



Halbzeuge

Kunststoffe für die Luft- und Raumfahrttechnik

Inhalt



- 4 Kunststoffe im Einsatz
- 6 Produktportfolio
- 7 Spezialwerkstoffe für die Luft- und Raumfahrt
- 8 Anwendungsbeispiele
- 10 Mechanische Eigenschaften
- 12 Thermische Eigenschaften
- 14 Elektrische Eigenschaften
- 15 Strahlungsbeständigkeit
- 16 Brennbarkeit
- 17 Chemikalienbeständigkeit
- 18 Verarbeitungseinflüsse auf Prüfergebnisse
- 19 Häufig gestellte Fragen
- 20 Qualitätsmanagement
- 22 Werkstoffrichtwerte



Ensinger®, TECA®, TECADUR®, TECAFLON®, TECAFORM®, TECAM®,
TECAMID®, TECANAT®, TECANYL®, TECAPEEK®, TECAPET®,
TECAPRO®, TECASINT®, TECASON®, TECAST®, TECATRON® sind
eingetragene Warenzeichen der Ensinger GmbH.
TECATOR® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Ensinger Inc.
VICTREX® ist ein eingetragenes Markenzeichen der Victrex Manu-
facturing Ltd. TECAPEEK wird hergestellt aus VICTREX® PEEK Polymer.

Technische Kunststoffe von Ensinger tragen in vielen Industriebereichen dazu bei, Anwendungen leistungs- und wettbewerbsfähiger zu machen. In der Luft- und Raumfahrt werden hohe Anforderungen an Werkstoffe gestellt. Dabei überzeugen Hochleistungskunststoffe unter anderem durch ihr geringes Gewicht und Brandverhalten.

Vorteile im Überblick

- Eine Gewichtsersparnis von bis zu 60% gegenüber Aluminium reduziert den Energieverbrauch
- Kunststoffe lassen sich besser weiterverarbeiten als andere Werkstoffe
- Höhere Designfreiheit in der Bauteilauslegung zu reduzierten Fertigungs- und Montagekosten
- Gute chemische Beständigkeit
- Inhärente Flammwidrigkeit: Hochleistungskunststoffe entsprechen den Anforderungen des Standards UL94-V0 und dem Brandverhalten nach FAR 25.853
- Brandverhalten in Bezug auf Rauchgasdichte, Rauchgastoxizität und Hitzefreisetzung
- Hohe spezifische Festigkeit durch faserverstärkte Kunststoffe
- Überzeugende Gleiteigenschaften mit hervorragenden Trockenlaufeigenschaften und Wartungsfreiheit in der Anwendung
- Geringe Ausgasung im Vakuum
- Gute Strahlenbeständigkeit

Die Eigenschaften unserer Kunststoffprodukte erfüllen die detaillierten Anforderungen der Materialspezifikationen von Endkunden und Systemlieferanten in der Luft- und Raumfahrtindustrie. Sicherheitsaspekte und reduzierter Energieverbrauch werden hierbei groß geschrieben.

Ensinger-Qualität in der Luft- und Raumfahrt

Im Auftrag unserer Kunden haben wir einen großen Teil unserer Werkstoffe nach den geforderten Spezifikationen geprüft und qualifiziert. Auf Anfrage können weitere Materialien qualifiziert werden.

Aufgrund der besonderen Anforderungen der Luft- und Raumfahrtindustrie übernimmt Ensinger Verantwortung: Rohwareneingangskontrollen, Rohwarenspezifikationen, Rezepturfestschreibungen für einzelne Artikel, Endkontrollen, Ausstellen von Abnahmeprüfzeugnissen u.v.m.

Zusätzlich kann Ensinger die komplette Dokumentation und Rückverfolgbarkeit für alle Materialien und Herstellungsprozesse anbieten. Die Sicherheit dieser Prozesse wird über alle Produktionsverfahren, wie z.B. Compoundierung, Halbzeugextrusion und Fertigteilerzeugung durch Spritzguss oder Zerspanung, unter Beweis gestellt.

Ensinger ist nach ISO 9001:2008 zertifiziert und hat ein Qualitätsmanagementsystem, das mit den internationalen Standards einhergeht, implementiert und in den Prozeduren fest verankert ist.



Kunststoffe im Einsatz

Konstruktions- und Hochleistungskunststoffe in der Luft- und Raumfahrttechnik müssen besonderen Anforderungen gerecht werden.

In enger Zusammenarbeit mit Unternehmen aus dem Bereich der Luftfahrt haben unsere Spezialisten bereits viele optimale Lösungen entwickelt.

Flugzeugkomponenten

Die Flugzeugzelle, Verkleidungsteile, Flügel, Nase, Rumpf und Leitwerk bestehen aus einer Vielzahl an Komponenten. Werkstoffe müssen hierfür gute thermische und mechanische Eigenschaften und eine hohe Alterungsbeständigkeit aufweisen.



Material und Teile

Kunststoffe, die unter anderem in Befestigungselementen, Kugellagern, Dichtungen, oder Gleitlagern zum Einsatz kommen, verfügen über exzellente mechanische Eigenschaften.



Ausstattung und Systeme

Für den Einsatz von Materialien in Antriebs-elementen, Steuereinheiten oder in einem Fahrwerk sind gute elektrische und thermische Eigenschaften nötig. Zudem wird ein kontrolliertes Brandverhalten, eine niedrige Rauchgastoxizität sowie ein gutes Gleitverhalten und hohe Chemikalienresistenz vorausgesetzt.



Kabinenausstattung

Kunststoffe kommen in Beleuchtungssystemen, Sitzen, in der Bordküche und Kühlsystemen, in der Sauerstoffversorgung, Trinkwasser- und Entsorgungssystemen sowie Frachtladeeinrichtungen zum Einsatz. Somit sind teils zusätzliche Spezifikationen wie FDA, Fungus-Test und Trinkwasserzulassungen gefordert.

Antriebssysteme

Für Anwendungen in Maschinen, Komponenten oder Gehäusen wird vor allem eine hohe thermische Beständigkeit und gute Gleiteigenschaften von Werkstoffen gefordert.



	TECAFORM AH natural (POM-C)	TECAFORM AD natural (POM-H)	TECAMID 66 natural (PA 66)	TECAFLOX PTFE natural (PTFE)	TECATRON GF40 natural (PPS)	TECAPEEK PVX black (PEEK)	TECAPEEK GF30 natural (PEEK)	TECAPEEK natural (PEEK)	TECATOR natural (PAI)	TECASINT (PI)	
Luftfahrt	Flugzeugkomponenten										
	Türverkleidungen			•							
	Rumpfkomponten und Leitwerkteile							•			
	Tragflächen:		•	•					•		
	Landeklappen, Verrippung, Verkleidung										
	Flugzeugzelle:										
	Türen, Bauteile, Elektrik, Rohre und Leitungen, Kabelführungen	•				•	•	•	•		
	Bauteile										
	Befestigungselemente	•	•	•					•		
	Lager						•		•	•	
	Dichtungen	•	•	•	•				•		
	Buchsen						•		•	•	
	Betankungs- und Tanksysteme	•	•		•	•	•	•	•	•	
	Systeme und Ausstattung										
	Aktuatoren und Flugkontrollsysteme:										
	Luftversorgung, Wärme- und Energiemanagement, Beleuchtung, Steuerung für Türver-/ -entriegelung, Motorsteuerung, Elektrisches Landesystem (ISR), Flugsteuerung, Sensoren, Aktuatoren und Integration, Enteisung	•	•	•	•		•		•		•
	Fahrwerk										
	Haupt- und Bugfahrwerke, Lenksystem	•	•	•	•				•		
	Ein- und Ausfahrsteuerung, Absenkvorrichtung										
	Räder und Bremsen										
Kabinenausstattung											
Sitzplätze, Kabinenbeleuchtung, Bordküche	•	•	•						•		
Kühlsysteme, Sauerstoffsyste, Trinkwasseranlagen											
Vakuumentsorgungssysteme											
Ladungsausstattung											
Antriebssysteme											
Triebwerke und Komponenten:											
Turbinen, Propellersysteme	•	•	•	•					•	•	
Lagerbuchsen für Triebwerksschaufeln										•	
Bauteile für Düsentriebwerk								•	•	•	
Raumfahrt	Satelliten										
	Antennenabdeckungen (Radom)	•	•	•	•				•	•	•
	Lagerbuchsen, Gleitelemente (Vakuum)										
	Konstruktions- und Isolationsbauteile										
	Drahtrollen, Dichtringe								•	•	•
	Abdeckung Radar										•
	Drehmomentzylinder				•	•			•		
	Befestigungselemente				•	•			•		
	Rohrhalter	•	•		•	•			•		•

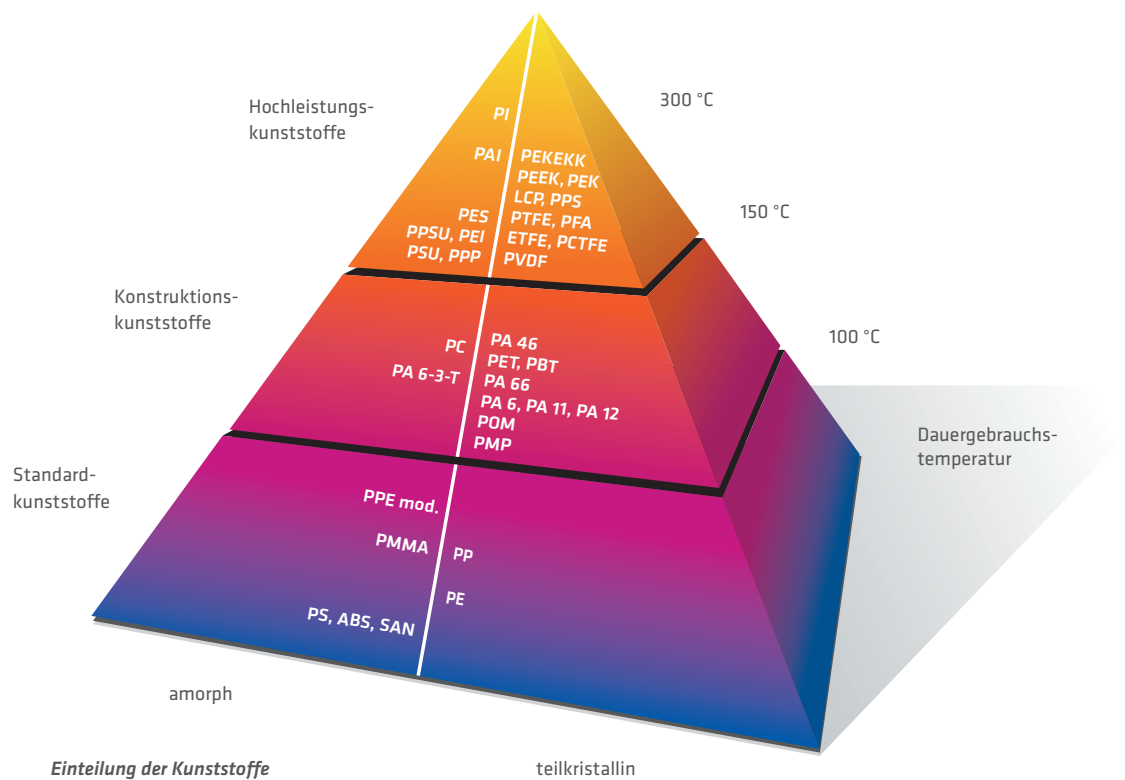
Das Wichtigste in Kürze

Technische Kunststoffe bieten durch vorteilhafte Materialeigenschaften vielfältige Einsatzmöglichkeiten für die Luft- und Raumfahrtindustrie.

Produktportfolio Basis für viele Anwendungen

In den letzten Jahren hat die Bedeutung von technischen Kunststoffen in vielen Industriebranchen rasant zugenommen. Für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrttechnik bieten wir ein breites Spektrum an Konstruktions- und Hochleistungswerkstoffen aus unserem Standard-sortiment an.

- TECAFINE (PE)
- TECAFORM (POM)
- TECAPET (PET)
- TECAMID (PA 6/66, PA 11/12)
- TECAST (PA 6 C)
- TECANAT (PC)
- TECAFLON (PTFE, PVDF)
- TECASON (PSU, PPSU)
- TECAPEEK (PEEK)
- TECATRON (PPS)
- TECATOR (PAI)
- TECASINT (PI)



Spezialwerkstoffe für die Luft- und Raumfahrt

TECASINT 4121 / TECASINT 2021 (PI)

- Niedrige Reib- und Verschleißwerte
- HDT /A bis zu 470 °C

TECASINT 4111 (PI)

- Hohe Steifigkeit, Modul 6.700 MPa
- Wärmeformbeständigkeit HDT /A = 470 °C
- Ausgasungsarm im Vakuum

TECASINT 2391 (PI)

- Modifiziert mit MoS₂
- Beste Gleiteigenschaften im Vakuum
- Ausgasungsarm im Vakuum

TECASINT 2011 natural (PI)

- Maximale Festigkeit und Dehnung
- Optimale elektrische Eigenschaften
- Höchster Modul und geringste thermische Leitfähigkeit

TECAPEEK natural (PEEK)

- Hohe Dauergebrauchstemperatur (260 °C)
- Hervorragende mechanische Eigenschaften auch bei hohen Temperaturen

TECAPEEK CF30 black (PEEK CF)

- Sehr hohe Festigkeitswerte durch Kohlefaserverstärkung
- Sehr abriebfest

TECAPEEK GF30 natural (PEEK GF)

- Glasfaserverstärkt
- Erhöhte Festigkeit
- Ausgezeichnete Chemikalienbeständigkeit

TECAPEEK ELS nano (PEEK CNT)

- Elektrisch leitfähig
- Ausgezeichnete chemische Beständigkeit
- Gute Zerspanbarkeit

TECATRON GF40 natural (PPS GF)

- Äußerst hohe Festigkeit durch Glasfaserverstärkung
- Sehr gute chemische Beständigkeit

TECASON P natural (PPSU)

- Hohe Wärmeformbeständigkeit
- Gute Zähigkeit

TECAPEI natural (PEI)

- Dauergebrauchstemperatur bis 170 °C
- Beständig gegen energiereiche Strahlung

TECAFLON PTFE natural (PTFE)

- Außergewöhnliche chemische Beständigkeit
- Besonders niedriger Reibungskoeffizient
- Geeignet für weiche Gegenlaufpartner

TECAMID 66 natural (PA 66)

- Gut kleb- und schweißbar
- Elektrisch isolierend und gut zerspanbar

TECAMID 66 MO black (PA 66 MoS₂)

- Gute UV-Beständigkeit
- Geringer Abrieb

TECAMID 66 GF35 natural (PA 66 GF)

- Glasfaserverstärkt
- Hohe Festigkeit

TECAFORM AH natural (POM-C)

- Gute chemische Beständigkeit
- Hohe Rückstellkraft

TECAFORM AH ELS (POM-C, Leitruß)

- Elektrisch leitfähig

TECAFORM AH SD (POM-C, Antistatikum)

- Statisch ableitend, kohlenstofffrei
- Inhärent wirkendes, dauerhaft nicht kontaminierendes Antistatikum

TECAFORM AD natural (POM-H)

- Hohe mechanische Festigkeit
- Sehr gute Zerspanbarkeit

TECAFORM AD AF (POM-H TF)

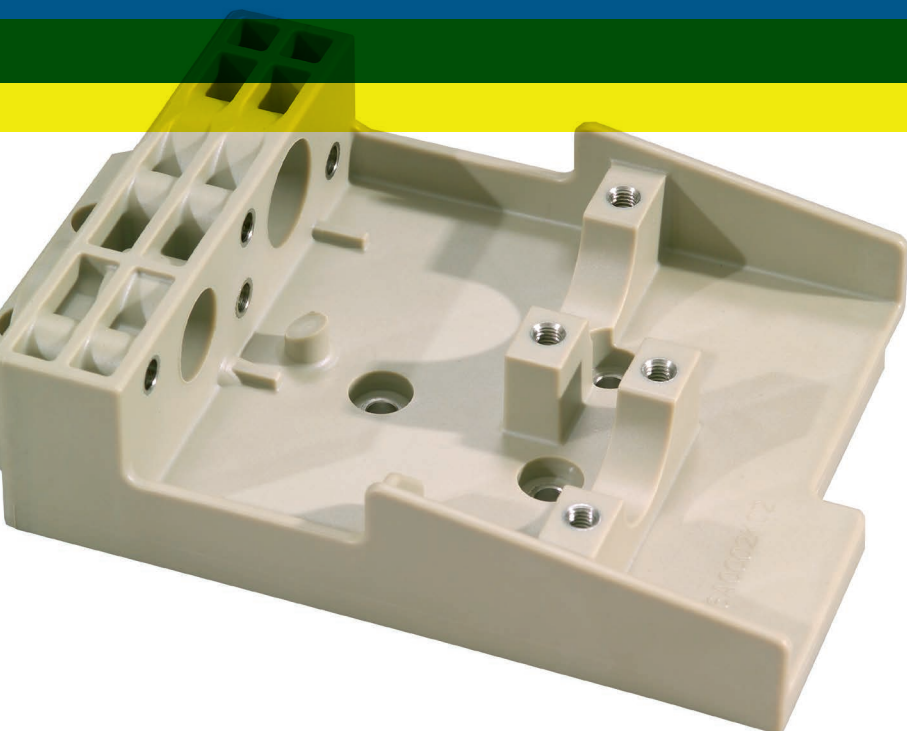
- Sehr gute Gleiteigenschaften
- Geringe Wasseraufnahme

Anwendungsbeispiele



Drahtrolle für Solarsegel
TECASINT 2391 black
(PI)

Ausgasungsarm gemäß ESA-Norm.
Hohe Steifigkeit bei geringem Gewicht.



Sensorplatte
(Bauteil Flugzeug Klimaanlage)

TECAPEEK GF30 natural
(PEEK GF)
Hohe Temperaturbeständigkeit.
Dimensionsstabil.



Twin Pulley
(Baugruppe für Gepäckfachlift)
TECAPEI GF30 natural mod.
(PEI GF)
Hohe Temperaturbeständigkeit.
Inhärent flammwidrig.
Sehr fest und steif.



Output Pulley
(Baugruppe für Gepäckfachlift)
TECAPEI GF30 natural mod.
(PEI GF)
Hohe Temperaturbeständigkeit.
Inhärent flammwidrig.
Sehr fest und steif.



Dämpfungskolben
(Einsatz in Landungseinheit)
TECAFORM AH white
(POM-C)
Dimensionsstabil.
Beständig gegen Fett.

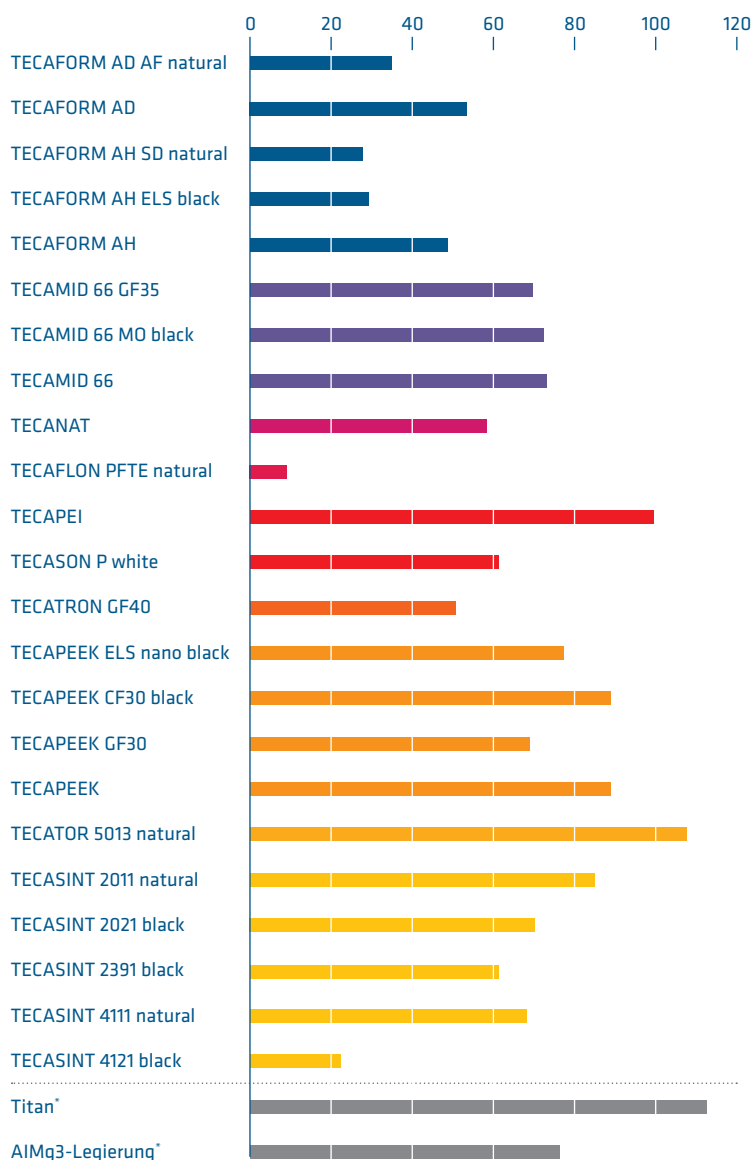


Mechanische Eigenschaften

Stetige Verbesserungen der Leistung und Einsparung von Kraftstoffkosten sind entscheidende Erfolgskriterien in der Luft- und Raumfahrtindustrie. Die Gewichtsreduzierung und die Optimierung der mechanischen Eigenschaften von Flugzeugbauteilen ist daher ein wesentlicher Faktor.

Bei der Werkstoffauswahl ist die spezifische Festigkeit eine wesentliche Kennzahl. Sie setzt die Zugfestigkeit in Relation zur Dichte eines Werkstoffes und gibt das Verhältnis zwischen Festigkeit und Gewicht an. Um das Potenzial von thermoplastischen oder Verbundwerkstoffen zu bewerten wird diese Kennzahl oft für den Vergleich mit Metallen von geringem Gewicht und hoher Festigkeit herangezogen. In der Luft- und Raumfahrtindustrie sind das üblicherweise Titan oder Aluminium.

Spezifische Festigkeit [MPa / (g/cm³)]



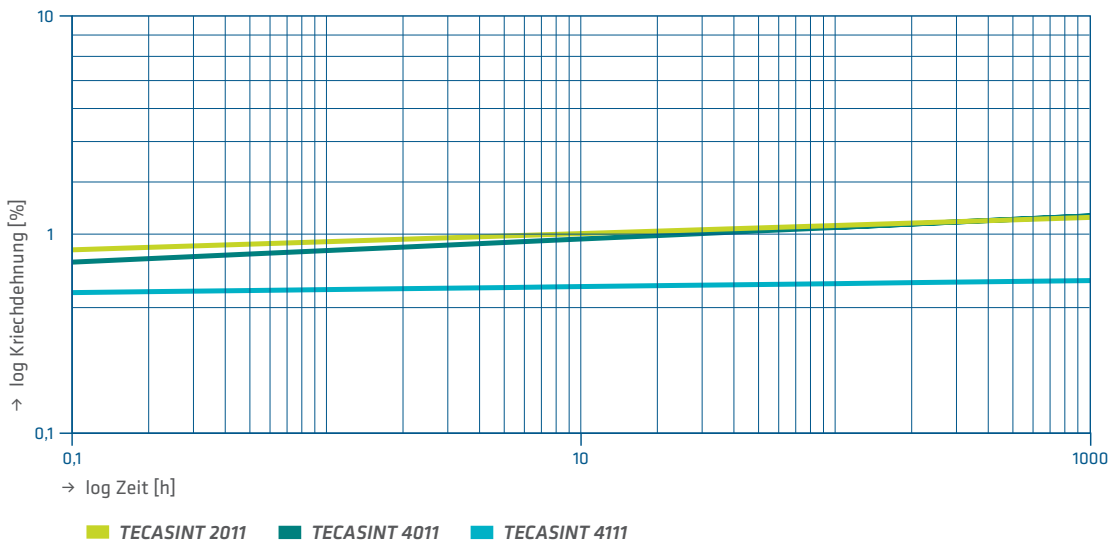
*Quelle: Tabellenbuch Metall

Kriechfestigkeit

Als Kriechfestigkeit bezeichnet man die Verformungszunahme in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur unter einer konstanten Last. TECASINT ist ein nicht-schmelzender Werkstoff, der auch bei hohen Temperaturen nicht erweicht und unter Lasteinwirkung eine sehr geringe Kriechneigung hat. Die unten aufgeführten Diagramme zeigen die Kriechdehnung unter Abhängigkeit von Zeit und Temperatur bei einer Last von 17 MPa.

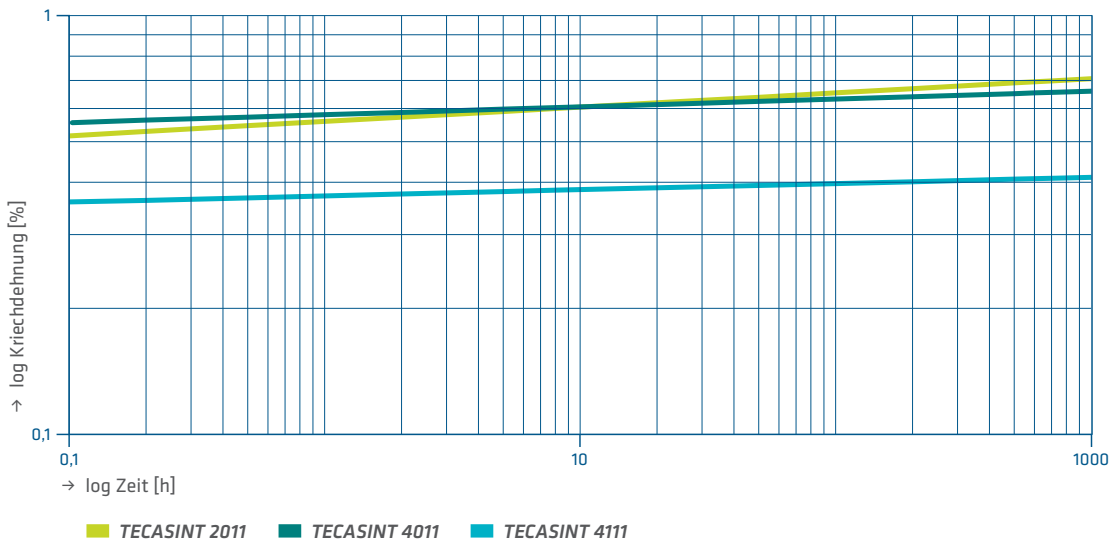
Kriechdehnung TECASINT bei 250 °C

17 MPa, ISO 899-1



Kriechdehnung TECASINT bei 150 °C

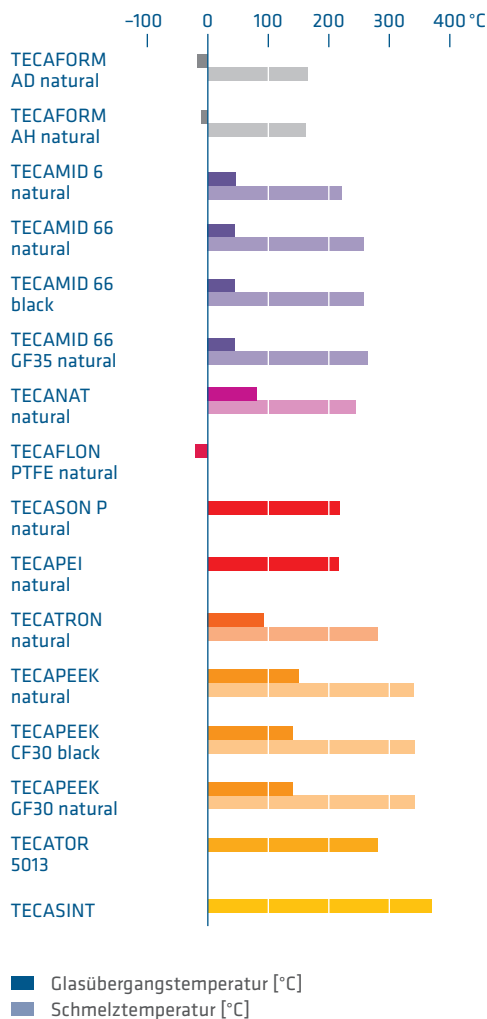
17 MPa, ISO 899-1



Thermische Eigenschaften

Glasübergangstemperatur [°C]

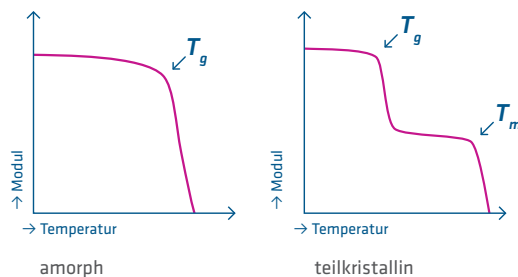
Schmelztemperatur [°C]



■ Glasübergangstemperatur [°C]
■ Schmelztemperatur [°C]

Glasübergangstemperatur

Die Glasübergangstemperatur T_g ist die Temperatur, bei der Polymere vom hartelastischen, spröden Zustand in den gummielastischen, flexiblen Zustand übergehen. Es müssen hier amorphe und teilkristalline Thermoplaste unterschieden werden.



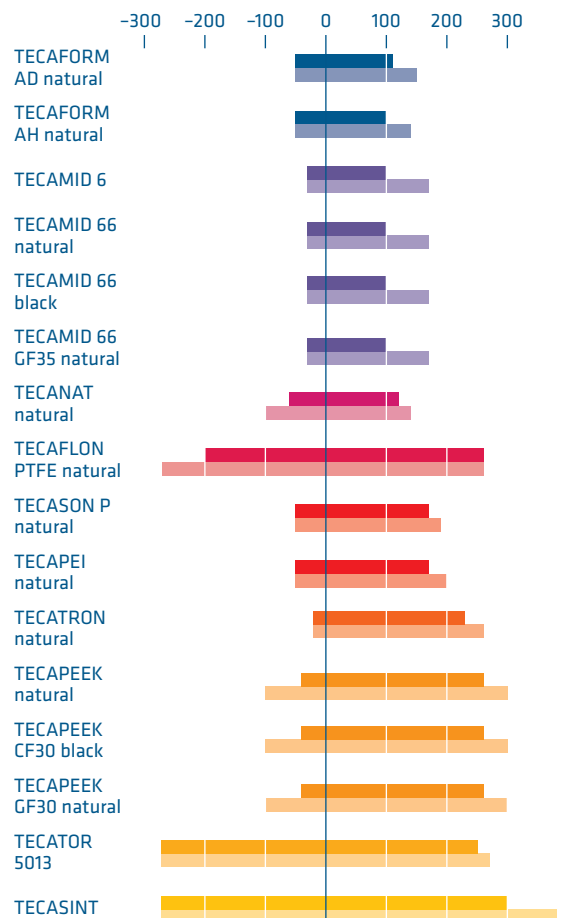
Ein amorphes Material kann über den T_g hinaus nicht mechanisch belastet werden, da die mechanische Festigkeit stark abnimmt.

Teilkristalline Werkstoffe hingegen weisen durch die kristallinen Bereiche über den T_g hinaus noch eine gewisse mechanische Festigkeit auf und sind deshalb besonders für mechanisch belastete Bauteile geeignet.

Schmelztemperatur

Als Schmelztemperatur T_m bezeichnet man die Temperatur, bei der ein Stoff schmilzt, das heißt, vom festen in den flüssigen Aggregatzustand übergeht. Dabei lösen sich die kristallinen Strukturen.

Gebrauchstemperaturen [°C]



Negative Einsatztemperatur ← → Einsatztemperatur
dauernd ■ dauernd
kurzzeitig ■ kurzzeitig

Dauergebrauchstemperatur

Die Dauergebrauchstemperatur (DGT) ist definiert als die maximale Temperatur, bei der Kunststoffe in heißer Luft nach 20.000 Stunden Lagerung (nach IEC 216) nicht mehr als 50% ihrer Ausgangseigenschaften verloren haben.

Die maximale Gebrauchstemperatur ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Dauer der Temperatureinwirkung
- Maximal zulässige Deformation
- Abbau von Festigkeitseigenschaften infolge thermischer Oxidation
- Umgebungsbedingungen

Negative Gebrauchstemperaturen

Die Gebrauchstemperatur im negativen Temperaturbereich ist nicht genau definiert und hängt sehr stark von verschiedenen Eigenschaften und Umgebungsbedingungen ab:

- Zähigkeit / Sprödigkeit eines Materials
- Modifikation, bspw. Verstärkungsfasern
- Temperatur
- Belastungsdauer
- Art der Belastung

Kurzzeitige Gebrauchstemperatur

Die Kurzzeit-Gebrauchstemperatur ist die Spitzentemperatur, die der Kunststoff in einem geringen Zeitraum (von Minuten bis gelegentlich Stunden) unter Berücksichtigung der Belastungshöhe und -dauer ertragen kann, ohne geschädigt zu werden.

Thermischer Längenausdehnungskoeffizient

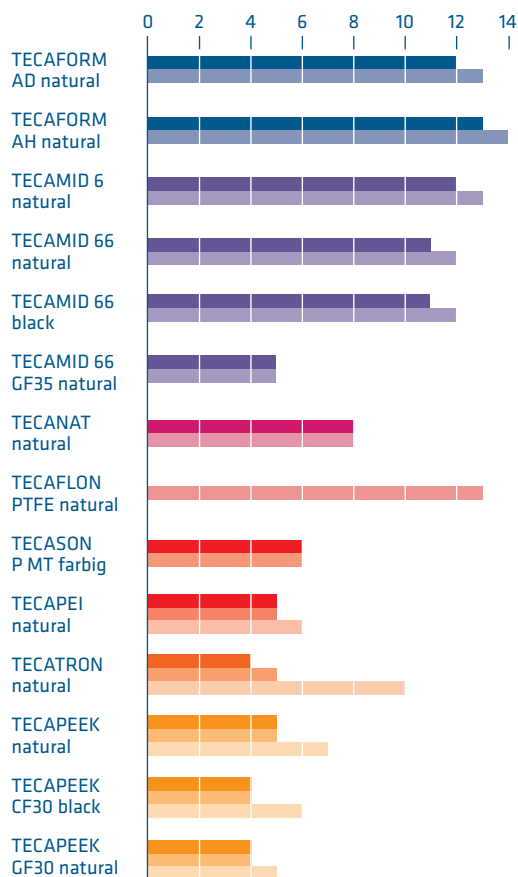
Der Längenausdehnungskoeffizient gibt an, wie groß die Längenänderung eines Materials bei Anstieg oder Absinken der Temperatur ist. Kunststoffe weisen aufgrund ihres chemischen Aufbaus meist einen deutlich höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten auf als Metalle.

- Dies muss beachtet werden bei Bauteilen mit engen Toleranzen
- Hohen Temperaturschwankungen
- Verbund mit Metall

Der thermische Längenausdehnungskoeffizient von Kunststoffen kann durch Zugabe von Verstärkungsfasern deutlich reduziert werden. So können Werte erreicht werden, die im Bereich von Aluminium liegen.

Thermischer Längenausdehnungskoeffizient, längs

CLTE [$10^{-5} 1/K$]



■ CLTE [23 - 60 °C]
■ CLTE [23 - 100 °C]
■ CLTE [100 - 150 °C]

Elektrische Eigenschaften

Oberflächenwiderstand

Der spezifische Oberflächenwiderstand beschreibt den Widerstand, den ein Material an der Oberfläche dem Stromfluss entgegensetzt:

$$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$$

Zur Messung muss eine genormte Anordnung verwendet werden, da der spezifische Oberflächenwiderstand von verschiedenen Faktoren abhängig ist:

- Werkstoff
- Luftfeuchtigkeit
- Verunreinigungen auf der Oberfläche
- Messanordnung

Zudem ist es unvermeidbar, dass bei der Messung des Oberflächenwiderstands der Durchgangswiderstand zu einem nicht bestimmbaren Anteil mit einfließt.

Spezifischer Durchgangswiderstand

Der spezifische Durchgangswiderstand bezeichnet den elektrischen Widerstand eines homogenen Werkstoffs gegen den Stromfluss durch die Probe. Da der Durchgangswiderstand vieler Materialien dem Ohm'schen Gesetz folgt, ist er unabhängig von der angelegten Spannung und kann proportional zur Länge oder umgekehrt proportional zum Querschnitt der gemessenen Probe angegeben werden. Die Einheit ist daher $\Omega \text{ cm}$.

Durchschlagfestigkeit

Die Durchschlagfestigkeit ist die Widerstandsfähigkeit von Isolierwerkstoffen gegen Hochspannung. Der Kennwert ist der Quotient aus der Spannung und der Probenkörperdicke (Maßeinheit kV/mm). Besonders entscheidend ist die Durchschlagfestigkeit bei dünnwandigen Bauteilen.

Dielektrischer Verlustfaktor

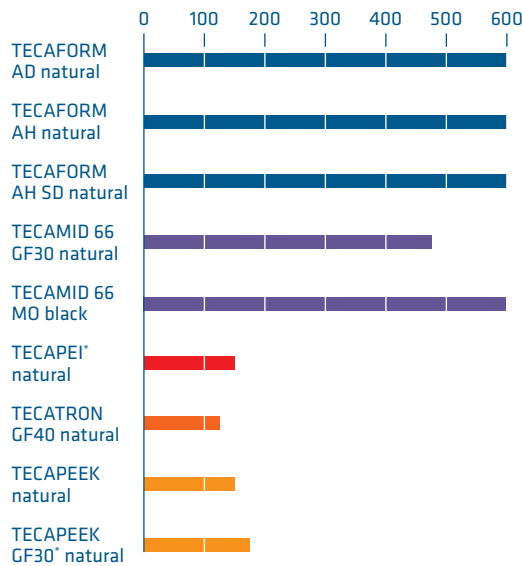
Ein hoher Verlustfaktor verursacht Wärmeentwicklung in dem Kunststoffteil, das als Dielektrikum wirkt. Der Verlustfaktor von Kunststoffisolatoren in Hochfrequenzanwendungen wie Radargeräten oder Antennenanwendungen sollte daher möglichst niedrig sein. Der Verlustfaktor ist abhängig von Feuchtigkeitsgehalt, Temperatur, Frequenz und Spannung.

Kriechstromfestigkeit

Um zu bestimmen, ob ein Werkstoff isolierend wirkt, wird häufig die Kriechstromfestigkeit (CTI – Comparative Tracking Index) herangezogen. Diese gibt eine Aussage über die Isolationsfestigkeit der Oberfläche (Kriechstrecke) von Isolierstoffen. Selbst bei gut isolierenden Kunststoffen können jedoch Feuchtigkeit und Verunreinigungen auf der Oberfläche (auch temporäre) zu einem Versagen des Bauteils führen.

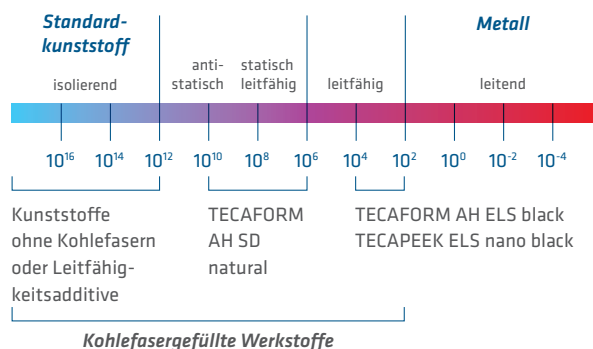
Zu beachten ist, dass die Kriechstromfestigkeit durch Werkstoffzusätze, insbesondere Farbpigmente, stark beeinflusst werden kann.

Kriechstromfestigkeit [V]



* Literaturwerte

Leitfähigkeitsbereiche Oberflächenwiderstand [Ω]



Strahlungsbeständigkeit

Strahlungsbeständigkeit

Kunststoffe kommen je nach Einsatzbereich mit verschiedenen Strahlungen in Kontakt, die die Struktur der Kunststoffe nachhaltig beeinflussen können. Das Spektrum der elektromagnetischen Wellen reicht von Rundfunkwellen mit großer Wellenlänge über normales Tageslicht mit kurzwelligen UV-Strahlen, bis zu sehr kurzwelligen Röntgen- und Gammastrahlen. Je kurzwelliger eine Strahlung ist, umso mehr kann ein Kunststoff geschädigt werden.

Elektromagnetische Strahlung

Der dielektrische Verlustfaktor beschreibt den Energieanteil, der vom Kunststoff aufgenommen werden kann. Kunststoffe mit hohen dielektrischen Verlustfaktoren erwärmen sich im elektrischen Wechselfeld stark und sind nicht als Hochfrequenz- und Mikrowellenisolerwerkstoffe geeignet. So kann es zum Beispiel bei Polyamiden aufgrund ihrer hohen Feuchteaufnahme in einer Mikrowellenanwendung zum Brechen /Explodieren des Kunststoffs kommen.

Ultraviolette Strahlung

UV-Strahlung durch Sonnenlicht ist vor allem bei ungeschützten Freiluftanwendungen entscheidend. Von Natur aus sehr widerstandsfähige Kunststoffe sind in der Fluorkunststoffgruppe vertreten: z. B. PTFE und PVDF. Ohne entsprechende Schutzmaßnahmen beginnen verschiedene Kunststoffe in Abhängigkeit von der Einstrahlung zu vergilben und zu verspröden. UV-Schutz wird meist durch Additive oder Oberflächenschutz erreicht. Die Zugabe von Ruß ist eine kostengünstige und sehr wirksame Methode zur Stabilisierung vieler Kunststoffe.

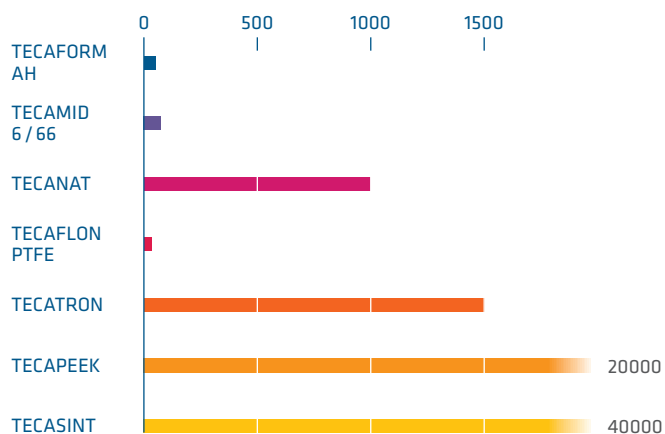
Ionisierende Strahlung

Ionisierende Strahlung wie Gamma- und Röntgenstrahlen sind in der Strahlentherapie, bei der Sterilisation als auch in der Werkstoffprüfung und Messtechnik sowie in radioaktiven oder anderen strahlenden Umgebungen häufig anzutreffen. Die energiereiche Strahlung führt dabei oft zu einer Verringerung der Dehnung und damit zur Versprödung. Die Lebensdauer des Kunststoffs ist dabei abhängig von der Gesamtdosis der absorbierten Strahlung. Als sehr gut widerstandsfähig gegen Gamma- und Röntgenstrahlung haben sich z. B. PEEK, PI und die amorphen Schwefelpolymere erwiesen.

Die Einwirkung von energiereicher Strahlung führt zu einer Veränderung der mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit, Härte oder Versprödung). Dieser Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften verstärkt sich unter dem Einfluss der Strahlendosis langsam. Es tritt somit kein plötzlicher Rückgang auf.

Die Angaben der Beständigkeit von Kunststoffen sind grundsätzlich nur als Anhaltspunkte zu sehen, da verschiedene Parameter mitentscheidend sind (z. B. Teilegeometrie, Dosierleistung, mechanische Belastungen, Temperatur oder das umgebende Medium). Eine pauschale Angabe von Schädigungsdosen für die einzelnen Kunststoffe ist daher nicht möglich.

Strahlenbeständigkeit [kGy]



Strahlendosis in Kilogray [kGy], welche die Dehnung um weniger als 25 % verringert.

Brennbarkeit

Im Hinblick auf die Flammenschutzklassifizierung sind verschiedene Werkstoffeigenschaften relevant. Anforderungen an das Verhalten eines Materials werden in Form von Brandschutzeigenschaften in den Spezifikationen aufgeführt.

Brennbarkeitsprüfungen nach UL94 werden meist an Rohwaren durchgeführt. Neben der Prüfung nach den Vorgaben der UL oder bei einem UL-akkreditierten Labor kann eine Listung (mit sogenannten Yellow Cards) bei der UL selbst erfolgen. Es muss deshalb unterschieden werden zwischen Werkstoffen, die eine UL-Listung aufweisen und Materialien, die nur den Anforderungen der jeweiligen UL-Klassifizierungen entsprechen (ohne Listung).

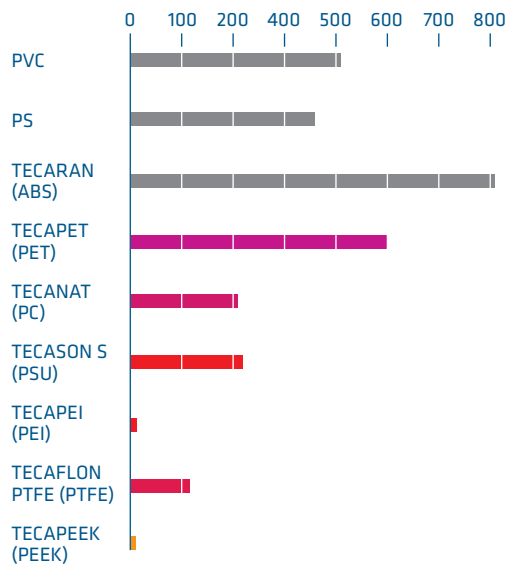
Neben der Flammenschutzklassifizierung nach UL94 existieren branchenspezifisch viele weitere Prüfungen bezüglich des Brandverhaltens von Kunststoffen. Für die Luft- und Raumfahrt ist die FAR 25.853 eine typische Prüfung, die zusätzlich zur reinen Brennbarkeit im Vertikaltest auch Prüfungen zur Bestimmung der Rauchdichte und zur Toxizität unter Einwirkung von strahlender Wärme und Flammen beinhaltet.

Verhalten bei geringer Brandlast, Rauch und Toxizität

Unter Brandeinwirkung verhalten sich die TECAPEEK Werkstoffe von Ensinger äußerst sicher aufgrund ihrer inhärent flammhemmenden Eigenschaften. Im Vergleich mit anderen Kunststoffen weist TECAPEEK den niedrigsten Wert für die spezifische optische Dichte unter den getesteten Materialien auf.

Rauchgasdichte von Kunststoffen

Spezifische optische Dichte (Dg)



Testbedingungen: Rauchkammer des American National Bureau of Standards Probe 3,2 mm dick flammend.
Quelle: Victrex plc.

Ausgasung

Prüfungen gemäß ESA-Vorschrift lassen bei TECASINT keine kondensierbaren Verunreinigungen erkennen. Die in der Tabelle aufgeführten Typen können daher im Hochvakuum bzw. Weltraum verwendet werden:

Ausgasungsarm

gem. ESA-Vorschrift ECSS-Q-70-02

Pur	1011	2011	3011	4011	4111
15 % MoS ₂	1391	2391		4391	
30 % MoS ₂	1041			4041	

Chemikalienbeständigkeit

Wichtige Kriterien zur Prüfung der chemischen Beständigkeit sind die Temperatur, die Konzentration der Agenzien, die Verweilzeit und mechanische Belastungen. In der folgenden Tabelle ist die Beständigkeit gegenüber verschiedenen Chemikalien aufgeführt. Diese Angaben entsprechen dem heutigen Stand unserer Kenntnisse und sollen über unsere

Produkte und deren Anwendungen informieren. Sie haben somit nicht die Bedeutung die chemische Beständigkeit der Produkte oder deren Eignung für einen konkreten Einsatzzweck rechtlich verbindlich zuzusichern. Für eine konkrete Anwendung ist ein Eigennachweis zu empfehlen. Normprüfungen erfolgen im Normalklima 23/50 nach DIN 50 014.

		Konzentration [%]	Temperatur [°C]	TECASINT (PI)	TECAPEEK (PEEK)	TECATRON (PPS)	TECASON S (PSU)	TECASON E (PES)	TECASON P white (PPSU)	TECAPEI (PEI)	TECAFLOX PTFE natural (PTFE)	TECAFLOX PCTFE natural (PCTFE)	TECAFLOX PVDF natural (PVDF)	TECAMID 6 (PA 6), TECAST (PA 6 C), TECARIM (PA 6 C)	TECAMID 46, 66 (PA 46, PA 66)	TECAMID 11, 12 (PA 11, PA 12)	TECANAT (PC)	TECAPET (PET), TECADUR PBT natural (PBT)	TECAFORM AH (POM-C)	TECAFORM AD (POM-H)	TECAFINE PP (PP), TECAPRO (PP)	TECAFINE PE natural (PE)	TECARAN ABS (ABS)	TECANYL (PPE)	
Acetonitril	C ₂ H ₃ N	UV	RT		+						+		+												
Dichlormethan	CH ₂ Cl ₂	UV	RT	+	+	(+)	-	-	-		+	(+)	+	(+)	(+)	(+)	-	-	(+)	(+)	-	(+)	-	-	
Enteisungsflüssigkeit		HU	RT		+																				
Flugbenzin A		HU	RT		+																				
Flugbenzin A		HU	40		+																				
Flugbenzin A/A-1		HU	RT		+																				
Hydraulikflüssigkeit		UV	RT		+																				
Kerosin		HU	RT		+	+	+		+		+	+	+	+	+	(+)		+	+	+			+		
Kerosin		HU	60		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+			+	+				(+)		
Kerosin		HU	85		+		(+)		+		+	+	+	+	+			+	+						
Methanol	CH ₄ O	UV	100		+																				
Natriumhydroxid	NaOH	50	RT		+									(+)	(+)	(+)		-	(+)						
Salpetersäure	HNO ₃	10	80		+	-	+	(+)	+		+			-	-	-		-	-	-					
Salzsäure	HCl(aq)	20	100		+				+		+			-	-	-		-	-	-					
Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	20	RT		(+)	+	+		+	+	+			+	-	-	+	+		-			+		
Skydrol® LD-4*		HU	RT		+																				
Skydrol® LD-4*		HU	85		+																				
Skydrol® 500B*		HU	RT						+																
Skydrol® 500B*		HU	100									+													
Skydrol® 500B*		HU	kochend						+																
Xylen		HU	125		+																				

- + = beständig
- (+) = bedingt beständig
- = nicht beständig
- RT = Raumtemperatur (15 - 25 °C)
- UV = Unverdünn
- HU = Handelsüblich

* Skydrol ist ein eingetragenes Warenzeichen der Solutia Inc.



Eine umfangreiche Übersicht der Chemikalienbeständigkeit unserer Produkte finden Sie unter www.ensinger-online.com



Verarbeitungseinflüsse auf Prüfergebnisse

Die makroskopischen Eigenschaften thermoplastischer Kunststoffe hängen stark vom jeweiligen Verarbeitungsverfahren ab. So zeigen beispielsweise spritzgegossene Bauteile aufgrund der verarbeitungstypischen höheren Schergeschwindigkeiten eine deutlich stärker ausgeprägte Orientierung der Makromoleküle und ggf. der Additive in Fließrichtung als beispielsweise eher geringeren Schergeschwindigkeiten ausgesetzte Halbzeuge, die mittels Extrusion hergestellt werden. Besonders Additive mit hohem Aspektverhältnis (bspw. Glas- oder Kohlenstofffasern) neigen dazu, sich bei höheren Schergeschwindigkeiten vorwiegend in Fließrichtung auszurichten. Die hierdurch entstehende Anisotropie bedingt beispielsweise bei spritzgegossenen Probekörpern höhere Festigkeiten im Zugversuch, da hier die Fließrichtung der Prüfrichtung entspricht.



Probekörper aus extrudiertem und zerspantem Halbzeug
Ungeordnete Ausrichtung der Fasern und Makromoleküle



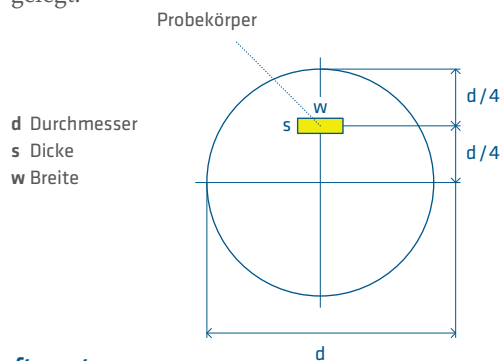
Probekörper spritzgegossen
Ausrichtung der Fasern und Makromoleküle in Prüfrichtung (parallel zur Fließrichtung)

Zudem hat auch die thermische Vorgeschichte eines thermoplastischen Kunststoffes einen erheblichen Einfluss auf die jeweiligen Eigenschaftswerte. Tendenziell unterliegen spritzgegossene Bauteile einem schnelleren Abkühlvorgang als extrudierte Halbzeuge, so dass speziell bei teilkristallinen Kunststoffen ein Unterschied im Kristallinitätsgrad feststellbar ist.

Ebenso wie das Verarbeitungsverfahren haben auch die unterschiedlichen Halbzeugformen (Rundstab, Platte, Hohlstab) sowie die unterschiedlichen Halbzeugabmessungen (Durchmesser und Dicke) einen Einfluss auf die makroskopischen Eigenschaften und die ermittelten Kennwerte.

Die unten stehende Tabelle gibt einen schematischen Überblick über die Einflüsse auf typische Eigenschaften der jeweiligen Verarbeitungsverfahren.

Um in diesem Zusammenhang die verschiedenen Prüfergebnisse vergleichbar zu machen, wird in der DIN EN 15 860 die Probekörperentnahme aus Rundstäben mit Durchmessern von 40–60 mm wie folgt festgelegt:



Tendenzieller Verarbeitungseinfluss auf Eigenschaftswerte

	unverstärkte thermoplastische Kunststoffe		faserverstärkte thermoplastische Kunststoffe	
	Spritzguss	Extrusion	Spritzguss	Extrusion
Zugfestigkeit	↓	↑	↑	↓
E-Modul	↓	↑	↑	↓
Bruchdehnung	↑	↓	↓	↑

Häufig gestellte Fragen

Was bedeutet die Risikoklassifizierung nach Klasse I, II oder III und welche Auswirkung hat diese?

Generell hat die Klassifizierung Auswirkungen auf die Prozesse bei der Freigabe der Bauteile. Geregelt wird dies in der Basic Regulation 216/2008 unter CS – 25; diese ist hauptsächlich von der FAA übernommen worden.

Der POA-Halter (Herstellungsbetrieb) ist für die Klassifizierung der Bauteile zuständig. Hier muss die Klassifizierung und die notwendige Zustimmungen bzw. Anzeigen beim LBA erfolgen.

Gibt es Verordnungen für Halbzeug- und Teilelieferanten?

Die gesetzlichen Regelungen nehmen „nur“ das Luftfahrt-zugelassene Unternehmen in die Pflicht. Anforderungen an die Unterlieferanten werden üblicherweise mit vertraglichen Vereinbarungen geregelt.

Worin unterscheiden sich FAA und EASA?

Durch bilaterale Abkommen sind die beiden Organisationen nahezu deckungsgleich. Die amerikanische Regelung FAA gilt weltweit als führend.

Weitere Informationen über die European Aviation Safety Agency finden Sie hier:
www.easa.europa.eu/

Welche gesetzlichen Regelungen müssen von uns eingehalten werden?

Luftfahrtspezifisch sind nur die vertraglichen Regelungen zwischen Herstellungsbetrieb und Lieferant einzuhalten. Weitere Informationen finden Sie in dieser Broschüre im Bereich Qualitätsmanagement / Regularien.

Gibt es bei gesetzlichen Veränderungen eine Mitteilungspflicht des Kunden?

Die gesetzlichen Regelungen gelten nur für die Luftfahrt-zugelassenen Unternehmen. Alle weiteren Punkte müssen in den Lieferverträgen geregelt sein, so dass der Kunde seine Lieferanten über eine Veränderung in den Anforderungen durch eine Veränderung der Lieferverträge informieren muss. Eine explizite Mitteilungspflicht des Kunden besteht somit nicht. Der Kunde muß aber gegebenenfalls seine Spezifikationen bzw. Lieferverträge mit seinem Lieferanten entsprechend anpassen.

Wo finde ich weitere relevante Informationen?

Die European Aviation Safety Agency und die Society of Aerospace Engineers bieten auf ihren Webseiten weitere nützliche Informationen:



European Aviation
Safety Agency



Society of Aerospace
Engineers

Haben Sie noch weitere Fragen?

**Unsere technische Anwendungsberatung hilft Ihnen gerne weiter:
techservice.shapes@de.ensinger-online.com oder telefonisch unter Tel. +49 7032 819 101**

Qualitätsmanagement

Regularien

In Deutschland gibt es im Bereich der zivilen Luftfahrt durch das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) zugelassene Herstellungsbetriebe, sogenannte POA-Halter. Sie verfügen über eine Genehmigung als Herstellungsbetrieb und ordnen sich den Regularien des Luftfahrt-Bundesamts unter, die auf diese Unternehmen direkt anwendbar sind. Für den Bereich der Halbzeuge aus Kunststoff gibt es keine luftfahrtspezifischen, gesetzlichen Regelungen, die auf die Unterlieferanten dieser luftfahrtzugelassenen Unternehmen direkt anzuwenden sind. Es unterliegt der Verantwortung des Herstellungsbetriebes, die gleichbleibende Qualität seiner Lieferanten sicher zu stellen.

In den USA findet man die vergleichbare Regelungen. Hier werden durch die Regierungsbehörde (FAA) die Regularien erstellt, die dann durch die Flugzeughersteller eingehalten werden müssen. Die Hersteller wiederum setzen diese Anforderungen in Spezifikationen um, die durch die Lieferanten eingehalten werden müssen.

Normen

Herstellungsbetrieben stehen eine Reihe von nationalen und internationalen Normen zur Verfügung, die sie in der Zusammenarbeit mit Zulieferern geltend machen können.

In Deutschland und Europa sind dies im Wesentlichen die folgenden Normen:

- Werkstoffleistungsblätter (bspw. WL 5.2206.3) führen physikalische Eigenschaften der Materialien auf. In den meisten Fällen werden Eigenschaften von spritzgegossenen Probekörpern herangezogen, die allerdings nicht direkt mit den Werten am Halbzeug vergleichbar sind.
- Luftfahrtnormen (bspw. LN 9388) beschreiben die Abmessungen und Toleranzen für Halbzeuge und sind vergleichbar mit der Norm für Halbzeuge (DIN 15860).

Darüber hinaus werden immer häufiger auch internationale Normen angefragt. Die gebräuchlichsten internationalen Normen sind:

- ASTM (USA): amerikanische Norm, die Testmethoden und sogenannte Material-Codes, die die Eigenschaften der Rohware charakterisieren, beinhaltet.
- ASTM D-6778 (POM)
- ASTM D-4066 (PA 6 und PA 66)
- ASTM D-3965 (PC)
- Mil Spec (Military Specification / USA): beinhalten amerikanische Testmethoden nach der oben genannten ASTM
- Bspw. MIL P-46183 (PEEK)
- LP (USA – Federal Specification)
- Bspw. L-P-410a für Polyamide

Die Bestätigung dieser Normen ist im Einzelfall mit Ensinger zu klären, da gegebenenfalls spezielle Rohwaren eingesetzt werden müssen.

Spezifikationen

Sollten die Vorgaben in den Normen nicht den Anforderungen der Hersteller entsprechen, werden bei diesen häufig weitere, individuelle Spezifikationen ergänzt.

Zu unseren Kunden zählen die größten Hersteller der Luft- und Raumfahrtindustrie. Daher sind wir mit den üblichen Abläufen und Prozessen für die Qualifikation unserer Produkte und der Auftragsabwicklung in dieser Branche vertraut.

Ensinger als Hersteller des Halbzeuges ist dafür verantwortlich und in der Lage, den geforderten Spezifikationen zu entsprechen. Durch die Organisation, angefangen bei einem auf die Luftfahrt spezialisierten Innendienst bis zum Compliance Management, ist sicher gestellt, dass die individuellen Kundenbedürfnisse berücksichtigt werden.

Rückverfolgbarkeit

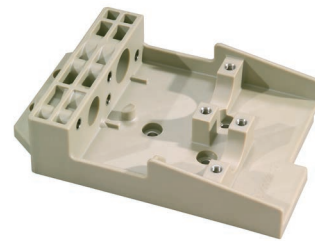
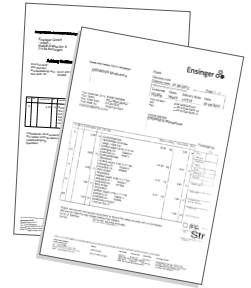
Über die Produktmarkierungen und die Konformitätserklärung stellt Ensinger eine eindeutige und lückenlose Rückverfolgbarkeit des gelieferten Kunststoffhalbzeuges sicher.

1 Rechnung / Lieferschein

Auf der Rechnung befinden sich Auftrags- und Rechnungsnummer, auf dem Lieferschein zusätzlich die Chargennummer (Produktionsnummer). Über diese Nummern kann die Ware zurückverfolgt werden. Bescheinigungen nach ISO 10204 werden auftragsbezogen ausgestellt.

Kunde · Auftrag · Rechnung
988885 · 123456 · DRA12345

Produktionsnr. 248086



2 Halbzeug

Die sechsstellige Produktions- oder Fertigungsnummer findet sich in der Produktcodierung auf dem Halbzeug. Von der Produktions- bzw. Fertigungsnummer ausgehend kann auf die beim Produktionsprozess aufgenommene Daten zurückgegriffen werden (Fertigungsdaten, Fertigungsprotokoll, Kontrollkarten).



Produktionsnummer

3 Compound

Über die Produktions- bzw. Fertigungsnummer des Halbzeugs lässt sich die Lot-Nummer des Compounds ermitteln.



4 Rohwaren

Die Lot-Nummer des Compounds führt zur Rezeptur und damit zur gelieferten Rohwarecharge, der dazugehörigen Rohwarenspezifikation und dem Sicherheitsdatenblatt.



Werkstoffrichtwerte

Werkstoff		TECASINT 4111 natural	TECASINT 4121 black	TECASINT 2391 black	TECASINT 2011 natural	TECAPEEK natural	TECAPEEK GF30 natural	TECAPEEK CF30 black	TECAPEEK ELS nano black	TECATEC PEEK MT CW50 black	TECATRON GF40 natural
Polymer		PI	PI	PI	PI	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PPS
Füllstoff / Additiv			15 % Grafit	15 % MoS ₂			Glasfasern	Kohlefasern	CNT		Glasfasern
Dichte (DIN EN ISO 1183)	[g/cm ³]	1,46	1,53	1,54	1,38	1,31	1,53	1,38	1,36	1,49	1,63
Mechanische Werte											
Zug-Elastizitätsmodul (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	6.700	6.600	4.400	3.700	4.200	6.400	6.800	4.800	53.200	6.500
Zugfestigkeit (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	100	34	95	118	116	105	122	106	491	83
Streckspannung (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]					116	105	122	106		83
Streckdehnung (DIN EN ISO 527-2)	[%]					5	3	7	4		3
Bruchdehnung (DIN EN ISO 527-2)	[%]	1,7	0,5	2,9	4,5	15	3	7	4		3
Biege-Elastizitätsmodul (DIN EN ISO 178)	[MPa]	6.100	6.100	4.136	3.600	4.200	6.600	6.800	4.700	48.900	6.600
Biegefestigkeit (DIN EN ISO 178)	[MPa]	160	113	137	177	175	164	193	178	813	145
Druck-Elastizitätsmodul (EN ISO 604)	[MPa]	2.500	2.200	2.200	1.713	3.400	4.800	5.000	3.600	4.050	4.600
Druckfestigkeit (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]					23 / 43	29 / 52	25 / 47	27 / 47		21 / 41
Schlagzähigkeit (Charpy) (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m ²]	24	11		87,9	n.b.	33	62	58		24
Kerbschlagzähigkeit (Charpy) (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m ²]	1,1	1,4		9,3	4					
Kugeldruckhärte (ISO 2039-1)	[MPa]	345		265	260	253	316	355	253		333
Thermische Werte											
Glasübergangstemperatur (DIN 53765)	[°C]	n.a.	n.a.	370	370	150	147	147	147	143	93
Schmelztemperatur (DIN 53765)	[°C]				n.a.	341	341	341	341	343	280
Einsatztemperatur, kurzzeitig	[°C]				270	300	300	300	300		260
Einsatztemperatur, dauernd	[°C]				250	260	260	260	260	260	230
Wärmeausdehnung (CLTE), 23 – 60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 ⁻⁵ K ⁻¹]					5	4	4	5		4
Wärmeausdehnung (CLTE), 23 – 100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 ⁻⁵ K ⁻¹]	3		4	4	5	4	4	5		5
Spezifische Wärmekapazität (ISO 22007-4:2008)	[J/(g×K)]				0,925	1,1	1,0	1,2	1,1		1,0
Wärmeleitfähigkeit (ISO 22007-4:2008)	[W/(m×K)]	0,35 ^(b)			0,22 ^(b)	0,27	0,35	0,66	0,46		0,35
Elektrische Werte											
Spezifischer Oberflächenwiderstand (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 ¹⁶ ^(c)			10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁴	> 10 ⁸ ^(e)	10 ² – 10 ⁴ ^(e)		10 ¹⁴
Spezifischer Durchgangswiderstand (DIN IEC 60093)	[Ω×cm]	10 ¹⁶ ^(c)			10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁴	10 ³ – 10 ¹¹ ^(e)	10 ³ – 10 ⁵ ^(e)		10 ¹⁴
Durchschlagfestigkeit (DIN EN 60243-1)	[kV/mm]					73	36				
Kriechstromfestigkeit (CTI) (DIN EN 60112)	[V]					125					
Verschiedene Daten											
Wasseraufnahme 24 h / 96 h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0,01 / 0,02		0,12 / 0,24	0,14 / 0,30	0,02 / 0,03	0,02 / 0,03	0,02 / 0,03	0,02 / 0,03		< 0,01 / 0,01
Beständigkeit gegen heißes Wasser / Laugen					-	+	+	+	+	+	+
Verhalten bei Freibwitterung						-	-	-	(+)	-	-
Brennverhalten (UL94) (DIN IEC 60695-11-10)		V0 ^(d)	V0 ^(d)	V0 ^(d)	V0 ^(d)	V0	V0 ^(d)	V0 ^(d)	V0 ^(d)	V0 ^(d)	V0 ^(d)

Alle Werte wurden direkt nach der Zerspanung ermittelt (Standardklima Deutschland). Bei Polyamiden sind die Werte stark vom Feuchtigkeitsgehalt abhängig.



Probekörper nach DIN EN ISO 527-2

- + beständig
- (+) bedingt beständig
- unbeständig (abhängig von Konzentration, Zeit und Temperatur)
- n.b. ohne Bruch
- n.a. nicht zutreffend

- (a) Wärmeleitfähigkeit gemessen nach ASTM C 177
- (b) Wärmeleitfähigkeit gemessen nach ISO 8302
- (c) Spezifischer Oberflächen- und Durchgangswiderstand gemessen nach ASTM D 257
- (d) Keine Listung bei UL (Yellow Card)
- (e) Spezifischer Oberflächen- und Durchgangswiderstand gemessen nach DIN EN 61340-2-3
- (f) Durchschlagfestigkeit gemessen nach ASTM D 149
- (g) Zugprüfung nach ASTM D 4894

Werkstoff		TECASON P white	TECAPEI natural	TECAFLON PTFE natural	TECANAT natural	TECAMID 66 natural	TECAMID 66 MO black	TECAMID 66 GF35 natural	TECAFORM AH natural	TECAFORM AH ELS black	TECAFORM AD natural
Polymer		PPSU	PEI	PTFE	PC	PA 66	PA 66	PA 66	POM-C	POM-C	POM-H
Füllstoff / Additiv							MoS ₂	Glasfasern		Leitruß	
Dichte (DIN EN ISO 1183)	[g/cm ³]	1,31	1,28	2,15	1,19	1,15	1,15	1,41	1,41	1,41	1,43
Mechanische Werte											
Zug-Elastizitätsmodul (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	2.300	3.200		2.200	3.500	3.200	5.600	2.800	1.800	3.400
Zugfestigkeit (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	81	127	22 ^(g)	69	85	84	98	67	42	79
Streckspannung (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	81	127		69	84	83		67	42	79
Streckdehnung (DIN EN ISO 527-2)	[%]	7	7		6	7	10	6	9	11	37
Bruchdehnung (DIN EN ISO 527-2)	[%]	50	35	220 ^(g)	90	70	40	9	32	11	45
Biege-Elastizitätsmodul (DIN EN ISO 178)	[MPa]	2.300	3.300		2.300	3.100	3.100		2.600	1.500	3.600
Biegefestigkeit (DIN EN ISO 178)	[MPa]	107	164		97	110	114		91	56	106
Druck-Elastizitätsmodul (EN ISO 604)	[MPa]	2.000	2.800		2.000	2.700	2.700		2.300	1.500	2.700
Druckfestigkeit (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	18 / 30	23 / 41		16 / 29	20 / 35	20 / 38		20 / 35	16 / 25	19 / 33
Schlagzähigkeit (Charpy) (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m ²]	n.b.	113		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	74	n.b.
Kerbschlagzähigkeit (Charpy) (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m ²]	13			14	5	5		8		15
Kugeldruckhärte (ISO 2039-1)	[MPa]	143	225		128	175	168		165	96	185
Thermische Werte											
Glasübergangstemperatur (DIN 53765)	[°C]	218	216	20	149	47	52	48	-60	-60	-60
Schmelztemperatur (DIN 53765)	[°C]	n.a.	n.a.		n.a.	258	253	257	166	169	182
Einsatztemperatur, kurzzeitig	[°C]	190	200	260	140	170	170	170	140	140	150
Einsatztemperatur, dauernd	[°C]	170	170	260	120	100	100	110	100	100	110
Wärmeausdehnung (CLTE), 23 – 60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 ⁻⁵ K ⁻¹]	6	5		8	11	10		13	13	12
Wärmeausdehnung (CLTE), 23 – 100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 ⁻⁵ K ⁻¹]	6	5		8	12	10		14	14	13
Spezifische Wärmekapazität (ISO 22007-4:2008)	[J/(g×K)]	1,1	1,2		1,3	1,5	1,5		1,4	1,3	1,3
Wärmeleitfähigkeit (ISO 22007-4:2008)	[W/(m×K)]	0,25	0,21	0,20 ^(h)	0,25	0,36	0,36		0,39	0,46	0,43
Elektrische Werte											
Spezifischer Oberflächenwiderstand (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁶ ⁽ⁱ⁾	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ^{2 – 10⁴(k)}	10 ¹⁴
Spezifischer Durchgangswiderstand (DIN IEC 60093)	[Ω×cm]		10 ¹⁴	10 ¹⁷ ⁽ⁱ⁾	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ^{3 – 10⁵(k)}	
Durchschlagfestigkeit (DIN EN 60243-1)	[kV/mm]			80 ^(f)			35		49		
Kriechstromfestigkeit (CTI) (DIN EN 60112)	[V]						600		600		
Verschiedene Daten											
Wasseraufnahme 24 h / 96 h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0,1 / 0,2	0,05 / 0,1		0,03 / 0,06	0,2 / 0,4	0,2 / 0,4		0,05 / 0,1	0,05 / 0,2	0,05 / 0,1
Beständigkeit gegen heißes Wasser / Laugen		+	+		-	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-
Verhalten bei Freibwitterung		-	-		(+)	-	(+)	(+)	-	(+)	-
Brennverhalten (UL94) (DIN IEC 60695-11-10)		VO ^(d)	VO ^(d)	VO ^(d)	HB ^(d)	HB ^(d)	HB ^(d)	HB ^(d)	HB ^(d)	HB ^(d)	HB ^(d)

Die aufgeführten Werte und Informationen sind keine Mindest- oder Höchstwerte, sondern Richtwerte, die vor allem für Vergleichszwecke zur Materialauswahl verwendet werden können. Diese Werte liegen im normalen Toleranzbereich der Produkteigenschaften, jedoch stellen sie keine zugesicherten Eigenschaftswerte dar und sollten demnach nicht zu Spezifikationszwecken herangezogen werden.

Soweit nicht anders vermerkt, wurden die Werte aus Versuchen an Referenzabmessungen (in der Regel Rundstäbe mit Durchmesser 40-60mm nach DIN EN 15860) an extrudierten, gegossenen, formgepressten und zerspannten Prüfkörpern ermittelt. Da die Eigenschaften von den Dimensionen der Halbzeuge und der Orientierung im Bauteil (insbesondere bei verstärkten Werkstoffen) abhängen, dürfen die Werkstoffe

nicht ohne gesonderte Prüfung im Einzelfall eingesetzt werden! Datenblattwerte unterliegen einer regelmäßigen Überprüfung, den aktuellen Stand finden Sie unter www.ensinger-online.com

Technische Änderungen vorbehalten.

Ensinger Deutschland

Ensinger GmbH
Rudolf-Diesel-Straße 8
71154 Nufringen
Tel. +49 7032 819 0
Fax +49 7032 819 100
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH
Mercedesstraße 21
72108 Rottenburg a. N.
Tel. +49 7457 9467 100
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH
Wilfried-Ensinger-Straße 1
93413 Cham
Tel. +49 9971 396 0
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH
Borsigstraße 7
59609 Anröchte
Tel. +49 2947 9722 0
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH
Mooswiesen 13
88214 Ravensburg
Tel. +49 751 35452 0
www.thermix.de

Ensinger weltweit

Brasilien
Ensinger Indústria de
Plásticos Técnicos Ltda.
Av. São Borja 3185
93.032-000 São Leopoldo-RS
Tel. +55 51 35798800
www.ensinger.com.br

China
Ensinger (China) Co., Ltd.
1F, Building A3
No. 1528 Gumei Road
Shanghai 200233
Tel. +86 21 52285111
www.ensinger-china.com

Dänemark
Ensinger Danmark A/S
Rugvænget 6B
4100 Ringsted
Tel. +45 7810 4410
www.ensinger.dk

Deutschland
Ensinger GmbH
Rudolf-Diesel-Straße 8
71154 Nufringen
Tel. +49 7032 819 0
www.ensinger-online.com

Frankreich
Ensinger France S.A.R.L.
ZAC les Batterses
ZI Nord
01700 Beynost
Tel. +33 4 78554574
www.ensinger.fr

Großbritannien
Ensinger Limited
Wilfried Way
Tonyrefail
Mid Glamorgan CF39 8JQ
Tel. +44 1443 678400
www.ensinger.co.uk

Indien
Ensinger India Engineering
Plastics Private Ltd.
R.K Plaza, Survey No. 206/3
Plot No. 17, Lohgaon,
Viman Nagar
411 014 Pune
Tel. +91 20 2674 1033
www.ensinger.in

Italien
Ensinger Italia S.r.l.
Via Franco Tosi 1/3
20020 Olcella di
Busto Garolfo (MI)
Tel. +39 0331 562111
www.ensinger.it

Japan
Ensinger Japan Co., Ltd.
3-5-1, Rinkaicho,
Edogawa-ku, Tokyo
134-0086, Japan
Tel. +81 3 5878 1903
www.ensinger.jp

Österreich
Ensinger Sintimid GmbH
Werkstraße 3
4860 Lenzing
Tel. +43 7672 7012800
www.ensinger-sintimid.at

Polen
Ensinger Polska Sp. z o.o.
ul. Geodetów 2
64-100 Leszno
Tel. +48 65 5295810
www.ensinger.pl

Schweden
Ensinger Sweden AB
Stenvretsgatan 5
749 40 Enköping
Tel. +46 171 477 050
www.ensinger.se

Singapur
Ensinger Asia Holding Pte Ltd.
63 Hillview Avenue # 04-07
Lam Soon Industrial Building
Singapore 669569
Tel. +65 65524177
www.ensinger.com.sg

Spanien
Ensinger S.A.
Girona, 21-27
08120 La Llagosta
Barcelona
Tel. +34 93 5745726
www.ensinger.es

Taiwan
Ensinger Asia Holding Pte Ltd.
1F, No.28, Keda 1st Rd.
Zhubei City
Hsinchu County 302
Tel. +886 3 6570185
www.ensinger.asia/tw

Tschechien
Ensinger s.r.o.
Průmyslová 991
P.O. Box 15
33441 Dobřany
Tel. +420 37 7972056
www.ensinger.cz

USA
Ensinger Inc.
365 Meadowlands Boulevard
Washington, PA 15301
Tel. +1 724 746 6050
www.ensinger-inc.com

Thermoplastische Konstruktions- und Hochleistungskunststoffe von Ensinger kommen heute in allen wichtigen Industriebranchen zum Einsatz. Oftmals haben sie dabei klassische Materialien verdrängt – durch ihre Wirtschaftlichkeit und Leistungsvorteile.

