

# Ultrason® E, S, P (PESU, PSU, PPSU)

Hauptbroschüre



 **BASF**

We create chemistry

## Ultrason® E, S, P

Die Ultrason®-Marken sind hochtemperaturbeständige, amorphe Thermoplaste auf Basis von Polyethersulfon (PESU), Polysulfon (PSU) und Polyphenylsulfon (PPSU). Ihr Eigenschaftsspektrum ermöglicht den Einsatz in hochwertigen technischen Teilen und hochbeanspruchten Massenprodukten. Die gängigen Verarbeitungsverfahren für Thermoplaste können angewandt werden. Ultrason® kann dort eingesetzt werden, wo z. B. Polyamid, Polycarbonat, Polyoxymethylen und Polyalkylenterephthalat vor allem bezüglich thermischer oder hydrolytischer Beständigkeit nicht mehr ausreichen. Das außergewöhnliche Eigenschaftsspektrum der Ultrason®-Marken ermöglicht die Substitution von Duromeren, Metallen und Keramik.

# Ultrason® E, S, P (PESU, PSU, PPSU)

ULTRASON® IM FAHRZEUGBAU		4-5
ULTRASON® IM LEBENSMITTEL- UND HAUSHALTSBEREICH		6-7
ULTRASON® IN WEITEREN ANWENDUNGSBEREICHEN		8-9
DIE EIGENSCHAFTEN VON ULTRASON®		10 - 33
	Sortiment	10
	Mechanische Eigenschaften	12
	Thermische Eigenschaften	21
	Optische Eigenschaften	24
	Alterung in Schmierstoffen, Kraftstoffen und Kühlflüssigkeiten	25
	Elektrische Eigenschaften	28
	Brennverhalten	29
	Verhalten gegenüber Chemikalien	31
	Verhalten bei Bewitterung	32
	Verhalten gegen energiereiche Strahlung	32
	Wasseraufnahme und Maßhaltigkeit	33
DIE VERARBEITUNG VON ULTRASON®		34 - 45
	Allgemeine Hinweise	34
	Spritzgießen	35
	Extrusion	38
	Bearbeiten, Fertigungsverfahren und Nachbehandeln	42
ALLGEMEINE HINWEISE		46 - 50
	Sicherheitshinweise	46
	Qualitätsmanagement	47
	Einfärbungen	47
	Lieferform und Lagerung	47
	Ultrason® und Umwelt	47
	Nomenklatur	48
	Sortimentsüberblick	49
	Sachverzeichnis	50

# Ultrason® im Fahrzeugbau

Ultrason® E (PESU: Polyethersulfon), Ultrason® S (PSU: Polysulfon) und Ultrason® P (PPSU: Polyphenylsulfon) sind Hochleistungswerkstoffe mit einem für technische Thermoplaste einzigartigen Temperaturprofil.

Neben der ausgezeichneten Temperaturbeständigkeit verfügt Ultrason® als Konstruktionswerkstoff über eine Vielzahl von weiteren Leistungsmerkmalen, wodurch im Fahrzeug- und Transportwesen eine Reihe von Anwendungen realisiert werden können.

## Entscheidende Merkmale für einen erfolgreichen Einsatz:

- Temperaturbeständigkeit kurzzeitig bis 220°C
- Dauergebrauchstemperatur bis zu 180°C
- Ölbeständigkeit auch bei Temperaturen bis 170°C
- Dimensionsstabilität
- Kriechfestigkeit bei hohen Temperaturen
- Heißwasser- und Kühlmittelbeständigkeit
- Resistenz gegen Kraftstoffe
- Fluorbeständigkeit



Blende für Frontscheinwerfer



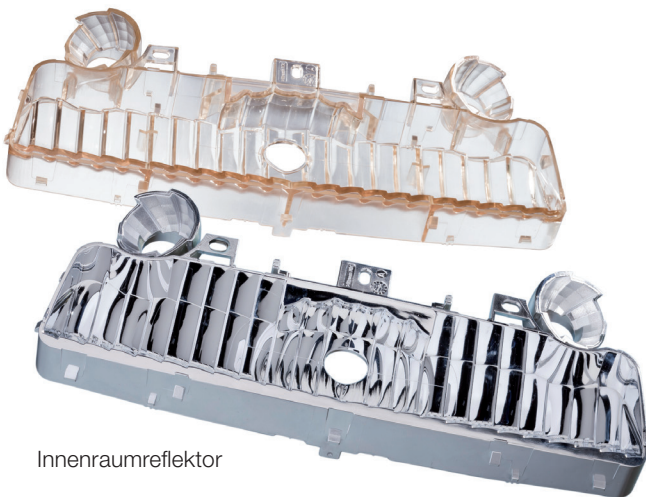
Scheinwerferblende



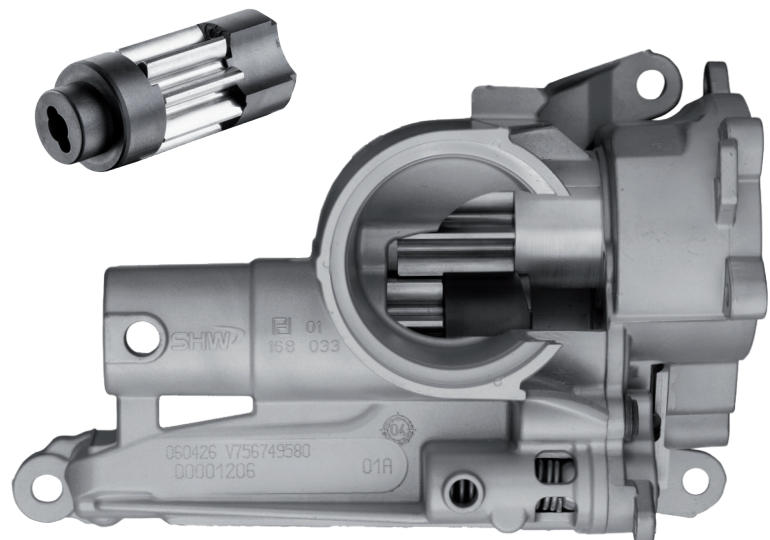
Ummantelungen für Sicherungen



Scheinwerfergehäuse



Innenraumreflektor



Ölpumpe mit Ölregelkolben

# Ultrason® im Lebensmittel- und Haushaltsbereich

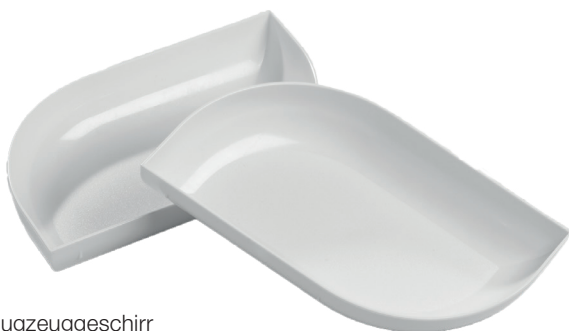
Ultrason® E, Ultrason® S und Ultrason® P sind transparente, hochtemperaturbeständige Kunststoffe. Sie werden bereits in der Elektro- und Elektronikindustrie eingesetzt. Es gibt außerdem zahlreiche Gründe für einen Einsatz im Lebensmittel- und Haushaltsbereich als Glas-, Metall-, Keramik- und Porzellan-Ersatz:

- Temperaturbeständigkeit bis 180°C bzw. kurzzeitig 220°C
- gute mechanische Eigenschaften, zäh und schlagfest
- hohe Bruchsicherheit
- transparent oder opak
- ausgezeichnete Beständigkeit gegen Chemikalien
- Beständigkeit gegen Heißdampf
- für Lebensmittelkontakt geeignet (EU und FDA)

Ultrason® weist kunststofftypische Vorteile auf wie Designfreiheit, geringes Teilgewicht, Bruchsicherheit, Mehrfachverwendbarkeit und Rezyklierbarkeit führen zu nennenswerten Einsparungen im Gesamtsystem. Sie erklären auch, warum Ultrason® zunehmend in Bereichen eingesetzt wird, in denen heiße Speisen zubereitet oder regeneriert werden.



Antihafbeschichtete Pfanne



Flugzeuggeschirr



Mikrowellengeschirr



# Ultrason® in weiteren Anwendungsbereichen

Ultrason® eignet sich besonders für hochbelastete Bauteile, die über einen Temperaturbereich von  $-50^{\circ}\text{C}$  bis  $+160^{\circ}\text{C}$  (Ultrason® S) bzw.  $+180^{\circ}\text{C}$  (Ultrason® E und Ultrason® P) hohe Dimensionsstabilität und gute mechanische Eigenschaften besitzen müssen – und bei denen darüber hinaus Eigenschaften erforderlich sind wie: gutes elektrisches Isoliervermögen, hohe Wärmealterungsbeständigkeit, ausgezeichnetes Verhalten bei Flammeinwirkung und gute Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalien und Hydrolyse.



Filtermembrane



## Typische Anwendungsbeispiele für Ultrason®:

### Elektrotechnik und Elektronik

Spulenkörper, Steckverbinder, Leiterplatten, Teile für Leitungsschutzschalter, Teile für Schaltschütze und Relais, Sichtscheiben für Signalleuchten und Schalttafeln, Lampensockel und -abdeckungen, Hitzeschutzschilder, Sensoren, Chip Carrier, Chip Trays, Batteriedichtungen.

### Allgemeiner Apparatebau

Ölstandanzeiger, Durchfluss-Mengenmesser, Pumpenteile, Teile für Getränkeautomaten, Teile für Melkmaschinen, Teile für Wärmetauscher, Füllkörper für Absorptions- und Destillationskolonnen, Dichtungen, Transportbandrollen, Instrumente, Abdeckungen, Gehäuse, Operationsleuchten, Sterilisierboxen, Sekretflaschen, Filter-Membrane.

### Heizungs- und Sanitärtechnik

Laufräder von Heizungsumwälzpumpen, Teile von Heizungsthermostaten, Teile von Heißwasserzählern, Innenteile von Sanitärarmaturen, Rohrfittinge.

### Umwelttechnik

Wasserfiltrationsmembrane und Filtergehäuse, Abgaswäscher.

### Sonstige

Schlagzähmodifizier für Composit-Werkstoffe (Epoxidharze), Bindemittel für hochtemperaturbeständige Lacke und Anti-Haft-Beschichtungen.





Visier für Feuerwehrhelm



Funktionsteile



Pumpenlaufrad

# Die Eigenschaften von Ultrason®

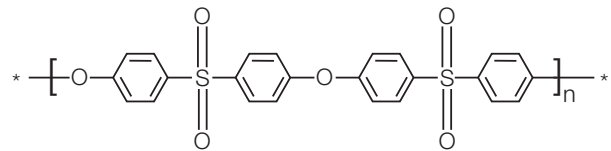
## Sortiment

Ultrason® ist der Handelsname für das Polyethersulfon- (Ultrason® E), Polysulfon- (Ultrason® S) und Polyphenylsulfon- (Ultrason® P) Sortiment der BASF. Es umfasst verstärkte und unverstärkte Marken für die Spritzguss- und Extrusionsverarbeitung sowie Typen in Flockenform für die Verarbeitung aus Lösung. Diese lassen sich in die Gruppen einteilen, die in der Tabelle 13 (S. 49) aufgeführt sind.

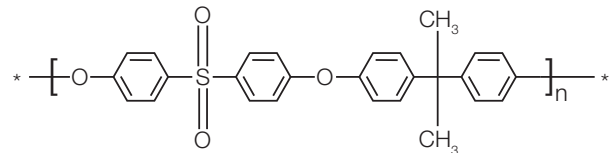
Detaillierte Angaben zu den einzelnen Produkten finden sich in der Sortimentsübersicht. Technische Daten zu den Spezial- und Versuchsprodukten sind auf Anfrage beim Ultra-Infopoint verfügbar.

Ultrason® E, S und P sind amorphe thermoplastische Polymere mit folgender chemischer Struktur:

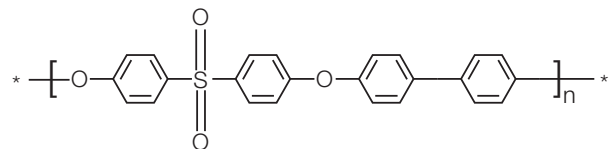
Ultrason® E (Polyethersulfone, PESU)



Ultrason® S (Polysulfone, PSU)



Ultrason® P (Polyphenylsulfone, PPSU)



Sicherheitshalter

Formteile aus Ultrason® sind bei hoher Dimensionsstabilität fest, steif und zäh bis in die Nähe der Glasübergangstemperatur.

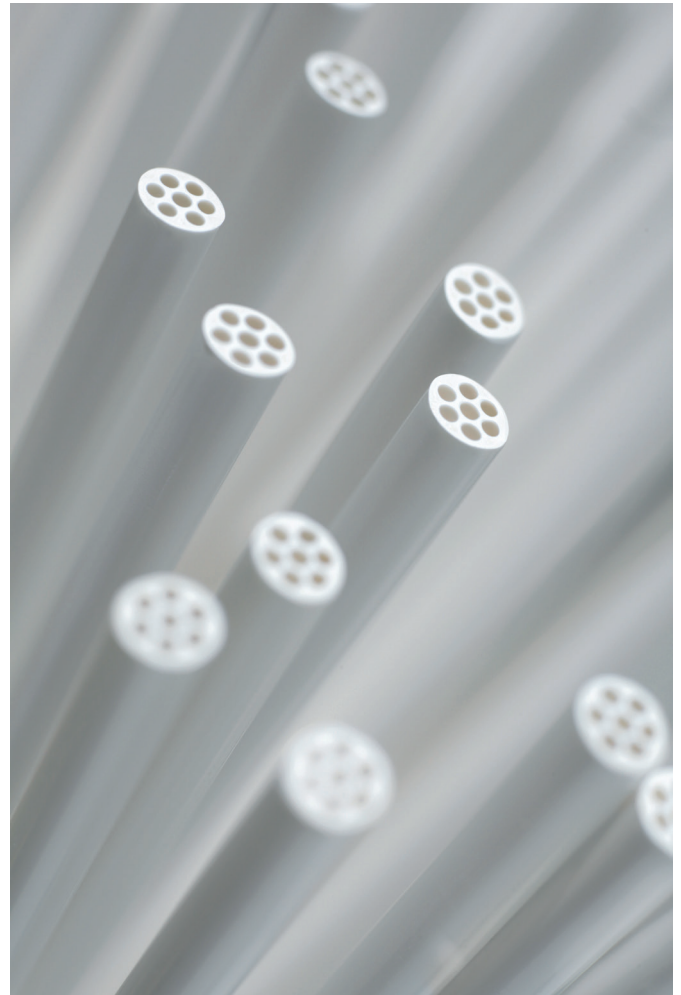
**Die wichtigsten Merkmale von Ultrason® sind**

- temperaturunabhängige Eigenschaften
- langanhaltende Beständigkeit bei hohen Temperaturen
- gute Maßhaltigkeit
- hohe Steifigkeit
- hohe mechanische Festigkeit
- gutes elektrisches Isoliervermögen
- günstige dielektrische Eigenschaften
- sehr günstiges Brandverhalten
- außerordentliche Hydrolysebeständigkeit

Die in dieser Druckschrift angegebenen Werte sind Richtwerte, gewonnen an einer repräsentativen Anzahl von Messungen. Sie wurden nach den genannten Prüfvorschriften an Probekörpern bestimmt, die nach den Angaben in den Produktnormen oder anderen vereinbarten Vorschriften hergestellt wurden. Sie beziehen sich auf ungefärbtes Material.

Diese Richtwerte können nur mit Einschränkung auf beliebig gestaltete Formteile übertragen werden. Wie bei anderen Thermoplasten auch, sind Teilegestalt und Verarbeitungsbedingungen von Bedeutung.

Ultrason® nimmt Feuchtigkeit aus der Luft auf (Abschnitt „Wasseraufnahme und Maßhaltigkeit“). Die Feuchtigkeitsaufnahme bewirkt gegenüber dem trockenen, spritzfrischen Zustand nur eine geringe Maßänderung und führt zu einer geringfügigen Erhöhung der Schlagzähigkeit vor allem der ungefüllten Ultrason® E-Marken. Auch Reißfestigkeit und E-Modul werden nur geringfügig beeinflusst.



Membrane für die Ultrafiltration

## Mechanische Eigenschaften

### Verhalten bei kurzzeitiger mechanischer Belastung

Ultrason® ist ein Kunststoff mit hoher Festigkeit, Steifigkeit, Zähigkeit und großem Arbeitsaufnahmevermögen. Aufgrund des amorphen Charakters bleiben diese Eigenschaften über einen weiten Temperaturbereich von -50°C bis in die Nähe der Glasübergangstemperatur erhalten. Den Verlauf der Schubmodulkurven zeigt Abb. 1.

Durch den Zusatz von Glasfasern werden Festigkeit und Steifigkeit erhöht, während die Dehnbarkeit abnimmt. Spannungs-Dehnungsdiagramme bei verschiedenen Temperaturen zeigen Abb. 2 und Abb. 3.

Die Temperaturabhängigkeit von Festigkeit und Steifigkeit wird von Abb. 4 bis Abb. 7 gezeigt. Abb. 8 zeigt zusätzlich die Schlagzähigkeit von verstärktem und unverstärktem Ultrason® im Bereich von -30°C bis oberhalb von 150°C. Die außergewöhnlich hohe Schlagzähigkeit von Ultrason® P im Vergleich mit einem marktüblichen Polycarbonat für Spritzgussanwendungen stellt Abb. 9 dar.

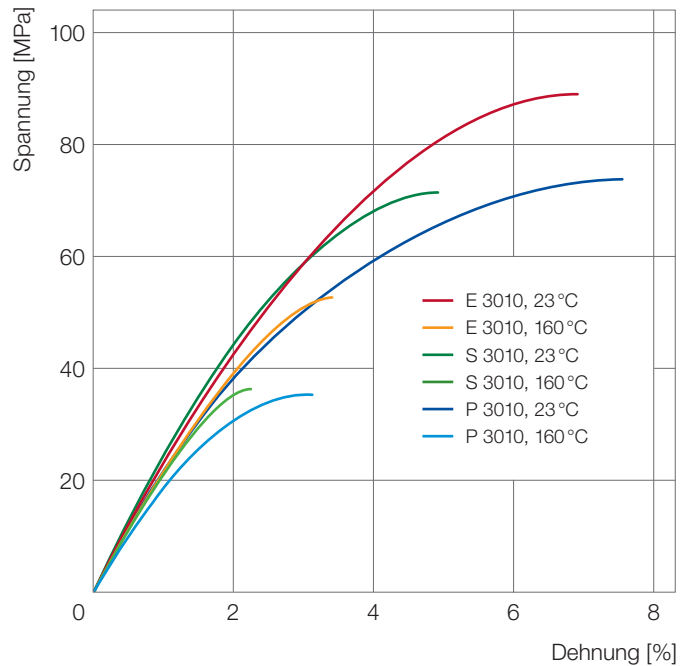


Abb. 2: Spannungs-Dehnungsdiagramme nach ISO 527 bis zur Streckgrenze, bei RT und 160°C

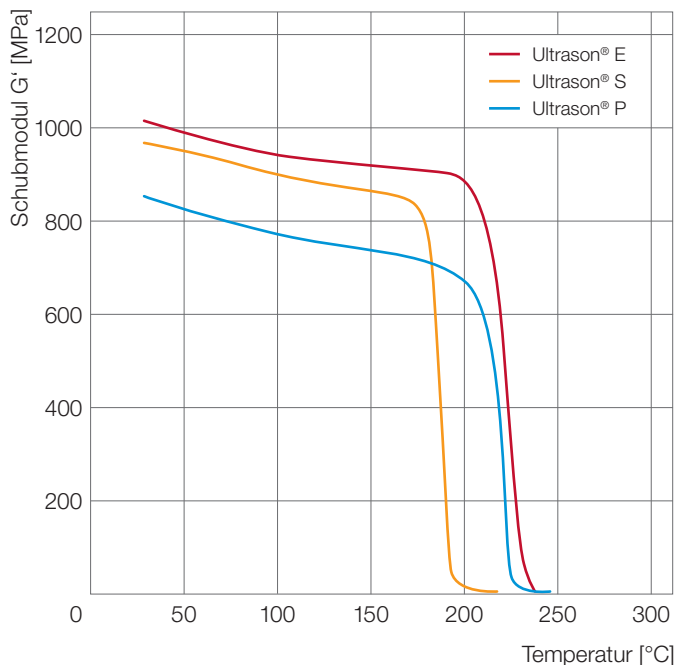


Abb. 1: Schubmodulkurven nach ISO 6721

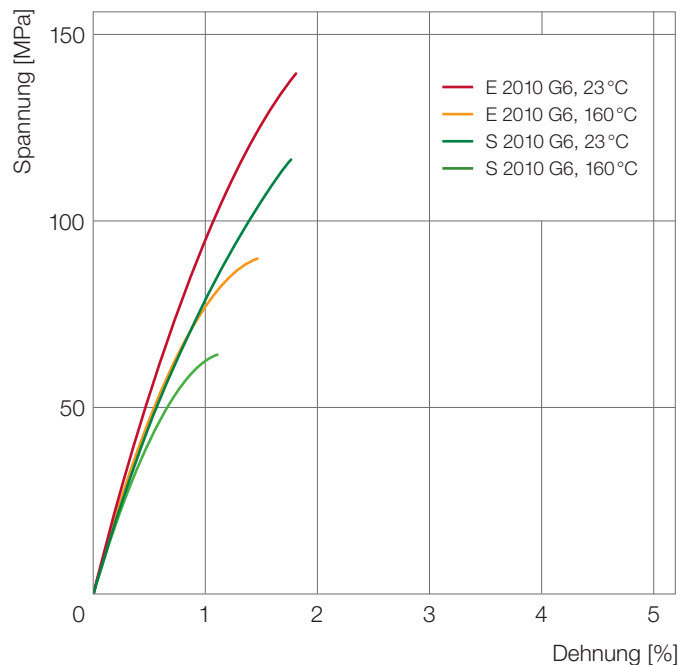


Abb. 3: Spannungs-Dehnungsdiagramme nach ISO 527 bis zur Reißgrenze, bei RT und 160°C

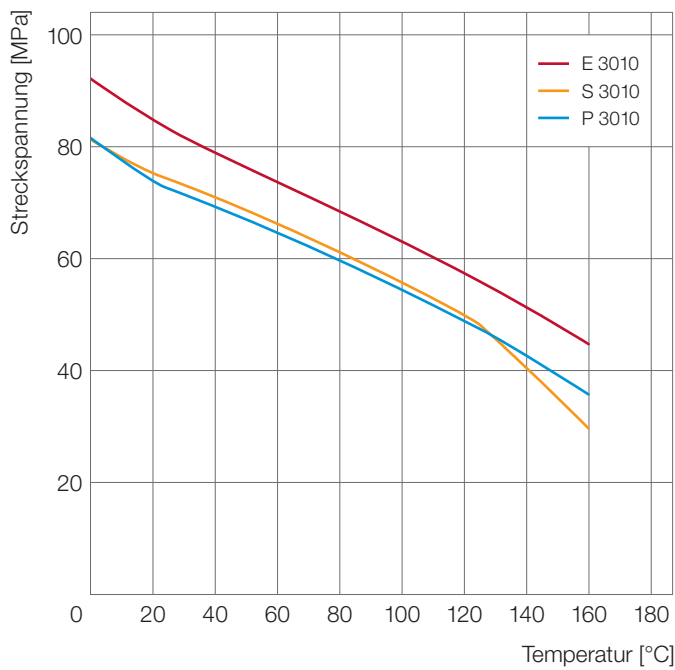


Abb. 4: Temperaturabhängigkeit der Streckspannung (trocken)

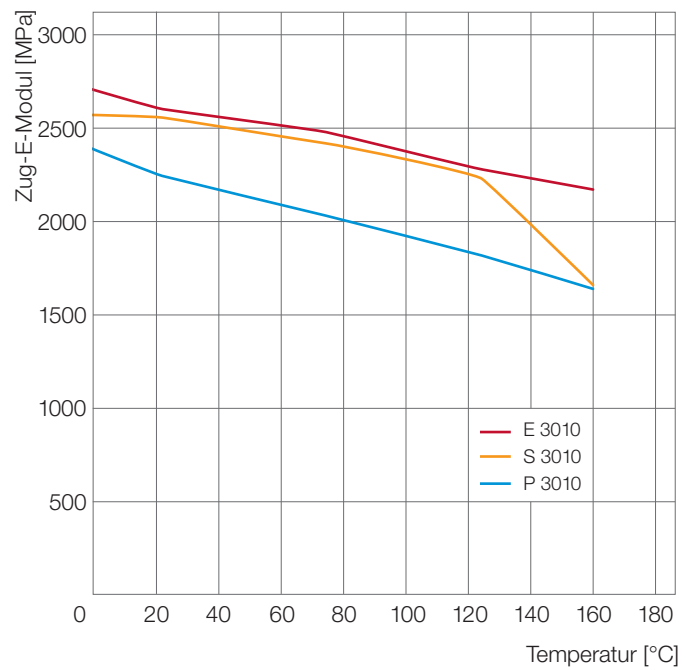


Abb. 6: Elastizitätsmodul (nach ISO 527) in Abhängigkeit von der Temperatur (trocken)

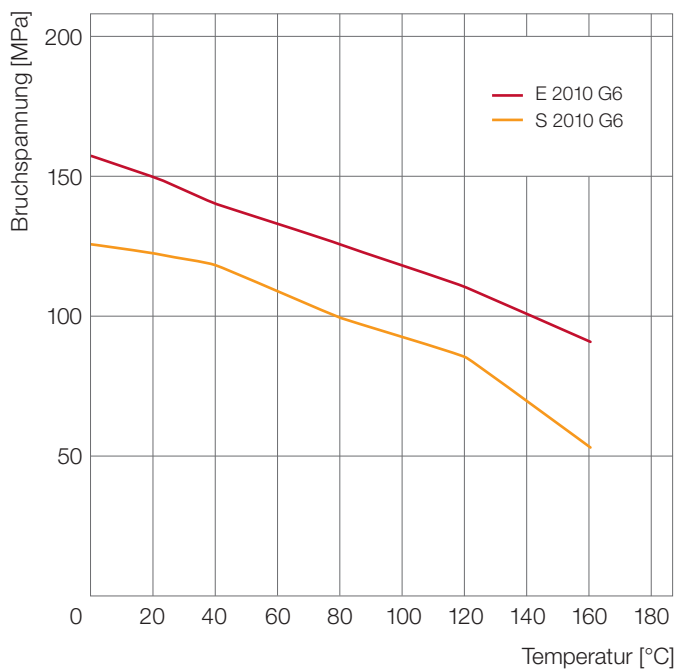


Abb. 5: Temperaturabhängigkeit der Bruchspannung (trocken)

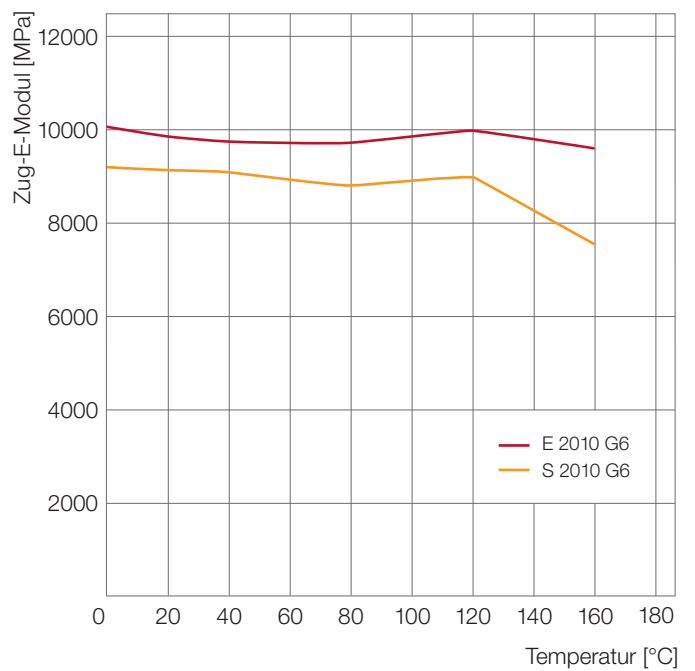


Abb. 7: Elastizitätsmodul (nach ISO 527) in Abhängigkeit von der Temperatur (trocken)

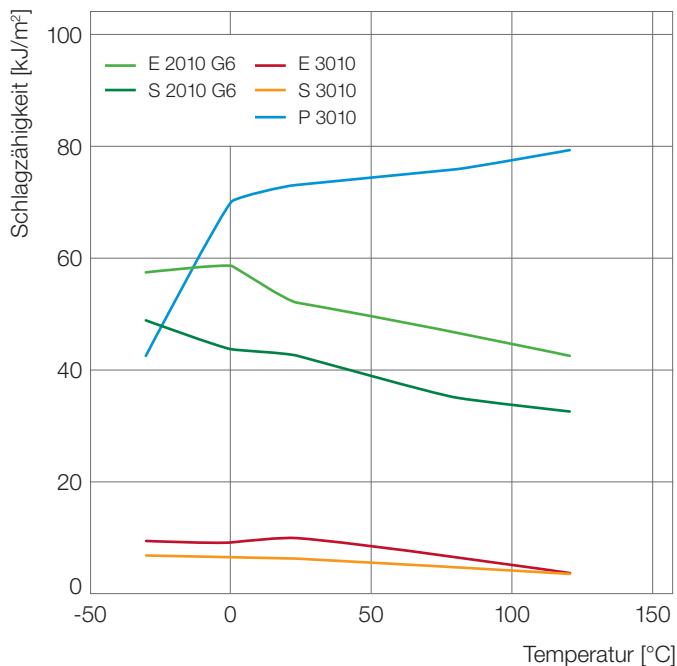


Abb. 8: Schlagzähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur (ungekerbt nach ISO 179/1eU) bei glasfaserverstärkten und gekerbt nach ISO 179/1eA bei unverstärkten Typen)

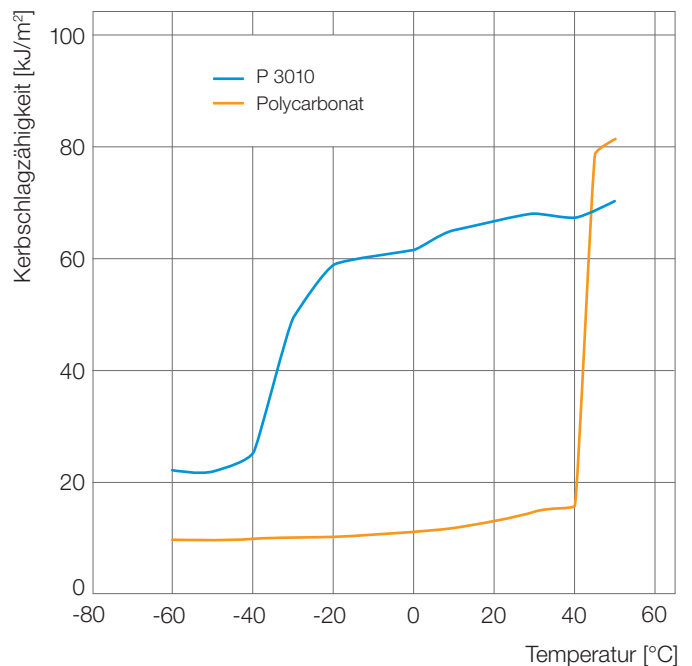


Abb. 9: Kerbschlagzähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur (ISO 179/1eA); Vergleich Ultrason® P mit einem Standard-Polycarbonat

Die hohe Zähigkeit und hohe Formbarkeit von Ultrason® E und S können nur bei optimal gestalteten Bauteilen voll ausgeschöpft werden. Um Kerbwirkung von Übergängen im Formteil zu vermeiden, sind bei großen Querschnittsänderungen genügend große Radien erforderlich (empfohlener Mindestradius 0,4 mm). Innenkanten, Durchbrüche und Ähnliches müssen ausreichend gerundet sein.

#### Verhalten bei langzeitiger statischer Belastung

Die Leistungsfähigkeit von Werkstoffen unter statischer Belastung wird im sog. Zeitstandzugversuch nach ISO 899 geprüft. Dabei wird der Werkstoff längere Zeit konstanter Spannung ausgesetzt. In den folgenden Zahlen wird das Verhalten verschiedener Ultrason®-Typen dargestellt. Dazu wurden Zugstäbe bei definierter Temperatur mit einer konstanten Spannung bis zu 10.000 Stunden belastet. Gemessen wird die Dehnung über der Zeit.

Dargestellt werden die Ergebnisse als Kriechkurven (Abb. 10 bis 12). Die gemessenen Werte wurden hierzu mit dem Findley-Ansatz bis zu 100.000 Stunden extrapoliert. Der Findley-Ansatz beschreibt die Dehnung des Werkstoffs mit folgender Funktion:

$$\epsilon_{\text{total}} = \epsilon_0 + m \cdot t^n$$

$$m = m_0 + m_1 \cdot \sigma + m_2 \cdot \sigma^2 + m_3 \cdot \sigma^3 + m_4 \cdot \sigma^4 \dots$$

$$n = n_0 + n_1 \cdot \sigma$$

mit  $\sigma$  = Kriechspannung

t = Zeit

$\epsilon$  = Dehnung

Der Kurvenverlauf für die Extrapolation ist in den Diagrammen als gestrichelte Linie dargestellt.

Wie aus den Abbildungen 10 bis 12 hervorgeht, zeichnen sich die drei unverstärkten Ultrason®-Typen auch bei höheren Belastungen durch eine sehr geringe Kriechneigung aus. Zurückzuführen ist dies auf die gegenüber Raumtemperatur sehr viel höheren Glasübergangstemperaturen ( $T_g$ ) dieser Werkstoffe.

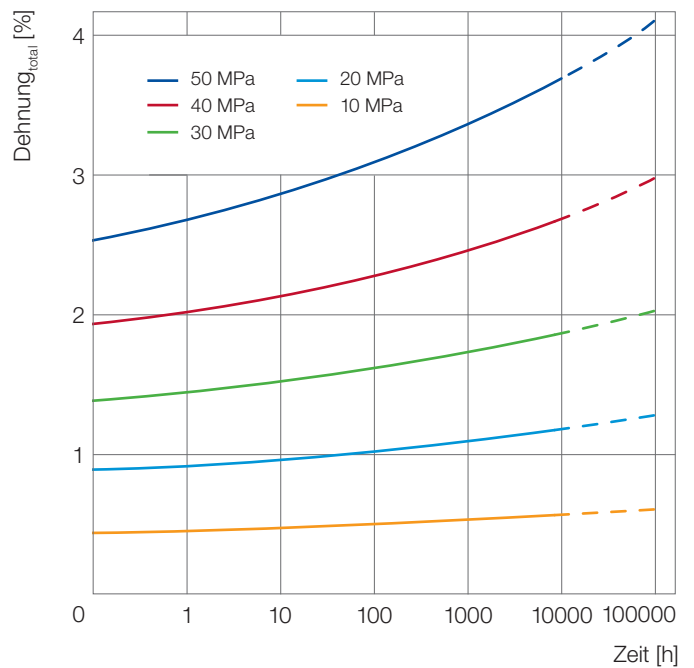


Abb. 11: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® E 3010 bei 23°C

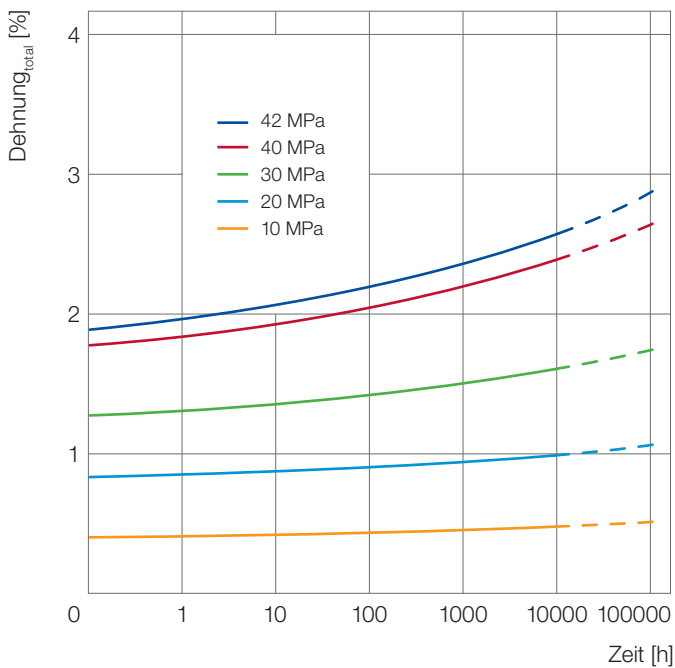


Abb. 10: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® S 3010 bei 23°C

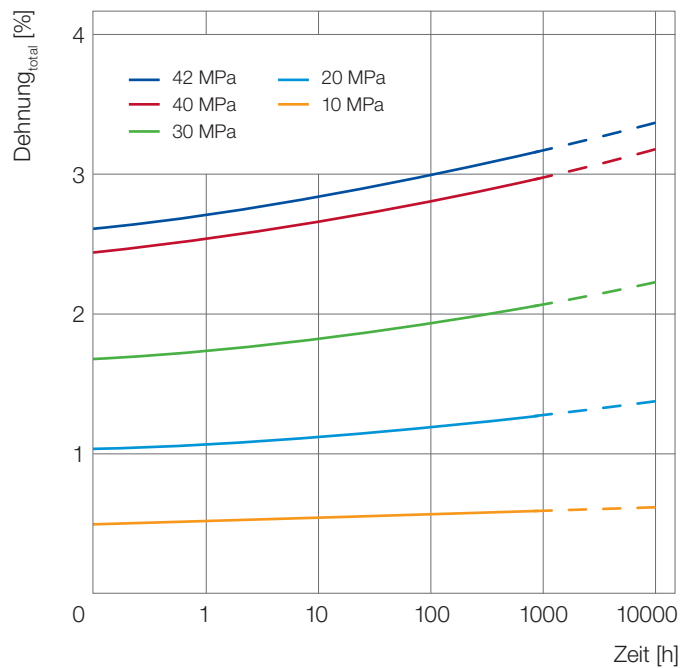


Abb. 12: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® P 3010 bei 23°C

Auch bei 140 °C bzw. 180 °C (Abb. 13-15) sind gegenüber anderen unverstärkten Polymeren noch relativ hohe Spannungen möglich. Dies gilt insbesondere für Ultrason® P und Ultrason® E aufgrund der Glasübergangstemperaturen von 220 °C bzw. 225 °C. Das beobachtete Kriechverhalten ist jedoch im Vergleich zur Raumtemperatur viel ausgeprägter.

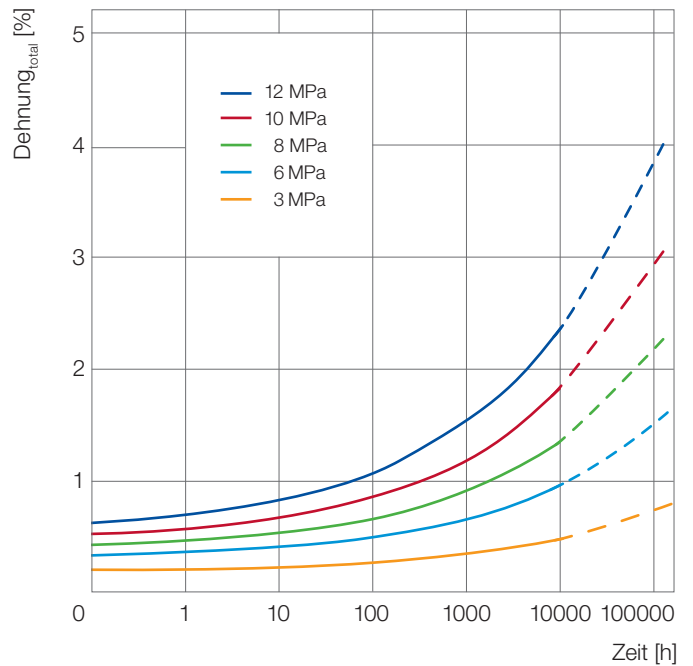


Abb. 14: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® E 3010 bei 180 °C

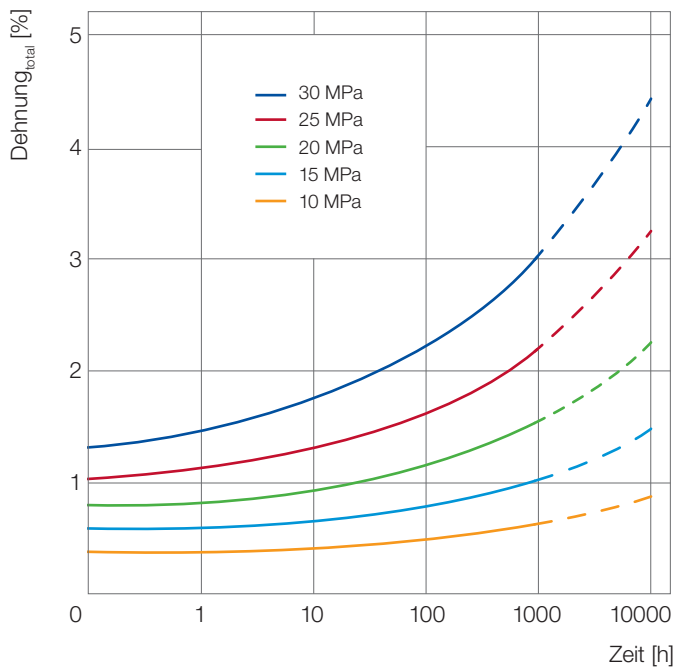


Abb. 13: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® E 3010 bei 140 °C

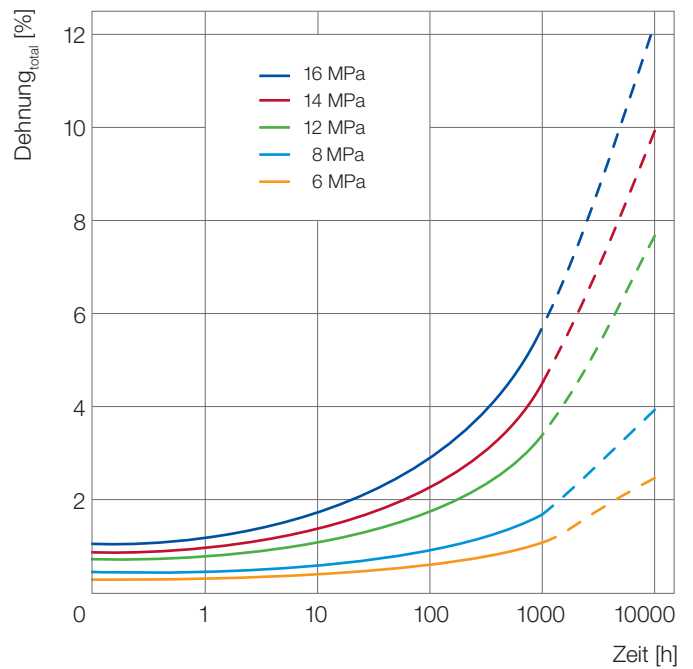


Abb. 15: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® P 3010 bei 180 °C



Eine deutliche Reduzierung des Kriechens und auch erhöhte Temperaturen sowie noch höhere Belastungen sind bei faserverstärkten Typen möglich (Abb. 16-20). So wird beim kohlefaserverstärkten Ultrason® E 2010 C6 auch bei einer Spannung von 130MPa nach 10.000 Stunden lediglich eine Dehnung von ca. einem Prozent erreicht.

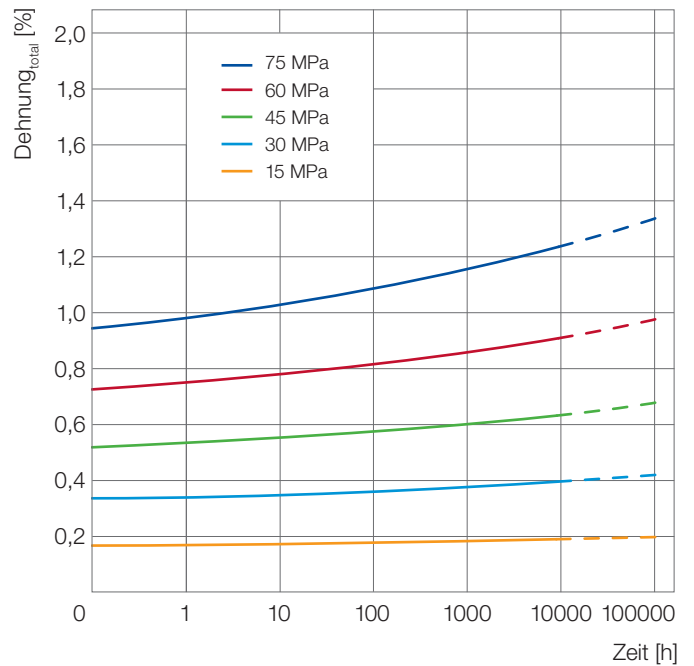


Abb. 17: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® E 2010 G6 bei 23 °C

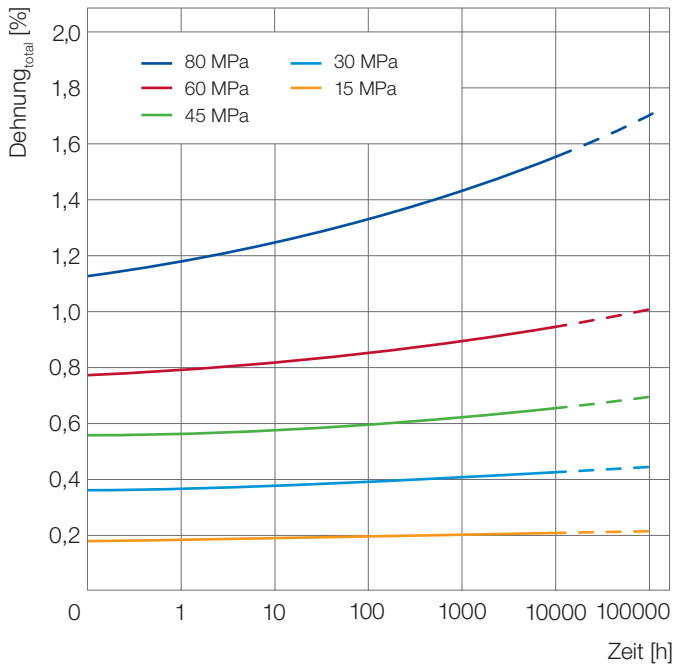


Abb. 16: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® S 2010 G6 bei 23 °C

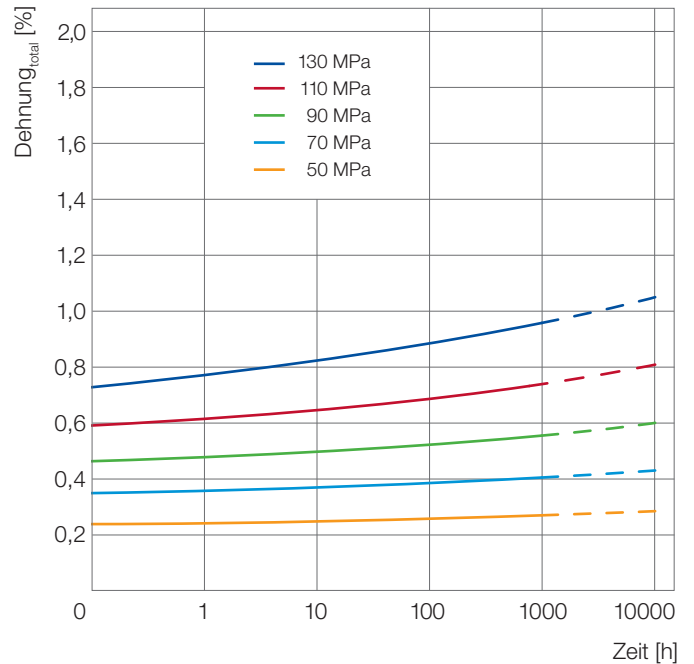


Abb. 18: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® E 2010 C6 bei 23 °C

Faserverstärkte Typen zeichnen sich auch bei erhöhten Temperaturen durch eine besonders geringe Kriechneigung aus (Ultrason® S 2010 G6 bei 140°C und Ultrason® E 2010 G6 bei 180°C, Abb. 19f).

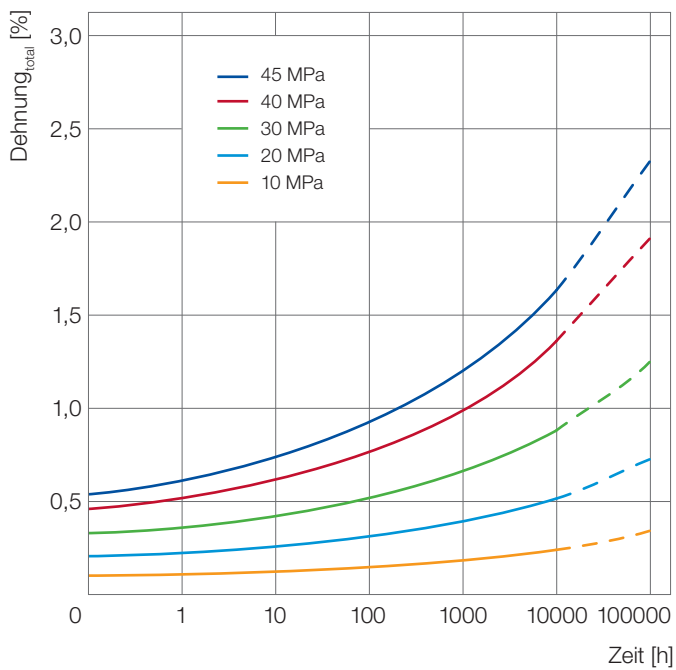


Abb. 19: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® S 2010 G6 bei 140°C

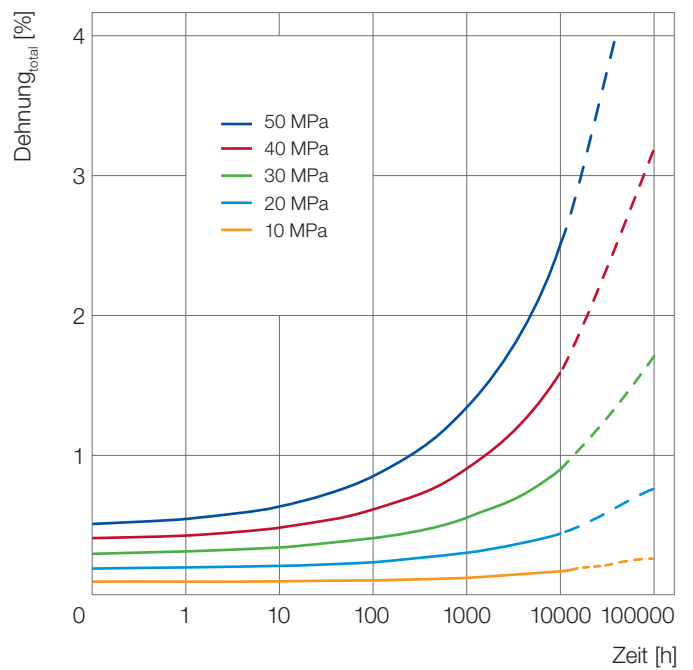


Abb. 20: Kriechkurven nach ISO 899 für Ultrason® E 2010 G6 bei 180°C

### Verhalten bei schwingender Beanspruchung, Biegewechselfestigkeit

Technische Teile werden oft durch dynamische Kräfte beansprucht, vor allem in Form von Wechsel- oder Schwingungsbeanspruchungen, die periodisch in stets gleicher Weise auf das Konstruktionsteil einwirken. Das Verhalten eines Werkstoffes gegenüber solchen Belastungen wird in Dauerprüfungen im Wechselbiege- oder Wechselzugversuch (DIN 53442) bis zu sehr großen Lastspielzahlen bewertet. Die Ergebnisse sind in Wöhlerdiagrammen dargestellt, die man durch Auftragen der aufgetragenen Spannung über der jeweils erreichten Lastspielzahl erhält.

Abb. 21 zeigt die Festigkeit unter dynamischer Belastung für unverstärktes und verstärktes Ultrason® E sowohl bei Raumtemperatur als auch bei 180°C. Bemerkenswert ist insbesondere der beim glasfaserverstärkten Material sehr geringe Abfall bei höheren Temperaturen. Abb. 22 zeigt die Wöhlerkurven bei Raumtemperatur für Ultrason® S.

Bei der Übertragung der Prüfergebnisse in die Praxis ist zu berücksichtigen, dass sich bei hoher Lastwechselfrequenz die Werkstücke infolge innerer Reibung stark erwärmen können. In diesen Fällen ist, ebenso wie bei höherer Betriebstemperatur, mit niedrigeren Werten für die Biegewechselfestigkeit zu rechnen.

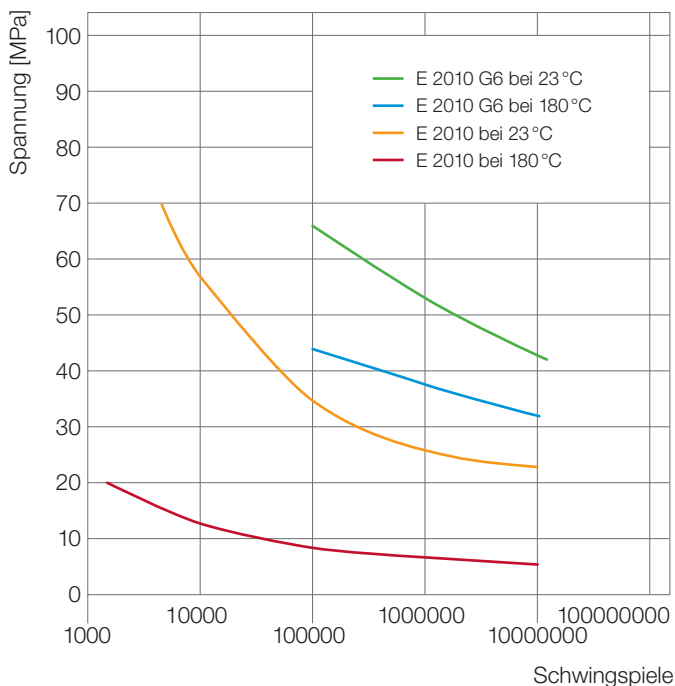


Abb. 21: Wöhlerdiagramm Ultrason® E 2010 und E 2010 G6 bei 23°C und 180°C

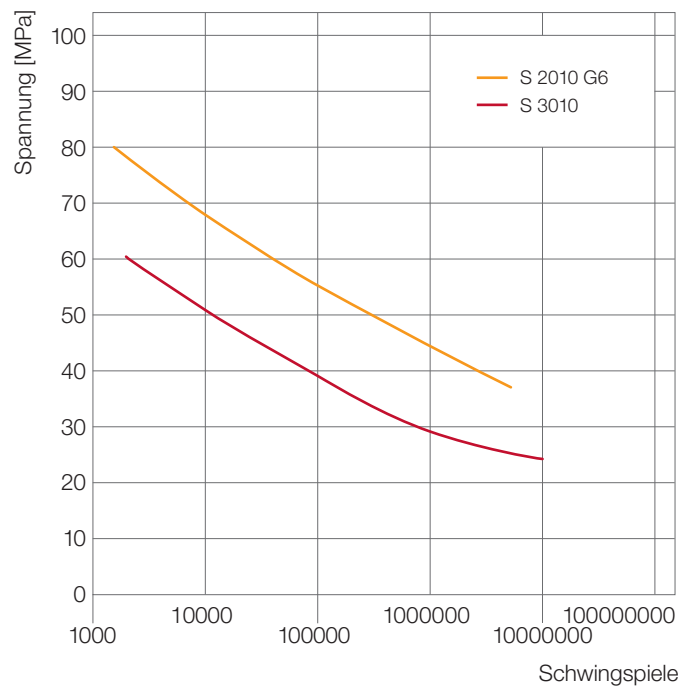


Abb. 22: Wöhlerdiagramm Ultrason® S 3010 und S 2010 G6 bei 23°C

### Reibungs- und Verschleißverhalten

Da Reibung und Verschleiß keine Stoff-, sondern Systemeigenschaften sind, ist das tribologische Verhalten von Werkstoffen durch rein materialbezogene Kenngrößen nicht charakterisierbar. Reibung und Verschleiß werden durch eine Vielzahl von Parametern beeinflusst, z. B. den Werkstoff des Gleitpartners, die Gleitflächenmikrostruktur (Rauheit), Zwischenstoffe (Schmierstoffe), das Umgebungsmedium, die Flächenpressung und die Relativgeschwindigkeit der Gleitpartner.

Tribologische Prüfungen ermöglichen dennoch eine grundsätzliche Einschätzung des Werkstoffverhaltens. Zur Beurteilung des Verschleißverhaltens werden u. a. Stift-Scheibe-Tribometer eingesetzt.

Wie von amorphen Thermoplasten bekannt, zeigen unverstärkte Ultrason®-Typen typischerweise ein schlechtes Gleit-Reibungsverhalten. Durch Füllstoffe kann das Verschleißverhalten jedoch signifikant verbessert werden. In Anwendungen mit Schmierung können u. U. bereits glasfaserverstärkte Ultrason®-Typen zum Einsatz kommen. Für besonders kritische Verschleißanforderungen und insbesondere für Anwendungen ohne Schmierung bzw. mit Festkörperkontakt gibt es im Ultrason® E Sortiment mit Ultrason® KR 4113 eine bezüglich Gleit-Reibeverhalten optimierte Materialtype. Durch die Verwendung von Kohlefasern, Graphit und PTFE zeichnet sich dieser Werkstoff durch besonders günstige tribologische Eigenschaften aus. Eine weitere Alternative stellt das Material Ultrason® E 2010 C6 dar, das nur mit Kohlefasern verstärkt ist. Beide Materialien zeigen im Stift-Scheibe-Versuch ohne Schmierung im Kontakt mit Aluminium ein gegenüber unverstärkten bzw. glasfaserverstärkten Materialien deutlich geringeres Verschleißverhalten (Abb. 23).

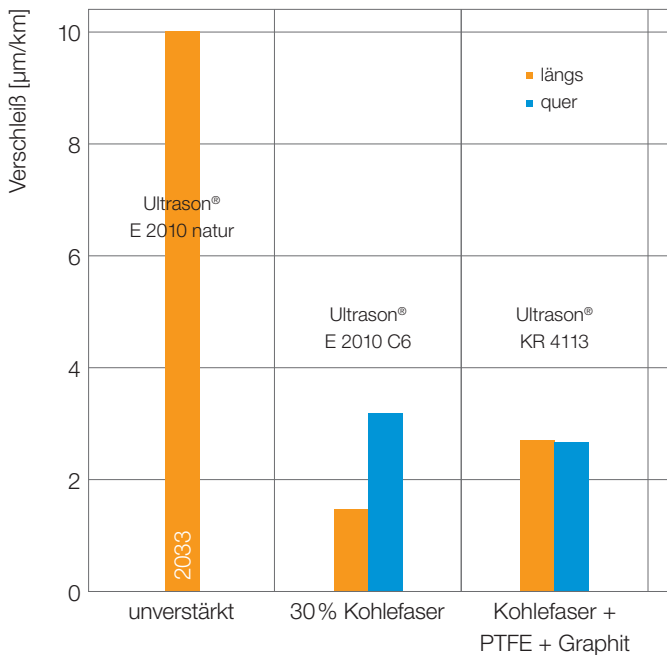
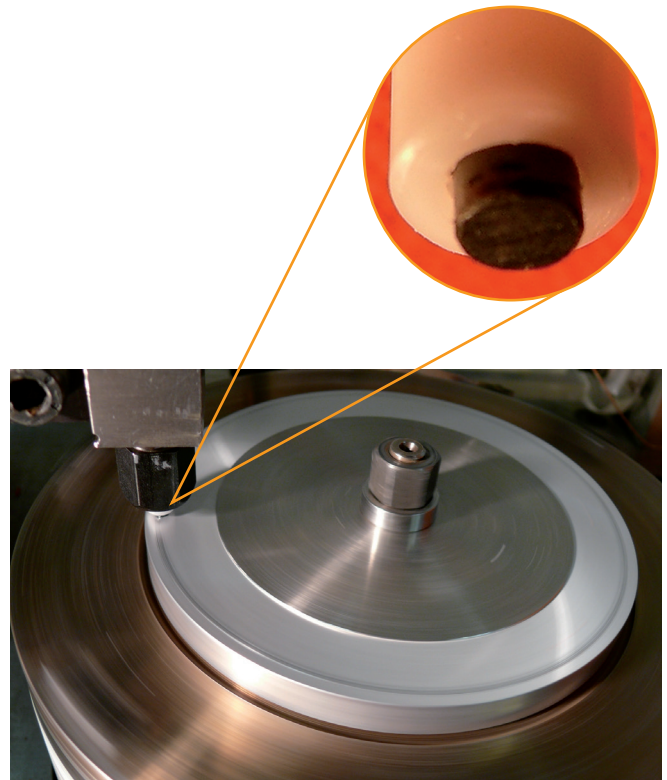


Abb. 23: Verschleißverhalten  
Tribosystem: Stift-Scheibenapparatur, Flächenpressung  $p = 1 \text{ MPa}$ , Grundkörper Aluminium mit  $6,7 \text{ µm}$  Rauheit (trocken)



## Thermische Eigenschaften

Die Ultrason®-Marken haben mit 187°C für Ultrason® S, 220°C für Ultrason® P und mit 225°C für Ultrason® E hohe Glasübergangstemperaturen. Bis in die Nähe der Glasübergangstemperatur bleibt Ultrason® formbeständig.

Der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient ist bis in die Nähe der Glasübergangstemperatur auf einem sehr niedrigen Niveau und nur geringfügig temperaturabhängig. Für unverstärkte Marken beträgt der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient etwa  $55 \cdot 10^{-6}/K$  (Abb. 24). Die verstärkten Marken zeichnen sich durch noch niedrigere Ausdehnungskoeffizienten und daraus folgend durch verbesserte Maßhaltigkeit bei Temperaturänderungen aus. Bei den glasfaserverstärkten Marken ist die Längenausdehnung von der Orientierung der Fasern abhängig.

### Verhalten bei Temperatureinwirkung

Das Verhalten von Bauteilen aus Ultrason® in der Wärme ist, außer von den produktspezifischen thermischen Eigenschaften, auch von der Dauer und Art der Temperatureinwirkung, der mechanischen Belastung sowie der Gestaltung der Teile abhängig. Die Beständigkeit von Teilen aus Ultrason® ist deshalb nicht ohne weiteres anhand der Temperaturkennwerte aus den verschiedenen genormten Prüfungen abzuschätzen, so wertvoll diese zur Orientierung und zum Vergleich auch sein mögen.

Der Einfluss höherer Temperaturen auf die mechanischen Eigenschaften von Ultrason® wurde ausführlich im Kapitel „Mechanische Eigenschaften“ diskutiert. Die Wärmeformbeständigkeit von Ultrason®, gemessen nach ISO 75-2 (HDT A), liegt bei ca. 175°C für Ultrason® S, bei etwa 207°C für Ultrason® E und ca. 196°C für Ultrason® P. Ein kurzzeitiges Erwärmen auf höhere Temperaturen, etwa bei speziellen Lötverfahren, ist jedoch möglich. Es ist allerdings darauf zu achten, dass nur trockene Bauteile diesen hohen Temperaturen ausgesetzt werden, da bei feuchten Bauteilen die Gefahr der Dampfblasenbildung besteht.

### Wärmealterungsbeständigkeit in Luft und Wasser

Ultrason® verfügt über eine ausgezeichnete Wärmealterungsbeständigkeit und weist eine hervorragende Thermostabilität in der Luft auf. Es wird ein relativer Temperaturindex nach UL 746 B von 155°C für Ultrason® S und von 190°C für Ultrason® E gemessen. Diese Temperatur, bei der die Zugfestigkeit nach 20.000h auf 50% des Ausgangswertes während der Lagerung abgefallen ist, kann in vielen Fällen als die maximale Dauergebrauchstemperatur angesehen werden. Bei Schlagbeanspruchung liegt der relative Temperaturindex um etwa 10°C tiefer.

Die Lagerung in kaltem Wasser hat praktisch keinen Alterungseffekt. Selbst in siedendem Wasser oder überhitztem Wasserdampf hat Ultrason® eine hohe Hydrolysebeständigkeit, wenn auch ein Einfluss auf die Zähigkeit festzustellen ist.

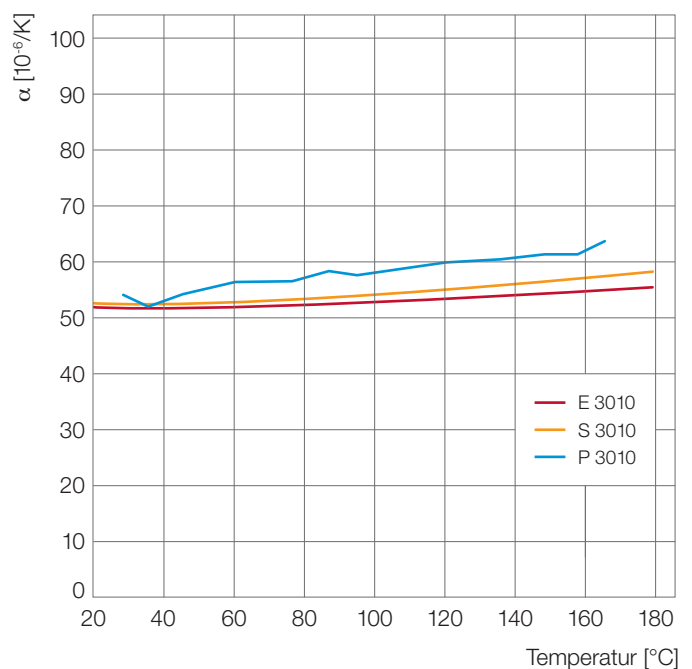


Abb. 24: Längenausdehnungskoeffizient nach DIN 53752

Das Verhalten von Ultrason® unter statischer Beanspruchung in Wasser bei 95°C ist in den Abb. 25 und Abb. 26 dargestellt. Messungen an genormten Probekörpern geben immer nur einen Anhaltspunkt für das Verhalten eines Formteiles unter vergleichbaren Bedingungen. Insbesondere bei Anwendungen in der Gegenwart von Medien sollten deshalb Prüfungen an den Formteilen durchgeführt werden, die an die Bedingungen während des Einsatzes des Teils angelehnt sind.

Wertvolle Informationen über den möglichen Einsatz von Ultrason® P in Heißwasseranwendungen liefert beispielsweise die Langzeit-Innendruckprüfung nach ISO 9080 (Abb. 27). Anhand dieser Daten kann die maximale Gebrauchsdauer wasserführender Teile, wie Kunststoffverbindungen von Trinkwasserleitungen, bei unterschiedlichen Temperaturen und Drücken prognostiziert werden.

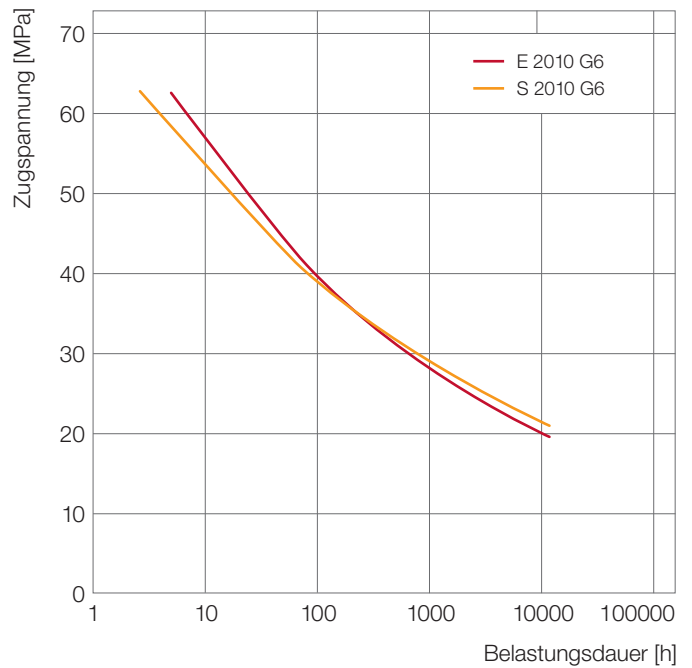


Abb. 26: Zeitstandfestigkeit von Ultrason® in Wasser bei 95°C

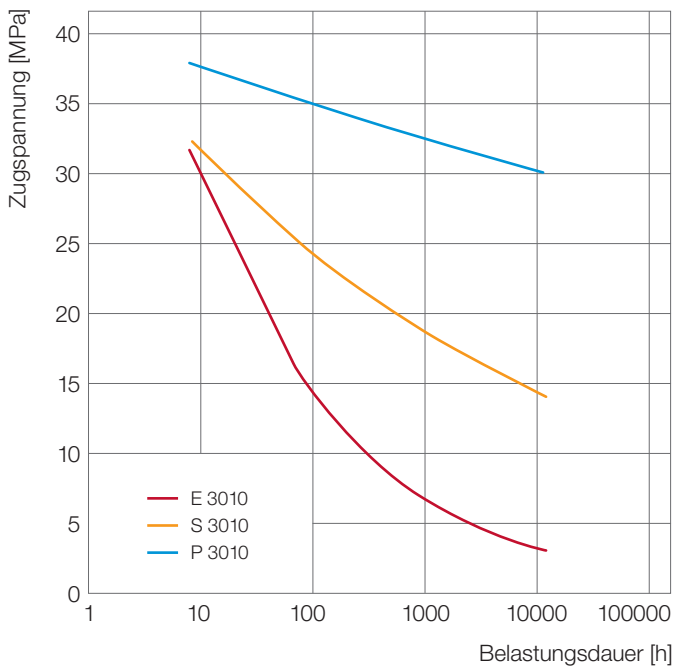


Abb. 25: Zeitstandfestigkeit von Ultrason® in Wasser bei 95°C

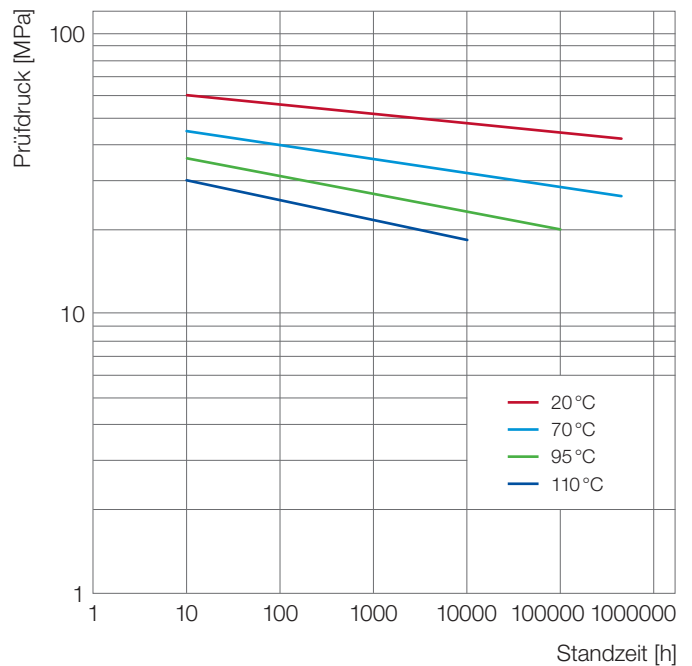


Abb. 27: Zeitstandinnendruck-Diagramm für Ultrason® P bei verschiedenen Temperaturen (ISO 9080)

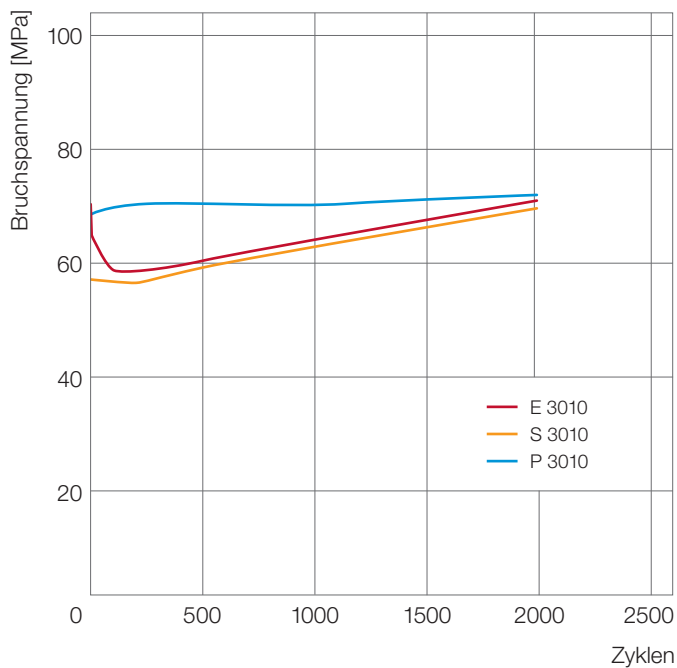


Abb. 28: Heißdampfsterilisation von Ultrason® bei 134 °C

### Heißdampfsterilisieren

Teile aus Ultrason® sind mehrfach heißdampfsterilisierbar und behalten dabei weitgehend sowohl ihre Transparenz als auch das hervorragende mechanische Eigenschaftsniveau bei (Abb. 28). Ultrason® P zeichnet sich hier durch eine extrem gute Leistungsfähigkeit aus, da sich auch Zähigkeit und Bruchdehnung über viele Sterilisierzyklen hinweg wenig verändern (Abb. 29).

Die Eignung bezüglich Heißdampfsterilisation steigt in folgender Reihenfolge an:

Ultrason® P > Ultrason® S > Ultrason® E.

Um einer Spannungsrisssbildung entgegenzuwirken, ist bei der Herstellung der Teile auf ein niedriges Niveau der Eigenspannungen zu achten (Abschnitt „Spritzgießen“).

Ebenso sollten möglichst hochviskose Typen zum Einsatz kommen. Eine mechanische Belastung von Teilen aus Ultrason® S und Ultrason® E sollte während der Sterilisation vermieden werden. Dann sind bis zu 100 Sterilisationszyklen möglich. Ultrason® P weist eine so außergewöhnlich hohe Spannungsrisssbeständigkeit auf, dass selbst 2.000 Zyklen Heißdampfsterilisation unter Last ohne jegliche Rissbildung möglich sind.

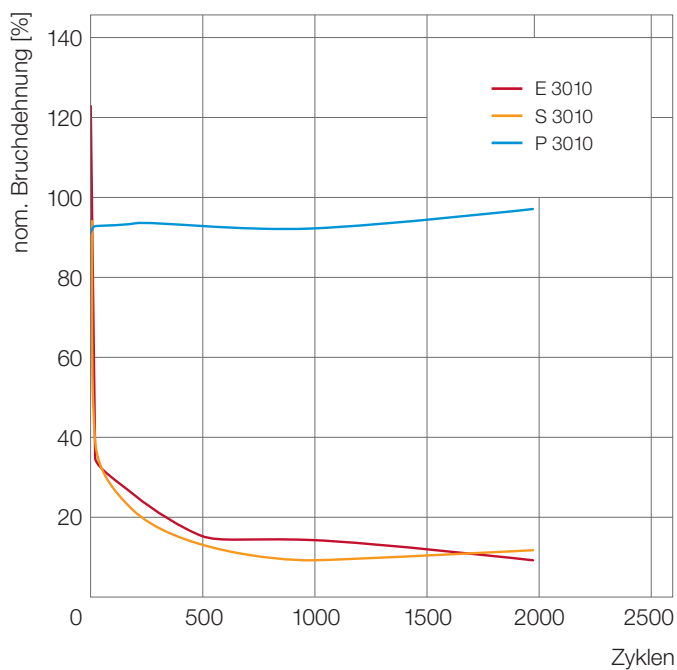


Abb. 29: Heißdampfsterilisation von Ultrason® bei 134 °C



## Optische Eigenschaften

Als amorphe Thermoplaste sind die drei Ultrason®-Basispolymere transparent. Aufgrund der hohen Temperaturen, die bei ihrer Herstellung sowie Verarbeitung nötig sind, haben sie jedoch eine gewisse Eigenfarbe (helles goldgelb bis ocker), die verhindert, dass die theoretisch möglichen Transmissionswerte für sichtbares Licht erreicht werden. Dennoch sind die heute erreichbaren Qualitäten für sehr viele transparente Anwendungen geeignet (Abb. 30). Ultrason® weist zudem hohe Brechzahlen im sichtbaren Wellenlängenbereich auf, wodurch es auch in funktionalen optischen Anwendungen, wie Linsen für elektronische Kameras, zum Einsatz kommt (Abb. 31).



Feuerwehrhelm

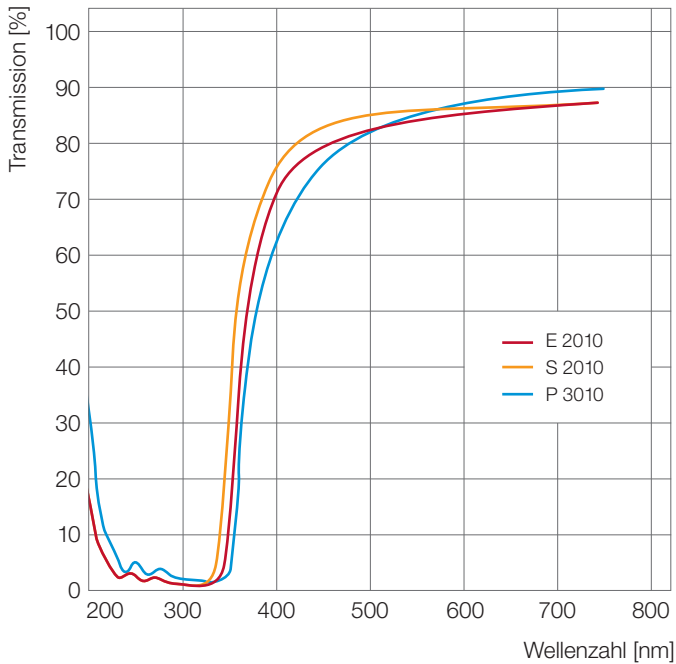


Abb. 30: Transmissionseigenschaften von Ultrason® (2 mm Plättchen)

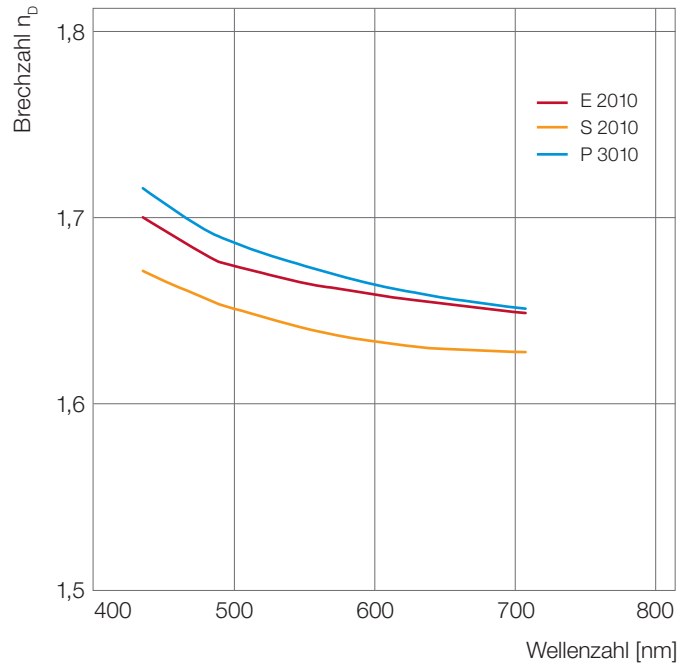


Abb. 31: Brechzahl von Ultrason® in Abhängigkeit von der Wellenlänge (2 mm Plättchen)



## Alterung in Schmierstoffen, Kraftstoffen und Kühlflüssigkeiten

Voraussetzung für die vielfältige technische Anwendung von Ultrason®, insbesondere im Fahrzeugbau, ist seine ausgezeichnete Dauerbeständigkeit gegen heiße Schmierstoffe oder Kraftstoffe und Kühlflüssigkeiten. Ultrason® KR 4113 wird breit in Kfz-Ölkreislaufsystemen eingesetzt (Ölpumpen und Ölstromregler). In Abb. 32f ist die Beständigkeit dieses Werkstoffes gegen ein Motorenöl (neu und gebraucht) bei 150°C dargestellt. Dafür wurden exemplarisch die Bruchdehnung und die Schlagzähigkeit ausgewählt.

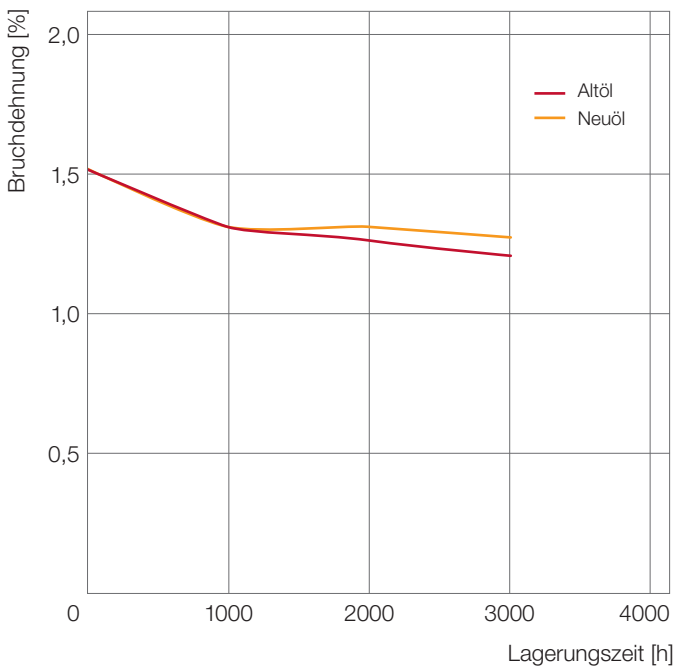


Abb. 32: Beständigkeit von Ultrason® KR 4113 gegen Motoröl Total 5W30 bei 150°C

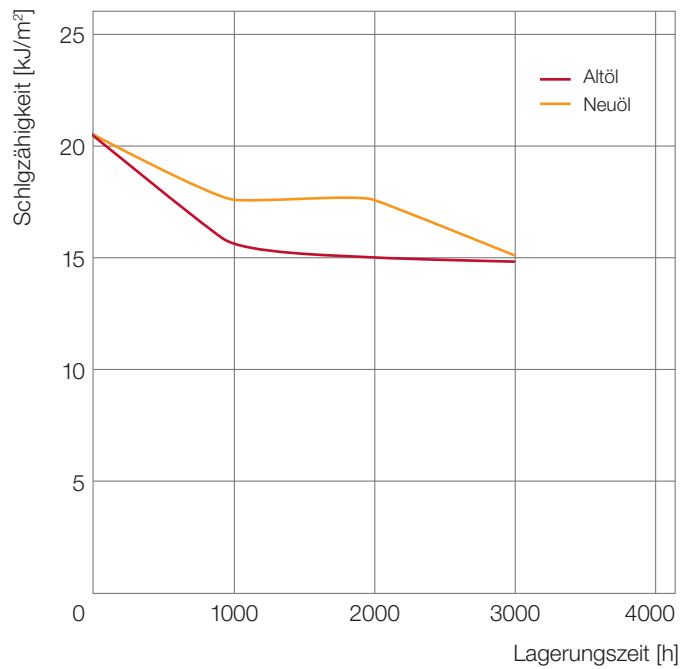
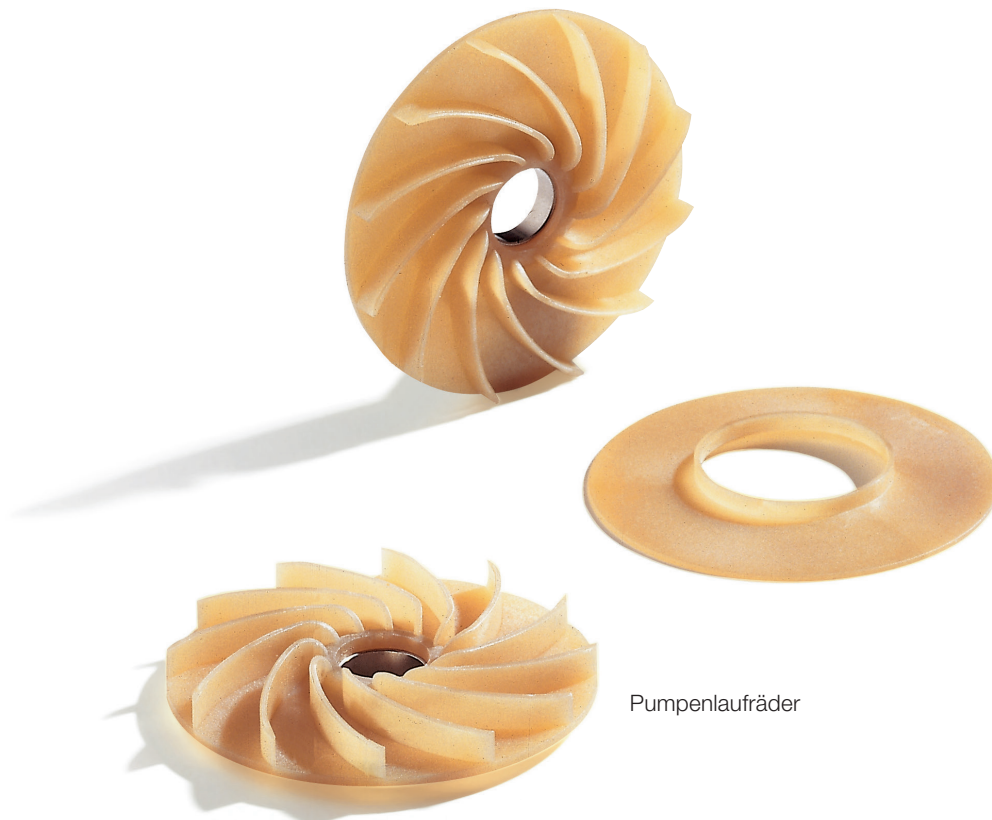


Abb. 33: Beständigkeit von Ultrason® KR 4113 gegen Motoröl Total 5W30 bei 150°C

Das Testbenzin FAM B stellt vielfach eine Herausforderung für Werkstoffe dar. Abb. 34 und folgende zeigen, dass insbesondere Ultrason® P, aber auch Ultrason® E, hier gute bis sehr gute Beständigkeiten vorweisen. Ultrason® E und vor allem Ultrason® P eignen sich daher für Funktionsteile im Kfz-Tankbereich, z. B. Tankeinbauten. Ultrason® S ist dagegen in Kontakt mit FAM B nicht beständig.

Als Modell für Kühlflüssigkeiten kann ein Glykol/Wasser-Gemisch herangezogen werden. Auch in diesem Kfz-relevanten System zeigen Ultrason® E und Ultrason® P gute Beständigkeiten (Abb. 36). Generell verhalten sich glasfaserverstärkte Ultrason® Typen deutlich günstiger bezüglich Medienbeständigkeit als die zugehörigen unverstärkten Basiswerkstoffe, so dass weitere Potentiale gegeben sind.



Pumpenlaufräder

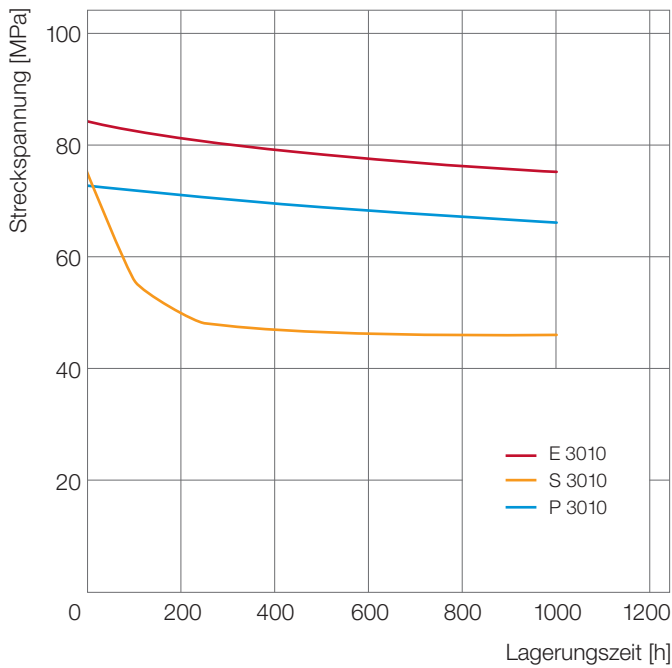


Abb. 34: Beständigkeit von Ultrason® gegen FAM B bei 23°C

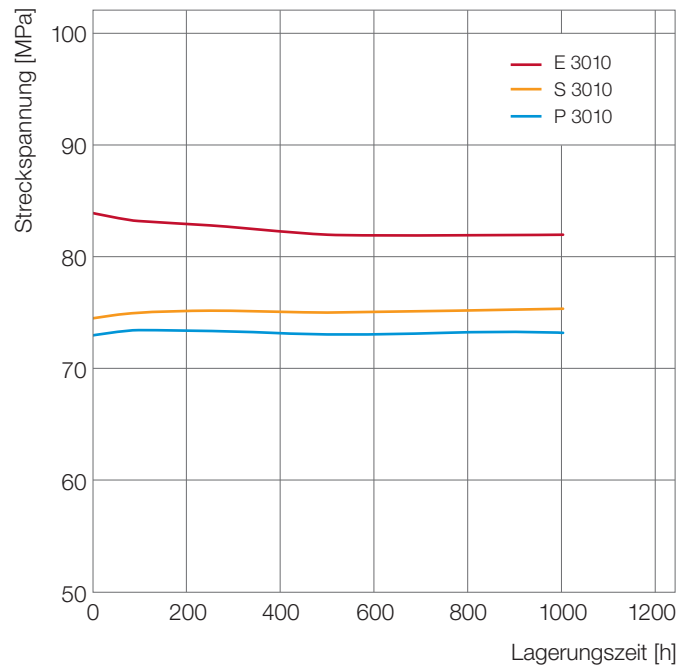


Abb. 36: Beständigkeit von Ultrason® gegen Glykol (50%-ig in Wasser) bei 23°C

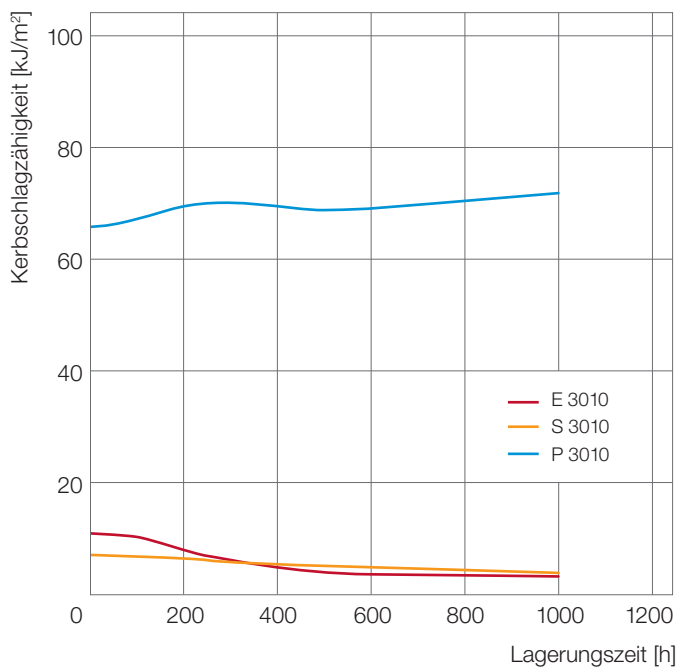


Abb. 35: Beständigkeit von Ultrason® gegen FAM B bei 23°C

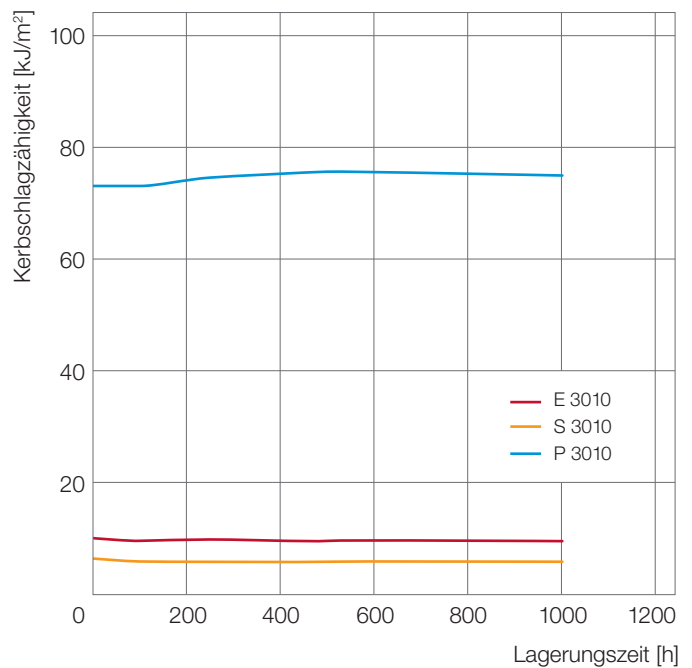


Abb. 37: Beständigkeit von Ultrason® gegen Glykol (50%-ig in Wasser) bei 23°C

## Elektrische Eigenschaften

Für Anwendungen in Elektrotechnik und Elektronik besitzt Ultrason® eine außergewöhnlich günstige Kombination von Eigenschaften: gute Isoliereigenschaften (hoher Durchgangs- und Oberflächenwiderstand), eine hohe Durchschlagsfestigkeit, günstige dielektrische Werte, ausgezeichnete mechanische Eigenschaften auch bei erhöhten Temperaturen, eine hohe Dauergebrauchstemperatur und sehr gutes Verhalten bei Brandbeanspruchung.

Die Kriechstromfestigkeit ist – wie bei den meisten aromatischen Kunststoffen – relativ gering. Die elektrischen Eigenschaften werden durch Feuchtigkeitsaufnahme nur geringfügig beeinflusst. Die elektrischen Prüfwerte sind in der Sortimentsübersicht zusammengestellt.

Die Dielektrizitätszahl von Ultrason® ist in einem weiten Frequenz- sowie Temperaturbereich von -50°C bis in die Nähe der Glasübergangstemperatur nahezu konstant. Auch der dielektrische Verlustfaktor zeigt nur eine geringe Abhängigkeit von Frequenz und Temperatur und ist für einen polaren Kunststoff bemerkenswert niedrig (Abb. 38).

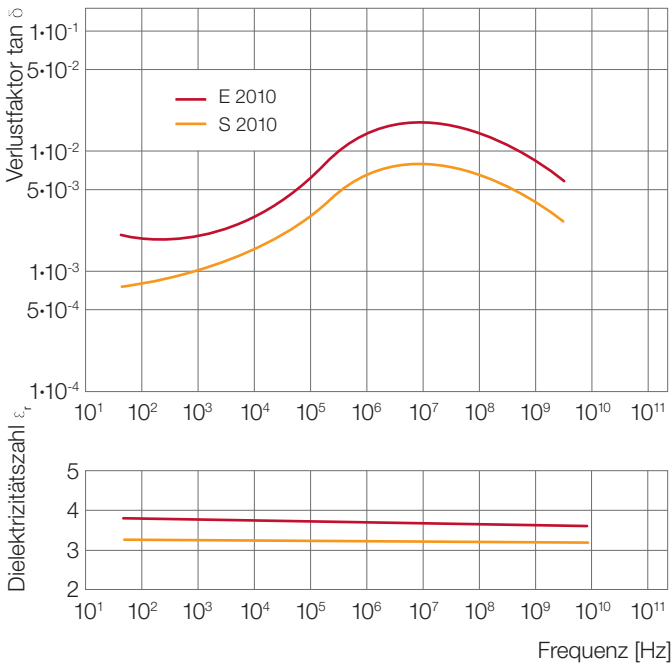


Abb. 38: Dielektrischer Verlustfaktor  $\tan \delta$  und Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  von Ultrason® S 2010 und E 2010 in Abhängigkeit von der Frequenz (bei Normklima)

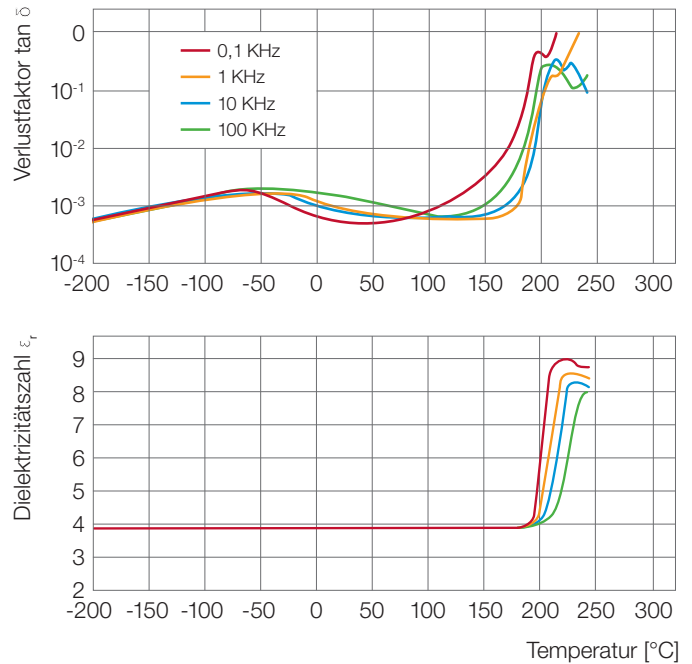


Abb. 39: Dielektrischer Verlustfaktor  $\tan \delta$  und Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  von Ultrason® S 2010 in Abhängigkeit von der Temperatur

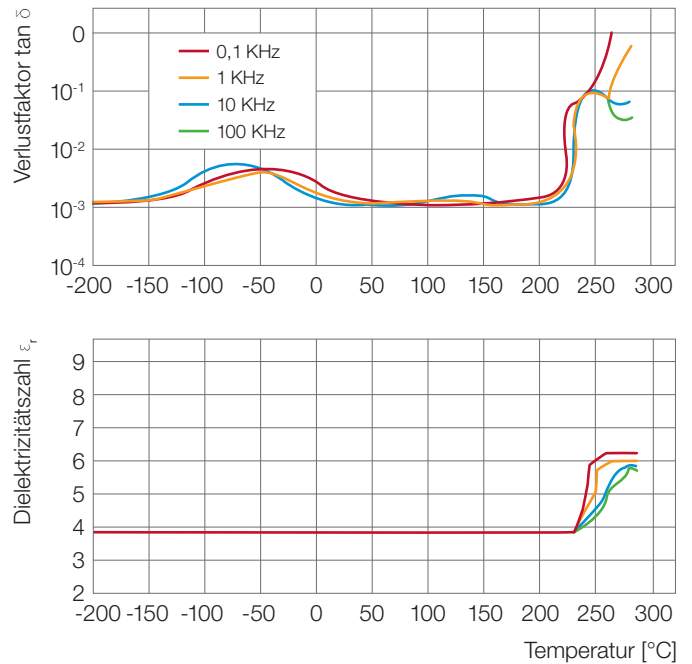


Abb. 40: Dielektrischer Verlustfaktor  $\tan \delta$  und Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  von Ultrason® E 2010 in Abhängigkeit von der Temperatur

## Brennverhalten

### Allgemeine Hinweise

Bei Temperaturen oberhalb 400 °C beginnt Ultrason® sich thermisch zu zersetzen. Inwieweit dann zündbare Konzentrationen brennbarer Gase entstehen, ist abhängig von den Erwärmungs- und Ventilationsbedingungen. Unter den in DIN 54836 festgelegten Prüfbedingungen ergibt sich eine Entzündungstemperatur mit Fremdf Flamme (EMF) für Ultrason® S von 475 °C, für Ultrason® E von 510 °C und für Ultrason® P von 575 °C.

Bei der Verbrennung von Ultrason® entstehen hauptsächlich Kohlendioxid und Wasser sowie Schwefeldioxid. Je nach Anwesenheit von Sauerstoff können Kohlenmonoxid sowie unverbrannte Primärzeretzungsprodukte, beispielsweise Phenole und aromatische Sulfonsäuren, gebildet werden. Erzeugnisse aus Ultrason® zeichnen sich durch geringe Entzündlichkeit, geringe Flammenausbreitung und besonders geringe Rauchentwicklung aus. Nach Wegnahme der Zündquelle erlöschen sie auch ohne zusätzliche Brandschutzrüstung (Tabelle 1).

Ultrason® E	26.000 kJ/kg	7,2 kWh/kg
Ultrason® S	31.000 kJ/kg	8,6 kWh/kg
Ultrason® P	29.000 kJ/kg	8,1 kWh/kg

Tabelle 1: Heizwerte für Ultrason® (Abschätzung nach Dulong)

### Prüfungen

#### Elektrotechnik

Zur Beurteilung des Brennverhaltens elektrischer Isolierstoffe werden verschiedene Werkstoff-Prüfungen herangezogen. Für die Klassifizierung nach der Isolierwerkstoff-Prüfung dient IEC 707/DIN VDE 0304, Teil 3 (Bestimmung der Entflammbarkeit bei Einwirkung von Zündquellen), die drei Prüfverfahren enthält, welche wahlweise herangezogen werden können:

- Verfahren BH: Glühstab,  
horizontale Probekörperanordnung
- Verfahren FH: Bunsenbrenner,  
horizontale Probekörperanordnung
- Verfahren FV: Bunsenbrenner,  
vertikale Probekörperanordnung

Eine weitere Prüfung an stabförmigen Proben ist die Einstufung nach UL 94-Standard, Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances der Underwriters Laboratories INC./USA. Die Prüfergebnisse für Ultrason® sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

	IEC 707/DIN VDE 0304 (Teil 3)			UL 94
	BH	FH	FV	B .../mm
Ultrason® S unverstärkt	BH 2-14 mm	FH 2-14 mm	FV 2	V-2/3,2
Ultrason® S glasfaserverstärkt	BH 2-13 mm	FH 2-14 mm	FV 0	V-0/3,2
Ultrason® E unverstärkt	BH 2-13 mm	FH 2-14 mm	FV 0	V-0/1,6
Ultrason® E glasfaserverstärkt	BH 2-13 mm	FH 2-14 mm	FV 0	V-0/1,6
Ultrason® P unverstärkt				V-0/1,6*

\*Ergebnis eigener Tests

Tabelle 2: Brandverhalten von Ultrason® nach IEC 707/DIN VDE 0304 (Teil 3) und UL 94

Die unverstärkten Ultrason® S-Einstellungen sind in Dicken von 3,2mm in die Klasse UL 94 V-2 eingestuft. Die glasfaserverstärkten Ultrason® S-Marken erreichen in dieser Dicke die Einstufung UL 94 V-0. Die Ultrason® E-Marken sind bei 1,6mm in die Klasse UL 94 V-0 eingestuft. Gemäß eigener Tests, erreicht auch Ultrason® P diese Bewertung.

#### Verkehrswesen

Im Verkehrswesen gelten für Kraft-, Schienen- und Luftfahrzeuge unterschiedliche Anforderungen. Ultrason® E und P sind aufgrund des sehr günstigen Verhaltens bei Brandbeanspruchung für Teile in Kraft- und Schienenfahrzeugen besonders geeignet. So ist zum Beispiel Ultrason® E 2010 in einer Dicke von 2,2mm nach der Vorschrift DV 899/35 der Deutschen Bundesbahn wie folgt zu beurteilen: Brennbarkeitsgrad B3 (schwer brennbar, entflammt schwer, brennt von sich aus im Allgemeinen nur äußerst zögernd bzw. nicht weiter oder verbrennt bzw. verkohlt nur bei zusätzlicher Wärmezufuhr mit geringer Geschwindigkeit); Qualmentwicklungsgrad Q3 (qualmt und rußt mäßig); Tropfbarkeitsgrad T3 (verformt stark, erweicht zonenweise oder bildet anstelle von Tropfen langgezogene Fäden).

Prüfplatten aus Ultrason® P bestehen die strengen Anforderungen der Luftfahrtindustrie, wie sie z. B. im sog. OSU-Test (FAR 25, App. F, part IV & AITM 2.0006) beschrieben sind.

#### Bauwesen

Die Prüfung von Baustoffen für das Bauwesen erfolgt nach DIN 4102, Teil 1 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“. Platten aus unverstärktem und glasfaserverstärktem Ultrason® S sind in die Baustoffklasse B2 (normal entflammbar) einzustufen und erhalten die Bewertung „gilt nicht als brennend abfallend (abtropfend)“. Ultrason® E 2010 erfüllt in einer Dicke von 2,2mm die Anforderungen für die Klassifizierung schwer entflammbar Baustoffklasse B1 gemäß DIN 4102.



Fittinge

## Verhalten gegenüber Chemikalien

Beim Kontakt von Teilen aus Ultrason® mit Chemikalien muss auf die Temperatur des Mediums, besonders aber auf die inneren und äußeren Spannungen, die auf das Formteil einwirken, geachtet werden, denn Ultrason® ist aufgrund des amorphen Aufbaus gegenüber einigen organischen Lösungsmitteln spannungsrissempfindlich. Bei Ultrason® nimmt mit wachsendem Molekulargewicht die Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalien zu und die Spannungsrissempfindlichkeit ab. Glasfaserverstärkte Marken sind wesentlich widerstandsfähiger gegen Chemikalien und weniger empfindlich gegen Spannungsrissebildung als unverstärkte. Darüber hinaus kann die Spannungsrissempfindlichkeit durch mehrstündiges Tempern deutlich verbessert werden.

Ultrason® ist auch bei erhöhter Temperatur beständig gegenüber Wasser, wässrigen Lösungen, z. B. Meerwasser, wässrigen Mineralsäuren, z. B. konzentrierte Salzsäure, organischen Säuren, z. B. Eisessig, Alkalien, aliphatischen Kohlenwasserstoffen, z. B. Benzinen, Petroleum, Alkoholen, Aminen, den meisten Reinigungs- und Sterilisierungsmitteln sowie Ölen und Fetten, z. B. Motor- und Getriebeölen.

Darüber hinaus ist Ultrason® E gegen oxidierende Agenzien wie Wasserstoffperoxid oder Fluor stabil. Bei kurzzeitiger Exposition widerstehen Bauteile aus Ultrason® E auch aromatischen Lösungsmitteln wie Benzol, Xylol oder Toluol. Das gleiche gilt für Ester, Ketone und bestimmte halogenierte Kohlenwasserstoffe. Diese können jedoch spannungsrisse auslösend und bei längerem Kontakt teilweise lösend wirken. Die Beständigkeit gegenüber Kraft- und Schmierstoffen wurde bereits erwähnt (Abb. 32 ff). Ultrason® P ist hervorragend beständig in Gegenwart von Heißwasser oder Heißdampf, also Bedingungen wie sie z. B. in Sterilisierprozessen auftreten.

Detaillierte Angaben zur Chemikalienbeständigkeit von Ultrason® enthält die Technische Information „Verhalten von Ultrason® gegenüber Chemikalien“.



Filtermembrane

## Verhalten bei Bewitterung

Formteile aus nicht eingefärbtem Ultrason® vergilben und verspröden – wie das bei den meisten aromatischen Polymeren der Fall ist – relativ schnell, wenn sie der Witterung ausgesetzt sind. Die Beständigkeit gegen UV-Licht ist bei glasfaserverstärkten und mit Ruß eingefärbten Formteilen deutlich besser. Ein wirksamer Schutz wird durch Lackieren oder Metallisieren erreicht.

## Verhalten gegen energiereiche Strahlung

Im gesamten nutzbaren Temperaturbereich ist Ultrason® gegen Beta-, Gamma- und Röntgenstrahlen sehr beständig. Bei den Ultrason® E-Marken ist erst bei hohen Bestrahlungsdosen (über 2 MGy) ein merklicher Abfall der Streckgrenze und ein wesentlicher Abfall der Reißdehnung festzustellen. Die Gasabgabe ist sehr gering. Die Durchlässigkeit gegen Gamma- und Röntgenstrahlen ist sehr hoch.

Ultrason® zeichnet sich durch eine besonders geringe Absorption von Mikrowellen aus.



Scheinwerferblende



## Wasseraufnahme und Maßhaltigkeit

Formteile aus Ultrason® nehmen in Wasser oder an Luft, abhängig von Feuchte, Zeit, Temperatur und Wanddicke, eine bestimmte, von der Ultrason®-Marke abhängige Menge Feuchtigkeit auf. Abb. 41 zeigt den zeitlichen Verlauf der Wasseraufnahme von Ultrason® bei verschiedenen Versuchsbedingungen.

Die Aufnahme von Feuchtigkeit beeinflusst die mechanischen Eigenschaften. Insbesondere bei ungefüllten Ultrason® E-Marken erhöht Feuchtigkeit die Reißdehnung und vor allem die Schlagzähigkeit. Festigkeit und Zug-E-Modul werden nur geringfügig beeinflusst. Die Maßänderung durch Wasseraufnahme ist bei allen Ultrason®-Typen gering (Tabelle 3).

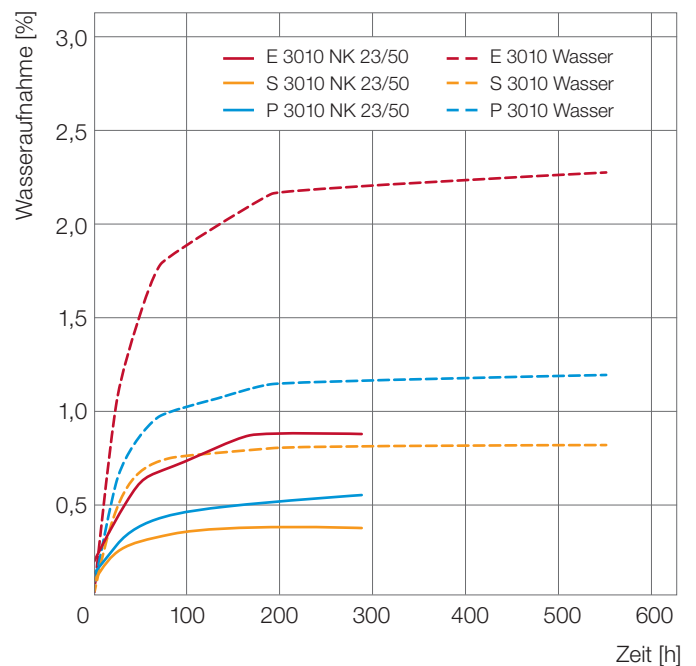


Abb. 41: Wasseraufnahme von Ultrason® in Abhängigkeit von der Lagerzeit (bei Normklima und getaucht), 2 mm Probekörperstärke

	Wasseraufnahme [%]	Querschnittsänderung [%]	Längenänderung [%]
Ultrason® S	0,8	+0,1	+0,1
Ultrason® S G6	0,6	+0,1	+0,1
Ultrason® E	2,2	+0,3	+0,3
Ultrason® E G6	1,6	+0,3	+0,1
Ultrason® P	1,2	+0,1	+0,1

Tabelle 3: Wasseraufnahme und Maßänderung an spritzgegossenen Zugstäben nach Lagerung in Wasser bei 23 °C bis zur Sättigung

# Ultrason® in der Verarbeitung

Ultrason® lässt sich nach allen Verfahren verarbeiten, die für Thermoplaste bekannt sind. Die wichtigsten Verfahren sind das Spritzgießen und die Extrusion.

## Allgemeine Hinweise

### Vorbehandlung

Ultrason®-Granulat kann innerhalb sehr kurzer Zeit Feuchtigkeit aufnehmen. Bereits sehr geringe Mengen an Feuchtigkeit ( $\geq 0,05\%$ ) führen bei der Verarbeitung von Ultrason® zur optischen Beeinträchtigung der Formteile. Ultrason® muss in jedem Fall vor der Verarbeitung in einem Vakuumtrockenschrank oder in einem Trockenlufttrockner bei 130°C bis 150°C mindestens drei bis vier Stunden getrocknet werden. Umlufttrockner sind für Ultrason® nicht geeignet. Für optimale Ergebnisse sollten die Feuchtigkeitsgehalte unter 0,02% liegen.

### Anfahren, Unterbrechen

Die Verarbeitungsmaschine wird in der bei Thermoplasten üblichen Weise angefahren: Die Heizungen werden zunächst so eingestellt, dass für die jeweilige Ultrason®-Marke eine mittlere Masse- und Werkzeugoberflächentemperatur gemäß Tabelle 4 erreicht wird; danach sind die Verarbeitungstemperaturen gegebenenfalls anzupassen. Bei längeren Unterbrechungen muss die Zylinderheizung abgestellt, bei kürzeren kann sie um ca. 100°C abgesenkt werden. Bei

Spritzgießmaschinen sollte die Schnecke dabei zweckmäßigerweise in vorderster Stellung stehen (Massepolster 0 mm). Beim Wiederaanfahren muss das im Zylinder befindliche Produkt abgepumpt werden.

### Verträglichkeit der Ultrason®-Marken untereinander und mit anderen Thermoplasten

Wird Ultrason® während der Handhabung (z. B. im Trockner, in Förderleitungen) oder durch geringe Reste in der Spritzeinheit mit fremden Polymeren vermischt, kommt es zur Eintrübung der Formteile. Dies gilt ebenso für eine Vermischung der Ultrason®-Polymere untereinander. Bei der Vermischung zum Beispiel mit PE, PP, PS, PPE machen sich bereits geringe Mengen störend bemerkbar (z. B. in Form einer Schichtstruktur und durch verminderte Schlagzähigkeit). Bei den meisten Thermoplasten besteht, bedingt durch die hohen Verarbeitungstemperaturen von Ultrason®, die Gefahr der thermischen Zersetzung.

### Einfärbung

Ultrason® wird vorwiegend ungefärbt oder schwarz eingefärbt geliefert. Es ist aber möglich, mit Hilfe von eigens hergestellten Masterbatches beliebige Einfärbungen zu erzeugen (Selbsteinfärbung). Dabei ist es eventuell erforderlich, die Verarbeitungsmaschinen mit speziellen Schnecken und/oder Mischelementen für das Selbsteinfärben auszustatten. Die Farbbatche müssen auf dem jeweiligen Polymer basiert sein.

Produkt	Massetemperaturbereich [°C]	Werkzeugtemperaturbereich [°C]
Ultrason® E unverstärkt	340 - 390	140 - 180
Ultrason® E verstärkt	350 - 390	150 - 190
Ultrason® S unverstärkt	330 - 390	120 - 160
Ultrason® S verstärkt	350 - 390	130 - 180
Ultrason® P unverstärkt	350 - 390	140 - 180

Tabelle 4: Richtwerte für Masse- und Werkzeugtemperaturen beim Spritzgießen

## Wiederverarbeitung, Wiederverwertung

Rezyklat aus Angüssen, Ausschussteilen und dergleichen können bei Ultrason®-Marken in begrenztem Umfang (bis ca. 20%) wiederverwendet werden, sofern sie nicht verschmutzt sind und das Material bei der vorangegangenen Verarbeitung nicht thermisch geschädigt wurde. Ultrason® nimmt als Mahlgut besonders schnell Feuchtigkeit auf. Auch wenn das Mahlgut trocken gelagert wird, ist eine Trocknung kurz vor der Verarbeitung unbedingt notwendig. Der Zusatz von Mahlgut zum frischen Granulat kann den Einzug, das Fließ- und Entformungsverhalten sowie die mechanischen Eigenschaften, namentlich die Schlagzähigkeit, verändern. Für hochwertige technische Teile sollte deshalb nur Neuware verwendet werden.

## Spritzgießen

Ultrason® lässt sich auf allen handelsüblichen Spritzgießmaschinen verarbeiten; entscheidend sind aber die richtige Auslegung der Plastifiziereinheit sowie die Temperierung des Spritzaggregates und des Werkzeuges.

Bei Unsicherheiten hinsichtlich der thermischen Belastbarkeit von Maschinenteilen (z. B. Zylinder, Zylinderkopf, Verschraubungen, etc.) sollte unbedingt Rücksprache mit dem Maschinenhersteller gehalten werden.

## Plastifiziereinheit

### Dreizonenschnecken

Die für andere technische Thermoplaste üblichen eingängigen Dreizonenschnecken eignen sich auch für die Spritzgießverarbeitung von Ultrason®. Eine wirksame Schneckenlänge von 18 bis 22 D mit einer Gangsteigung von 0,8 bis 1,0 D hat sich für die Verarbeitung von Ultrason® besonders bewährt. Empfehlenswerte Gangtiefen für verschiedene Schneckendurchmesser sind in Abb. 42 aufgeführt.

Flach geschnittene Schnecken nehmen weniger Material auf als tief geschnittene. Somit ist auch die Verweilzeit der Schmelze im Zylinder kürzer. Daraus folgt, dass das Granulat schonender aufgeschmolzen und thermisch nicht so stark belastet wird. Das wirkt sich vorteilhaft auf die Qualität der Formteile aus.

### Schneckenspitze, Rückströmsperre

Wichtig für einen störungsfreien Schmelzefluss in der Plastifiziereinheit sind die Ausführungen der Schneckenspitze und der Rückströmsperre.

### Maschinendüse

Es können sowohl offene Düsen, als auch Nadelverschlussdüsen verwendet werden. Offene Düsen werden oft wegen ihrer strömungsgünstigeren Ausführung den Verschlussdüsen vorgezogen; sie ermöglichen besonders beim Umstellen von Farben einen leichteren Wechsel. Dagegen ist erstarrte Schmelze bei Verschlussdüsen leichter und sauberer aus der Düsenbohrung zu entfernen als bei offenen Düsen.

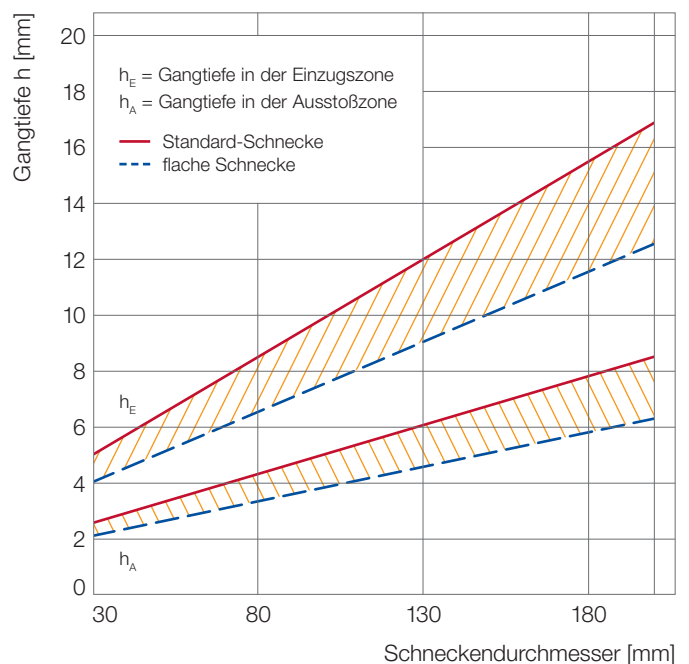


Abb. 42: Schneckengangtiefen von Dreizonenschnecken für Spritzgießmaschinen

### Verschleißschutz

Für die Verarbeitung von Ultrason® können die üblichen nitrierten oder boriierten Schnecken und Zylinder nur bedingt verwendet werden. Die thermische Belastbarkeit und die zu erwartenden Standzeiten sollten im Zweifelsfall mit dem Hersteller geklärt werden. Günstiger ist es, wie bei der Verarbeitung der meisten glasfaserverstärkten Thermoplaste, verschleißgeschützte Spritzeinheiten zu verwenden. Dazu gehören Bimetallzylinder und gepanzerte Schnecken, Schneckenspitzen und Rückströmsperren.

### Heizbänder, Regler, Thermoelemente

Für die Verarbeitung von Ultrason® sind Standard-Heizbänder in der Regel ausreichend. Im Interesse langer Standzeiten ist der Einsatz von Keramik-Heizbändern meist empfehlenswert.

## **Spritzgießwerkzeug**

### Werkzeuggestaltung

Bei der Auswahl der Werkzeugbaustähle müssen die hohen Werkzeug- und Schmelzetemperaturen berücksichtigt werden. Je nach Einsatztemperatur müssen mögliche Gefügeänderungen des Stahls und damit verbundene Eigenschaftseinbußen und/oder maßliche Änderungen berücksichtigt werden. Die Anlasstemperatur des Stahls sollte um mindestens 50K über der Betriebstemperatur des Werkzeugs liegen. Bewährt haben sich hochlegierte Warmarbeitsstähle (z. B. 1.2343, 1.2344).

Die Konstruktionsrichtlinien nach VDI 2006 für die Werkzeuggestaltung gelten auch für Ultrason®-Marken.

### Entformungsschrägen, Auswerfer

Für eine problemlose Entformung ist es wichtig, dass Entformungsschrägen und Übergangsradien ausreichend groß ausgeführt werden. Die Entformungsschräge beträgt bei Spritzgießwerkzeugen für Ultrason® im allgemeinen ein bis zwei Grad. Wichtig ist, dass die Auswerferstifte oder Abstreifplatten möglichst großflächig ausgelegt sind, damit sie die Formteile beim Entformen nicht durchstoßen oder deformieren.

### Angussarten

Grundsätzlich sind alle üblichen Angussarten – auch Heißkanalsysteme – verwendbar. Bei selbstisolierenden Heißkanal- und Vorkammersystemen besteht infolge der hohen Verarbeitungstemperatur von Ultrason® die Gefahr, dass die Schmelze einfriert. Durch lange Verweilzeiten kann es zu einer thermischen Schädigung des Produktes kommen. Die Angüsse und Anschnitte müssen ausreichend dimensioniert sein; bei zu kleinen Querschnitten müssen aufgrund zu hoher Spritzdrücke oft unnötig hohe Massetemperaturen eingestellt werden. Als Folge können Verbrennungen auf den Formteiloberflächen auftreten. Erstarrt die Schmelze im Anguss zu früh, so kann das zu Lunkern und Einfallstellen am Teil führen, weil die Volumenkontraktion der Schmelze während der Nachdruckphase nicht ausgeglichen werden kann.

### Einlegeteile

Metallteile können einwandfrei umspritzt werden. Bei größeren Abmessungen sollten sie jedoch auf 150°C, zumindest aber auf die Werkzeugtemperatur vorgewärmt werden, damit keine zu hohen Eigenspannungen auftreten.

### Werkzeugtemperiergeräte

Die Formteilqualität ist ganz entscheidend von den Temperaturverhältnissen im Werkzeug abhängig. Nur mit einem sinnvoll angelegten Temperierkanalsystem im Werkzeug in Verbindung mit leistungsgerechten Temperiergeräten ist eine exakte Werkzeugtemperierung möglich. Werden Schnellkupplungssysteme verwendet, sollte die Eignung der Systeme bezüglich Druck- und Temperaturbeanspruchung geprüft werden. Bei den für Ultrason® erforderlichen Werkzeugtemperaturen sind Öl-Temperiergeräte einsetzbar. Mit speziellen Wassertemperiergeräten können auch Temperaturen bis 200°C erreicht werden. Wird Wasser bei Temperaturen über 100°C verwendet, ist neben geeigneten Temperiergeräten auch die druckfeste Auslegung des gesamten Temperiersystems notwendig (ca. 20bar Betriebsdruck bei 200°C). Auch eine elektrische Beheizung der Werkzeuge ist u. U. möglich.

## Spritzgießverarbeitung

### Massetemperaturen

Für die verschiedenen Ultrason®-Marken sind die in Tabelle 4 aufgeführten Massetemperaturbereiche empfehlenswert. Höhere Massetemperaturen sind wegen einer möglichen thermischen Schädigung der Schmelze zu vermeiden.

### Werkzeugtemperaturen

Die Werkzeugoberflächentemperatur beeinflusst die Oberflächengüte, die Schwindung, den Verzug, die Maßtoleranzen und das Niveau innerer Spannungen der Formteile.

Ultrason® wird in der Regel mit Werkzeugtemperaturen von 120°C bis 160°C verarbeitet. Lediglich verstärkte bzw. gefüllte Ultrason®-Marken benötigen höhere Temperaturen, um optimale Formteiloberflächen zu erzielen. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die notwendigen Werkzeugoberflächentemperaturen; Wärmeverluste können durch eine Isolierung zwischen Werkzeug und Aufspannplatten vermindert werden. Ein gutes Temperierkanalsystem, verbunden mit der richtigen Temperatur im Werkzeug, ist die Voraussetzung für hochwertige Formteile.

### Zylindertemperaturen

Ein schonendes Aufschmelzen wird bei langen Verweilzeiten der Schmelze im Zylinder dadurch erreicht, dass man die Temperaturen der Zylinderheizbänder vom Einfülltrichter

zur Düse hin ansteigend einstellt. Sollte die Schnecke beim Dosieren quietschen, kann eventuell ein horizontales Temperaturprofil Abhilfe schaffen. Die Düse muss mit mindestens einem Heizband-Heizleistung 450 bis 500W-versehen sein, weil durch Abstrahlung und Wärmeableitung an das Spritzgießwerkzeug starke Wärmeverluste auftreten und die Gefahr des Einfrierens der Schmelze in der Düse besteht.

### Verweilzeit im Zylinder

Die Verweilzeit des Kunststoffes im Plastifizierzylinder hat entscheidenden Einfluss auf die Formteilqualität. Besonders beim Arbeiten im Bereich höherer Massetemperaturen sollte auf eine kurze Zyklus- und damit kurze Verweilzeit geachtet werden.

### Fließverhalten

Das Fließverhalten kann z. B. mit einem Fließspiralwerkzeug auf einer handelsüblichen Spritzgießmaschine beurteilt werden. Dabei wird bei vorgegebenem Einspritzdruck von 1.000 bar der in diesem Werkzeug zurückgelegte Weg als Maß für die Fließfähigkeit herangezogen. Da aber nicht nur die Fließigenschaften des Kunststoffes, sondern auch die Verarbeitungsbedingungen, die Geometrie des Formteils und die des Angussystems die erzielbaren Fließwege beeinflussen, sind die in Tabelle 5 dargestellten Fließspiralängen nur bedingt auf reale Bauteile übertragbar.

Ultrason®-Type	T <sub>M</sub> [°C]	T <sub>W</sub> [°C]	Spirallänge [mm]			
			Dicke 1 mm	Dicke 1,5 mm	Dicke 2 mm	Dicke 2,5 mm
S 2010	370	160	90	195	280	380
S 3010	370	160	73	165	230	315
	390	160	95	180	250	370
S 6010	370	160	68	120	155	230
	390	160	77	150	180	270
S 2010 G6	370	160	75	105	150	300
E 1010	370	160	125	200	290	420
	390	160	131	260	375	520
E 2010	370	160	77	160	230	320
	390	160	97	195	290	410
E 3010	370	160	70	110	165	210
	390	160	73	130	200	270
E 2010 G6	370	180	58	135	160	230
	390	180	72	145	210	300
P 2010	370	160	61	119	176	271
	390	160	66	159	242	387
P 3010	370	160	55	95	125	165
	390	160	67	120	160	270

Tabelle 5: Fließweglängen bei verschiedenen Spiraldicken

Nachdruck

Der Nachdruck und die Nachdruckzeit sollen die beim Erstarren und beim weiteren Abkühlen auftretende Volumenkontraktion so gut wie möglich ausgleichen. Um ein Überladen der angussnahen Bereiche durch zu hohen Nachdruck zu vermeiden, bietet sich oft die Einstellung eines Nachdruckprofils an.

Schwindung und Nachschwindung

In der ISO 294 ist die Vorgehensweise für die Messung der Verarbeitungsschwindung festgelegt. Zur Einschätzung des Schwindungsverhaltens sind in Abb. 43 die nach ISO 294 gemessenen Schwindungswerte für Ultrason® zusammengestellt. Diese Schwindungswerte zeigen, dass – wie bei den meisten Thermoplasten – hauptsächlich bei den glasfaserverstärkten Produkten Differenzen zwischen Längs- und Querschwindung auftreten. Die Nachschwindung ist beim amorphen Ultrason® vernachlässigbar gering.

Weitere Informationen und Hinweise zum Spritzgießen sind in der Broschüre „Ultrason® in der Spritzgießverarbeitung“ enthalten.

Verzug

Formteile aus Ultrason® neigen kaum zum Verzug, allerdings muss für eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Werkzeug gesorgt werden. Bei glasfaserverstärkten Produkten ist die Verzugsneigung aufgrund des anisotropen Schwindungsverhaltens etwas größer.

Entformung

Die Entformungsschrägen sollten bei Werkzeugen für die Spritzgussverarbeitung von Ultrason® im Allgemeinen ein bis zwei Grad betragen. Übergangsradien sollten möglichst groß ausgeführt werden. Scharfe Ecken und Kanten sollten mit einem minimalen Radius von 0,4mm abgerundet sein. Aufgrund der relativ hohen Entformungstemperaturen ist bei Verwendung von Formteilhandling-Geräten auf die wärme-feste Auslegung von Greifern, Saugern bzw. Transportbändern zu achten.

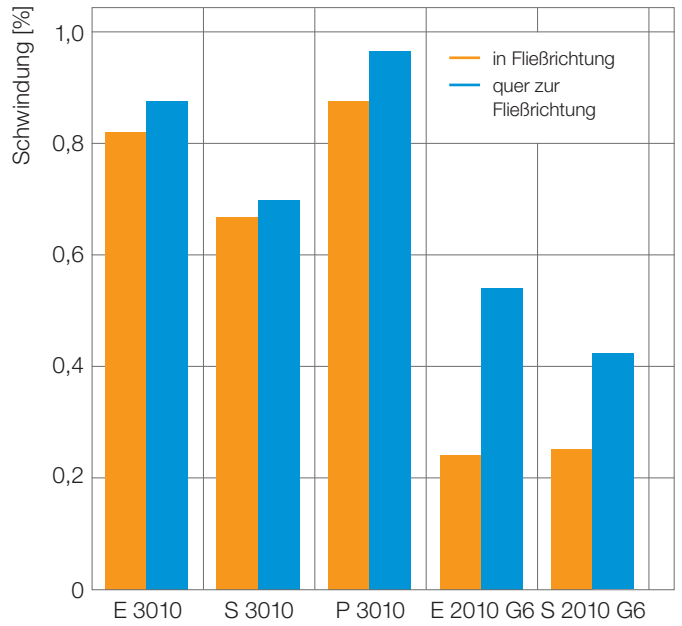


Abb. 43: Schwindungswerte verschiedener Ultrason®-Typen in und quer zur Fließrichtung

Extrusion

Ultrason® eignet sich für die Extrusion von Halbzeug wie Tafeln, Breitschlitzfolien, Rohren und Profilen sowie zur Herstellung geblasener Hohlkörper.

Vorzugsweise werden die höherviskosen Marken Ultrason® E 3010, Ultrason® S 3010 und Ultrason® P 3010 eingesetzt. Für die Extrusion sind Extruder mit Dreizonenschnecken und entsprechend geschnittenen Entgasungsschnecken geeignet. Bei Entgasungsextrudern hat sich eine Schneckenlänge L von 30D bewährt. Für andere Schnecken sind eine Länge von 25D und eine konstante Gangsteigung von 1D üblich. Das Kompressionsverhältnis sollte bis zu 2,3:1 betragen.

Lochscheiben und Siebe sind zum Ausgleich von unterschiedlichen Werkzeugwiderständen und zum Druckaufbau erforderlich. Allerdings sollten zu hohe Drücke durch sehr feine Siebe vermieden werden. Zur Vermeidung ansteigender Massetemperaturen infolge Friktionserwärmung sollte die Gangtiefe der Schnecke bei Extrudern mit genuteter und wärmegetrennter Einzugszone größer sein als für die Verarbeitung von hochmolekularem HDPE.

Auf Scher- bzw. Mischteile sollte verzichtet werden, um ein Ansteigen der Massetemperatur durch Friktionserwärmung zu vermeiden. Die genutete Einzugszone sollte auf 220°C bis 250°C beheizt werden.

Extruder und schmelzeführende Teile sollten für Massetemperaturen bis zu 390°C ausgelegt sein. Die Temperatur im Einzugsbereich sollte relativ niedrig sein (ca. 160°C bis 200°C), um Brückenbildung zu vermeiden und eine gleichmäßige Förderung sicherzustellen. In der Kompressionszone und der Ausstoßzone sind in der Regel Temperaturen von 280°C bis 340°C erforderlich. Alle schmelzeführenden Teile sollten strömungstechnisch so ausgelegt sein, dass keine toten Zonen entstehen. Steht für die Verarbeitung keine Entgasungsschnecke zur Verfügung, so ist eine intensive Vortrocknung des Granulates und dessen Trockenhaltung während der Verarbeitung unerlässlich.

Für die Trocknung dürfen nur Vakuumtrockenschränke oder Trockenlufttrockner verwendet werden (Abschnitt „Vorbehandlung“).

#### Die Herstellung von Rohren, Profilen und Platten

Rohre und Profile aus Ultrason® werden nach üblichen Vakuum- oder Vakuumwasserbad-Kalibrierverfahren extrudiert. Besonders geeignet sind dafür die höherviskosen 3010er-Marken, die die Herstellung selbst großformatiger Rohre und Profile erlauben. Aus diesen Marken lassen sich Rohre mit Außendurchmessern von einigen Millimetern bis etwa 200 mm extrudieren. Zugehörige Wanddicken von einigen Zehntelmillimetern bis etwa 10 mm sind herstellbar. Abhängig vom angewandten Extrusionsverfahren und den Rohrdimensionen können im Formteil innere Spannungen auftreten, die aber durch Wahl geeigneter Verarbeitungsbedingungen und eventuelle Nachbehandlung zu minimieren sind. Grundsätzlich gilt, dass zur Erzielung eines spannungsarmen Extrudates eine möglichst langsame Abkühlung der Schmelze Voraussetzung ist. Erreicht werden kann dies bei der Extrusion durch:

- tiefstmögliche Massetemperatur
- möglichst geringe Temperaturdifferenz zwischen der Massetemperatur und den Temperaturen der Nachfolgeaggregate (eventuell durch angehobene Wasserbadtemperaturen oder Trockenkalibrierung)

	Ultrason® E 3010
Rohrabmessungen (Außendurchmesser x Wanddicke)	6,2x1 mm
Extruder	ø 45 mm, 25 D
Schnecke - Zoneinteilung: $L_E/L_K/L_A$ - Gangtiefen: $h_E/h_A$	8/6/11 D 7,5/3 mm
Temperaturführung - Extruder (von der Einzugszone bis zur Schneckenspitze) - Adapter - Rohrkopf - Düse	180/340/... 300°C 300°C 300°C 300°C
Düse	ø 16,8 mm
Dorn	ø 12,2 mm
Spalt	2,3 mm
Vakuum-Wasserbad	40 - 50 °C
Kalibrierscheibe	ø 6,3 mm
Schneckendrehzahl	20 min <sup>-1</sup>
Massetemperatur	320°C
Massedruck	100 bar
Abzugsgeschwindigkeit	11,3 m/min
Durchsatz	13,9 kg/h

$D$  = Schneckendurchmesser       $L_E$  = Länge der Einzugszone  
 $h_E$  = Gangtiefe in der Einzugszone       $L_A$  = Länge der Ausstoßzone  
 $h_A$  = Gangtiefe in der Ausstoßzone       $L_K$  = Länge der Kompressionszone

Tabelle 6: Verarbeitungsbeispiel für die Herstellung von Rohren aus Ultrason®

Dickwandige Hohl- und Vollprofile, z. B. Rundstäbe, Flachstäbe und Hohlstäbe, werden meist nach dem Kühldüsenextrusionsverfahren hergestellt. Die für andere Thermoplaste vorhandenen maschinellen Einrichtungen sind grundsätzlich auch für Ultrason® geeignet, soweit sie entsprechend hoch beheizbar sind. Bezüglich des temperierten Teiles der Kühldüse muss jedoch in aller Regel von Wasser- auf Ölbeheizung umgestellt werden, um die für eine langsame Abkühlung erforderliche Temperatur von 170°C bis 180°C (für Ultrason® S) bzw. 200°C bis 210°C (für Ultrason® E und P) zu erreichen.

Mit den 3010er-Typen können sowohl dünnwandige als auch dickwandige Teile gefertigt werden. Aufgrund der zwangsläufig hohen Verweilzeit der Schmelze bei der Halbzeugextrusion sollte die Masstemperatur im Bereich von 280°C bis 320°C gehalten werden. Die Volumenschrumpfung lässt sich durch hohen Druck und eine der jeweiligen Wanddicke angepasste Durchsatzgeschwindigkeit ausgleichen.

Durch die zeitlich unterschiedliche Verfestigung der Schmelze und Abkühlung auf Raumtemperatur entstehen Spannungen, die sich durch eine nachträgliche Wärmebehandlung (Tempern) abbauen lassen. Entscheidend für die Wirksamkeit der Temperung ist die angewandte Temperatur. Sie sollte für Ultrason® E 215°C, Ultrason® S 180°C und für Ultrason® P 205°C betragen. Die Temperzeit ist der jeweiligen Schichtdicke des Halbzeuges anzupassen (siehe Abschnitt „Tempern“).

Stabdurchmesser	60 mm
Extruder	ø45 mm, 25 D
Schnecke – Zoneneinteilung: $L_E/L_K/L_A$ – Gangtiefen: $h_E/h_A$	8/6/11 D 6,5/3 mm
Temperaturführung – Extruder – Adapter – Werkzeug beheizter Teil – Werkzeug temperierter Teil	180/280/... 320°C 320°C 320°C 170°C
Schneckendrehzahl	8 min <sup>-1</sup>
Abzugsgeschwindigkeit	20 mm/min
Durchsatz	4,7 kg/h

D = Schneckendurchmesser       $L_E$  = Länge der Einzugszone  
 $h_E$  = Gangtiefe in der Einzugszone       $L_A$  = Länge der Ausstoßzone  
 $h_A$  = Gangtiefe in der Ausstoßzone       $L_K$  = Länge der Kompressionszone

Tabelle 7: Verarbeitungsbeispiel für die Herstellung von Rundstäben aus Ultrason® E 3010

### Die Herstellung von Tafeln

Tafeln werden auf entsprechend hoch beheizbaren, handelsüblichen Anlagen mit Breitschlitzdüsen, Dreiwalzenglättwerk und anschließendem Abzug hergestellt. Die Lippen der Breitschlitzdüsen sollten möglichst nahe an den Walzenspalt reichen. Die Temperaturen der Walzen richten sich nach der Tafeldicke und bewegen sich zwischen 160°C an der unteren Walze (bei Einlauf der Schmelze im unteren Walzenspalt) und der jeweiligen Glasübergangstemperatur an der oberen Walze.

	Ultrason® S 2010	Ultrason® E 3010
Tafelquerschnitt	950 x 2 mm	765 x 4 mm
Extruder	ø 90 mm, 30 D	ø 90 mm, 30 D
Schnecke – Zoneneinteilung – Scherteil  – Gangtiefen	$L_{E/K/A} = 9/1,5/6 D$ 0,5 D / 0,75 mm Spalt Entgasung 4,5 D $L_{E/K1/A1} = 1/5,5/2 D$ $h_{E/A} = 10,8/4 mm$ $h_{E1/A1} = 16,8/5,6 mm$	$L_{E/K/A} = 12/8/10 D$   $h_{E/A} = 14/6 mm$
Düse	1100 mm	800 mm
Temperaturführung – Zylinder  – Adapter – Düse	240/330/ 340/300°C 300°C 310°C	240/320/ 340/300°C 300°C 310°C
Dreiwalzenglättwerk	300 mm Walzen- durchmesser	300 mm Walzen- durchmesser
Temperatur: oben Mitte unten	225°C 200°C 170°C	210°C 200°C 200°C
Infrarotstrahler installiert um	mittlere und Ablaufwalze	mittlere und Ablaufwalze
Schneckendrehzahl	35 min <sup>-1</sup>	20 min <sup>-1</sup>
Masstemperatur	367°C	360°C
Abzugsgeschwindigkeit	0,78 m/min	0,52 m/min
Durchsatz	120 kg/h	134 kg/h

D = Schneckendurchmesser       $L_E$  = Länge der Einzugszone  
 $h_E$  = Gangtiefe in der Einzugszone       $L_A$  = Länge der Ausstoßzone  
 $h_A$  = Gangtiefe in der Ausstoßzone       $L_K$  = Länge der Kompressionszone

Bei Ultrason® E 2010 (Entgasungsschnecke): Index ... 1 entsprechende Größen für Schnecke nach Entgasungsteil.

Tabelle 8: Verarbeitungsbeispiel für die Herstellung von Tafeln aus Ultrason® S 2010 und Ultrason® E 3010



Meist müssen zusätzlich Infrarot-Strahler installiert werden, um eine gute Planlage zu erzielen. Vorteilhaft ist, einige Strahler um die mittlere und obere Walze (Ablaufwalze) sowie am Anfang der Luftkühlstrecke zu positionieren.

Durchsatz und Abzugsgeschwindigkeit sind so aufeinander abzustimmen, dass sich vor dem Walzenspalt ein kleiner, über die Walzenbreite gleichmäßiger Wulst bildet. Dadurch können Toleranz und Oberflächenglätte günstig beeinflusst werden. Die erreichbare Tafeldicke hängt vom Durchmesser der Glättwalzen ab. Für Dicken von 2-3 mm reichen 300-mm-Walzen aus, für darüberliegende Dicken sind Walzen mit größerem Durchmesser erforderlich.

### Blasformen

Alle Ultrason®-Marken sind für das Blasform-Verfahren geeignet. Der Einsatz eines Speicherkopfes kann erforderlich sein. Der für die Extrusion des Vorformlings empfohlene Masstemperaturbereich beträgt 280 bis 330 °C. Da bei hohen Temperaturen die Wärmeabstrahlung an Flansch, Speicherkopf und Schlauchkopf stark zunimmt, empfiehlt es sich, diese zu isolieren.

Eine gute Oberflächenqualität wird mit einer Werkzeugoberflächentemperatur von 80 °C bis 100 °C erreicht. Hinterschneidungen an Blaswerkzeugen, z. B. am Gewindeauslauf oder bei nach innen gewölbten Flaschenböden, sind zu vermeiden.

Hinweise zur Verwertung von Butzen sind im Abschnitt „Wiederverarbeitung, Wiederverwertung“ beschrieben.

### Folien für optische Anwendungen

Die Folienextrusion eignet sich auch für die Herstellung von Folien mit besonders hohen Anforderungen an die optischen Eigenschaften. So werden z. B. für den Einsatz in Displays Folien mit hoher optischer Transparenz, geringsten Eigenstressungen sowie hoher Oberflächenqualität gefordert. Solche Anforderungen können mit entsprechend ausgelegten Extrusionsanlagen erfüllt werden. Für diese Anwendungen kommt üblicherweise die in der Eigenfarbe optimierte Type Ultrason® E 2010 HC zum Einsatz. Zur Minimierung von Eigenstressungen bei optimaler Oberflächengüte sollten die Temperaturen des Werkzeugs, der Walzen sowie der Schmelze im oberen Verarbeitungsbereich liegen. Typische Foliendicken liegen in der Größenordnung von 100 - 500 µm (Abschnitt „Optische Eigenschaften“).

### Die Herstellung von Folien mittels Breitschlitzwerkzeug

Für die Herstellung von Breitschlitzfolien sind handelsübliche Chill-Roll-Anlagen geeignet, wenn sie ausreichend beheizbar sind. Besonders im Lippenbereich der Düsen sollten Temperaturen von ca. 350 °C eingestellt werden können, da hier die Gefahr des Einfrierens der Schmelze in den Randzonen besteht.

### Die Herstellung von Ultrason®-Schaum (Ultratect®)

Ultrason® lässt sich nach einem von BASF geschützten Verfahren, der Ultratect®-Technologie, zu Schäumen verarbeiten. Dabei ist sowohl eine diskontinuierliche Blockschaum-Variante, als auch eine kontinuierliche Extrusionsschaum-Variante realisierbar. Beim Extrusionsschaumen werden endlose Plattenbahnen einstellbarer Dicke gefertigt, die dann auf die geforderten Maße zugeschnitten werden können. Das Schäumen wird mittels physikalischer Treibmittel bewerkstelligt. Typische Dichten liegen je nach Anwendungsfall im Bereich von 40 g/l bis 120 g/l. Ultratect® hebt sich gegenüber vielen anderen Thermoplastschäumen durch die typischen Ultrason®-Eigenschaften ab, wie Temperatur- und Chemikalienbeständigkeit sowie inhärente Flammwidrigkeit.

Folienbreite	310 mm
Foliendicke	100 µm
Extruder	ø 60 mm, 25 D
Schnecke	
– Zoneneinteilung: $L_E/L_K/L_A$	10/5/10 D
– Gangtiefen: $h_E/h_A$	9/3 mm
Düsenbreite	400 mm
Düsenpalt	0,5 mm
Temperaturführung	
– Zylinder	300/300/320/320 °C
– Flansch	300 °C
– Düse	320 °C
– Kühlwalzen	210/200 °C
Schneckendrehzahl	37 min <sup>-1</sup>
Masstemperatur	370 °C
Abzugsgeschwindigkeit	12 m/min
Durchsatz	36 kg/h

D = Schneckendurchmesser  
 $h_E$  = Gangtiefe in der Einzugszone  
 $h_A$  = Gangtiefe in der Ausstoßzone  
 $L_E$  = Länge der Einzugszone  
 $L_A$  = Länge der Ausstoßzone  
 $L_K$  = Länge der Kompressionszone

Tabelle 9: Verarbeitungsbeispiel für die Herstellung von Breitschlitzfolien aus Ultrason® E 2010

## Bearbeiten, Fertigungsmethoden und Nachbehandeln

Bei allen Bearbeitungsverfahren ist es wichtig, dass das Halbzeug oder die Formteile fest eingespannt sind und so auf der Unterlage aufliegen, dass sie weder vibrieren noch nachgeben. Weiterhin ist eine ausreichende Kühlung der Halbzeuge erforderlich. Dazu müssen die Werkzeuge zur Bearbeitung immer scharf sein und die für Thermoplaste geeigneten Schneidwinkel und Freischliffe aufweisen.

### Spanende Bearbeitung

Halbzeug aus Ultrason® lässt sich gut spanend bearbeiten. Die Schnittkräfte sind im Vergleich zur Metallbearbeitung gering. Der Vorschub beträgt je nach der gewünschten Oberflächenrauheit 0,1 bis 0,5 mm/U. Folgende Bearbeitungsverfahren kommen in Betracht: Drehen, Fräsen, Sägen, Bohren (Spiralbohren), Gewindeschneiden (Gewinde mit großer Steigung und trapezförmigen Flanken), Stanzen und Aufreiben. Wasser ist zur Kühlung der Halbzeuge gut geeignet. Emulsionen führen in einigen Fällen zu Spannungsrissen.

### Schneiden

Auf handelsüblichen Schlagscheren können dünne Ultrason®-Platten getrennt werden. Der Schnitt muss gleichmäßig und ohne abzusetzen durchgehend erfolgen.

### Sägen

Die beste Methode, Ultrason®-Halbzeug zu trennen, ist das Sägen. Bei Bandsägen sollen die Sägebandgeschwindigkeiten 1000 bis 1500 m/min betragen und die Sägebänder sechs bis zehn Zähne pro Zoll aufweisen. Geeignete Kreissägen haben Umfangsgeschwindigkeiten von 3000 bis 4000 m/min und Sägeblätter mit fünf bis sechs Zähnen/Zoll. Konturen an Formteilen können mit Stichsägen ausgesägt werden, wobei die verwendeten Sägeblätter 18 bis 22 Zähne pro Zoll aufweisen sollen.

### Verbindungsmethoden

Zum unlösbaren Verbinden von Teilen aus Ultrason® bieten sich die verschiedenen Schweißverfahren an. Klebeverbindungen sind geeignet, wenn Ultrason®-Teile mit anderen Materialien unlösbar verbunden werden sollen. Auch durch Nieten und Bördeln sind unlösbare Verbindungen herzustellen.

### Schweißverbindungen

Die verschiedenen Ultrason®-Marken sind mit den üblichen Schweißverfahren für Thermoplaste (mit Ausnahme des **Hochfrequenzverfahrens**) gut zu verbinden. Das HF-Verfahren ist – wie für andere Thermoplaste mit geringem dielektrischen Verlustfaktor – zum Schweißen von Ultrason® ungeeignet. Damit es nicht zu einem Aufschäumen beim Aufschmelzen der Fügezone kommt, ist eine Vortrocknung von Ultrason®-Teilen, die Feuchtigkeit aufgenommen haben, erforderlich.

Das einzusetzende Schweißverfahren hängt von den zu schweißenden Formteilen und ihrer Beanspruchung ab. Es empfiehlt sich, in Vorversuchen das am besten geeignete Verfahren auszuwählen und die Verfahrensparameter zu optimieren.

Das **Ultraschallschweißen** bietet sich vor allem für kleinere Bauteile an. Durch Schweißzeiten unterhalb von zwei Sekunden sind extrem kurze Zykluszeiten möglich. Die Bauteile müssen auf das Ultraschallverfahren abgestimmte Fügenahtgeometrien aufweisen. Die einzustellenden Schweißparameter sind bauteil- und materialabhängig.

Eine Optimierung der Schweißparameter durch systematisches Variieren sollte in jedem Fall durchgeführt werden. Die erreichbaren Schweißfaktoren – d. h. der von der Schweißnaht übertragene Anteil der Materialfestigkeit – sind abhängig von Bauteilgestalt und vom Material.

Das **Heizelementschweißen** ist vor allem zum Verbinden großer Teile, zum Beispiel von Rohren und Platten, anwendbar. Ultrason® erfordert hohe Heizelementtemperaturen, für die die gängigen Antihafbeschichtungen nicht geeignet sind. Beim Wärmekontakt-Verfahren ist eine Reinigung des Heizelements von anhaftenden Rückständen erforderlich. Alternativ ist aber auch ein berührungsloses Aufheizen durch Heizelemente (oder IR-Strahlung) möglich.

Das **Vibrationsschweißen** ist für mittelgroße und große Formteile, mit mindestens in einer Richtung ebener Fügefläche, geeignet. Die Naht ist so zu gestalten, dass in Schwingrichtung ausreichend Platz für die Bewegung der Teile bleibt. Geringere Fügedrücke führen bei diesem Verfahren zu tendenziell höheren Schweißnahtfestigkeiten.

Das **Rotationsschweißen** ist für rotationssymmetrische Formteile geeignet. Die erzielbaren Schweißnahtfestigkeiten ähneln denen des Vibrationsverfahrens.

Das **Laserdurchstrahlschweißen** im Kontur- oder Quasi-simultanverfahren ist eine weitere Möglichkeit, Teile aus Ultrason® zu verbinden. Voraussetzung dafür ist, dass eines der zu schweißenden Formteile für die verwendete Laserwellenlänge transparent und das andere absorbierend ist. Ultrason® kann bereits bei Wellenlängen ab 400nm sehr hohe Transparenz aufweisen.

Handwerkliche Schweißverfahren sind zum Verbinden von Einzelteilen ebenfalls möglich. Beim Warmgasschweißen zum Beispiel liegt die erforderliche Lufttemperatur zwischen 450°C und 500°C, der Schweißzusatz sollte im Durchmesser auf die Bauteilwanddicke abgestimmt sein.

### **Kleben**

Zum unlösbaren Verbinden von Ultrason® mit anderen Materialien – oder auch mit sich selbst – sind verschiedene Klebesysteme, zum Beispiel Epoxidharze, Polyurethane und Phenolharze geeignet. Das beste Klebesystem ist nach den Anforderungen an das Bauteil auszuwählen, z.B. Beständigkeit gegen Wärme, Feuchtigkeit, Chemikalien usw. Da Ultrason® – wie alle amorphen Thermoplaste – gegen einige Lösungsmittel spannungsrissempfindlich ist, ist die Eignung des Klebersystems in jedem Fall durch Vorversuche zu ermitteln. Um reproduzierbare Haftung zu erzielen, sollen die Fügeflächen in jedem Fall entsprechend vorbehandelt werden (Entfetten, Aufrauen).

Ultrason® lässt sich auch mittels Lösungsmittel, z.B. Dichlormethan, verbinden. Es ist zu beachten, dass Lösungsmittel bei unter Spannung stehenden Teilen Spannungsrisse hervorrufen können. In jedem Fall muss eine genügend lange Zeit getrocknet werden, um das Lösungsmittel vollständig zu entfernen. Die Festigkeit von Klebenähten (z. B. mit Klebstoffen oder Lösungsmitteln) hängt nicht nur von den verwendeten Klebern, sondern auch von der Klebenahthgeometrie ab. Für gute Ergebnisse sorgen Schäftungen oder Nut-Feder-Geometrien.

### **Lösbare Verbindungen**

Für lösbare Verbindungen sind vor allem das Verschrauben und – mit Einschränkungen – Schnappverbindungen geeignet. Es ist bei der Auslegung der Gewinde auf eine kunststoffgerechte Gestaltung zu achten. Für hoch belastete und häufig zu lösende Schraubverbindungen haben sich Metallgewindeeinsätze bewährt, die in entsprechende Aussparungen des Ultrason®-Teils eingebracht werden. Die Einsätze werden entweder heiß eingepresst oder – bevorzugt – durch Ultraschall verschweißt.

### **Lackieren, Metallisieren, Beschriften**

Für das Lackieren von Teilen aus Ultrason® sind geeignete 2-Komponenten-Lacksysteme verfügbar. Die Metallisierung von Teilen aus Ultrason® ist mit Vakuum-Beschichtungs-techniken oder durch Aufaminieren von Metallfolien mittels Wärmekontakt- oder Ultraschallschweißen möglich. Nasschemische Metallisierung ist nur eingeschränkt bei füllstoffhaltigen Ultrason®-Typen möglich. Teile aus Ultrason® sind laserbeschriftbar. Besonders hohe Kontraste sind mit hellen Einfärbungen und bei ungefärbten Produkten erzielbar.

### Thermoformen

Tafeln aus Ultrason® können auf konventionellen Thermoformmaschinen mit Vakuum oder Druckluft umgeformt werden. Die Maschine sollte einen beheizbaren Spannrahmen aufweisen und muss mit einer regelbaren, doppelten Heizung ausgerüstet sein, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung über die Plattenoberfläche hinweg und durch das Halbzeug hindurch zu gewährleisten. Die Leistung der Heizung muss so hoch ausgelegt sein, dass die notwendige hohe Umformtemperatur von 270°C bis 280°C über die komplette Formteildicke erreicht wird.

In der Regel werden Metallwerkzeuge mit elektrischer Beheizung oder einer Temperierung durch Ölumlauf benötigt. Holz- und Gießharzwerkzeuge sind für das Thermoformen von Ultrason® ungeeignet. Das Werkzeug muss so konstruiert sein, dass die Entlüftungsbohrungen ein rasches Evakuieren der zwischen Werkzeug und heißem Halbzeug eingeschlossenen Luft ermöglichen. Die Entlüftungsbohrungen sind vorzugsweise an den Stellen anzubringen, die das Halbzeug beim Ausformen zuletzt erreicht. In der Regel sind große Rundungen und Wandneigungen zu verwenden. Scharfe Kanten sind zu vermeiden.

Für das Thermoformen von Ultrason® sind meist Negativwerkzeuge geeignet, weil die Formteile frei von der Werkzeugwand wegschwinden können. Bei Positivwerkzeugen besteht die Gefahr, dass aufgrund der auftretenden Längenänderungen die Formteile reißen, wenn sie auf das Werkzeug schwinden.

Extrudiertes Halbzeug nimmt bereits nach 30 Minuten Lagerung bei Raumklima ohne Schutzverpackung soviel Feuchtigkeit auf, dass sich beim Aufheizen Dampfbläschen im Halbzeug bilden. Teile aus Ultrason®, die Feuchtigkeit aufgenommen haben, sollten daher vor der Weiterverarbeitung getrocknet werden. Die Dauer der Trocknungszeit ist abhängig von der Plattendicke und der Temperatur. Anhaltspunkte gibt Tabelle 10.

Plattendicke [mm]	Trocknungszeit [h] bei 140°C - 150°C
0,5	1
1,5	2
3	3
6	6

Tabelle 10: Trocknungsbedingungen für Platten aus Ultrason®

Beim Thermoformen von Ultrason® werden Spannrahmen und Werkzeug auf 150°C vorgeheizt. Die vorgetrockneten Platten werden ebenfalls auf 150°C erhitzt, in das Werkzeug eingelegt und sofort auf 270°C bis 280°C aufgeheizt. Beim Aufheizen ist darauf zu achten, dass die Platten keine Falten bilden oder durchhängen, weil dadurch eine ungleichmäßige Temperaturverteilung im Halbzeug entsteht, was wiederum zu ungleichmäßigen Wanddicken des Fertigteils führt. Da Ultrason® sehr schnell erstarrt, sollte die Oberheizung so lange über dem Halbzeug stehen bleiben, bis das Ultrason® ausgeformt ist. Das Ausformen erfolgt durch Ansaugen des aufgeheizten Halbzeuges auf das Werkzeug. Dieser Vorgang muss sehr schnell erfolgen, bedeutend schneller als bei anderen Thermoplasten üblich. Durch das schnelle Erstarren von Ultrason® kann die Kühlzeit kurz gehalten und das Teil schnell entformt werden. Hierdurch ist die Einstellung sehr kurzer Taktzeiten möglich.

### Prüfung des Spannungsniveaus

Bei nicht werkstoffgerechter Konstruktion der Werkzeuge, wie auch bei unsachgemäßer Verarbeitung von Ultrason® können die Teile einen hohen Grad an eingefrorenen Spannungen aufweisen. Auch das Schweißen von Ultrason®-Teilen kann makroskopische Spannungen im Teil erzeugen. Diese Spannungen wirken sich negativ auf die mechanischen Eigenschaften und vor allem auf die Spannungsrisssbeständigkeit bei Medienkontakt aus. Eine qualitative Beurteilung des Spannungszustandes der ungefüllten Ultrason®-Typen kann mittels eines Spannungsrisstestes nach folgender Vorgehensweise erfolgen:

- Formteil bei Raumtemperatur für eine Minute mit entsprechendem Lösungsmittelgemisch benetzen oder eintauchen (in Tabelle 11 sind die Lösungsmittelgemische aus Methylethylketon und Isopropanol den entsprechenden Ultrason®-Typen zugeordnet)
- Formteil mit Wasser abspülen
- Formteil auf Risse prüfen

Ermittlung des Spannungsniveaus			
Methylethylketon/ Isopropanol	Ultrason®-Typen		
40/60	E 1010	S 2010	S 3010
50/50	E 2010	E 3010	
80/20			P 3010

Tabelle 11: Lösungsmittelgemische zur Beurteilung des Spannungsniveaus (abhängig vom Ultrason®-Typ)

Weist das Formteil keine Risse auf, kann davon ausgegangen werden, dass im Formteil ein akzeptables Spannungsniveau vorherrscht. Dieser Spannungstest ist jedoch nur als Orientierungshilfe anzusehen, um optimale Formteile zu erhalten. Eine Eignung für spezifische Anwendungen kann hieraus nicht abgeleitet werden.

Die aufgeführten Lösungsmittel sind leicht entzündlich, reizend und dürfen nicht ins Abwasser gelangen. Die einschlägigen Bestimmungen sind zu beachten.

### Tempern

Erhöhte Eigenspannungen im Formteil lassen sich in der Regel durch nachträgliches Tempern reduzieren. Bei der Temperung eines amorphen Thermoplasten, also auch bei Ultrason®, tritt eine Gefügeänderung (Änderung des freien Volumens) auf. Dies zeigt sich in geringen Änderungen mechanischer und thermischer Eigenschaften. Zum Beispiel erhöht sich die Steifigkeit; allerdings müssen Einbußen in der Zähigkeit hingenommen werden. Grundsätzlich sollten deshalb die Bauteilauslegung und die Verarbeitungsparameter so optimiert sein, dass auf einen Tempervorgang verzichtet werden kann.

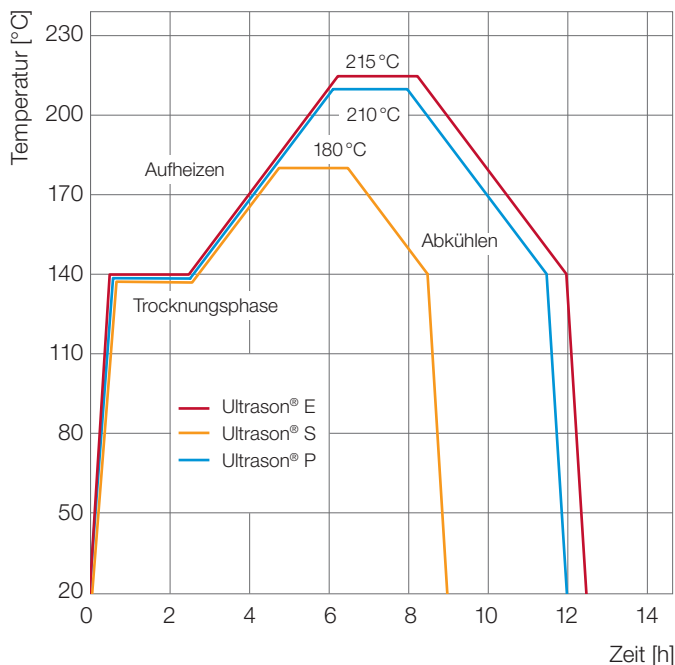


Abb. 44: Tempern von Ultrason®

Ist dennoch ein Tempervorgang erforderlich, sollte dieser wie in Abb. 44 beschrieben erfolgen. Die Temperdauer hängt dabei von den Wanddicken des Formteils ab.

Da nicht mehr spritzfrische Ultrason®-Teile je nach Umgebungsbedingungen mehr oder weniger Feuchtigkeit enthalten, muss der Tempervorgang eine Trocknungsphase beinhalten (s. Tabelle 10). Von diesen Trocknungstemperaturen ausgehend, sollte danach mit einer Heizrate von 10°C bis 20°C pro Stunde auf die Tempertemperatur aufgeheizt werden. Im Falle großformatiger und dickwandiger Teile sind Raten von ca. 5°C pro Stunde notwendig, um in der Aufheizphase Rissbildung zu vermeiden.

Der Tempervorgang sollte an Teilen

- aus Ultrason® E bei ca. 200°C bis 215°C
- aus Ultrason® S bei ca. 160°C bis 180°C
- aus Ultrason® P bei ca. 190°C bis 210°C

durchgeführt werden. Die Temperzeit hängt von den Wanddicken des Formteils ab. Richtwerte sind Tabelle 12 zu entnehmen.

Nach der Temperung sind die Formteile mit einer Kühlrate von ca. 10°C bis 20°C pro Stunde auf ca. 140°C abzukühlen. Danach ist ein schnelleres Abkühlen bis auf Raumtemperatur möglich.

Wandstärke	Temperzeit
2 mm	2 - 4 h
4 mm	3 - 6 h
8 mm	> 5 h

Tabelle 12: Richtwerte für die Temperung von Formteilen aus Ultrason® im entsprechenden Temperaturbereich

# Allgemeine Hinweise

## Sicherheitshinweise

### Sicherheitsvorkehrungen bei der Verarbeitung

Die hohen Verarbeitungstemperaturen von Ultrason® erfordern – mehr noch als bei anderen Thermoplasten – erhöhte Vorsicht beim Umgang mit Maschinen, Werkzeugen, Formteilen und Schmelzeresten. Bei Unsicherheiten bezüglich der thermischen Belastbarkeit von Maschinen und Anlagen sollte unbedingt Rücksprache mit dem zuständigen Maschinenhersteller gehalten werden. Bei sachgemäßer Verarbeitung von Ultrason® und Einhaltung der Temperaturgrenzen (maximal 390 °C) treten nach unseren Erfahrungen keine schädlichen Emissionen auf. Wie alle thermoplastischen Polymere zersetzt sich auch Ultrason® bei zu hoher thermischer Beanspruchung, zum Beispiel durch zu hohe Masstemperaturen, durch zu lange Verweilzeiten der Schmelze in der Plastifiziereinheit oder beim Reinigen der Plastifiziereinheit durch Abbrennen, wobei sich gasförmige Zersetzungsprodukte bilden.

Für eine Be- und Entlüftung des Arbeitsplatzes – am besten durch eine Abzugshaube über der Zylindereinheit – ist generell Sorge zu tragen. Unabhängig davon sind die Unfallverhütungsvorschriften einzuhalten. Keinesfalls darf nach einem Störfall die Plastifiziereinheit unter Temperatur demonstriert werden.

Beim Spritzgießen muss zersetztes Produkt durch Ausspritzen ins Freie bei gleichzeitiger Herabsetzung der Zylindertemperatur entfernt werden. Rasche Kühlung des geschädigten Materials, zum Beispiel in einem Wasserbad, vermindert die Geruchsbelästigung. Wird das Abpumpen von zersetztem Produkt unterlassen, kann sich im Zylinder, besonders wenn Verschlussdüsen verwendet werden, ein erhöhter Gasdruck aufbauen, der sich schlagartig im Düsen- oder Trichterbereich entspannen kann. Daher ist in diesen Fällen beim Abpumpen mit Verpuffungen zu rechnen. Bei der Weiterverarbeitung ist der allgemeine Staubgrenzwert gemäß AGW-Richtlinien einzuhalten.

### Biologische Wirkung

Bei materialgerechter Verarbeitung und guter Belüftung der Betriebsräume sind bei den mit der Verarbeitung von Ultrason® beschäftigten Personen keine nachteiligen Wirkungen bekannt geworden. Ultrason® ist kein Gefahrstoff im Sinne der Gefahrstoffverordnung.

### Lebensmittelrechtliche Bestimmungen

Viele Standardtypen des Ultrason®-Sortiments entsprechen in ihrer Zusammensetzung der derzeit gültigen Gesetzgebung für Kunststoffe im Lebensmittelkontakt in Europa und USA. Weiterhin werden die Anforderungen der Empfehlungen des BfR (Bundesinstituts für Risikobewertung, ehemals BgVV/BGA) erfüllt.

Falls Sie detaillierte Auskunft über den lebensmittelrechtlichen Status einer konkreten Ultrason®-Type benötigen, wenden Sie sich bitte direkt an die BASF ([plastics.safety@basf.com](mailto:plastics.safety@basf.com)). Wir stellen Ihnen gerne eine aktuelle Konformitätsbestätigung bezogen auf die derzeit geltenden gesetzlichen Vorschriften aus.

### Medizinprodukte

Für das Einsatzgebiet Medizinprodukte im Sinne des Medizinproduktegesetzes (einschließlich Verpackungen von Parenteralia und Ophthalmika) wurden durch die BASF keine Produktentwicklungen durchgeführt. Es liegen deshalb bei der BASF auch keine Erfahrungen über die Eignung von Ultrason® in diesem Einsatzgebiet vor. Die BASF kann somit auch keine Produktempfehlungen für das Einsatzgebiet Medizinprodukte (einschließlich Verpackungen von Parenteralia und Ophthalmika) aussprechen. Die BASF liefert keine Kunststoffe zur Herstellung von Implantaten und rät ausdrücklich ab, für andere Einsatzzwecke gelieferte Kunststoffe diesem Verwendungszweck zuzuführen. Die BASF übernimmt keine Haftung bei der bestimmungswidrigen Verwendung von BASF-Kunststoffen zur Herstellung von Implantaten.

Sollten BASF-Kunden aufgrund eigener Erfahrungen und Prüfungen mit Ultrason® sicherstellen können, dass dieses zur Herstellung von Produkten für eine medizinische Anwendung mit Kurzzeitkörperkontakt oder mit kurzzeitiger oder vorübergehender Berührung mit körpereigenen oder dem Körper zuzuführenden Flüssigkeiten oder Geweben bzw. der Verpackung von Parenteralia und Ophthalmika geeignet ist, ist die BASF bereit, Ultrason® zu liefern, wenn eine Regelung getroffen wird, die den Umständen des Einzelfalles Rechnung trägt.

## Qualitätsmanagement

Qualitäts- und Umweltmanagement sind zentrale Bestandteile der BASF-Unternehmenspolitik. Ein wesentliches Ziel ist die Kundenzufriedenheit. Die kontinuierliche Verbesserung unserer Produkte und Leistungen im Hinblick auf Qualität, Umwelt, Sicherheit und Gesundheit ist ein vorrangiges Ziel.

Die Geschäftseinheit Engineering Plastics Europe der BASF SE wendet ein Qualitäts- und Umweltmanagementsystem an, das von der Deutschen Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen (DQS) zertifiziert ist:

- Qualitätsmanagementsystem gemäß ISO 9001
- Umweltmanagementsystem gemäß ISO 14001

Die Zertifizierung umfasst alle Leistungen, die die Geschäftseinheit in Verbindung mit Entwicklung, Herstellung, Vermarktung und Vertrieb der Ultraplaste erbringt. Regelmäßige interne Audits sowie Schulungsmaßnahmen für die Mitarbeiter stellen die Funktionsfähigkeit und konstante Weiterentwicklung der Managementsysteme sicher.

## Einfärbungen

Ultrason® wird vorwiegend ungefärbt oder schwarz gefärbt geliefert. Es ist aber möglich, mit Hilfe von eigens hergestellten Masterbatchen beliebige Einfärbungen zu erzeugen (Selbsteinfärbung).

## Lieferform und Lagerung

Ultrason® wird in der Regel als Granulat in Säcken bzw. Oktabins oder Bigbags geliefert. Die Schüttdichte beträgt je nach Einstellung 0,7 bis 0,8 g/cm<sup>3</sup>. In unbeschädigter Verpackung ist Ultrason® beliebig lagerfähig. Ultrason®-Granulat enthält Feuchtigkeit. Es muss daher vor der Verarbeitung getrocknet werden (Abschnitt „Vorbehandlung“).

## Ultrason® und Umwelt

### Recycling

Sortenreine, saubere Ultrason®-Abfälle können wieder verarbeitet werden. Abfälle, die bei der Herstellung von Spritzgussteilen, bei der Extrusion oder bei der spanenden Halbzugbearbeitung anfallen, lassen sich als Mahlgut wieder dem Verarbeitungsprozess zuführen. Dabei sollte besonders bei glasfaser-, kohlefaser- und mineralhaltigen Produkten eine Entstaubung des Mahlguts vorgesehen werden. Entsprechend können auch sortenreine Fertigteile aus Ultrason® nach Zerkleinerung und Reinigung wieder zu Neuteilen verarbeitet werden. Die Hinweise im Abschnitt „Wiederverarbeitung“ sind zu beachten.

### Thermische Verwertung

Ultrason® kann unter Beachtung der gesetzlichen Rahmenbedingungen in einer geeigneten Verbrennungsanlage thermisch verwertet werden. Die Sicherheitsdatenblätter für die einzelnen Typen sind zu beachten. Bei der vollständigen Verbrennung von Ultrason® entstehen Kohlendioxid, Schwefeldioxid und Wasser, Schwefeltrioxid kann in Spuren auftreten.

## Nomenklatur

### Aufbau

Die Nomenklatur für diese Produkte besteht aus einem alphanumerischen System, das im folgenden erläutert wird. Ein beigefügtes „P“ bedeutet, dass das betreffende Produkt eine Spezialität für die Herstellung von Lösungen ist.

#### 1. Stelle (Buchstabe):

##### Polymertyp

- E = Polyethersulfon (PESU)
- S = Polysulfon (PSU)
- P = Polyphenylsulfon (PPSU)

#### 2. Stelle (Ziffer):

##### Viskositätsklasse

- 1... = niedrige Viskosität
- 6... = hohe Viskosität

#### 6. Stelle (Buchstabe):

##### Verstärkung

- G = Glasfaser
- C = Kohlefaser

#### 7. Stelle (Ziffer):

##### Konzentration ggf.

##### vorhandener Additive

- 2 = 10% Massenanteil
- 4 = 20% Massenanteil
- 6 = 30% Massenanteil

### Beispiel

E	2	0	1	0	G	6
1. Stelle	2. Stelle	3. Stelle	4. Stelle	5. Stelle	6. Stelle	7. Stelle

z. B. Ultrason® E 2010 G6

E = Polyethersulfon (PESU)

2 = mittlere Viskosität (Standard-Spritzgusstype)

G6 = 30% Glasfasern



## Sortimentsüberblick

PESU	PSU	PPSU	Charakteristische Merkmale
unverstärkt			
E 1010			niedrigviskos, leicht fließend (Spritzguss)
E 2010*	S 2010	P 2010	mittelviskos, Standardtype (Spritzguss, Folienextrusion, Blasformen)
E 2020 P			mittelviskos (Beschichtungen, Membrane, Zähmodifikation)
E 2020 P SR			mittelviskos, mit OH-Endgruppen (Zähmodifikation von Verbundwerkstoffen)
E 3010*	S 3010*	P 3010	höherviskos, sehr gute Chemikalienbeständigkeit und Zähigkeit (Spritzguss, Extrusion)
E 6020 P	S 6010		hochviskos (Membrananwendungen)
verstärkt			
E 2010 G4	S 2010 G4		20% GF, erhöhte Steifigkeit und Festigkeit
E 2010 G6	S 2010 G6		30% GF, erhöhte Steifigkeit und Festigkeit
KR 4113			mittelviskos, kohlefaserverstärkt, tribologisch optimiert (Spritzguss)
E 2010 C6			30% kohlefaserverstärkt, sehr hohe Steifigkeit, Metallersatz (Spritzguss)

\* diese Typen sind auch entformungsoptimiert verfügbar

Tabelle 13: Basissortiment Ultrason®

## Sachverzeichnis

Anfahren 34

**Bauwesen** 30

Bearbeiten 42 f.

Beschriften 43

Bewitterung 32

Biologische Wirkung 46

Blasformen 41

Breitschlitzwerkzeug 41

Brennverhalten 29 f.

**Chemikalien** 31

**Eigenschaften** 10 ff.

Einfärbung 34, 47

Elektrische Eigenschaften 28

Energiereiche Strahlung 32

Extrusion 38 ff.

**Fahrzeugbau** 4 f.

Folien für optische Anwendungen 41

**Haushaltsbereich** 6 f.

Heißdampfsterilisieren 23

Herstellung von

– Folien 41

– Rohren, Profilen und Platten 39 f.

– Tafeln 40 f.

– Ultraschall®-Schaum 41

**Kleben** 43

**Lackieren** 43

Lagerung 47

Lebensmittelbereich 6 f.

Lebensmittelrechtliche Bestimmungen 46

Lieferform 47

Lösbare Verbindungen 43

**Maßhaltigkeit** 33

Mechanische Eigenschaften 12 ff.

Medizinprodukte 46 f.

Metallisieren 43

**Nachbehandeln** 42 f.

Nomenklatur 48

**Optische Eigenschaften** 24

**Plastifiziereinheit** 35

Prüfungen 29

**Qualitätsmanagement** 47

**Recycling** 47

Reibungs- und Verschleißverhalten 20

**Sägen** 42

Schmierstoffe, Kraftstoffe und Kühlflüssigkeiten 25

Schneiden 42

Schweißverbindungen 42 f.

Sicherheitshinweise 46 f.

Sicherheitsvorkehrungen bei der Verarbeitung 46

Sortiment 10 f.

Sortimentsüberblick 49

Spanende Bearbeitung 42

Spannungsniveau 44 f.

Spritzgießen 35 ff.

Spritzgießwerkzeug 36

Spritzgießverarbeitung 37

**Tempern** 45

Thermische Eigenschaften 21 ff.

Thermische Verwertung 47

Thermoformen 44

**Umwelt** 47

Unterbrechen 34

**Verarbeitung** 34 ff.

Verbindungsmethoden 42

Verhalten bei

– kurzzeitiger mechanischer Belastung 12 ff.

– langzeitiger statischer Belastung 14 ff.

– schwingender Beanspruchung,

  Biegewechselfestigkeit 19

– Temperatureinwirkung 21

Verkehrswesen 30

Verträglichkeit 34

Vorbehandlung 34

**Wasseraufnahme** 33

Wärmealterungsbeständigkeit 21

Wiederverarbeitung, Wiederverwertung 35



## Ausgewählte Produktliteratur zu Ultrason®:

- Ultrason® E, S, P – Sortimentsübersicht
- Ultrason® – Verhalten gegenüber Chemikalien
- Ultrason® – Produkte für die Automobil-Industrie
- Ultrason® – Spritzgießverarbeitung
- Ultrason® – Special Products
- Ultrason® – Membrane applications
- Technische Kunststoffe für die E&E-Industrie – Normen und Prüfverfahren
- Technische Kunststoffe für die E&E-Industrie – Produkte, Anwendungen, Richtwerte
- Von der Idee bis zur Produktion – Das Aqua®-Kunststoff-Portfolio für die Sanitär- und Wasserindustrie



Entdecken Sie das ganze Potenzial von Ultrason®  
und finden Sie die passende Type für Ihre Anwendung!  
**Ultrason® Product Selector auf [www.ultrason.basf.com](http://www.ultrason.basf.com)**

### Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unseres Produktes nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Eine Garantie bestimmter Eigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden. Alle hierin vorliegenden Beschreibungen, Zeichnungen, Fotografien, Daten, Verhältnisse, Gewichte u. Ä. können sich ohne Vorankündigung ändern und stellen nicht die vertraglich vereinbarte Beschaffenheit des Produktes dar. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unseres Produktes in eigener Verantwortung zu beachten. (August 2022)

### Weitere Informationen zu Ultrason® finden

Sie im Internet unter:

[www.ultrason.basf.com](http://www.ultrason.basf.com)

### Besuchen Sie auch unsere Internetseiten:

[www.plastics.basf.de](http://www.plastics.basf.de)

### Broschürenanforderung:

[plas.com@basf.com](mailto:plas.com@basf.com)

### Bei technischen Fragen zu den Produkten

wenden Sie sich bitte an den Ultra-Infopoint:

