

# Typenübersicht, Richtwerte, Verarbeitung



Apec® ist der Markenname für eine Weiterentwicklung des Polycarbonates Makrolon®. Das Copolycarbonat zeigt im Vergleich zu anderen technischen Thermoplasten eine einmalig günstige Kombination von hoher Wärmeformbeständigkeit, Zähigkeit, Transparenz, Lichtstabilität und Fließfähigkeit. Besonders hervorzuheben ist die hohe Wärmeformbeständigkeit, die je nach Typ bis an 220°C heranreicht. Dies prädestiniert Apec® besonders für Formteile, die thermisch so stark belastet werden, dass Standard-Polycarbonat nicht mehr verwendet werden kann.

## CHARAKTERISIERUNG

Die Apec®-Typen sind lineare, amorphe Copolycarbonate (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
- geringe Eigenfarbe
- gute Fließfähigkeit
- hohe Dimensionsstabilität

In Verbindung mit der für viele Anwendungen ausreichenden Schlagzähigkeit bei tiefen Temperaturen ergibt sich ein breiter Temperatur Anwendungsbereich von ca. -30°C bis zu ca. +200°C.

### Apec®-Typenübersicht

Typ	Vicat-Erweichungstemperatur (°C)	MVR <sup>1)</sup> (cm <sup>3</sup> /10 min)	UV-stabilisiert	Leicht entformbar
<b>Handelsprodukte</b>				
<b>Standardtypen</b>				
1703	171	16	X	
1745	170	17		X
1800	185	10		
1803	184	10	X	
<b>Leichtfließende Typen</b>				
1695	158	45		X
1795	173	24		X
1895	183	18		X
1897	182	18	X	X
2095	203	8		X
2097	202	8	X	X
<b>Versuchsprodukte</b>				
<b>Leichtfließende Typen</b>				
DP1-9389/5	218	5		X
<b>Flammgeschützte Typen</b>				
DP1-9354	185	11		
DP1-9354/1	185	10		



### Lieferform

Zylindrisches Stranggranulat (Ø 2 bis 4 mm, Länge 2 bis 4 mm), 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.

#### Alle Apec®-Typen sind homogenisiert.

Die Herstellbetriebe für Apec® sind nach DIN ISO zertifiziert. Einzelheiten sind unserer Technischen Informationsschrift „QM-Zertifikate des GB-KU weltweit; ISO 9000ff., ISO/TS 16949“ zu entnehmen.

### Kennzeichnung der Handelsprodukte

Die Kennzeichnung der Apec®-Handelsprodukte basiert auf einer 4-stelligen, selbstsprechenden Nomenklatur. Die ersten beiden Ziffern bezeichnen die Wärmeformbeständigkeit.

- 16 \_\_ Vicat ca. 160 °C
- 17 \_\_ Vicat ca. 172 °C
- 18 \_\_ Vicat ca. 185 °C
- 20 \_\_ Vicat ca. 205 °C
- 22 \_\_ Vicat ca. 220 °C

Die Ziffern 3 und 4 beschreiben den Typ.

- \_\_ 00 Basistyp
- \_\_ 03 Basistyp, UV-stabilisiert
- \_\_ 05 Basistyp, leicht entformbar
- \_\_ 45<sup>1)</sup> Medizintyp, leicht entformbar
- \_\_ 95 leichtfließend, leicht entformbar
- \_\_ 97 leichtfließend, UV-stabilisiert, leicht entformbar

### Kennzeichnung Versuchsprodukte

Die Unterscheidung der Apec®-Versuchsprodukte erfolgt durch eine vierstellige Kennzahl hinter der Statusangabe „DP 1“. Die ersten beiden Ziffern (93..) stehen für Apec®. Die dritte Ziffer charakterisiert die Wärmeformbeständigkeit.

- \_\_ 3\_ Vicat ca. 160 °C
- \_\_ 4\_ Vicat ca. 172 °C
- \_\_ 5\_ Vicat ca. 185 °C
- \_\_ 7\_ Vicat ca. 205 °C
- \_\_ 8\_ Vicat ca. 220 °C

Die vierte Ziffer beschreibt den speziellen Typ:

- \_\_\_ 1 Basistypen
- \_\_\_ 3 UV-stabilisierte Typen
- \_\_\_ 4 flammgeschützte Typen
- \_\_\_ 9 leicht fließend

Eine weitere Unterscheidung ist durch das Anhängen eines Schrägstriches und einer Ziffer an die vierstellige Kennzahl möglich.

- \_\_\_\_ /5 leicht entformbar
- \_\_\_\_ /7 leicht entformbar, UV-stabilisiert

### Farbbezeichnungen

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

	Gedeckte Farbtöne	Transparente Farbtöne	Transluzente 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	–
Farblos	–	55	–

<sup>1)</sup> Geeignet für Heißdampfsterilisation sowie für pharmazeutische Anwendungen gemäß United States Pharmacopeia (USP) XXII Class VI

Eigenschaften	Prüfbedingungen	Einheiten	Normen	1703	1745	1800	1803
<b>Rheologische Eigenschaften</b>							
• Schmelze-Volumenfließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	cm <sup>3</sup> /(10 min)	ISO 1133	16	17	10	10
Schmelze-Massefließrate (MVR)	330 °C; 2,16 kg	g/(10 min)	ISO 1133	16	17	10	10
• Verarbeitungsschwindigkeit parallel		%	ISO 2577	0,8	0,8	0,85	0,85
• Verarbeitungsschwindigkeit senkrecht		%	ISO 2577	0,8	0,8	0,85	0,85
<b>Mechanische Eigenschaften (23 °C/50 % r.F.)</b>							
• Zug-Modul	1 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	2400	2400	2400	2400
• Streckspannung	50 mm/min	MPa	ISO 527-1, -2	70	70	72	72
• Streckdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	6,4	6,4	6,8	6,8
• Nominelle Bruchdehnung	50 mm/min	%	ISO 527-1, -2	>50	>50	>50	>50
• Charpy-Schlagzähigkeit	23 °C	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179-1 eU	NB	NB	NB	NB
• Charpy-Schlagzähigkeit	-30 °C	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179-1 eU	NB	NB	NB	NB
Charpy-Kerbschlagzähigkeit	23 °C; 3,0 mm	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179-1 eA	14	14	11	11
Charpy-Kerbschlagzähigkeit	-30 °C; 3,0 mm	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179-1 eA	12	12	11	11
• Durchstoß-Maximalkraft	23 °C; 2,0 mm	N	ISO 6603-2	5500	5500	5500	5500
• Durchstoß-Maximalkraft	-30 °C; 2,0 mm	N	ISO 6603-2	6400	6400	6400	6400
• Durchstoß-Arbeit	23 °C; 2,0 mm	J	ISO 6603-2	60	60	60	60
• Durchstoß-Arbeit	-30 °C; 2,0 mm	J	ISO 6603-2	65	65	65	65
Biege-Modul	2 mm/min	MPa	ISO 178	2400	2400	2400	2400
Biegefestigkeit	5 mm/min	MPa	ISO 178	105	105	105	105
Kugeldruckhärte	-	N/mm <sup>2</sup>	ISO2039-1	120	120	120	120
<b>Thermische Eigenschaften</b>							
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Af	1,80 MPa	°C	ISO 75-1,-2	147	146	159	158
• Formbeständigkeitstemperatur HDT, Bf	0,45 MPa	°C	ISO 75-1,-2	161	160	174	173
Vicat-Erweichungstemperatur	50N, 120 K/h	°C	ISO 306	171	170	185	184
Wärmesicherheit (Kugeleindruckversuch)	-	°C	IEC 60335-1	161	160	174	173
Relativer Temperaturindex (Zugfestigkeit)	1,5 mm; 3,0 mm	°C	UL 746B	140	140 <sup>1)</sup>	150	150
Relativer Temperaturindex (Schlagzugfestigkeit)	1,5 mm; 3,0 mm	°C	UL 746B	130	130 <sup>1)</sup>	130	130
Relativer Temperaturindex (elektrische Festigkeit)	1,5 mm; 3,0 mm	°C	UL 746B	140	140 <sup>1)</sup>	150	150
• Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient, parallel	23 bis 55 °C	10 <sup>-4</sup> /K	ASTM E 831	0,7	0,7	0,7	0,7
• Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient, senkrecht	23 bis 55 °C	10 <sup>-4</sup> /K	ASTM E 831	0,7	0,7	0,7	0,7
Brennverhalten UL 94	1,5 mm	Klasse	UL 94	HB	HB	HB	HB
Brennverhalten UL 94	3,0 mm	Klasse	UL 94	HB	HB	HB	HB
Brennverhalten UL 94	3,0 mm	Klasse	UL 94	-	-	-	-
• Sauerstoffindex	Verfahren A	%	ISO 4589	25	25	25	25
Max. Temperatur bei Glühdrahtprüfung	2,0 mm	°C	IEC 695-2-12	850	850	850	850
<b>Elektrische Eigenschaften</b>							
• Relative Dielektrizitätszahl	100 Hz	-	IEC 250	3	3	3	3
• Relative Dielektrizitätszahl	1 MHz	-	IEC 250	3	3	3	3
• Dielektrischer Verlustfaktor	100 hZ	10 <sup>-4</sup>	IEC 250	7	7	7	7
• Dielektrischer Verlustfaktor	1 MHz	10 <sup>-4</sup>	IEC 250	80	80	80	80
• Spezifischer Durchgangswiderstand	-	Ohm*mm	IEC 93	1,00 E+14	1,00 E+14	1,00 E+14	1,00 E+14
• Spezifischer Oberflächenwiderstand	-	Ohm	IEC 93	1,00 E+16	1,00 E+16	1,00 E+16	1,00 E+16
• Elektrische Festigkeit	-	kV/mm	IEC 243-1	35	35	35	35
• Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI	Prüflösung A	Stufe	IEC 112	275	275	600	600
Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTIM	Prüflösung B	Stufe	IEC 112	<100 M	<100 M	<100 M	<100 M
Elektrolytische Korrosionswirkung	-	Stufe	IEC 426	A1	A1	A1	A1
<b>Sonstige Eigenschaften (23 °C)</b>							
• Wasseraufnahme (Sättigungswert)	Wasser bei 23 °C	%	ISO 62	0,3	0,3	0,3	0,3
• Feuchtaufnahme (Gleichgewichtswert)	23 °C; 50 % r.F.	%	ISO 62	0,12	0,12	0,12	0,12
• Dichte	-	kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183	1170	1170	1150	1150
<b>Formmassespezifische Eigenschaften</b>							
Brechungsindex		-	ISO 489-A	1,578	1,578	1,572	1,572
• Lichttransmissionsgrad	2 mm	%	DIN 5036-1	90	90	90	90
<b>Herstellungsbedingungen für Probekörper</b>							
• Sprießgießen-Massetemperatur	-	°C	ISO 294	330	330	330	330
• Sprießgießen-Werkzeugtemperatur	-	°C	ISO 294	100	100	100	100
• Sprießgießen-Fließfrontgeschwindigkeit	-	mm/s	ISO 294	200	200	200	200

• Diese Eigenschaftsmerkmale sind Bestandteil der Kunststoffdatenbank CAMPUS und basieren auf dem international festgelegten Katalog von Grunddaten für Kunststoffe ISO 10350

1) eigene Messung  
 \*) Versuchsprodukt

## Leichtfließende Typen

## FR-Typen

1695	1795	1895	1897	2095	2097	DP 1-9389/5*	DP 1-9354*	DP 1-9354/1*
45	24	18	18	8	8	5	11	10
46	25	19	19	8	8	5	11	10
0,75	0,8	0,85	0,85	0,9	0,9	0,95	0,85	0,85
0,75	0,8	0,85	0,85	0,9	0,9	0,95	0,85	0,85
2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
68	72	74	74	76	76	78	72	72
6,2	6,4	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9	6,8	6,8
>50	>50	>50	>50	>50	>50	50	50	50
NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
NB	NB	NB	NB	NB	NB	250	NB	NB
16	13	10	10	8	8	6	11	11
13	12	10	10	8	8	6	11	11
5200	5200	5200	5200	5200	5200	5000	-	-
6000	6000	6000	6000	6000	6000	5200	-	-
55	55	55	55	55	55	50	-	-
60	60	60	60	60	60	40	-	-
2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
105	105	105	105	110	110	110	105	105
120	120	120	120	125	125	130	120	120
138	149	158	157	173	172	187	159	159
150	163	173	172	192	191	206	174	174
158	173	183	182	203	202	218	185	185
150	162	172	171	189	188	204	174	174
140	140	150	150	150	150	150	140	140 <sup>1)</sup>
130	130	130	130	130	130	130	130	130 <sup>1)</sup>
140	140	150	150	150	150	150	140	140 <sup>1)</sup>
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	VO	VO
HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	VO	VO
-	-	-	-	-	-	-	5VA	-
25	25	25	25	25	25	25	35	35
850	850	850	850	850	850	850	960	960
3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	7	7	7	7	7	7	7	7
80	80	80	80	80	80	80	80	80
1,00E+14	1,00E+14	1,00E+14	1,00E+14	1,00E+14	1,00E+14	1,00E+14	1,00E+14	1,00E+14
1,00E+16	1,00E+16	1,00E+16	1,00E+16	1,00E+16	1,00E+16	1,00E+16	4,00E+15	4,00E+15
35	35	35	35	35	35	35	30	30
275	275	600	600	600	600	600	225	275
<100M	<100M	<100M	<100M	<100M	<100M	<100M	<100M	<100M
A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
1180	1170	1150	1150	1140	1140	1120	1150	1150
1,578	1,576	1,573	1,573	1,566	1,566	1,560	-	1,572
90	90	90	90	90	90	90	-	87
330	330	330	330	330	330	330	330	330
100	100	100	100	100	100	100	100	100
200	200	200	200	200	200	200	200	200

## Eigenschaften

Richtwertetabelle: siehe Seite 4/5.

## Wärmeformbeständigkeit/Alterungsverhalten

Die herausragende Eigenschaft von Apec® ist die abgestufte hohe Wärmeformbeständigkeit in Verbindung mit ausgezeichneter Transparenz, geringer Eigenfarbe, guter Fließfähigkeit und hoher Schlagzähigkeit. Es gibt derzeit keinen anderen Thermoplasten, der diese Eigenschaften auf einem derartig hohen Niveau miteinander vereint. Zurzeit sind großtechnisch hergestellte Produkte mit einer Vicat-Erweichungstemperatur bis 218 °C verfügbar (z.B. DP 1-9389/5\*).

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. Weiterhin hängt die Höhe der Veränderung von der Belastungsdauer ab.

Bei überhöhter Wärmebelastung kann es im Extremfall zu zum Ausfall des Teiles durch Spröbruch oder Anschmelzen kommen.

Richtwerte für Temperaturbeaufschlagung und Einsatzdauer von Teilen aus Apec® sind z.B. die

Temperaturindices nach UL746B (siehe Richtwertetabelle). Sie entsprechen der Temperatur, bei der die geprüfte Materialeigenschaft für eine definierte Expositionszeit noch mindestens 50 % des Ausgangsniveaus aufweist.

## Optische Eigenschaften

Die Licht-Transmission aller Apec®-Typen<sup>1)</sup> erreicht mit 90 % bei 1 mm Wandstärke Standard-PC-Niveau. Der Brechungsindex wird vom Verhältnis der beiden Monomerbausteine beeinflusst und nimmt mit steigender Wärmeformbeständigkeit ab.

## Zähigkeit

Bei Thermoplasten ist eine hohe Wärmeformbeständigkeit häufig mit einem Verlust an Zähigkeit verbunden. Apec®-Formteile liegen zwar in der Kerbschlagzähigkeit niedriger als solche aus Standard-Polycarbonat, besitzen jedoch eine den Standard-Polycarbonat-Teilen ebenbürtige Schlagzähigkeit, sowohl bei Raumtemperatur als auch bei -30 °C. Das hohe Energieaufnahmevermögen zeigt sich auch bei biaxialer Beanspruchung im Durchstoßversuch.

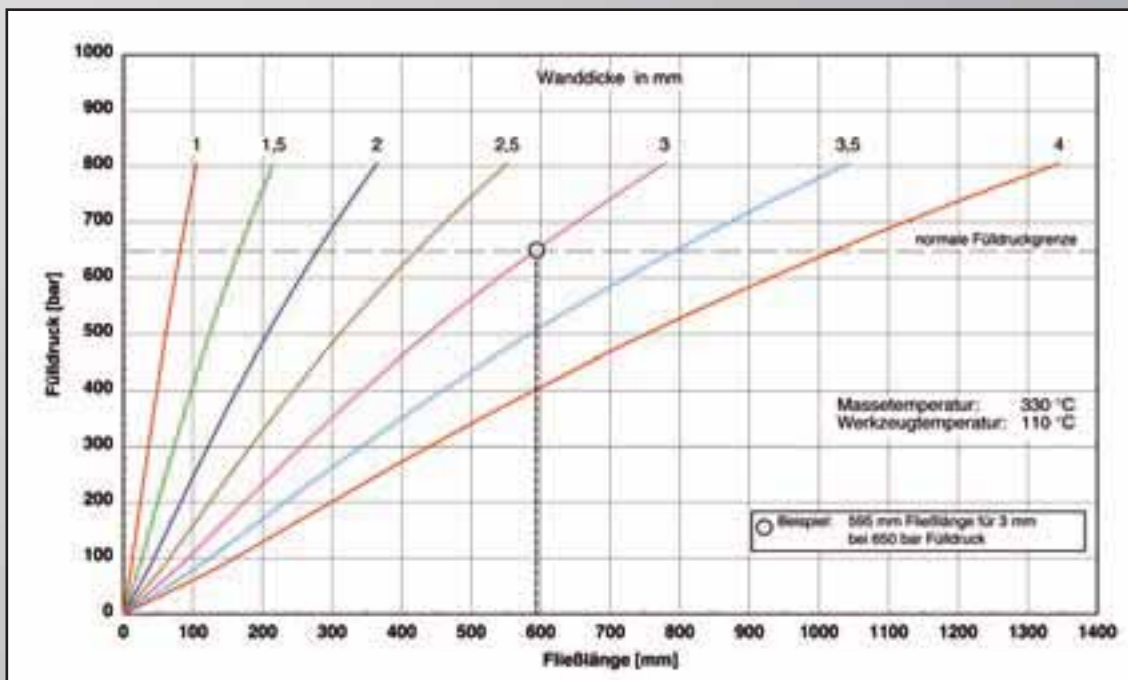
## Schmelzeviskosität; Fließfähigkeit

Mit steigender Wärmeformbeständigkeit nimmt bei Apec® auch die Viskosität zu. Jedoch im Vergleich zu anderen amorphen Thermoplasten, z.B. Polyarylaten, zeigt Apec® bei vergleichbarer Wärmeformbeständigkeit eine deutlich geringere Schmelzeviskosität und somit eine bessere Fließfähigkeit (siehe folgende Fülldruck-/Fließweg-Diagramme).

Fließverhalten

Theoretische Rechenwerte

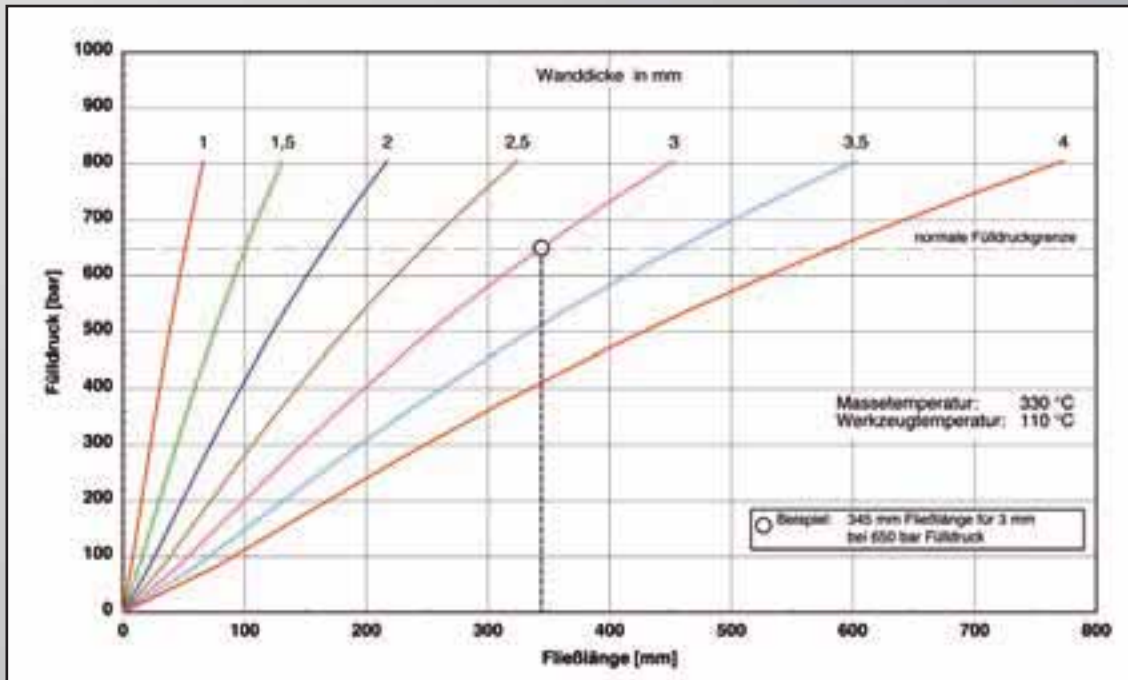
### Apec® 1695



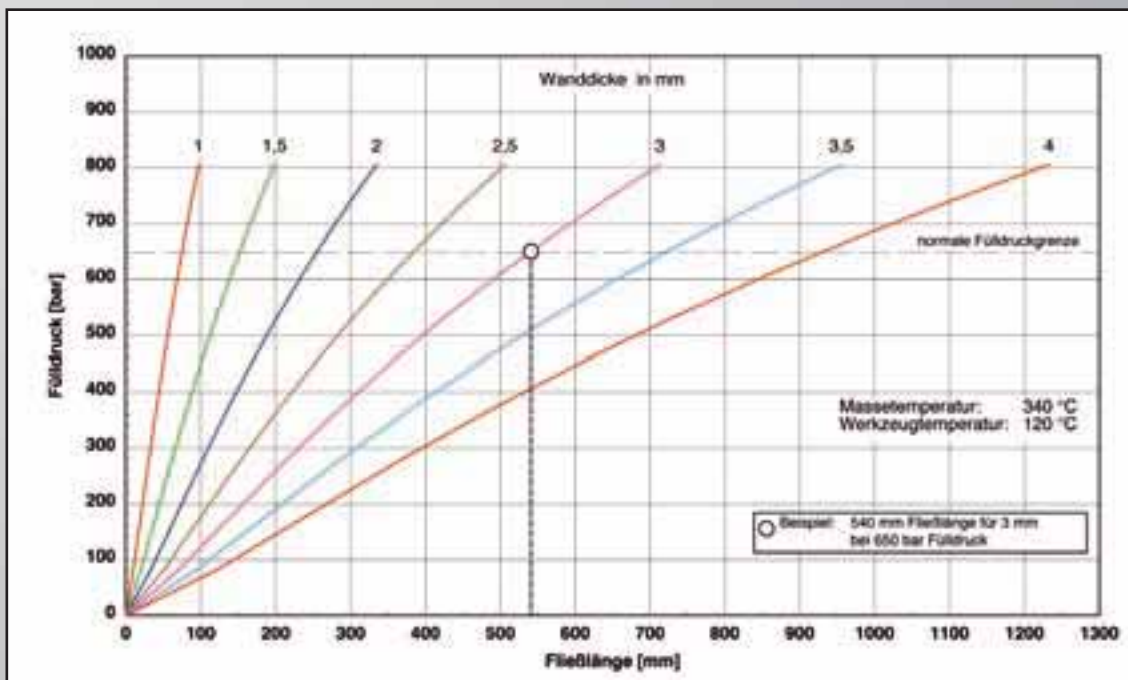
<sup>1)</sup> Gilt für nicht eingefärbten Zustand (Natur); gilt nicht für flammgeschützte Typen.

Fließverhalten  
Theoretische Rechenwerte

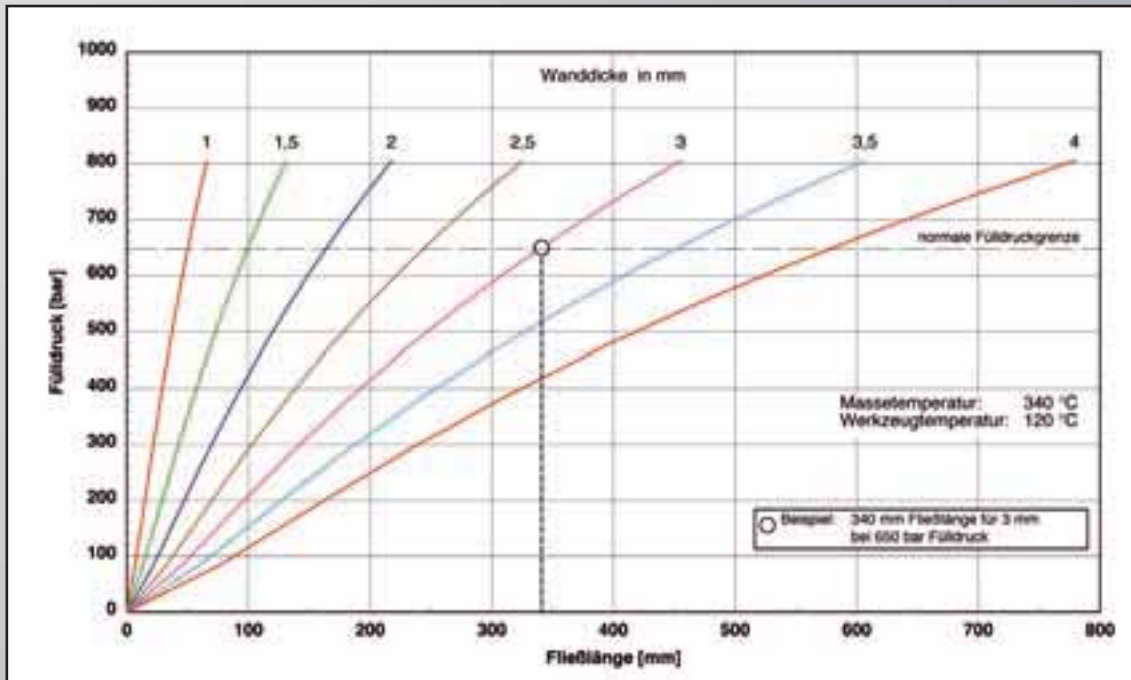
Apec® 1703



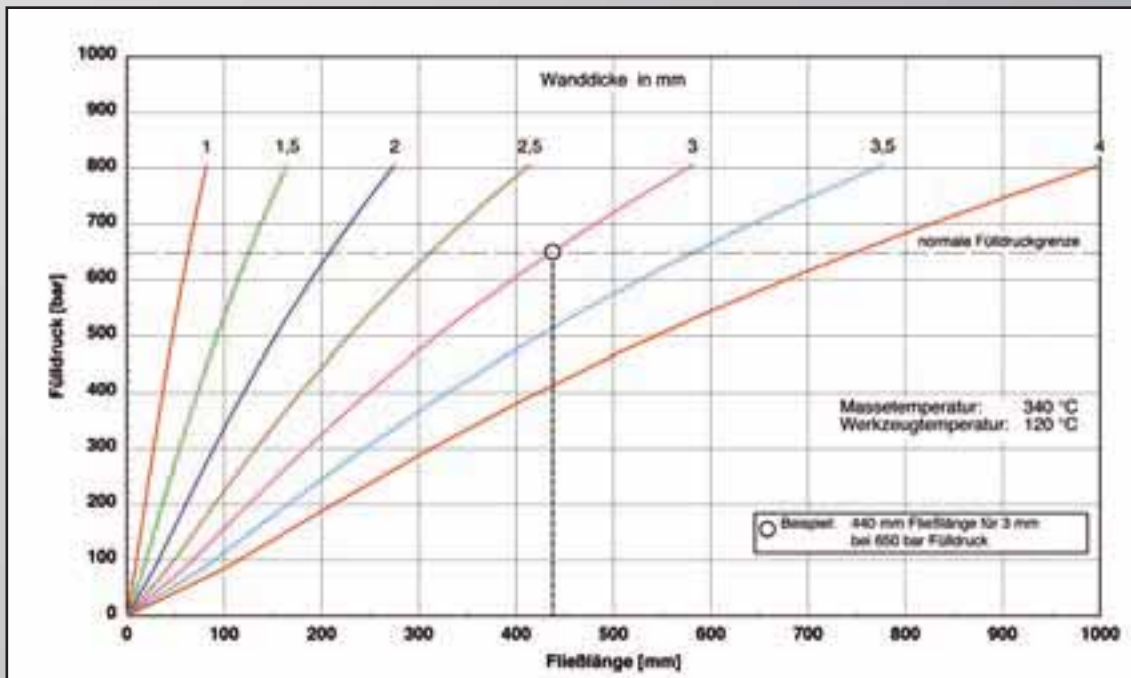
Apec® 1795



Apec® 1803

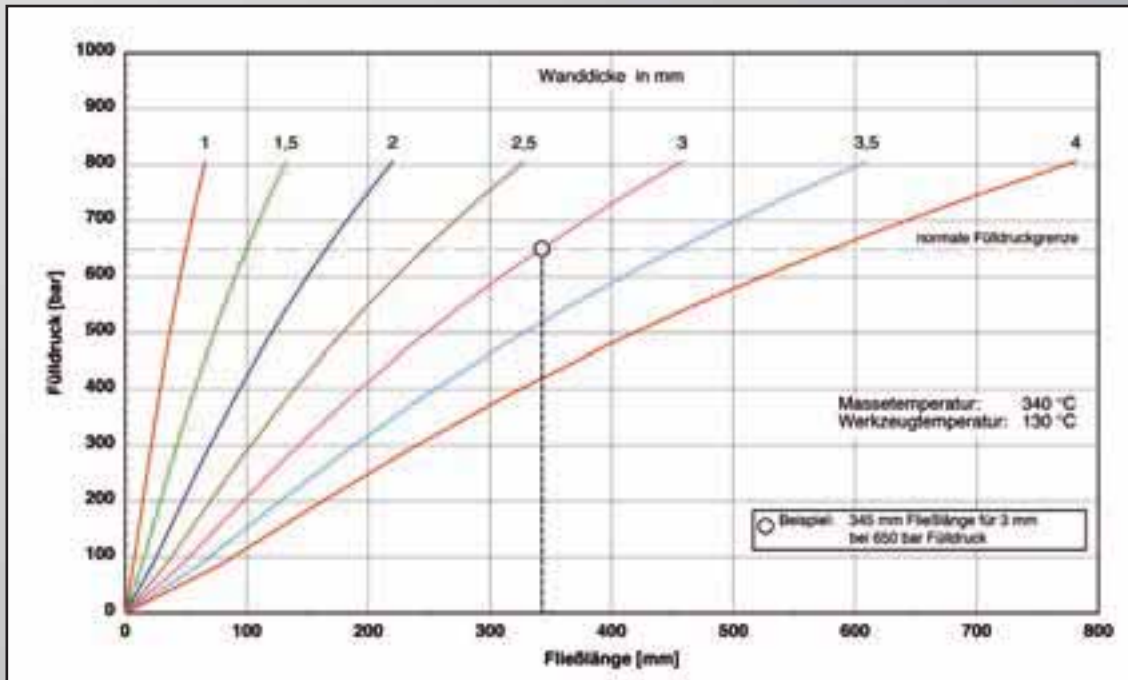


Apec® 1895

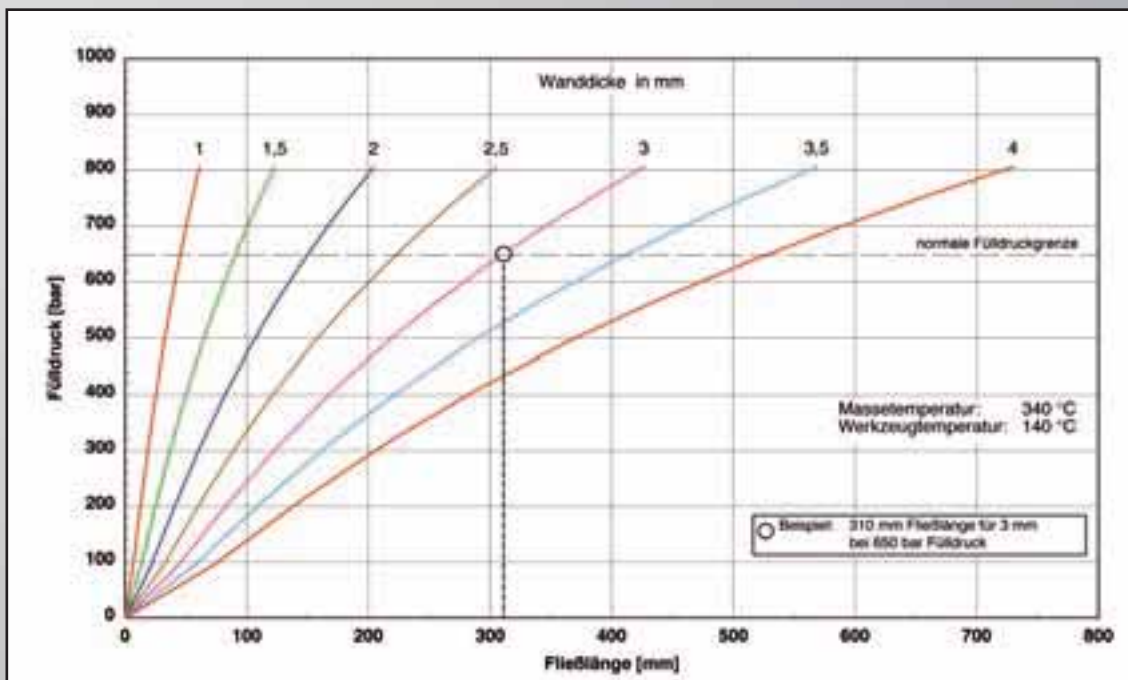


Fließverhalten  
Theoretische Rechenwerte

Apec® 2095



Apec® DP1-9389/5 (Versuchsprodukt)





### Elektrische Eigenschaften

Auch die elektrischen Eigenschaften von Teilen aus Apec® und Polycarbonat stimmen weitgehend überein. Dies trifft insbesondere für den spezifischen Oberflächenwiderstand, den spezifischen Durchgangswiderstand und die Dielektrizitätszahl zu.

### Flammwidrigkeit

Apec® ohne Flammschutzadditive ist für die relevanten Wandstärken nach UL 94 mit HB einzustufen. Durch Zusatz geringer Mengen Flammenschutzmittel (<1 %) wird in gedeckten Einfärbungen V-0/1,5 mm erzielt.

### Verhalten gegenüber UV-Strahlung

Auch beim Verhalten im UV-Licht wird die Zugehörigkeit zur Familie der Polycarbonate deutlich. Beide Materialien zeigen mit zunehmender Exposition eine Vergilbung. Die Verfärbung fällt jedoch wesentlich geringer aus als bei PAR (Polyarylat) und PSU (Polysulfon). Beim Einsatz der UV-stabilisierten Apec®-Typen ist die Vergilbung bei transparenten Farbeinstellungen deutlich reduziert. Bei extrem hohen Anforderungen bezüglich der UV-Stabilität wird die zusätzliche Verwendung eines UV-Schutzlacks empfohlen.

### Chemikalienbeständigkeit, Spannungsrisssbeständigkeit

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

Die Chemikalienbeständigkeit und Spannungsrisssbeständigkeit hängt in starkem Maße auch von Spannungszuständen der betreffenden Teile, Objekttemperaturen sowie der jeweiligen Konzentration der in Frage kommenden Chemikalien ab. Deshalb sollte im Zweifelsfall ein Praxistest durchgeführt werden. Falls dies nicht möglich ist, kann mit Hilfe des Biegestreifenverfahrens (DIN 53 449/3) zumindest eine orientierende Aussage erfolgen. 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, so dass ein Dauereinsatz im Wasser bei Temperaturen oberhalb 60 °C nur eingeschränkt zulässig ist.

### Löslichkeit

Mit steigender Wärmeformbeständigkeit bzw. steigendem TMC-Bisphenol-Anteil nimmt die Löslichkeit der Apec®-Typen in nicht halogenierten Lösungsmitteln wie Toluol, Essigsäureethylester, Essigsäuremethylester, Methylethylketon sowie Tetrahydrofuran zu (siehe TI „Apec® für Löslichkeitsanwendungen“).

## ANWENDUNGEN

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



### Elektronik/Elektrotechnik:

- Haushaltgeräte/Bauteile von Messwandlern
- Leuchtenabdeckungen (für Wäschetrockner, Dunstabzugshauben, Sammelschienenenträger, Isolatoren)
- Sicherungsgehäuse
- Skalenblenden für E-Herde
- Speisegeräteabdeckungen
- Steckdosengehäuse
- Beleuchtete Drehschalter
- Chip trays

### Automotive:

- Kfz/Brems- und Blinkleuchtenkappen
- Automotive Scheinwerferreflektoren/-blenden
- Flachsicherungen
- Innenleuchtenabdeckungen
- Hochgesetzte Stoppleuchten
- Motorrad-Lampengehäuse
- Gehäuse für Kennzeichenleuchten
- Scheinwerferlinsen

### Beleuchtung:

- Signalleuchtensysteme
- Leuchten/Einbauleuchten
- Industrieleuchtenabdeckungen
- Dentalleuchten
- Halogenleuchtengehäuse
- Spotleuchtengehäuse
- Verbindungsteile von Halogensystemen
- Schiffsleuchtenabdeckungen

### Medizintechnik:

- Kontaktlinsenbehälter
- Heißdampfsterilisation Sicherheitsventil für Beatmungshilfe
- Medizinische Gefäße
- Spritzenaufsätze
- Folien für medizinische Verpackungen



## VERARBEITUNG

### Materialvorbereitung/Trocknung

Zur Erzielung optimaler Formteileigenschaften ist es unbedingt notwendig, Apec®-Granulat vorzutrocknen. Unzureichende Trocknung verursacht bei der sich 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 max. 0,02% Restfeuchte unbedingt erforderlich. Frischluft- und Trockenlufttrockner haben sich bewährt. Je nach Feuchtigkeitsgehalt im Granulat und Trocknerqualität empfehlen wir folgende Trocknungsbedingungen:

#### Empfohlene Trocknungsbedingungen

	Trocknungstemperatur (Granulattemperatur)	Trocknungszeit
Umlufttrockner (50 % Frischluft)	130 °C	4 bis 12 Std.
Frischlufttrockner (Schnelltrockner)	130 °C	2 bis 4 Std.
Trockenlufttrockner	130 °C	2 bis 3 Std.

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 in diesem Fall der Einsatz von Trockenlufttrocknern.

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

Ungenügend getrocknetes Material kann man – je nach Feuchte – an mehr oder weniger intensiver Bläschenbildung im Schmelzestrang nach dem Abpumpen aus der Düse erkennen.

Eine sichere, in den meisten Fällen ausreichende Aussage über den Trocknungsgrad kann – bei geringem apparativem und zeitlichem Aufwand – mit dem TVI-Test (Tomasetti's Volatile Indicator) gemacht werden: Hierzu wird eine Heizplatte benötigt, mit der man eine Oberflächentemperatur von ca. 330 °C (Massetemperatur) erreicht. Bei dieser Temperatur werden 2 Objektträger (dünne, in der Mikroskopie verwendete Glasplättchen) ca. 2 Minuten aufgeheizt. Dann legt man 3 bis 4 Granulatkörner mittels Pinzette verteilt auf eines der Glasplättchen. Das zweite legt man darauf und drückt es mit einem geeigneten Gegenstand so fest wie möglich auf das erste. Die aufgeschmolzenen Körner werden so zu dünnen, runden Filmen (Ø ca. 10 mm) verpresst. Nach einer weiteren Minute druckloser Verweilzeit auf der Heizplatte lässt man die Probe an der Luft abkühlen. Sind in den Filmen Bläschen sichtbar, so ist das Granulat noch nicht ausreichend trocken. Diese Methode ist für transparente und gedeckte Einfärbungen anwendbar (siehe hierzu auch ATI 8024 d,e, „Bestimmung des Trockenheitsgrades von Makrolon® durch den TVI-Test“).



### Verarbeitungstemperaturen/-hinweise

Formteile aus Apec® werden zum größten Teil 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).

#### Empfohlene Masse- und Werkzeugtemperaturen

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
DP1-9354*, DP1-9354/1	330 – 340	120 – 140
DP1-9389*	330 – 340	130 – 160

Zur Erzielung möglichst spannungsarmer Teile – insbesondere, wenn es auf Heißdampfsterilisierbarkeit ankommt, – empfehlen wir, die Werkzeugtemperatur möglichst hoch zu wählen. Einspritzgeschwindigkeit, Nachdruckhöhe und Nachdruckzeit hängen neben dem zu verarbeitenden Thermoplast 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 eingestellt werden.

Bei einer Produktionsunterbrechung ist Folgendes zu beachten:

- Bei Verwendung einer Nitrierstahlspritzgießeinheit sollte die Zylindertemperatur auf ca. 180 °C heruntergenommen und bei dieser Temperatur „durchgeheizt“ werden.
- Ist eine verschleiß- und korrosionsgeschützte Einheit (ausgeschleudertes Zylinder mit Chromstahlschnecke) in Gebrauch, kann auf Raumtemperatur abgeheizt werden.

In der Regel ist das Entformen von Spritzlingen aus Apec® problemlos (empfohlene Entformungsschrägen min. 1 %).

Bei der Entformung vom Werkzeugern 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“ (Best.-Nr. MS 005756).

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

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

Zu diesen Verfahren liegen zurzeit noch zu wenige Erfahrungen vor, um an dieser Stelle Apec®-spezifische Hinweise geben zu können.



## RECYCLING/MATERIALBESEITIGUNG

Verarbeitungsausschuss und -abfälle können unter Beachtung der Trocknungs- und Verarbeitungshinweise für Primärware regranuliert und zu neuen Formteilen verarbeitet werden. In jedem Fall muss 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 von 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 beseitigt werden.

Für Apec® sind folgende Kennzeichnungen vorgesehen:

Standardtypen: > PC-HT <  
Leichtfließende Typen: > PC-HT <  
FR-Typen: > PC-HT FR <

Einzelheiten hierzu sind auch unserer Informationsschrift ATI 0309 d,e zu entnehmen.

### Allgemeiner Sicherheitshinweis

*Bei der Verarbeitung können unter den empfohlenen Verarbeitungsbedingungen geringe Mengen Spaltprodukte abgegeben werden. Gemäß Sicherheitsdatenblatt ist die Einhaltung der angegebenen Arbeitsplatzgrenzwerte durch ausreichende Absaugung und Belüftung am Arbeitsplatz zu gewährleisten, um Gesundheit und Wohlbefinden der Maschinenbediener nicht zu beeinträchtigen. Die vorgeschriebenen Verarbeitungstemperaturen dürfen nicht wesentlich überschritten werden, um eine stärkere partielle Zersetzung des Polymeren und Abspaltung von flüchtigen Zersetzungsprodukten zu vermeiden. Da überhöhte Temperaturen meist auf Bedienfehler oder Störungen in den Heizsystemen zurückzuführen sind, ist diesbezüglich besondere Sorgfalt und Kontrolle notwendig.*

## 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.

Verarbeitungsschwindungen<sup>2)</sup>

Apec®-Typen	längs/quer
16xx	0,75/0,75
17xx	0,80/0,80
18xx	0,85/0,85
20xx	0,90/0,90
DP1-9354*	0,85/0,85
DP1-9354/1*	0,85/0,85
DP1-9389*	0,95/0,95

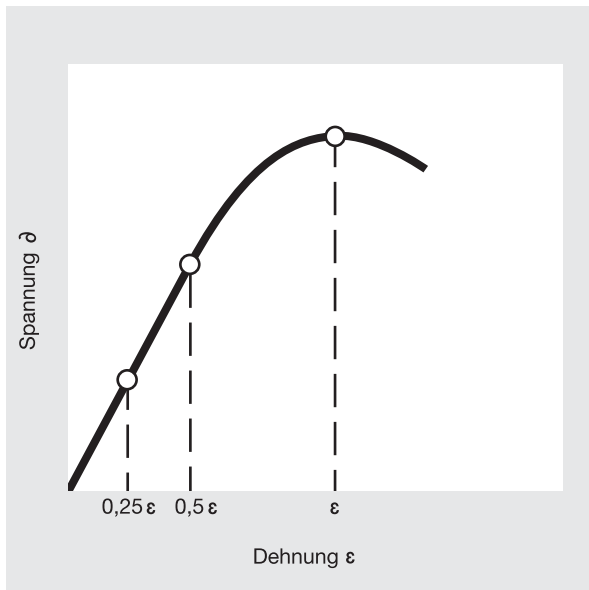
<sup>2)</sup> Die Schwindungswerte wurden an einer Rechteckplatte 150 x 90 x 3 mm mit Filmguss an der 90 mm Seite ermittelt.  
Massetemperatur: 330 bis 340 °C (je nach Typ)  
Werkzeugtemperatur: 120 bis 150 °C (je nach Typ)  
Einspritzzeit: 1 s  
max. Werkzeuginnendruck: 600 bar (Druckaufnehmer nahe Filmschnitt)  
Bitte beachten: Die angegebenen Schwindungswerte sind Richtwerte und damit für eine Werkzeugauslegung nur bedingt geeignet. Bitte setzen Sie sich bei Bedarf mit unserer Konstruktionsabteilung in Verbindung.

<sup>1)</sup> Versuchsprodukt

## Mechanische Eigenschaften, zulässige Spannungen und Dehnungen

Bei längerer mechanischer Belastung können bei Apec® – wie auch bei anderen amorphen Thermoplasten – Spannungsrisse auftreten. Wirken spannungsrisseauslösende Medien ein, wird dieser Vorgang beschleunigt. In der Konstruktionsphase können nicht alle Einflussfaktoren auf die Spannungsrissebildung 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.

Zulässige Spannungen und Dehnungen



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

Die Chemikalienbeständigkeit und das Spannungsrisssverhalten 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.

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 ( $22 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) abgekühlte Formteil wird vollständig in ein Testmedium (n-Propanol) 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 Ansprechschwelle beträgt ca. 14 MPa, d.h. Zugspannungen, die diesen Wert überschreiten, werden in Form von Spannungsrisse freigesetzt. Diese Ansprechschwelle ist als relativ hoch anzusehen, sodass mit diesem Prüfmedium nur eine Grobabschätzung des Spannungshaushalts möglich ist<sup>3)</sup>.

### Empfehlung

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.

### Hinweis zur Sicherheit

Der Test sollte nur unter einem Abzug oder in gut belüfteter Umgebung durchgeführt werden. Schutzbrille und Handschuhe tragen! Ein Sicherheitsdatenblatt senden wir gerne auf Anfrage zu.

<sup>3)</sup> In bisherigen Ausgaben der ATI 2001d,e wurden zur Abschätzung von inneren Spannungen auch die Prüfmedien TnP 1:10 und TnP 1:3 (Toluol/n-Propanol im Volumenverhältnis 1:10 bzw. 1:3) empfohlen. Diese Prüfmedien weisen gegenüber Formteilen aus Apec® wesentlich niedrigere Ansprechschwellen auf (TnP 1:10 ca. 9 MPa; TnP 1:3 ca. 5 MPa) und ermöglichen damit den Nachweis deutlich geringerer Spannungen. Aus Gründen der Arbeitssicherheit müssen die entsprechenden Vorschriften zur Handhabung dieser Medien eingehalten werden.

### 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.



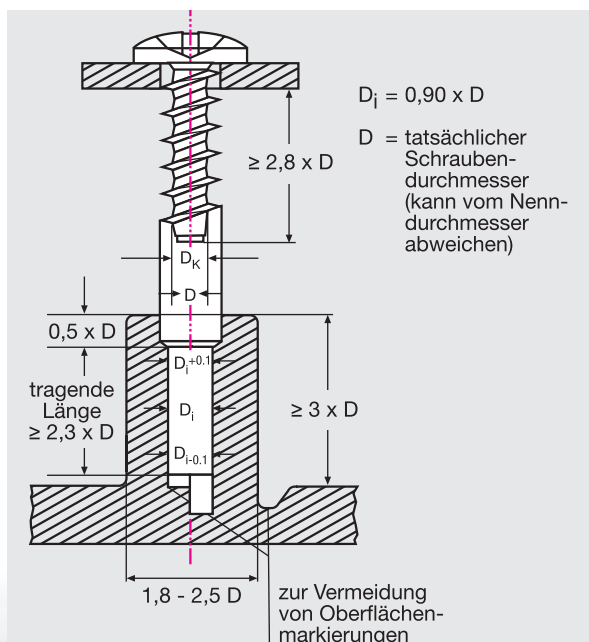
Gestaltung von Querschnittsübergängen

### Schraub- und Schnappverbindungen

Schraubdomen und Schnappflaken sind mechanisch beanspruchte Elemente in einem Kunststoff-Formteil.

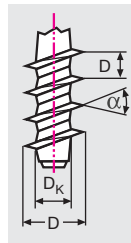
Schraubdomen für selbstschneidende oder selbstprägende Schrauben werden beim Einschrauben geweitet. Es liegt danach eine Langzeitbeanspruchung vor. Die Aufweitung und damit das Spannungsniveau im Schraubdom wird von der Schraubdomgeometrie und der verwendeten Schraube bestimmt. Bei selbstprägenden Schrauben 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.

Eine rechnerische Spannungsermittlung ist sehr schwierig und mit großen Unsicherheiten behaftet (Schraubentoleranzen). Aus Praxisversuchen haben sich die nachfolgend aufgeführten Gestaltungsrichtlinien als günstig erwiesen.



Dimensionierung von Schraubdomen aus Apec®

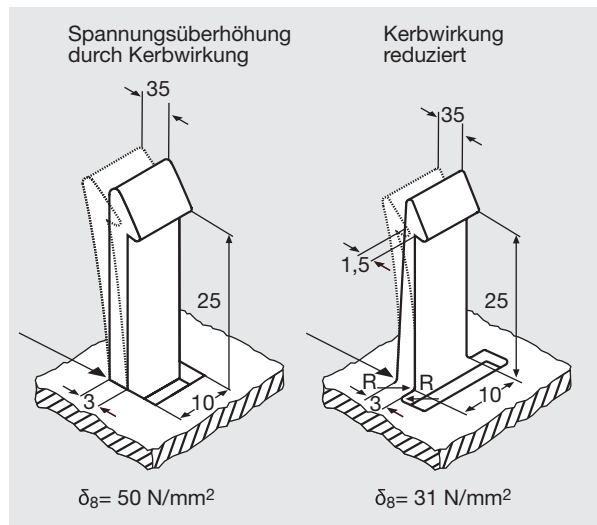
Kerndurchmesser $D_K$ (mm)	$< 0,65 \times D$
Gewindesteigung $P$ (mm)	$0,35 \times D$ bis $0,55 \times D$
Flankenwinkel $\alpha$	$< 40^\circ$



Verschraubung von Apec®  
(empfohlene Schraubengeometrie)

Schnappverbindungen sind eine einfache und kostengünstige Verbindungsart.

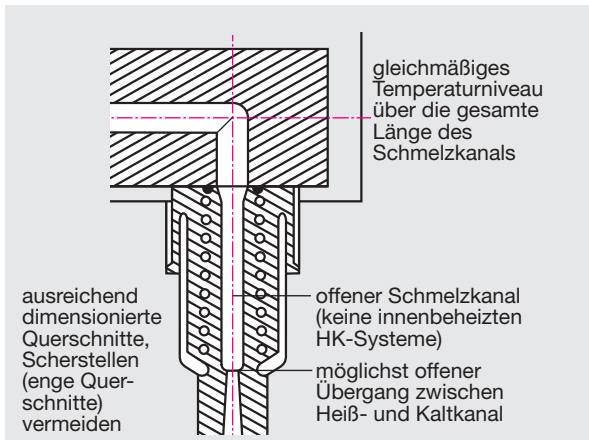
Eine Schnappverbindung wird beim Fügevorgang kurzzeitig mechanisch belastet. Nach dem Fügevorgang ist die Verbindung meist nur noch geringen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Spannungen und Dehnungen können in den meisten Fällen rechnerisch ermittelt werden. In unserer ATI 1119d,e über Schnappverbindungen sind Berechnungsformeln und Anwendungsbeispiele für die unterschiedlichsten Schnappverbindungsarten dargestellt. Durch geschicktes Konstruieren lassen sich hohe Spannungen vermeiden, wie folgende Zeichnung zeigt.



Gestaltung von Schnappverbindungen –  
Empfohlene Angussquerschnitte für einen Reflektor aus Apec® 1800

### 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 (siehe Abb.).

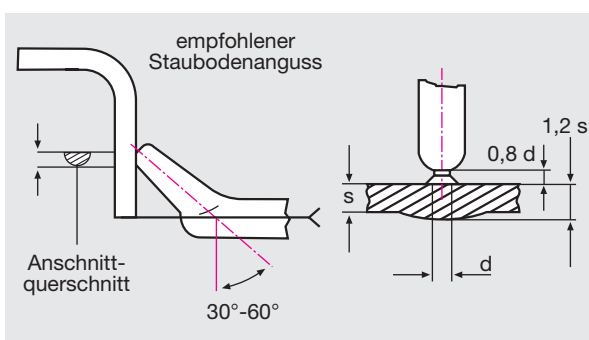


Anforderungen Heißkanalsystem

Formteile aus Apec® sollten spannungsarm gefertigt werden. Bei Punktangüssen ist im Formteil die Anspritzstelle der Bereich mit dem größten 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.

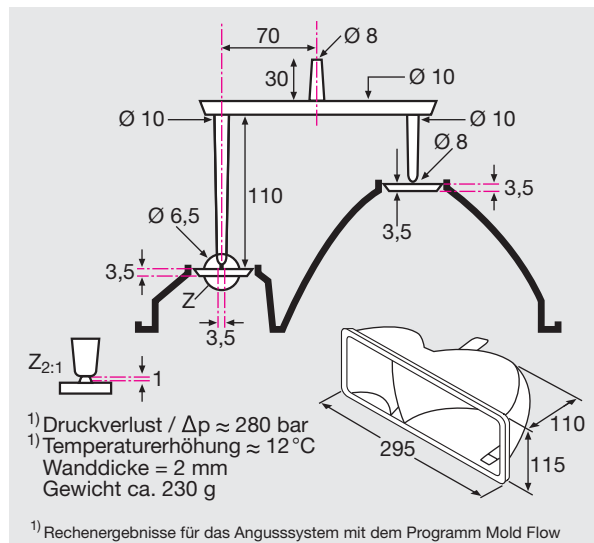
Mit dieser Variante lässt sich die Belastung der Schmelze deutlich reduzieren. s.u.



Anschnittdimensionierung –

Minimaler Anschnittdurchmesser (d) 60 % der Wanddicke (s)

Die Querschnitte der Angusskanäle müssen abhängig vom verwendeten Apec®-Typ, dem Formteilgewicht und der Angusslänge 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.



Empfohlene Angussquerschnitte für einen Reflektor aus Apec® 1800

### LITERATURHINWEISE

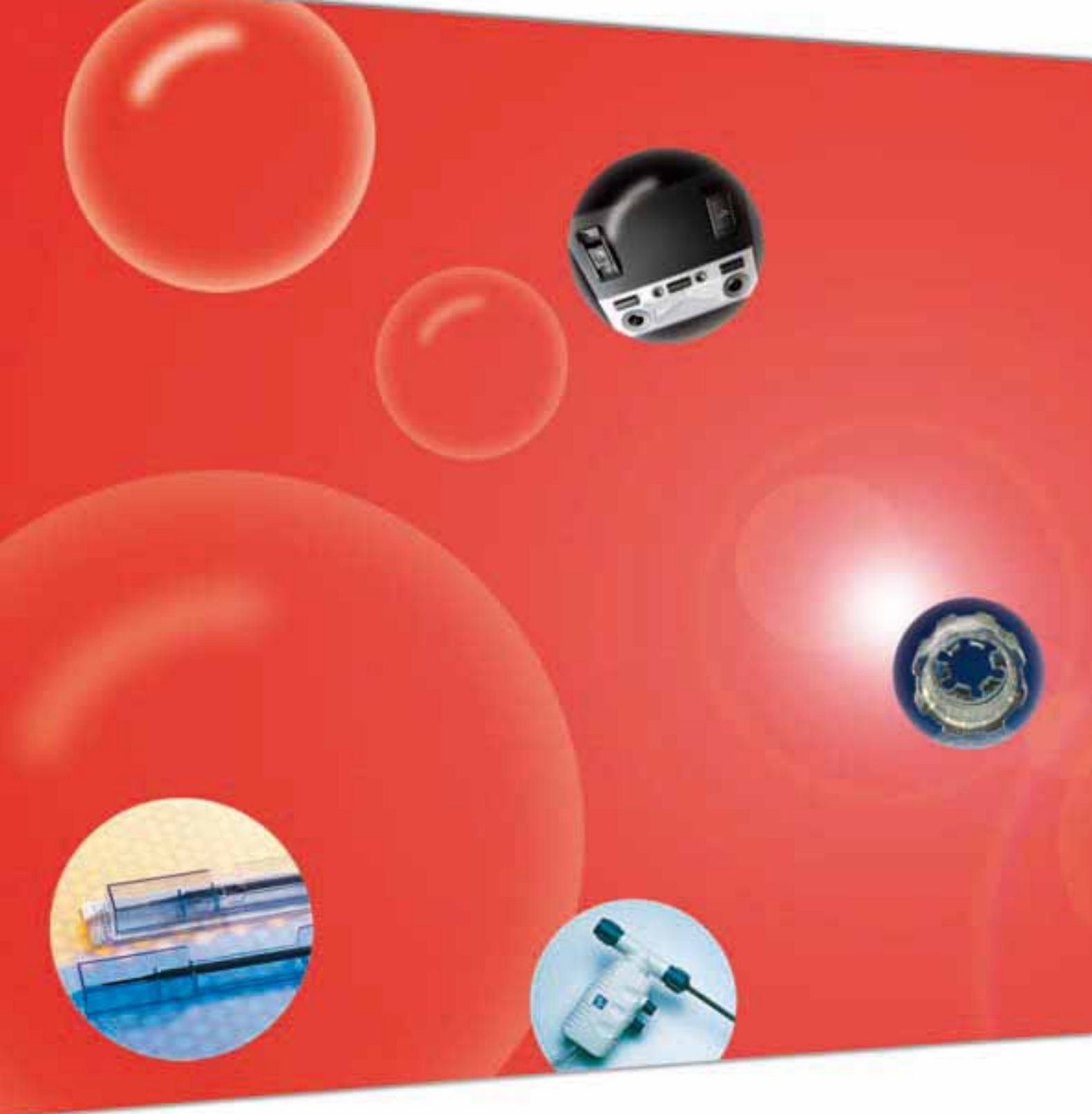
#### Titel:

Apec® für Löslichkeitsanwendungen (TI 2002);  
Kunststoffe für die Medizin- und Labortechnik (MS 006437);  
Optische Kenndaten für Makrolon® und Apec®/Tranzparenz und Farbe (KU 18517);  
Verarbeitungsdaten für den Spritzgießer (MS 005756)

\* Es handelt sich um ein Verkaufsprodukt im Versuchsstadium (Versuchsprodukt), dessen Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist. Endgültige Aussagen über Typkonformität, Verarbeitungsfähigkeit, Langzeiterprobung unter verschiedenen Bedingungen o. ä. produktions- und anwendungstechnische Parameter können daher nicht gemacht werden. Eine Gewähr für das Produktverhalten bei Einsatz und Verarbeitung wird nicht übernommen. Jegliche Verwendung des Versuchsprodukts erfolgt außerhalb unserer Verantwortung.

Die vorstehenden Informationen und unsere anwendungstechnische Beratung in Wort, Schrift und durch Versuche erfolgen nach bestem Wissen, gelten jedoch nur als unverbindliche Hinweise, auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter. Die Beratung befreit Sie nicht von einer eigenen Prüfung unserer aktuellen Beratungshinweise – insbesondere unserer Sicherheitsdatenblätter und technischen Informationen – und unserer Produkte im Hinblick auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung unserer Produkte und der aufgrund unserer anwendungstechnischen Beratung von Ihnen hergestellten Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich in Ihrem Verantwortungsbereich. Der Verkauf unserer Produkte erfolgt nach Maßgabe unserer jeweils aktuellen Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen.

Die angegebenen Werte wurden, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, an genormten Prüfkörpern bei Raumtemperatur ermittelt. Die Angaben sind als Richtwerte anzusehen, nicht aber als verbindliche Mindestwerte. Bitte beachten Sie, dass die Eigenschaften durch die Werkzeuggestaltung, die Verarbeitungsbedingungen und durch die Einfärbung unter Umständen erheblich beeinflusst werden können.



Bayer MaterialScience

Herausgeber:  
Bayer MaterialScience AG  
D-51368 Leverkusen  
[www.plastics.bayer.de](http://www.plastics.bayer.de)

MS 00029980  
Ausgabe 4/2007