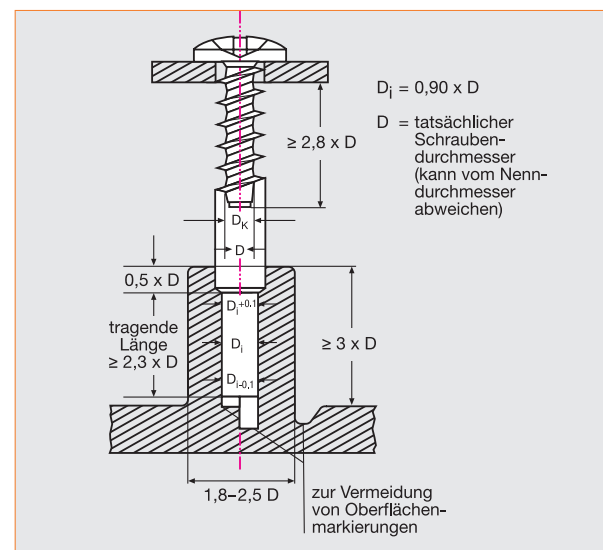


Bild 7: Dimensionierung von Schraubdomen aus Apec®

Kerndurchmesser D_K (mm)	$< 0,65 \times D$
Gewindesteigung P (mm)	$0,35 \times D$ bis $0,55 \times D$
Flankenwinkel α	$< 40^\circ$

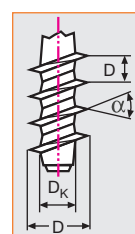


Bild 8: Verschraubung von Apec® (empfohlene Schraubengeometrie)

Schnappverbindungen sind eine einfache und kostengünstige Verbindungsart. Eine Schnappverbindung wird beim Fügevorgang kurzzeitig mechanisch belastet. Nach dem Fügevorgang ist die Verbindung meist nur noch geringen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Spannungen und Dehnungen können in den meisten Fällen rechnerisch ermittelt werden (für Berechnungsformeln und Anwendungsbeispiele für die unterschiedlichsten Schnappverbindungsarten siehe unsere Informationsschrift „Snap-fit Joints for Plastic – A Design Guide“).

Durch geschicktes Konstruieren lassen sich hohe Spannungen vermeiden, wie Bild 9 zeigt.

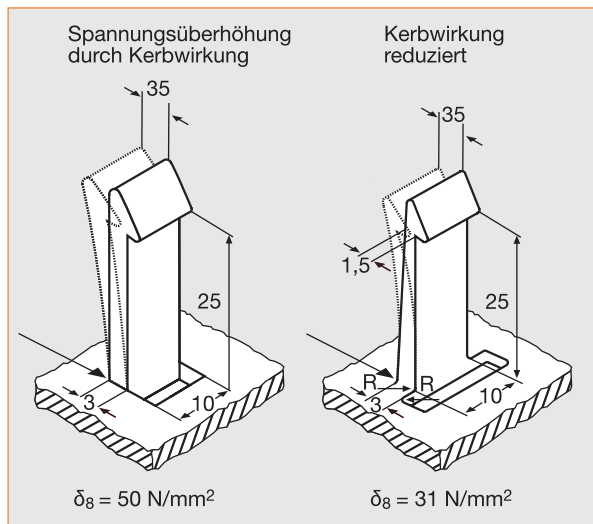


Bild 9: Gestaltung von Schnappverbindungen

Angussgestaltung

Für Apec® können alle üblichen Angusstechniken genutzt werden. Neben allen gängigen Kaltkanalformen ist auch die Herstellung von Formteilen mit Heißkanalsystemen möglich. Das verwendete Heißkanalsystem sollte jedoch folgenden Anforderungen genügen (Bild 10):

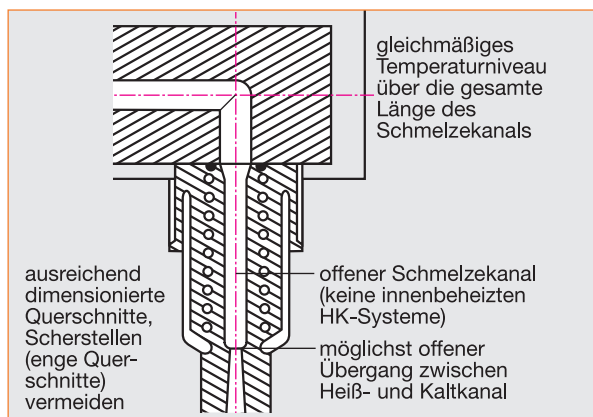


Bild 10: Anforderungen Heißkanalsystem

Formteile aus Apec® sollten spannungsarm gefertigt werden. Bei Punktangüssen ist im Formteil die Anspritzstelle der Bereich mit dem höchsten Spannungsniveau. Diese eingefrorenen Spannungen werden durch sehr hohe Fließgeschwindigkeit in unmittelbarer Anschnittnähe verursacht.

Neben großen Anschnittquerschnitten kann das Spannungsniveau durch partielle Wanddickenanhebung im Anschnittbereich reduziert werden. Bei Tunnelangüssen wird eine Ausführung mit Stauboden empfohlen. Mit dieser Variante lässt sich die Belastung der Schmelze deutlich reduzieren (Bild 11).

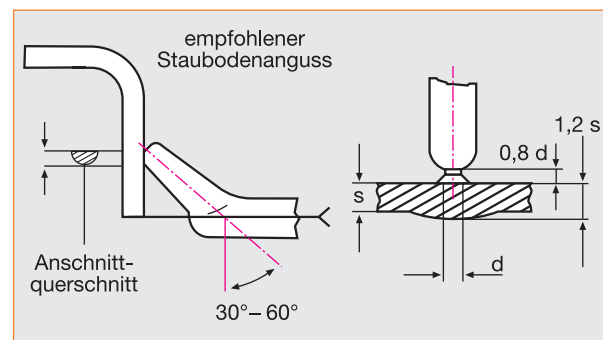


Bild 11: Anschnittdimensionierung – minimaler Anschnittdurchmesser (d) 60% der Wanddicke (s)

Die Querschnitte der Angusskanäle müssen, abhängig vom verwendeten Apec® Typ, dem Formteilmgewicht und der Angusslänge angepasst dimensioniert werden. Allgemeine Empfehlungen können aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren nicht gegeben werden.

Mit Hilfe von rheologischen Rechenprogrammen können jedoch Angussysteme mit geringem Aufwand sicher dimensioniert werden.

■ Leichtfließende Typen

1695	MVR (330 °C/2,16 kg) = 45 cm ³ /10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 158 °C; vielseitig verwendbar; geeignet für eine Vielzahl von Beleuchtungsanwendungen innerhalb und außerhalb des Fahrzeuginnenraums (z. B. Fahrzeug innenleuchten, Reflektoren/Bezel, Lichtfilter für Brems- und Blinkleuchten).	1895	MVR (330 °C/2,16 kg) = 18 cm ³ /10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 183 °C; vielseitig verwendbar, geeignet für eine Vielzahl von Beleuchtungsanwendungen innerhalb und außerhalb des Fahrzeuginnenraums (z. B. Fahrzeuginnenleuchten, Reflektoren / Bezel, Lichtfilter für Brems- und Blinkleuchten).
1697	MVR (330 °C/2,16 kg) = 45 cm ³ /10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; UV-stabilisiert; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 157 °C; geeignet für viele Anwendungen der Automobilbeleuchtung (Leuchtenabdeckungen, Scheinwerferlinsen).	1897	MVR (330 °C/2,16 kg) = 18 cm ³ /10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; UV-stabilisiert; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 182 °C; geeignet für viele Anwendungen der Automobilbeleuchtung (Leuchtenabdeckungen, Scheinwerferlinsen).
1795	MVR (330 °C/2,16 kg) 30 cm ³ /10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 173 °C; vielseitig verwendbar, geeignet für eine Vielzahl von Beleuchtungsanwendungen innerhalb und außerhalb des Fahrzeuginnenraums (z. B. Fahrzeuginnenleuchten, Reflektoren/Bezel, Lichtfilter für Brems- und Blinkleuchten).	2095	MVR (330 °C/2,16 kg) = 8 cm ³ /10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 203 °C; geeignet für eine Vielzahl von Beleuchtungsanwendungen innerhalb und außerhalb des Fahrzeuginnenraums (z. B. Fahrzeuginnenleuchten, Reflektoren/Bezel, Lichtfilter für Brems- und Blinkleuchten).
1797	MVR (330 °C/2,16 kg) = 30 cm ³ /10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; UV-stabilisiert; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 172 °C; geeignet für viele Anwendungen der Automobilbeleuchtung (Leuchtenabdeckungen, Scheinwerferlinsen).	2097	MVR (330 °C/2,16 kg) = 8 cm ³ /10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; UV-stabilisiert; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 202 °C; geeignet für viele Anwendungen der Automobilbeleuchtung (Leuchtenabdeckungen, Scheinwerferlinsen).

■ Standardtypen

1603	MVR (330 °C/2,16 kg) = 25 cm ³ /10 min; hochviskos; UV-stabilisiert; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 159 °C; geeignet für viele Anwendungen der Automobilbeleuchtung innerhalb und außerhalb des Fahrzeuginnenraums sowie für Leuchtenabdeckungen im Industrie- und Haushaltsbereich.	1800	MVR (330 °C/2,16 kg) = 10 cm ³ /10 min; hochviskos, Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 185 °C; vielseitig verwendbar.
1703	MVR (330 °C/2,16 kg) = 17 cm ³ /10 min; hochviskos; UV-stabilisiert; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 171 °C; geeignet für viele Anwendungen der Automobilbeleuchtung innerhalb und außerhalb des Fahrzeuginnenraums sowie für Leuchtenabdeckungen im Industrie- und Haushaltsbereich.	1803	MVR (330 °C/2,16 kg) = 10 cm ³ /10 min; hochviskos; UV-stabilisiert; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 184 °C; geeignet für viele Anwendungen der Automobilbeleuchtung innerhalb und außerhalb des Fahrzeuginnenraums (z. B. Lichtfilter für Brems- und Blinkerleuchten, Leuchtenabdeckungen im Fahrzeuginnenraum, Scheinwerferlinsen, Verbindungselemente in Leuchtensystemen) sowie für Leuchtenabdeckungen im Industrie- und Haushaltsbereich.

■ Typ mit hoher Fließfähigkeit

2095 HF MVR (330 °C/2,16 kg) = 14 cm³/10 min; sehr niedrigviskos; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 203 °C; geeignet für verschiedenste Anwendungen der Automobilbeleuchtung (z. B. Reflektoren und Bezels).

■ Typ für medizinische Anwendungen

1745 MVR (330 °C/2,16 kg) = 17 cm³/10 min; hochviskos; leicht entformbar; Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 170 °C; geeignet für die Heißdampfsterilisation bis 143 °C; ein typisches Muster hat die Anforderungen von USP Class VI erfüllt; geeignet für verschiedenste Geräte und Gegenstände der Medizintechnik.

■ Flammgeschützte Typen

FR1892 MVR (330 °C/2,16 kg) = 18 cm³/10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; V-2/1,5 mm bzw. V-0/3,0 mm (UL 94); Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 183 °C; transparente Einfärbungen möglich; Visiere für Feuerwehrhelme.

DP1-9354 MVR (330 °C/2,16 kg) = 12 cm³/10 min; hochviskos; V-0/1,5 mm bzw. V-0/3,0 mm (UL 94); 5VA/3,0 mm (UL 94); Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 185 °C; nur gedeckte Einfärbungen möglich.

FR1897 MVR (330 °C/2,16 kg) = 18 cm³/10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; UV-stabilisiert (erfüllt die Anforderungen gemäß EN 170); V-2/1,5 mm bzw. V-0/3,0 mm (UL 94); Erweichungstemperatur (VST/B 120) = 183 °C; transparente Einfärbungen möglich; Visiere für Feuerwehrhelme.

■ Typen mit hoher diffuser Lichtreflexion

RW1695 MVR (330 °C/2,16 kg) = 45 cm³/10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; hohes Lichtreflexionsvermögen; hohe Lichtdichtigkeit; Erweichungstemperatur (VSTB 120) = 158 °C.

RW1697 MVR (330 °C/2,16 kg) = 45 cm³/10 min; niedrigviskos; leicht entformbar; UV-stabilisiert; hohes Lichtreflexionsvermögen; hohe Lichtdichtigkeit; Erweichungstemperatur (VSTB 120) = 157 °C.

				Leichtfließende Typen			
Eigenschaften	Prüfbedingungen	Einheiten	Standards	1695	1697	1795	1797
Rheologische Eigenschaften							
• Schmelze-Volumenfließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	cm ³ /10 min	ISO 1133	45	45	30	30
• Schmelze-Massefließrate (MFR)	330 °C; 2,16 kg	g/10 min	ISO 1133	46	46	31	31
• Verarbeitungsschwindigkeit, längs	60 x 60 x 2 mm ³ ; 500 bar Fülldruck	%	ISO 2577	0,7	0,7	0,8	0,8
• Verarbeitungsschwindigkeit, quer	60 x 60 x 2 mm ³ ; 500 bar Fülldruck	%	ISO 2577	0,7	0,7	0,8	0,8
Mechanische Eigenschaften (23 °C / 50 % r. F.)							
• Zug-Modul	1 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	2350	2350	2350	2350
• Streckspannung	50 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	68	68	71	71
• Streckdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	6,3	6,3	6,6	6,6
• Nominelle Bruchdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	>50	>50	>50	>50
• Charpy-Schlagzähigkeit	23 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB
• Charpy-Schlagzähigkeit	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB
• Durchstoß-Maximalkraft	23 °C	N	ISO 6603-2	5200	5200	5200	5200
• Durchstoß-Maximalkraft	-30 °C	N	ISO 6603-2	6000	6000	6000	6000
• Durchstoß-Arbeit	23 °C	J	ISO 6603-2	54	54	54	54
• Durchstoß-Arbeit	-30 °C	J	ISO 6603-2	58	58	58	58
• Biege-Modul	2 mm/min	MPa	ISO 178	2400	2400	2400	2400
• Biegefestigkeit	5 mm/min	MPa	ISO 178	100	100	105	105
• Kugeldruckhärte	–	N/mm ²	ISO 2039-1	120	120	125	125
Thermische Eigenschaften							
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Methode Af	1,80 MPa	°C	ISO 75-1, -2	136	135	148	147
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Methode Bf	0,45 MPa	°C	ISO 75-1, -2	149	148	162	161
• Vicat-Erweichungstemperatur	50 N; 120 K/h	°C	ISO 306	158	157	173	172
• RTI, Zugfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	140	140 ¹⁾	140	140 ¹⁾
• RTI, Schlagzugfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	130	130 ¹⁾	130	130 ¹⁾
• RTI, elektrische Durchschlagfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	140	140 ¹⁾	140	140 ¹⁾
• Längenausdehnungskoeffizient, längs	23 bis 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0,65	0,65	0,65	0,65
• Längenausdehnungskoeffizient, quer	23 bis 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0,65	0,65	0,65	0,65
• Brennverhalten UL94, (UL-Registrierung)	geprüfte Dicke: 1,5 mm	Klasse	UL 94	HB	HB ²⁾	HB	HB
• Brennverhalten UL94, (UL-Registrierung)	geprüfte Dicke: 3,0 mm	Klasse	UL 94	HB	HB ²⁾	HB	HB
• Brennverhalten FMVSS	geprüfte Dicke: 1,0 mm	mm/min	ISO 3795	0	0	0	0
• Brennbarkeit-Sauerstoff-Index	Verfahren A	%	ISO 4589	26	26	25	25
• Max. Temperatur bei Glühdrahtprüfung	geprüfte Dicke: 2 mm	°C	IEC 695-2-12	850	850	850	850
Elektrische Eigenschaften (23 °C / 50 % r. F.)							
• Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl)	100 Hz	–	IEC 250	3	3	3	3
• Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl)	1 MHz	–	IEC 250	2,9	2,9	2,9	2,9
• Dielektrischer Verlustfaktor	100 Hz	10 ⁻⁴	IEC 250	10	10	10	10
• Dielektrischer Verlustfaktor	1 MHz	10 ⁻⁴	IEC 250	90	90	80	80
• Spezifischer Durchgangswiderstand	–	Ohm · m	IEC 93	1E + 15	1E + 15	1E + 15	1E + 15
• Spezifischer Oberflächenwiderstand	–	Ohm	IEC 93	1E + 16	1E + 16	1E + 16	1E + 16
• Elektrische Festigkeit	–	kV/mm	IEC 243-1	35	35	35	35
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI	Prüflösung A	Einstufung	IEC 112	250	250	250	250
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTIM	Prüflösung B	Einstufung	IEC 112	125	125	125	125
• Elektrolytische Korrosionswirkung	–	Einstufung	IEC 426	A1	A1	A1	A1
Sonstige Eigenschaften (23 °C)							
• Wasseraufnahme (Sättigungswert)	23 °C, bis Sättigung	%	ISO 62	0,3	0,3	0,3	0,3
• Feuchtaufnahme	23 °C/50 %	%	ISO 62	0,12	0,12	0,12	0,12
• Dichte	–	kg/m ³	ISO 1183	1180	1180	1170	1170
Formmasse-spezifische Eigenschaften							
• Brechungsindex	–	–	ISO 489-A	1,578	1,578	1,576	1,576
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	1 mm	%	ISO 5036-1	90	90	90	90
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	2 mm	%	ISO 5036-1	89	89	89	89
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	3 mm	%	ISO 5036-1	88	88	88	88
Herstellbedingungen für Probekörper							
• Spritzgießen – Massetemperatur	–	°C	ISO 294	330	330	330	330
• Spritzgießen – Werkzeugtemperatur	–	°C	ISO 294	100	100	100	100
• Spritzgießen – Fließfrontgeschwindigkeit	–	mm/s	ISO 294	200	200	200	200



Apec® – typische Werte

				Leichtfließende Typen			
Eigenschaften	Prüfbedingungen	Einheiten	Standards	1895	1897	2095 ³⁾	2097
Rheologische Eigenschaften							
• Schmelze-Volumenfließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	cm ³ /10 min	ISO 1133	18	18	8	8
• Schmelze-Massefließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	g/10 min	ISO 1133	19	19	8	8
• Verarbeitungsschwindigkeit, längs	60 x 60 x 2 mm ³ ; 500 bar Fülldruck	%	ISO 2577	0,85	0,85	1,05	1,05
• Verarbeitungsschwindigkeit, quer	60 x 60 x 2 mm ³ ; 500 bar Fülldruck	%	ISO 2577	0,85	0,85	1,05	1,05
Mechanische Eigenschaften (23 °C / 50 % r. F.)							
• Zug-Modul	1 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	2350	2350	2400	2400
• Streckspannung	50 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	72	72	75	75
• Streckdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	6,7	6,7	6,8	6,8
• Nominelle Bruchdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	>50	>50	>50	>50
• Charpy-Schlagzähigkeit	23 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB
• Charpy-Schlagzähigkeit	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB
• Durchstoß-Maximalkraft	23 °C	N	ISO 6603-2	5200	5200	5000	5000
• Durchstoß-Maximalkraft	-30 °C	N	ISO 6603-2	6000	6000	5500	5500
• Durchstoß-Arbeit	23 °C	J	ISO 6603-2	54	54	50	50
• Durchstoß-Arbeit	-30 °C	J	ISO 6603-2	58	58	48	48
• Biege-Modul	2 mm/min	MPa	ISO 178	2400	2400	2450	2450
• Biegefestigkeit	5 mm/min	MPa	ISO 178	108	108	110	110
• Kugeldruckhärte	–	N/mm ²	ISO 2039-1	127	127	130	130
Thermische Eigenschaften							
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Methode Af	1,80 MPa	°C	ISO 75-1, -2	157	156	173	172
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Methode Bf	0,45 MPa	°C	ISO 75-1, -2	174	173	192	191
• Vicat-Erweichungstemperatur	50 N; 120 K/h	°C	ISO 306	183	182	203	202
• RTI, Zugfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	150	150	150	150
• RTI, Schlagzugfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	130	130	130	130
• RTI, elektrische Durchschlagfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	150	150	150	150
• Längenausdehnungskoeffizient, längs	23 bis 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0,65	0,65	0,65	0,65
• Längenausdehnungskoeffizient, quer	23 bis 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0,65	0,65	0,65	0,65
• Brennverhalten UL 94, (UL-Registrierung)	geprüfte Dicke: 1,5 mm	Klasse	UL 94	HB	HB	HB	HB
• Brennverhalten UL 94, (UL-Registrierung)	geprüfte Dicke: 3,0 mm	Klasse	UL 94	HB	HB	HB	HB
• Brennverhalten FMVSS	geprüfte Dicke: 1,0 mm	mm/min	ISO 3795	0	0	0	0
• Brennbarkeit-Sauerstoff-Index	Verfahren A	%	ISO 4589	25	25	25	25
• Max. Temperatur bei Glühdrahtprüfung	geprüfte Dicke: 2,0 mm	°C	IEC 695-2-12	850	850	800	800
Elektrische Eigenschaften (23 °C / 50 % r. F.)							
• Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl)	100 Hz	–	IEC 250	2,9	2,9	2,9	2,9
• Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl)	1 MHz	–	IEC 250	2,8	2,8	2,8	2,8
• Dielektrischer Verlustfaktor	100 Hz	10 ⁻⁴	IEC 250	10	10	10	10
• Dielektrischer Verlustfaktor	1 MHz	10 ⁻⁴	IEC 250	90	90	90	90
• Spezifischer Durchgangswiderstand	–	Ohm · m	IEC 93	1E + 15	1E + 15	1E + 15	1E + 15
• Spezifischer Oberflächenwiderstand	–	Ohm	IEC 93	1E + 16	1E + 16	1E + 16	1E + 16
• Elektrische Festigkeit	–	kV/mm	IEC 243-1	35	35	35	35
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI	Prüflösung A	Einstufung	IEC 112	300	300	600	600
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI M	Prüflösung B	Einstufung	IEC 112	100	100	100	100
• Elektrolytische Korrosionswirkung	–	Einstufung	IEC 426	A1	A1	A1	A1
Sonstige Eigenschaften (23 °C)							
• Wasseraufnahme (Sättigungswert)	23 °C, bis Sättigung	%	ISO 62	0,3	0,3	0,3	0,3
• Feuchteaufnahme	23 °C/50 %	%	ISO 62	0,12	0,12	0,12	0,12
• Dichte	–	kg/m ³	ISO 1183	1150	1150	1130	1130
Formmasse-spezifische Eigenschaften							
• Brechungsindex	–	–	ISO 489-A	1,573	1,573	1,566	1,566
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	1 mm	%	ISO 5036-1	90	90	90 ⁵⁾	90
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	2 mm	%	ISO 5036-1	89	89	90 ⁵⁾	89
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	3 mm	%	ISO 5036-1	88	88	90 ⁵⁾	88
Herstellbedingungen für Probekörper							
• Spritzgießen – Massetemperatur	–	°C	ISO 294	330	330	330	330
• Spritzgießen – Werkzeugtemperatur	–	°C	ISO 294	100	100	100	100
• Spritzgießen – Fließfrontgeschwindigkeit	–	mm/s	ISO 294	200	200	200	200



Apec® – typische Werte

				Standardtypen			
Eigenschaften	Prüfbedingungen	Einheiten	Standards	1603	1703	1800	1803
Rheologische Eigenschaften							
• Schmelze-Volumenfließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	cm ³ /10 min	ISO 1133	25	17	10	10
• Schmelze-Massefließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	g/10 min	ISO 1133	26	17	10	10
• Verarbeitungsschwindigkeit, längs	60 x 60 x 2 mm ³ ; 500 bar Fülldruck	%	ISO 2577	0,75	0,85	0,9	0,9
• Verarbeitungsschwindigkeit, quer	60 x 60 x 2 mm ³ ; 500 bar Fülldruck	%	ISO 2577	0,75	0,85	0,9	0,9
Mechanische Eigenschaften (23 °C / 50 % r. F.)							
• Zug-Modul	1 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	2350	2350	2350	2350
• Streckspannung	50 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	68	70	72	72
• Streckdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	6,3	6,7	6,8	6,8
• Nominelle Bruchdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	>50	>50	>50	>50
• Charpy-Schlagzähigkeit	23 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB
• Charpy-Schlagzähigkeit	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB
• Durchstoß-Maximalkraft	23 °C	N	ISO 6603-2	5700	5500	5500	5500
• Durchstoß-Maximalkraft	-30 °C	N	ISO 6603-2	6600	6400	6300	6300
• Durchstoß-Arbeit	23 °C	J	ISO 6603-2	62	60	60	60
• Durchstoß-Arbeit	-30 °C	J	ISO 6603-2	70	68	65	65
• Biege-Modul	2 mm/min	MPa	ISO 178	2400	2400	2400	2400
• Biegefestigkeit	5 mm/min	MPa	ISO 178	103	103	106	106
• Kugeldruckhärte	–	N/mm ²	ISO 2039-1	120	120	121	121
Thermische Eigenschaften							
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Methode Af	1,80 MPa	°C	ISO 75-1, -2	137	149	160	159
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Methode Bf	0,45 MPa	°C	ISO 75-1, -2	150	162	175	174
• Vicat-Erweichungstemperatur	50 N; 120 K/h	°C	ISO 306	159	171	185	184
• RTI, Zugfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	140 ¹⁾	140	150	150
• RTI, Schlagzugfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	130 ¹⁾	130	130	130
• RTI, elektrische Durchschlagfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	140 ¹⁾	140	150	150
• Längenausdehnungskoeffizient, längs	23 bis 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0,65	0,65	0,65	0,65
• Längenausdehnungskoeffizient, quer	23 bis 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0,65	0,65	0,65	0,65
• Brennverhalten UL 94, (UL-Registrierung)	geprüfte Dicke: 1,5 mm	Klasse	UL 94	HB ²⁾	HB	HB	HB
• Brennverhalten UL 94, (UL-Registrierung)	geprüfte Dicke: 3,0 mm	Klasse	UL 94	HB ²⁾	HB	HB	HB
• Brennverhalten FMVSS	geprüfte Dicke: 1,0 mm	mm/min	ISO 3795	0	0	0	0
• Brennbarkeit-Sauerstoff-Index	Verfahren A	%	ISO 4589	26	25	25	25
• Max. Temperatur bei Glühdrahtprüfung	geprüfte Dicke: 2,0 mm	°C	IEC 695-2-12	900	850	850	850
Elektrische Eigenschaften (23 °C / 50 % r. F.)							
• Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl)	100 Hz	–	IEC 250	3	3	2,9	2,9
• Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl)	1 MHz	–	IEC 250	2,9	2,9	2,8	2,8
• Dielektrischer Verlustfaktor	100 Hz	10 ⁻⁴	IEC 250	10	10	10	10
• Dielektrischer Verlustfaktor	1 MHz	10 ⁻⁴	IEC 250	90	80	80	80
• Spezifischer Durchgangswiderstand	–	Ohm · m	IEC 93	1E + 15	1E + 15	1E + 15	1E + 15
• Spezifischer Oberflächenwiderstand	–	Ohm	IEC 93	1E + 16	1E + 16	1E + 16	1E + 16
• Elektrische Festigkeit	–	kV/mm	IEC 243-1	35	35	35	35
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI	Prüflösung A	Einstufung	IEC 112	250	250	450	450
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI M	Prüflösung B	Einstufung	IEC 112	125	125	100	100
• Elektrolytische Korrosionswirkung	–	Einstufung	IEC 426	A1	A1	A1	A1
Sonstige Eigenschaften (23 °C)							
• Wasseraufnahme (Sättigungswert)	23 °C, bis Sättigung	%	ISO 62	0,3	0,3	0,3	0,3
• Feuchteaufnahme	23 °C/50 %	%	ISO 62	0,12	0,12	0,12	0,12
• Dichte	–	kg/m ³	ISO 1183	1180	1170	1150	1150
Formmasse-spezifische Eigenschaften							
• Brechungsindex	–	–	ISO 489-A	1,578	1,578	1,573	1,573
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	1 mm	%	ISO 5036-1	90	90	90 ⁵⁾	90
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	2 mm	%	ISO 5036-1	89	89	90 ⁵⁾	89
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	3 mm	%	ISO 5036-1	88	88	90 ⁵⁾	88
Herstellbedingungen für Probekörper							
• Spritzgießen – Massetemperatur	–	°C	ISO 294	330	330	330	330
• Spritzgießen – Werkzeugtemperatur	–	°C	ISO 294	100	100	100	100
• Spritzgießen – Fließfrontgeschwindigkeit	–	mm/s	ISO 294	200	200	200	200



Apec® – typische Werte

Eigenschaften	Prüfbedingungen	Einheiten	Standards	Fließfähigkeit	Mediz. Anw.	Hohe diffuse Lichtreflexion		
				2095HF	1745	RW1695	RW1697	
Rheologische Eigenschaften								
• Schmelze-Volumenfließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	cm ³ /10 min	ISO 1133	14	17	45	45	
• Schmelze-Massefließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	g/10 min	ISO 1133	14	17	48	48	
• Verarbeitungsschwindigkeit, längs	60 x 60 x 2 mm ³ ; 500 bar Fülldruck	%	ISO 2577	1	0,85	0,7	0,7	
• Verarbeitungsschwindigkeit, quer	60 x 60 x 2 mm ³ ; 500 bar Fülldruck	%	ISO 2577	1	0,85	0,7	0,7	
Mechanische Eigenschaften (23 °C / 50 % r. F.)								
• Zug-Modul	1 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	2400	2400	2450	2450	
• Streckspannung	50 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	75	70	70	70	
• Streckdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	6,9	6,8	6	6	
• Nominelle Bruchdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	>50	>50	50	50	
• Charpy-Schlagzähigkeit	23 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB	
• Charpy-Schlagzähigkeit	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179/1eU	NB	NB	NB	NB	
• Durchstoß-Maximalkraft	23 °C	N	ISO 6603-2	-	5500	5100	5100	
• Durchstoß-Maximalkraft	-30 °C	N	ISO 6603-2	-	6400	5900	5900	
• Durchstoß-Arbeit	23 °C	J	ISO 6603-2	-	60	52	52	
• Durchstoß-Arbeit	-30 °C	J	ISO 6603-2	-	68	50	50	
• Biege-Modul	2 mm/min	MPa	ISO 178	2450	2400	2500	2500	
• Biegefestigkeit	5 mm/min	MPa	ISO 178	112	105	105	105	
• Kugeldruckhärte	-	N/mm ²	ISO 2039-1	132	120	125	125	
Thermische Eigenschaften								
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Methode Af	1,80 MPa	°C	ISO 75-1, -2	173	148	137	136	
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Methode Bf	0,45 MPa	°C	ISO 75-1, -2	192	161	150	149	
• Vicat-Erweichungstemperatur	50 N; 120 K/h	°C	ISO 306	203	170	158	157	
• RTI, Zugfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	-	-	-	-	
• RTI, Schlagzugfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	-	-	-	-	
• RTI, elektrische Durchschlagfestigkeit	1,5 mm/3,0 min	°C	UL 746B	-	-	-	-	
• Längenausdehnungskoeffizient, längs	23 bis 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0,65	0,65	0,6	0,6	
• Längenausdehnungskoeffizient, quer	23 bis 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ASTM E 831	0,65	0,65	0,6	0,6	
• Brennverhalten UL 94, (UL-Registrierung)	geprüfte Dicke: 1,5 mm	Klasse	UL 94	HB ²⁾	HB	V2 ²⁾	V2 ²⁾	
• Brennverhalten UL 94, (UL-Registrierung)	geprüfte Dicke: 3,0 mm	Klasse	UL 94	HB ²⁾	HB	HB ²⁾	HB ²⁾	
• Brennverhalten FMVSS	geprüfte Dicke: 1,0 mm	mm/min	ISO 3795	0	0	-	-	
• Brennbarkeit-Sauerstoff-Index	Verfahren A	%	ISO 4589	25	25	-	-	
• Max. Temperatur bei Glühdrahtprüfung	geprüfte Dicke: 2,0 mm	°C	IEC 695-2-12	800	850	-	-	
Elektrische Eigenschaften (23 °C / 50 % r. F.)								
• Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl)	100 Hz	-	IEC 250	-	3	-	-	
• Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl)	1 MHz	-	IEC 250	-	2,9	-	-	
• Dielektrischer Verlustfaktor	100 Hz	10 ⁻⁴	IEC 250	-	10	-	-	
• Dielektrischer Verlustfaktor	1 MHz	10 ⁻⁴	IEC 250	-	80	-	-	
• Spezifischer Durchgangswiderstand	-	Ohm · m	IEC 93	-	1E + 15	-	-	
• Spezifischer Oberflächenwiderstand	-	Ohm	IEC 93	-	1E + 16	-	-	
• Elektrische Festigkeit	-	kV/mm	IEC 243-1	-	35	-	-	
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI	Prüflösung A	Einstufung	IEC 112	-	250	-	-	
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI M	Prüflösung B	Einstufung	IEC 112	-	125	-	-	
• Elektrolytische Korrosionswirkung	-	Einstufung	IEC 426	-	A1	-	-	
Sonstige Eigenschaften (23 °C)								
• Wasseraufnahme (Sättigungswert)	23 °C, bis Sättigung	%	ISO 62	0,3	0,3	0,3	0,3	
• Feuchteaufnahme	23 °C/50 %	%	ISO 62	0,12	0,12	0,12	0,12	
• Dichte	-	kg/m ³	ISO 1183	1130	1170	1240	1240	
Formmasse-spezifische Eigenschaften								
• Brechungsindex	-	-	ISO 489-A	1,566	1,578	⁴⁾	⁴⁾	
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	1 mm	%	ISO 5036-1	90 ⁵⁾	88	⁴⁾	⁴⁾	
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	2 mm	%	ISO 5036-1	90 ⁵⁾	87	⁴⁾	⁴⁾	
• Lichttransmissionsgrad, Farbe 551022	3 mm	%	ISO 5036-1	90 ⁵⁾	86	⁴⁾	95 ^{4), 6)}	
Herstellbedingungen für Probekörper								
• Spritzgießen – Massetemperatur	-	°C	ISO 294	330	330	330	330	
• Spritzgießen – Werkzeugtemperatur	-	°C	ISO 294	100	100	100	100	
• Spritzgießen – Fließfrontgeschwindigkeit	-	mm/s	ISO 294	200	200	200	200	



Apec® – typische Werte

Flammgeschützt		
FR1892	FR1897	DP1-9354

18	18	12
19	19	12
0,85	0,85	0,9
0,85	0,85	0,9

2350	2350	2350
72	72	72
6,7	6,7	6,8
>50	>50	>50
NB	NB	NB
NB	NB	NB
5200	5200	5200
6000	6000	6000
54	54	58
58	58	62
2400	2400	2400
108	108	106
127	127	121

157	156	160
174	173	175
183	182	185
140 ¹⁾	–	140
130 ¹⁾	–	130
140 ¹⁾	–	140
0,65	0,65	0,65
0,65	0,65	0,65
V2	V2	V0
V0	V0	V0
0	0	0
32	32	33
960	960	960

2,9	2,9	2,9
2,8	2,8	2,8
10	10	10
90	90	90
1E + 14	1E + 14	1E + 14
1E + 15	1E + 15	1E + 15
35	35	35
225	225	225
100	100	100
A1	A1	A1

0,3	0,3	0,3
0,12	0,12	0,12
1150	1150	1150

1,573	1,573	4)
90 ⁵⁾	89 ⁷⁾	4)
90 ⁵⁾	88 ⁷⁾	4)
89 ⁵⁾	87 ⁷⁾	4)

330	330	330
100	100	100
200	200	200

- Diese Eigenschaftsmerkmale sind Bestandteile der Kunststoffdatenbank CAMPUS® und basieren auf dem international festgelegten Katalog von Grunddaten für Kunststoffe ISO 10350.
- ¹⁾ Erwarteter RTI.
- ²⁾ Covestro Test.
- ³⁾ Nicht verfügbar in klar transparenter Farbe 551022; alternativ Apec® 2097 551022 verwenden.
- ⁴⁾ Nur gedeckte Farben möglich.
- ⁵⁾ Nicht eingefärbt.
- ⁶⁾ Lichtreflexion gemäß JIS8722 (Farb-Nr. 010226).
- ⁷⁾ Haftungsausschluss (siehe Seite 23).

Typische Werte

Die angegebenen Werte sind typische Werte. Sofern nicht ausdrücklich schriftlich mit uns vereinbart, stellen sie keine garantierten Werte oder Produktspezifikation im Sinne einer vereinbarten Beschaffenheit dar. Die angegebenen Werte können durch Werkzeuggestaltung, die Verarbeitungsbedingungen oder durch die Einfärbung des Produkts beeinflusst werden. Die angegebenen Eigenschaftswerte wurden, soweit nicht anders angegeben, an genormten Prüfkörpern bei Raumtemperatur ermittelt.

Es liegt außerhalb unserer Kontroll- und Einflussmöglichkeiten, in welcher Art und Weise und zu welchem Zweck Sie unsere Produkte, technischen Unterstützungen sowie Informationen (unabhängig ob mündlich, schriftlich oder anhand von Produktionsbewertungen erhalten), einschließlich vorgeschlagener Formulierungen und Empfehlungen, anwenden und/oder einsetzen. Daher ist es unerlässlich, dass Sie unsere Produkte, technischen Unterstützungen und Informationen sowie Formulierungen und Empfehlungen eigenverantwortlich daraufhin überprüfen, ob sie für die von Ihnen beabsichtigten Zwecke und Anwendungen auch tatsächlich geeignet sind. Eine anwendungsspezifische Untersuchung muss mindestens eine Überprüfung auf Eignung in technischer Hinsicht sowie hinsichtlich Gesundheit, Sicherheit und Umwelt umfassen. Derartige Untersuchungen wurden nicht notwendigerweise von Covestro durchgeführt. Der Verkauf aller Produkte erfolgt – sofern nicht schriftlich anders mit uns vereinbart – ausschließlich nach Maßgabe unserer Allgemeinen Verkaufsbedingungen, die wir Ihnen auf Wunsch gerne zusenden. Produkte, die nicht als Typen für Lebensmittelkontakt oder für die Medizintechnik eingestuft sind, dürfen für eine solche Anwendung nicht ohne die Zustimmung von Covestro verwendet werden. Ungeachtet dessen ist der Käufer des Produkts, unabhängig von etwaiger anwendungstechnischer Beratung durch Covestro, dafür verantwortlich, zu prüfen, ob das Produkt für die Herstellung von Medizinprodukten oder für Lebensmittelanwendungen geeignet ist.

Alle Informationen und sämtliche technischen Unterstützungen erfolgen ohne Gewähr. Etwaige Änderungen ohne Benachrichtigung bleiben vorbehalten. In diesem Dokument nicht enthaltene Aussagen oder Empfehlungen sind nicht von uns autorisiert und verpflichten/binden uns in keiner Weise. Keine in diesem Dokument gemachte Aussage darf als Empfehlung dahingehend verstanden werden, bei der Nutzung eines Produkts Patente über Werkstoffe oder deren Verwendung verletzen zu dürfen. Es wird des Weiteren weder mittelbar noch unmittelbar ein Recht an einem oder irgendeine Lizenz für ein Patent gewährt.

Zum Schutz von Gesundheit, Sicherheit und Umwelt beachten Sie bitte vor Verarbeitung unserer Produkte das betreffende Sicherheitsdatenblatt (MSDS) und sonstige Produktkennzeichnungen. Für mehr Information zu einem Einsatz von Covestro Produkten in einer medizinischen Anwendung erfragen Sie bitte von Ihrem Kundenbetreuer den Leitfaden für den Einsatz von Covestro Produkten in einer medizinischen Anwendung.



Covestro Deutschland AG
Business Unit Polycarbonates
51365 Leverkusen

plastics@covestro.com
www.plastics.covestro.com



COV00072343
Ausgabe 2019-08