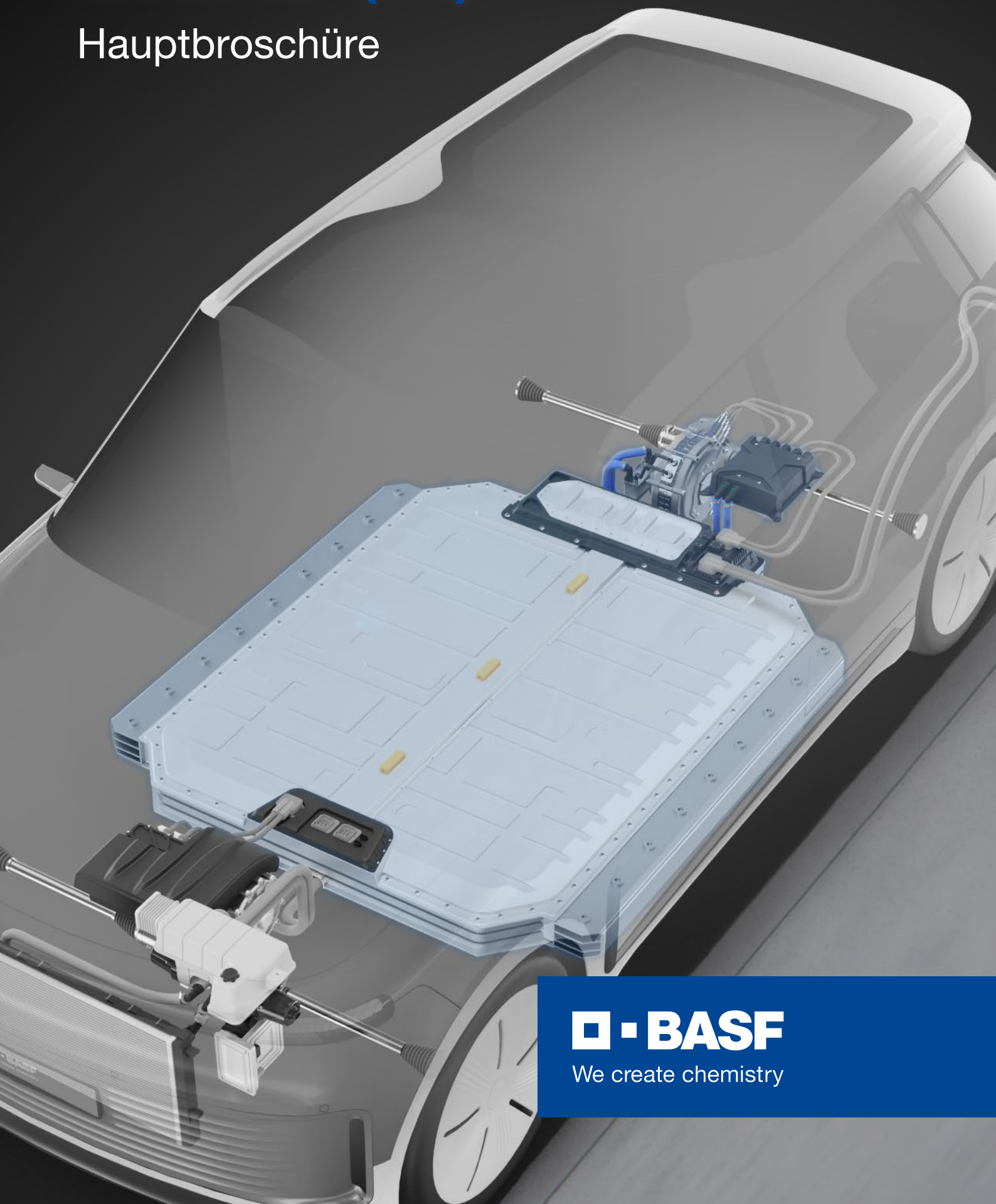


# Ultramid® (PA)

## Hauptbroschüre



 **BASF**

We create chemistry

## Ultramid® (PA)

Die Ultramid®-Marken der BASF sind Formmassen auf der Basis von PA6, PA66 und verschiedenen Copolyamiden wie PA66/6. Auch PA610 sowie teilaromatische Polyamide gehören zum Sortiment. Die Formmassen werden unverstärkt, mit Glasfasern oder Mineralien sowie für spezielle Anforderungen auch mit Langglasfasern verstärkt angeboten. Ultramid® zeichnet sich durch hohe mechanische Festigkeit, Steifigkeit und thermische Beständigkeit aus. Darüber hinaus bietet Ultramid® gute Zähigkeit bei tiefen Temperaturen, günstiges Gleitreibverhalten und problemlose Verarbeitung. Auf Grund seiner hervorragenden Eigenschaften ist dieser Werkstoff in nahezu allen Bereichen der Technik für die verschiedensten Bauteile und Maschinenelemente, als hochwertiger elektrischer Isolierstoff und für viele besondere Anwendungen unentbehrlich geworden.

# Ultramid® (PA)

ULTRAMID® FÜR DEN AUTOMOBILBAU		4 - 5
ULTRAMID® IM ELEKTRO- UND ELEKTRONIKSEKTOR		6 - 7
ULTRAMID® FÜR HAUSHALTS- UND KONSUMGÜTER		8 - 9
ULTRAMID® SORTIMENT		10 - 25
	Sortiment	10
	Teilaromatische Polyamide (PPA)	18
	Ultramid® S Balance	22
	Ultramid® Vision	24
	Ultramid® Deep Gloss	25
DIE EIGENSCHAFTEN VON ULTRAMID®		26 - 46
	Mechanische Eigenschaften	26
	Thermische Eigenschaften	32
	Wasseraufnahme und Maßhaltigkeit	34
	Elektrische Eigenschaften	36
	Halogengehalt	38
	Brandverhalten	38
	Verhalten gegenüber Chemikalien	40
	Verhalten bei Bewitterung	46
DIE VERARBEITUNG VON ULTRAMID®		47 - 65
	Verarbeitungstechnische Eigenschaften	47
	Allgemeine Hinweise zur Verarbeitung	49
	Maschinen- und Werkzeugtechnik beim Spritzgießen	50
	Spritzgießverarbeitung	53
	Sonderverfahren	59
	Verbindungstechniken	61
	Spanabhebende Bearbeitung	61
	Beschriften und Beschichten	62
	Konditionieren	64
	Tempern	65
ALLGEMEINE HINWEISE		66 - 74
	Sicherheitshinweise	66
	Nachhaltigkeit	67
	Lieferform und Lagerung	69
	Integriertes Managementsystem	70
	Technische Unterstützung	70
	Nomenklatur	72
	Sachverzeichnis	74

# Ultramid® für den Automobilbau

Der Automobilbau stellt sehr hohe Qualitäts- und Sicherheitsansprüche, wodurch auch die Anforderungen an die eingesetzten Werkstoffe stetig steigen. Ultramid®-Produkte zeichnen sich durch sehr gute thermische und chemische Beständigkeit, statische und dynamische Festigkeit, Zähigkeit und gute Dauergebrauchseigenschaften aus. Aufgrund dieser technischen Eigenschaften eignen sie sich im Besonderen für die Verwendung in verschiedensten Bauteilkomponenten im Automobil.

Neue Antriebskonzepte, die voranschreitende Elektrifizierung, als auch Trends wie das autonome Fahren, werden durch die stetige Weiterentwicklung von Ultramid®-Produkten begleitet. Dies ermöglicht die Realisierung von neuen Bauteilkomponenten.

Außerdem helfen Ultramid®-Produkte weitere Vorgaben hinsichtlich des Leichtbaus und der Wiederverwertbarkeit zu erfüllen.

Das umfangreiche Ultramid®-Produktportfolio ermöglicht den Kunden durch passgenaue Produktauswahl eine wirtschaftliche und wettbewerbsfähige Herstellung von Bauteilen und Baumodulen.

## Typische Anwendungsbeispiele für Ultramid® im Fahrzeugbau:

### Verbrennungsmotor und Getriebe:

Saugrohre und Ladeluftverteiler, Ladeluftendkappen, Ladeluftrohre, Zylinderkopfhauben, Motorabdeckungen, Ölwannen, Ölfiltergehäuse, Ölsensoren, Ölmodule, Kettenführungsschienen, Zahnriemenabdeckungen, Getriebesteuerungen, Sensoren, Walzlagerkäfige, Zahnräder, Befestigungsklipse

### Elektrifizierter Antriebsstrang:

Batteriemedulgehäuse, Endplatten, Zellhalter, Busbarhalter, Zellkontaktiersysteme, Hochvoltgehäuse, Batteriesteuergerätegehäuse, Elektromotorkomponenten, Hochvolt-Konnectoren, Ladestützen, Komponenten von Brennstoffzellen, Wasserstofftank-Inliner

### Kühlsystem:

Kühlerendkappen, Thermostatgehäuse, Kühlwasserrohre, Kühlwasserverteiler, Lüfterräder, Lüfterzargen, Schnellkupplungen

### Kraftstoffanlage:

Kraftstofffiltergehäuse, Kraftstoffleitungen, Aktivkohlefiltergehäuse, Schnellkupplungen

### Fahrwerk und Motorlagerung:

Motorlager, Drehmomentstützen, Pendelstützen, Getriebebrücken, Federbeinlager, Federunterlagen

### Interior:

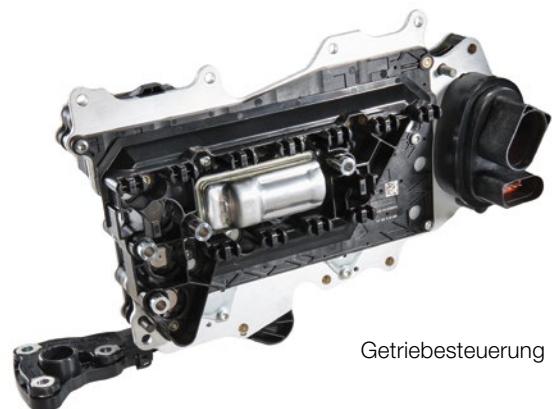
Pedale und Pedalböcke, Hebel und Bedienelemente, Türgriffe, Sitzstrukturen

### Exterior:

Strukturbauteile, Türaußengriffe, Spiegelfüße, Frontends, Crash-Absorber, Schließsysteme für Türen und Klappen

### Elektrische Anlagen:

Steckverbinder, Sensoren, Steuergerätegehäuse, Sicherungskästen, Schalter, Relais, Aktuatoren und Stellantriebe, Kontakt- und Bürstenträger, Lampensockel, Kabelbinder, -schellen und -kanäle



Getriebesteuerung





# Ultramid® im Elektro- und Elektroniksektor

Die guten elektrischen Isoliereigenschaften, das günstige Gleitreibverhalten, die hervorragende mechanische Festigkeit sowie das breite Sortiment flammgeschützter Marken machen Ultramid® zu einem Werkstoff, der in nahezu allen Bereichen der industriellen Energietechnik, der Elektronik, der Hausgerätetechnik sowie im Bereich der E-Mobilität eingesetzt wird.

## Energietechnik

Hochisolierende Schalterteile und Gehäuse, Reihen- und Verbindungsklemmen, Energieverteilungssysteme, Kabelkanäle und -befestigungen, Schütze und Leistungsschalter, Spulenkörper, Leitungsschutzschalter, speicherprogrammierbare Steuerungen

## Elektronik

Steckverbinder, elektrische und mechanische Komponenten für IT-Geräte und Telekommunikation, Kondensatorbecher, Chip Carrier

## Photovoltaik

Anschlussdosen und Steckverbinder

## E-Mobilität

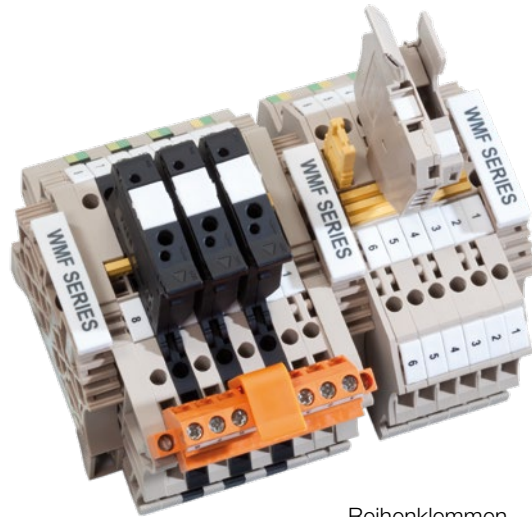
Hochvolt-Steckverbinder, elektrische Schutzvorrichtungen, Ladeeinlässe, Komponenten der Ladepistole, Strukturbau- teile für private und öffentliche Ladestationen



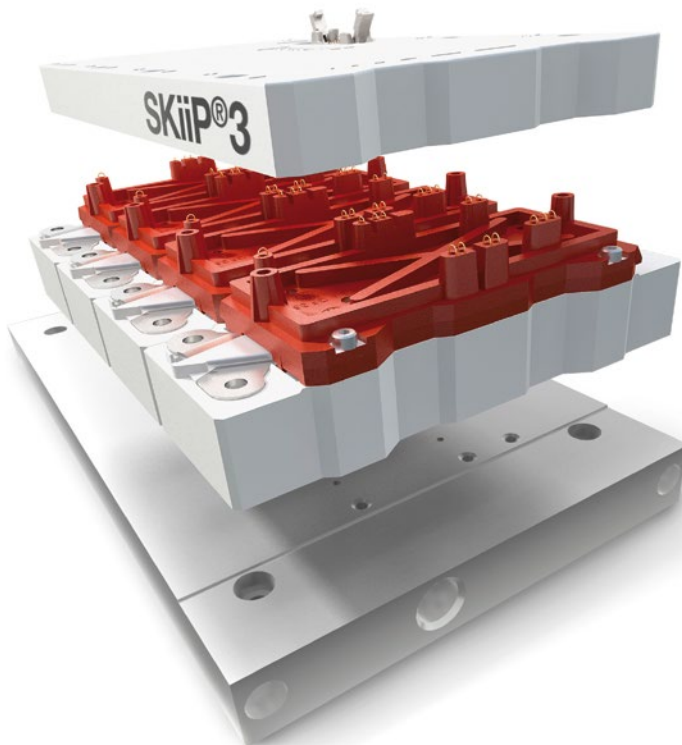
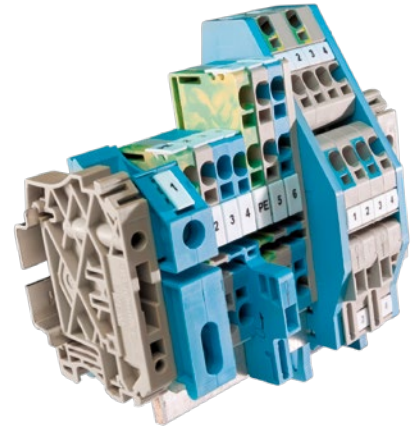
Schutzschalter



Photovoltaik-Steckverbinder



Reihenklemmen



Leistungselektronik

Schaltgeräte



# Ultramid® für Haushalts- und Konsumgüter

Der Schlüssel für den Erfolg von Haushalts- und Konsumgütern ist eine hervorragende Leistung, eine lange Haltbarkeit und hohe Effizienz. Die verwendeten Materialien spielen eine entscheidende Rolle für die Sicherheit des Benutzers und die Funktionsfähigkeit der finalen Anwendung. Unsere Lösungen ermöglichen eine lange, sichere und produktive Lebensdauer.

Eine hohe mechanische Belastbarkeit kombiniert mit guter Zähigkeit sowie spezielle Lösungen für ein nachhaltiges Produktdesign führen zu sehr vielfältigen Ultramid®-Anwendungen in diesem Marktsegment.

In vielen Anwendungen, wie z.B. Elektrowerkzeugen, ersetzt Ultramid® Metalle, wodurch dem Endanwender eine noch leichtere und handlichere Nutzung ermöglicht wird. Zusätzlich profitieren die finalen Artikel von der guten chemischen Beständigkeit, einer unkomplizierten Einfärbbarkeit sowie speziellen Flammenschutzlösungen in unserem Ultramid® Portfolio.

Eine wichtige Grundvoraussetzung für die Haushaltsgeräte Industrie ist das Erfüllen regulatorischen Anforderungen im Trinkwasser- und Lebensmittelbereich. Hierfür werden spezielle Ultramid®-Produkte angeboten und eingesetzt.

Aufgrund der vielfältigen und zum Teil maßgeschneiderten Eigenschaften ergeben sich umfangreiche Anwendungsgebiete:

## Haushaltsgüter

Gehäuse und funktionelle Komponenten für Elektrowerkzeuge, Haushaltsgroßgeräte (weiße Ware) wie Wasch- und Spülmaschinen, Kleingeräte, Kaffeemaschinen, Staubsauger, Haartrockner

## Sanitärtechnik

Griffe, Beschläge und Fassungen, Armaturen, Lüfter, Durchlauferhitzer, Fittinge, Wasserzählergehäuse

## Konsumgüter und Freizeit-Industrie

Sport- und Freizeitartikel, Skischuhe und Bindungen, Spielzeuge sowie Komponenten von Elektrofahrrädern

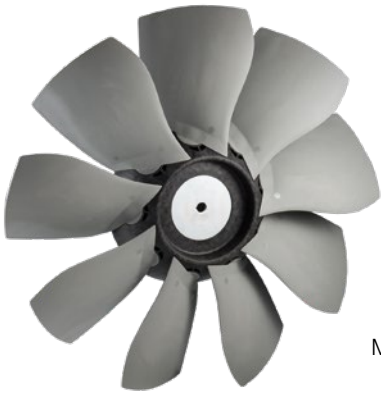
## Möbel & Design

Design und Bürostühle, Möbelkomponenten wie Rollen und Stuhlkreuze, Beschläge, Fassungen, Dämpfer und Dübel



Designstühle





Multi-Wing

Rahmen für Bürostühle



Dübel



Axtstiel



Kochbesteck



Skibindung

# Ultramid® Sortiment

## Sortiment

Unter dem Handelsnamen Ultramid® liefert die BASF Polyamide für die Spritzgießverarbeitung und die Extrusion. Das Sortiment umfasst PA66-Marken (Ultramid® A), PA6-Marken (Ultramid® B), teilaromatische Polyamide (Ultramid® T, Ultramid® Advanced N, T1000, T2000), Spezialpolyamide (Ultramid® D) und PA610 (Ultramid® S Balance) sowie Sondermarken auf der Basis von speziellen Copolyamiden. Die Herstellung erfolgt bei Ultramid® A durch Polykondensation von Hexamethyldiamin und Adipinsäure, bei Ultramid® B durch hydrolytische Polymerisation von Caprolactam. Diese Ausgangsstoffe werden aus petrochemischen Rohstoffen wie Benzol, Cyclohexan und *p*-Xylol gewonnen.

Viele Produkte des Sortiments sind mit Glasfasern oder anderen Füllstoffen verstärkt und enthalten spezielle Additive zur Verbesserung von Zähigkeit, Brandeigenschaften oder Beständigkeit gegenüber Umwelteinflüssen, um ein breites Eigenschaftsprofil zu ermöglichen. Ultramid® Advanced und Ultramid® S Balance haben darüber hinaus weitere Vorteile wie eine höhere Dimensionsstabilität oder Chemikalienbeständigkeit.

### Die wichtigsten Merkmale von Ultramid® sind:

- Hohe Festigkeit und Steifigkeit
- Sehr gute Zähigkeit
- Gute Federeigenschaften
- Hervorragende chemische Beständigkeit
- Maßhaltigkeit
- Geringe Kriechneigung
- Gute Gleitreibeeigenschaften
- Einfache Verarbeitung

Basis der Ultramid®-Marken sind Polyamide, die mit verschiedenen Molekulargewichten oder Viskositäten, mit verschiedenen Additiven und mit Faser- oder Mineralverstärkung geliefert werden. Detaillierte Angaben zu den einzelnen Produkten finden sich in den Tabellen 1, 2 und 3 sowie in der Sortimentsübersicht Ultramid®.



CEE Stecker

## Das Ultramid®-Sortiment umfasst folgende Produktgruppen:

### Ultramid® A

ist in unverstärktem Zustand ein Werkstoff mit hoher Steifigkeit, Abriebfestigkeit, Wärmeformbeständigkeit und Härte. Es ist ein bevorzugter Werkstoff für hochbelastete und wärmebeanspruchte Teile in der Elektrotechnik, im Maschinen-, Fahrzeug- und Apparatebau.

### Ultramid® B

ist in unverstärktem Zustand zähhart und ergibt Teile mit gutem Dämpfungsvermögen, die auch im trockenen Zustand und in der Kälte sehr schockfest sind. Es zeichnet sich durch eine besonders hohe Zähigkeit und eine einfache Verarbeitung aus. Unter der Bezeichnung Ultramid® Vision sind auch transluzente Produkte erhältlich.

### Ultramid® C

sind Copolyamide aus PA6- und PA66-Bausteinen, die je nach Zusammensetzung andere Schmelzpunkte bzw. eine geringere Kristallinität aufweisen.

### Ultramid® D

sind Blends aus PA6 oder PA66 mit anderen Polyamiden mit maßgeschneiderten Eigenschaften. Dabei gibt es sowohl unverstärkte Typen (z. B. Ultramid® Deep Gloss D3K) wie auch verstärkte Typen (z. B. Ultramid® Endure D3G10 SW20560). Abzugrenzen sind die vorher genannten Ultramid® D Typen von den D3E Typen (z. B. Ultramid® D3EG10 FC Aqua®), diese sind PA/PPA-Blends.



Snowboardbindung

### Ultramid® S Balance

ist besonders chemikalienbeständig und zeichnet sich durch niedrige Feuchtigkeitsaufnahme aus. Bevorzugte Verwendung findet Ultramid® S Balance in Bauteilen mit Medienkontakt.

### Ultramid® Structure LFX

ist ein langglasfaserverstärktes Polyamid für hohe Steifigkeit bei erhöhten Temperaturen. Es zeigt eine deutlich geringere Kriechneigung, speziell bei höheren Temperaturen, sehr gute Schwingfestigkeit und signifikant verbesserte Kerbschlagzähigkeit, insbesondere bei tiefen Temperaturen bis zu -30 °C.

### Ultramid® One J

ist ein Hochtemperatur Polyamid (PA66/6T) mit guten mechanischen und dielektrischen Eigenschaften, selbst in feuchtem Zustand und bei erhöhten Temperaturen. Es besitzt eine gute Einfärbbarkeit und ist ähnlich leicht zu verarbeiten wie ein Standardpolyamid, bei geringer Werkzeugkorrosion. Damit schließt es die Lücke zwischen PA66 und dem Ultramid® Advanced (PPA) Portfolio für E&E Anwendungen.

### Ultramid® T

ist dank seiner teilaromatischen Struktur ein hochsteifer Werkstoff mit hohem Schmelzpunkt, Dimensionsstabilität, hoher Chemikalienbeständigkeit sowie konstanten mechanischen Eigenschaften über einen breiten Anwendungsbereich.

### Ultramid® Advanced T1000

hat eine sehr hohe, konstante Steifigkeit und Festigkeit über einen Temperaturbereich von -40 °C bis über 80 °C sowie Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und aggressive Medien.

### Ultramid® Advanced T2000

ist ein Polyphthalamid für gute E&E Performance mit hohem Schmelzpunkt, geringer Wasseraufnahme, guter Mechanik bei hohen Temperaturen und guter Chemikalienbeständigkeit.

Ultramid® Advanced N

zeichnet sich durch sehr geringe Wasseraufnahme, exzellente Chemikalienbeständigkeit sowie gute Mechanik bei hohen Temperaturen in konditioniertem Zustand aus.

Glasfaserverstärktes Ultramid®

Diese Werkstoffe zeichnen sich durch besonders hohe mechanische Festigkeit, Härte, Steifigkeit, Wärmeformbeständigkeit und Beständigkeit gegen heiße Schmierstoffe und heißes Wasser aus. Daraus hergestellte Teile sind maßkonstant und haben eine hohe Zeitstandfestigkeit. Glasfaserverstärktes Ultramid® T besitzt darüber hinaus eine außerordentlich hohe Wärmeformbeständigkeit (bis 280 °C).

Zähmodifiziertes Ultramid®

Zähmodifizierte Materialien sind sowohl unverstärkt als auch mit Glasfaser- oder Mineralverstärkung erhältlich. Hierbei handelt es sich um besonders duktile Materialien, die sehr hohe Schlagzähigkeiten bei Raumtemperatur als auch bei niedrigen Temperaturen aufweisen.

Verstärkte und unverstärkte Marken mit Brandschutzausrüstung

Die speziell ausgerüsteten Marken Ultramid® C3U, B3UG4, B3U30G6, B3U42G6, B3U50G6, A3X2G5, A3X2G7, A3X2G10, A3U42G6, T KR 4365 G5, T KR 4340 G6 und T KR 4341 G6 eignen sich besonders für elektrotechnische Bauteile mit erhöhten Brandschutzanforderungen und hoher Kriechstromfestigkeit. Werden darüber hinaus sehr gute dielektrische Eigenschaften in warmem und feuchtem Klima benötigt, dann kommen die teilaromatischen Marken Ultramid® ONE J 60X1 V30, Advanced T2340G6 und Advanced N3U41G6 zum Einsatz. Die Marken Ultramid® A3U44G6 DC und Advanced N3U42G6 sind speziell für Anwendungen in der e-Mobility optimiert. Bei extrem hohen Anforderungen an die Kälteschlagzähigkeit, wie z. B. in der Photovoltaik, findet das hochschlagzähmodifizierte Ultramid® A3XZG5 Verwendung. Das ebenfalls hochschlagzähmodifizierte Ultramid® A3XZC3 ESD kommt aufgrund der Verstärkung mit Kohlefasern bei Anwendungen, bei denen ein reduzierter elektrischer Oberflächenwiderstand gefordert ist, zum Einsatz.

Ultramid® mit Mineral- oder Glaskugolverstärkung

Die besonderen Vorteile mineral- und auch glaskugolverstärkter Werkstoffe sind erhöhte Steifigkeit, gute Maßkonstanz, geringe Verzugsneigung, glatte optisch ansprechende Oberfläche sowie zum Teil hervorragende Metallisierbarkeit und gutes Fließvermögen.

Ultramid®	Polyamid	Chemischer Aufbau	Schmelztemperatur [°C]
Ultramid® A	66	Basis Hexamethylendiamin, Adipinsäure	260
Ultramid® B	6	Basis Caprolactam	220
Ultramid® C	66/6	Basis Hexamethylendiamin, Adipinsäure, Caprolactam	242
Ultramid® S Balance	610	Basis Hexamethylendiamin, Sebazinsäure	222
Ultramid® T	6T/6	Basis Hexamethylendiamin, Terephthalsäure, Caprolactam	295
Ultramid® Advanced N	9T	Basis Nonandiamin, Terephthalsäure	300
Ultramid® Advanced T1000	6T/6I	Basis Hexamethylendiamin, Terephthalsäure, Isophthalsäure	325
Ultramid® Advanced T2000	6T/66	Basis Hexamethylendiamin, Terephthalsäure, Adipinsäure	310

Tabelle 1: Ultramid®-Basispolymere



Türgriff



Hochvoltsteckverbinder



Stromschienenhalter



Schnellkupplung



Ultramid® A		F <sup>1)</sup>	W <sup>2)</sup>	
Spritzgusstypen (unverstärkt)	A3K	✓		hohe Fließfähigkeit, schnelle Verarbeitung
	A3W			
	A4K			
	A4H			mittlere Viskosität, hohe Schlagzähigkeit auch im trockenen Zustand
	A3Z			hohe Schlagzähigkeit auch im trockenen Zustand und bei niedrigen Temperaturen
	A3...Z2/Z3/Z4	✓		mittlere bis höchste Zähigkeit, schnelle Verarbeitung
	<b>Spezialprodukt</b>			
	A3K FC Aqua®			mit Materialzulassungen für den Kontakt mit Trinkwasser oder Lebensmitteln
Spritzgusstypen (verstärkt)	A3E...G3/G5/G6/G7/G10	✓		gute dielektrische Eigenschaften
	A3H...G2/G5/G7/G10			hohe Wärmealterungsbeständigkeit auch bei Kontakt mit Schmierstoffen in Verbindung mit guten dielektrischen Eigenschaften
	A3W...G3/G5/G6/G7/G10			sehr hohe Wärmealterungsbeständigkeit
	A3Z...G3/G6			hohe Schlagzähigkeit auch im trockenen Zustand und bei niedrigen Temperaturen
	A3K6			glaskugelverstärkt für hohe Dimensionsstabilität, geringen Verzug und gute Oberflächenbeschaffenheit
	A3WGM53			glas- und mineralverstärkt mit mittlerer Steifigkeit und Festigkeit sowie geringem Verzug
	<b>Spezialprodukte</b>			
	A3E...G6/G7 FC Aqua®			mit Materialzulassungen für den Kontakt mit Trinkwasser oder Lebensmitteln
	A3E...G6/G7 EQ			erfüllt die besonderen Reinheitsanforderungen für sensible Anwendungen in der Elektronikindustrie
	A3EG6 LT			lasertransparentes, schwarzes Material für das Laserschweißen
	A3WG6 LT			lasertransparentes, schwarzes Material mit sehr hoher Wärmealterungsbeständigkeit für das Laserschweißen
	A3HG6 Balance			mit verbesserter Hydrolysebeständigkeit und besonderer Spannungsrissbeständigkeit
	A3HG6 HR			mit verbesserter Hydrolysebeständigkeit
	A3W...G6/G7 HRX			mit weiter verbesserter Hydrolysebeständigkeit
	A3HG6 WIT			geeignet für die Verarbeitung mit Wasserinjektionstechnik (WIT)
	A3W2...G6/G10			mit verbesserter Wärmealterungsbeständigkeit
	A3W3...G7			mit weiter verbesserter Wärmealterungsbeständigkeit, z. B. für den Einsatz in der Ladeluftstrecke
	A3W...G7/G10 HP			mit guter Fließfähigkeit und sehr hoher Wärmealterungsbeständigkeit
	A3WC4			mit Carbonfaserverstärkung für hochsteife Anwendungen
	Structure A3W...G8/G10/G12 LFX			mit Langglasfaserverstärkung
	Structure A3EG12 LFX			mit Langglasfaserverstärkung
Ultramid® B				
Spritzgusstypen (unverstärkt)	B3K	✓		
	B3S	✓		hohe Fließfähigkeit, schnelle Verarbeitung, hohe Schlagzähigkeit in konditioniertem Zustand
	B3W			
	B35W			mittlere Viskosität und wärmealterungsbeständig
	B3L	✓		hohe Schlagzähigkeit auch im trockenen Zustand
	B3...Z1/Z2/Z4			
	B35WZ4			erhöhte Zähigkeit auch im trockenen Zustand und bei sehr niedrigen Temperaturen
	<b>Spezialprodukte</b>			
	B3S HP			optimierte Entformung für sehr kurze Zykluszeiten
Spritzgusstypen (verstärkt)	B3...G3/G4/G6/G7/G8/G9/G10	✓		glasfaserverstärkte Produkte
	B3E...G3/G4/G5/G6/G7/G8/G10	✓		gute dielektrische Eigenschaften
	B3E2...G3/G6/G9/G11	✓		UV-stabilisiert für verbesserte Lichtbeständigkeit, z. B. für Skibindungen oder Automobil-Innenausstattungen
	B3H...G7			hohe Wärmealterungsbeständigkeit auch bei Kontakt mit Schmierstoffen in Verbindung mit guten dielektrischen Eigenschaften
	B3W...G3/G5/G6/G7/G8/G10			hohe Wärmealterungsbeständigkeit
	B3WG6 GPX			mit weiter verbesserter Wärmealterungs- und Berstdruckbeständigkeit, z. B. für den Einsatz in der Ladeluftstrecke
	B3Z...G3/G6/G7/G8/G9/G10			hohe Schlagzähigkeit auch im trockenen Zustand und bei niedrigen Temperaturen
	B3GK24	✓		glasfaser- und glaskugelverstärkt, geringer Verzug
	B3...K3/K6	✓		glaskugelverstärkt für hohe Dimensionsstabilität, geringen Verzug und gute Oberflächenbeschaffenheit

Ultramid® B		F <sup>1)</sup>	W <sup>2)</sup>	
Spritzgusstypen (verstärkt)	B3W...GM24/GM35/GM45			glasfaser- und mineralverstärkt mit mittlerer bis hoher Steifigkeit und Festigkeit sowie geringem Verzug
	B3WGM24 HP			glasfaser- und mineralverstärkt mit mittlerer bis hoher Steifigkeit und Festigkeit sowie geringem Verzug, optimierte Entformung für sehr kurze Zykluszeiten
	B3WM8			mineralverstärkt mit optimierter Oberfläche sowie geringem Verzug, z. B. für Galvanikprozesse
	B3...M6			mineralverstärkt mit mittlerer Steifigkeit und Festigkeit sowie geringem Verzug
	<b>Spezialprodukte</b>			
	B3E...G4/G6/G8/G10 SI			verbesserte Oberfläche für exzellente Optik
	B3EG6 EQ			erfüllt die besonderen Reinheitsanforderungen für sensible Anwendungen in der Elektronikindustrie
	B3W...G6/G7/G8/G12 High Speed			exzellentes Fließverhalten und sehr kurze Zykluszeiten
	B3WG6 GIT			geeignet für die Verarbeitung mit Gasinjektionstechnik (GIT)
	B3WG6 SF			geeignet für physikalische Schäumverfahren
	B3PG6			höchste Wärmealterungsbeständigkeit, metall- und halogenidfrei
	Structure B3W...G10 LFX			mit Langglasfaserverstärkung
<b>Ultramid® D</b>				
Spritzgusstypen (verstärkt)	Endure D3...G7/G10			sehr hohe Wärmealterungsbeständigkeit
	D3EG10 FC Aqua®			hohe Steifigkeit und geringe Wasseraufnahme, mit Materialzulassungen für den Kontakt mit Trinkwasser oder Lebensmitteln
	Structure D3E...G10/G12 LFX			mit Langglasfaserverstärkung
Blasformtype (verstärkt)	Endure D5G3 BM			höchste Wärmealterungsbeständigkeit z. B. für den Einsatz in der Ladeluftstrecke
<b>Ultramid® S</b>				
Spritzgusstypen (unverstärkt)	S3W Balance			hohe Fließfähigkeit, schnelle Verarbeitung
	S3Z4 Balance			schlagzähmodifiziert z. B. für Sport- und Freizeitanwendungen
	S3Z5 Balance			schlagzähmodifiziert z. B. für Sport- und Freizeitanwendungen
Spritzgusstypen (verstärkt)	S3EG6 Balance	✓		gute dielektrische Eigenschaften
	S3WG6 Balance			sehr hohe Wärmealterungs- und Hydrolysebeständigkeit
<b>Ultramid® T</b>				
Spritzgusstypen (unverstärkt)	T KR 4350			hohe Fließfähigkeit, schnelle Verarbeitung
Spritzgusstypen (verstärkt)	T KR 4355...G5/G7/G8/G10			glasfaserverstärkte Produkte
	T KR 4357 G6			glasfaserverstärkt und schlagzähmodifiziert
	<b>Spezialprodukte</b>			
	T KR 4355 G5 LS			besonders geeignet für laserbeschriftbare Teile
<b>Ultramid® Advanced T1000</b>				
Spritzgusstypen (verstärkt)	T1000H...G6/G7/G8/G10/G12			hohe Steifigkeit und Festigkeit bis über 80 °C und in konditioniertem Zustand, beständig gegen aggressive Medien
<b>Ultramid® Advanced T2000</b>				
Spritzgusstypen (verstärkt)	T2300EG6			hervorragende Fließfähigkeit, hohe HDT, gute E&E Performance
	T2300HG6			hervorragende Fließfähigkeit, hohe HDT, gute E&E Performance
<b>Ultramid® Advanced N</b>				
Spritzgusstypen (unverstärkt)	N4H			dimensionsstabil und beständig, auch gegen Verschleiß und Abrieb
Spritzgusstypen (verstärkt)	N3HG6			hohe Fließfähigkeit, für E&E-Anwendungen, JEDEC Klasse 1
	N4HG7			hohe Zähigkeit, besonders beständig gegen Chemikalien, für Anwendungen im Automobilbereich
	N4WG7			hohe Zähigkeit, besonders beständig gegen Wärme und Chemikalien für Anwendungen im Automobilbereich
	N3H...C4/C6/C8			mit Carbonfaserverstärkung für hochsteife Anwendungen

Tabelle 2: Ultramid®-Sortiment

<sup>1)</sup> in verschiedenen Farben verfügbar (neben schwarz und ungefärbt)<sup>2)</sup> Grad der Wärmestabilisierung:

	Produkt	UL 94	RTI <sub>elec</sub> d=1,5 mm	GWIT ≥ 775 GWFI ≥ 850 d = 1,5 mm	Halogenfreier Flammschutz	Symbol
Ultramid® unverstärkt	A3K R01	V-2, 0,4	125 °C	+	+ <sup>1)</sup>	PA66
	C3U	V-0, 0,4	120 °C	+	+	PA66/6 FR(30)
	B3S R03	V-2, 0,8	130 °C	+	+ <sup>1)</sup>	PA6
Ultramid® verstärkt	A3UG5	V-0, 0,75	120 °C		+	PA66 GF25 FR(40)
	A3U42G6	V-0, 0,4	150 °C		+	(PA66-Blend) GF30 FR(40)
	A3U44G6 DC	V-0, 0,4	-		+	(PA66-Blend) GF30 FR(40)
	A3X2G5	V-0, 0,8	120 °C		+	PA66 GF25 FR(52)
	A3XZG5	V-0, 1,5	120 °C		+	PA66-I GF25 FR(52)
	A3X2G7	V-0, 0,75	115 °C		+	PA66 GF35 FR(52)
	A3X2G10	V-0, 1,5	115 °C		+	PA66 GF50 FR(52)
	A3XZC3 ESD	V-0, 1,5	-		+	PA66-I CF15 FR(52)
	B3UG4	V-2, 0,71	140 °C		+	PA6 GF20 FR(30)
	B3U30G6	V-2, 0,75	140 °C		+	PA6 GF30 FR(30)
	B3U42G6	V-0, 0,4	130 °C		+	PA6 GF30 FR(40)
	B3U50G6	V-0, 0,8	150 °C	+	+	PA6 GF30 FR(53)
	B3UGM210	V-0, 1,5	130 °C		+	PA6 GF10 M50 FR(61)
	T KR4365 G5	V-0, 0,75	140 °C	+	+	PA6T/6 GF25 FR(52)
	T KR4340 G6	V-0, 0,4	160 °C	+	+	PA6T/6 GF30 FR(40)
	T KR4341 G6	V-0, 0,4	-		+	PA6T/6 GF30 FR(40)
Ultramid® ONE verstärkt	J 60X1 V30	V-0, 0,4	150 °C	+	+	PA66/6T GF30 FR(40)
Ultramid® Advanced verstärkt	T2340G6	V-0, 0,4	150 °C		+	PA6T/66 GF30 FR(40)
	N3U41G6	V-0, 0,25	150 °C	+	+	PA9T GF30 FR(40)
	N3U42G6	V-0, 0,4	-	+	+	PA9T GF30 FR(40)

Tabelle 3: Übersicht über verstärkte und unverstärkte Marken mit Brandschutzausrüstung

<sup>1)</sup> kein Flammschutzadditiv


Not-Aus Schalter

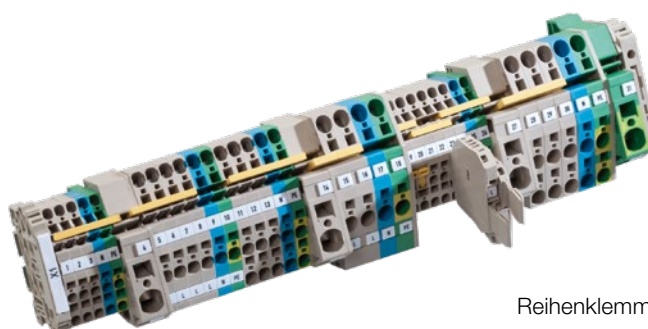
Elektro- haushalts- geräte	Reihen- klemmen	Steck- verbinder	Leitungs- schutz- schalter	Nieder- spannungs- schaltgeräte	Photovoltaik	Automobil/ e-mobility	Schienen- fahrzeuge	Leistungs- elektronik
●	○	●			○	○		
●	●	○		○		○	○	
●	○	○				○		
		○	○	●		●	○	
		○	○	●		●	○	
						●		
		○		●	●	○		
		○		○	●	○		
		○		●	●	○		
		○		●		○		
				●				
		○	●	○	○		○	
		○	●	○		○		
		○	●	●		●		
●		●	●	●		●	○	
		○	●	●		○		○
●		○		○				
●		○	○	○				
○		○	○	○		●		●
●		○	●	●		●		
		●	○	●		●		●
●		●	○	●		●		
○		●				●		●

● Hauptanwendung

○ weitere Anwendung



Wasserzählergehäuse



Reihenklemme

## Teilaromatische Polyamide (PPA)

Die BASF bietet ein Polyphthalamide-Portfolio (PPA) an, das auf vier PPA-Polymeren basiert und mehr als 50 Compounds umfasst. Zum PPA-Portfolio gehören Ultramid® Advanced N (PA9T), Ultramid® Advanced T1000 (PA6T/6I), Ultramid® Advanced T2000 (PA6T/66) und Ultramid® T (PA6T/6). Zusätzlich bietet BASF das Ultramid® One J (PA66/6T) und die Ultramid® D3E Typen (PA/PPA-Blends) an, die die Performance Lücke zwischen PPAs und PA66 schließen. Das PPA-Portfolio steht weltweit zur Verfügung und wird durch das BASF-Simulationstool Ultrasim® und umfassende Erfahrungen in der Anwendungsentwicklung ergänzt.

### Ultramid® Advanced N

Das Hochleistungspolyphthalamid zeigt konstante Mechanik bis 100 °C (Glasübergangspunkt: 125 °C) bei hervorragender Chemikalienbeständigkeit und geringer Wasseraufnahme sowie gute Eigenschaften in tribologischen Anwendungen. Das Material ermöglicht ein breites Verarbeitungsfenster und kurze Zykluszeiten. Mit Ultramid® Advanced N können leichtere, kleinere und leistungstärkere Kunststoff-Bauteile konstruiert werden. Der Werkstoff kann Anwendungsprobleme in einem breiten Einsatzspektrum lösen: Ultramid® Advanced N eignet sich für kleine Steckverbinder und funktionsintegrierte Gehäuse in Haushaltsgeräten, der Unterhaltungselektronik und im Mobilfunk. Es kann in Automobil- und Strukturbau-teilen am Motor und im Getriebe in Kontakt mit heißen, aggressiven Medien und verschiedenen Kraftstoffen eingesetzt werden. Auch Anwendungen wie Zahnräder und andere Verschleißbauteile sind mit Ultramid® Advanced N realisierbar.



Thermostat-Gehäuse

### Ultramid® Advanced T1000

Innerhalb der Ultramid®-Familie ist Ultramid® Advanced T1000 die Produktgruppe mit der höchsten Festigkeit und Steifigkeit sowie mit konstanter Mechanik bei Temperaturen von bis zu 120 °C (trocken) und bis zu 80 °C (konditioniert). Dank seiner teilaromatischen chemischen Struktur hat es eine geringe Wasseraufnahme und eine hohe Beständigkeit gegen aggressive Medien. Ultramid® Advanced T1000 kann in der Automobilindustrie eingesetzt werden, besonders in Bereichen, in denen die Werkstoffe kaum an Festigkeit einbüßen dürfen, egal welchen Temperaturen oder Umgebungen sie ausgesetzt sind; außerdem in allen anderen Branchen, in denen Dimensionsstabilität oder Beständigkeit gegen Chemikalien gefragt ist, z. B. in Thermostatgehäusen und Wasserpumpen, im Kraftstoffkreislauf und der Abgasnachbehandlung sowie für Aktuatoren und Kupplungsbauteile im Auto ebenso wie in Kaffeemaschinen, als Möbelbeschläge sowie in Bauanwendungen wie Wasserverteilern, Heizungsanlagen und Pumpen.

### Ultramid® Advanced T2000

Das Polyphthalamid verbindet ausgezeichnete mechanische und isolierende, dielektrische Eigenschaften bei hohen Temperaturen. Aufgrund seiner teilaromatischen chemischen Struktur ist Ultramid® Advanced T2000 die ideale Lösung für Bauteile, die eine hohe, konstante Steifigkeit und Festigkeit über einen weiten Temperaturbereich zusammen mit Wärmebeständigkeit, geringer Feuchtigkeitsaufnahme sowie optimalen Flammenschutz erfordern. Das PPA zeigt eine Schlagzähigkeit auf gleichem Niveau wie Standard-PA66 und eine geringere Wasseraufnahme als aliphatische Standardpolyamide, was zu einer hohen Dimensionsstabilität führt. Der hohe Schmelzpunkt (310 °C) und die hohe Wärmeformbeständigkeit (>280 °C, HDT-A) machen den Werkstoff zum geeigneten Material für bleifreies Löten, ohne dass sich Bauteile verformen. So können empfindliche Konnektoren, Strukturbauteile in Laptops und auch Leistungsschutzschalter hergestellt werden.



## Ultramid® T

Das teilaromatische Polyamid Ultramid® T verfügt über herausragende Eigenschaften:

- Dimensionsstabilität auch bei höheren Temperaturen (Schmelzpunkt: 295°C)
- Exzellente Steifigkeit und Festigkeit
- Mechanische Eigenschaften wenig abhängig von äußeren Bedingungen
- Höchste Zähigkeit aller teilaromatischen Polyamide
- Niedrige Schwindung und niedriger Verzug
- Langsame Wasseraufnahme
- Gute Chemikalienbeständigkeit
- Ausgezeichnete elektrische Eigenschaften

Besonders die hoch-glasfasergefüllten Typen eignen sich durch ihre hohe mechanische Belastbarkeit als idealer Metallersatz.

### Mechanische Eigenschaften

Im Vergleich zu konventionellen Polyamiden (z. B. PA6 oder PA66) zeichnet sich Ultramid® T durch eine deutlich langsamere Wasseraufnahme aus. Die Aufnahme von Feuchtigkeit führt zudem aufgrund der bei Ultramid® T generell höheren Glasstemperatur zu keiner nennenswerten Änderung der mechanischen Eigenschaften bei Raumtemperatur (Abb. 1).

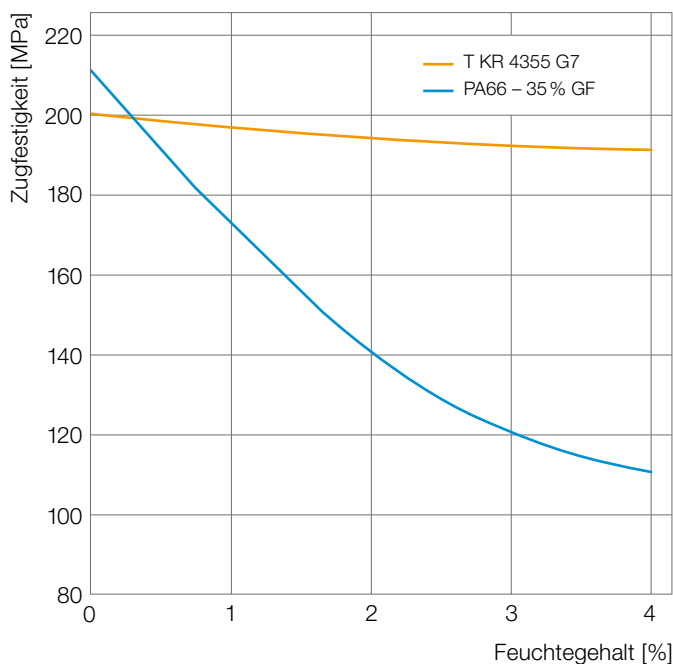


Abb. 1: Zugfestigkeit von Ultramid® T bei verschiedenen Feuchtegehalten im Vergleich zu einem PA66 bei 23°C

Teilaromatische Polyamide zählen allgemein nicht zu den zähesten Werkstoffen. Bei Ultramid® T liegen die Zähigkeitswerte auf Grund des molekularen Aufbaus deutlich über denen anderer teilaromatischer Polyamide (Abb. 2). Auch in kalter Umgebung und im trockenen Zustand verliert es seine Zähigkeit nicht. Ultramid® T eignet sich deshalb zum Beispiel exzellent als Material für Schnapp- und Steckverbindungen.

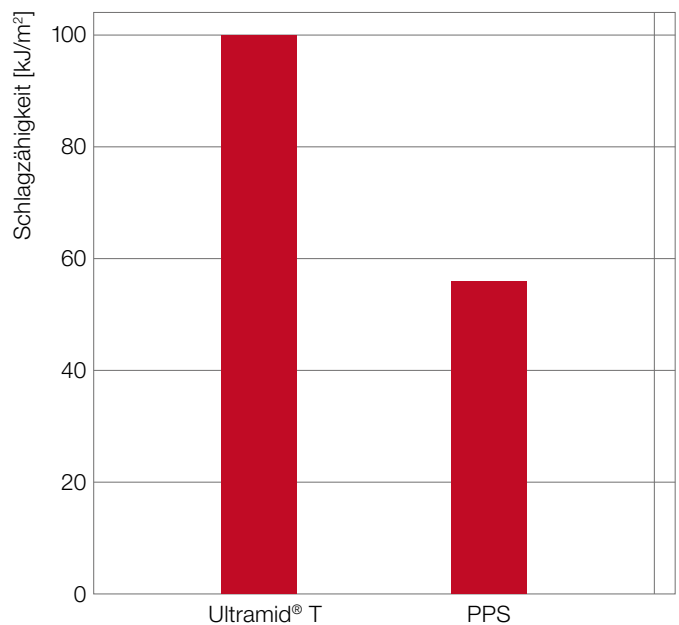


Abb. 2: Schlagzähigkeit (23°C) von Ultramid® T im Vergleich zu PPS (Glasfasergehalt: 30-35 %)

### Chemikalienbeständigkeit

Wie alle Polyamide weist auch Ultramid® T eine sehr gute Chemikalienbeständigkeit auf. Darüber hinaus bietet der Werkstoff einige weitere Vorteile, etwa gegenüber polaren Substanzen wie Alkoholen und wässrigen Calcium- und Zinkchloridlösungen. Zudem sind die Reduzierung der Festigkeit und Steifigkeit beziehungsweise die Volumenänderung bei Ultramid® T deutlich geringer als zum Beispiel bei einem PA6.

### Schwindung und Verzug

Produkte auf Basis von Ultramid® T zeigen im Vergleich zu PA66 eine niedrigere Schwindung in Längs- und Querrichtung. Dies führt, in Abhängigkeit von der Bauteilgeometrie, zu einem insgesamt äußerst niedrigen Verzug. Durch die langsame Wasseraufnahme im Vergleich zu Standardpolyamiden kommt es daneben zu einer wesentlich höheren Dimensionsstabilität bei wechselnden äußeren Bedingungen.

Weitere Informationen finden Sie im Ultramid® T Flyer.

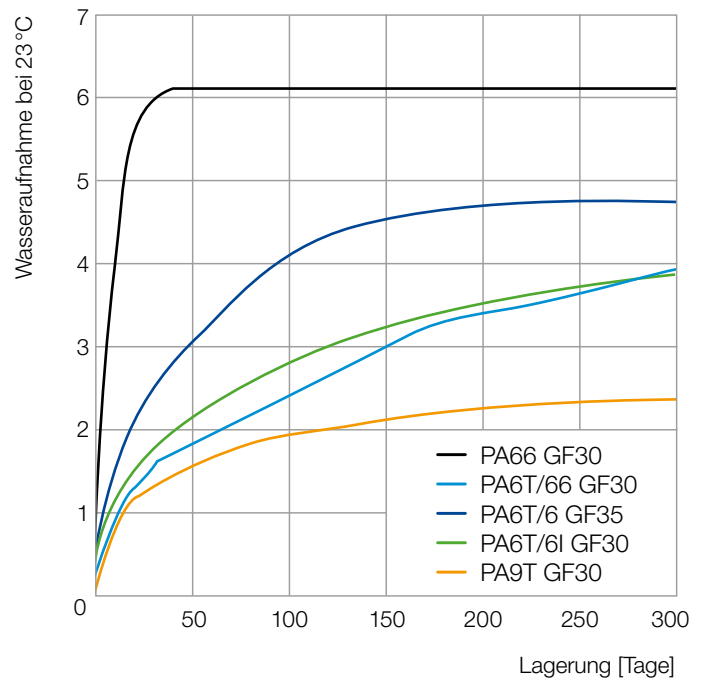


Abb. 3: Wasseraufnahme verschiedener PPA-Typen im Vergleich zu PA66

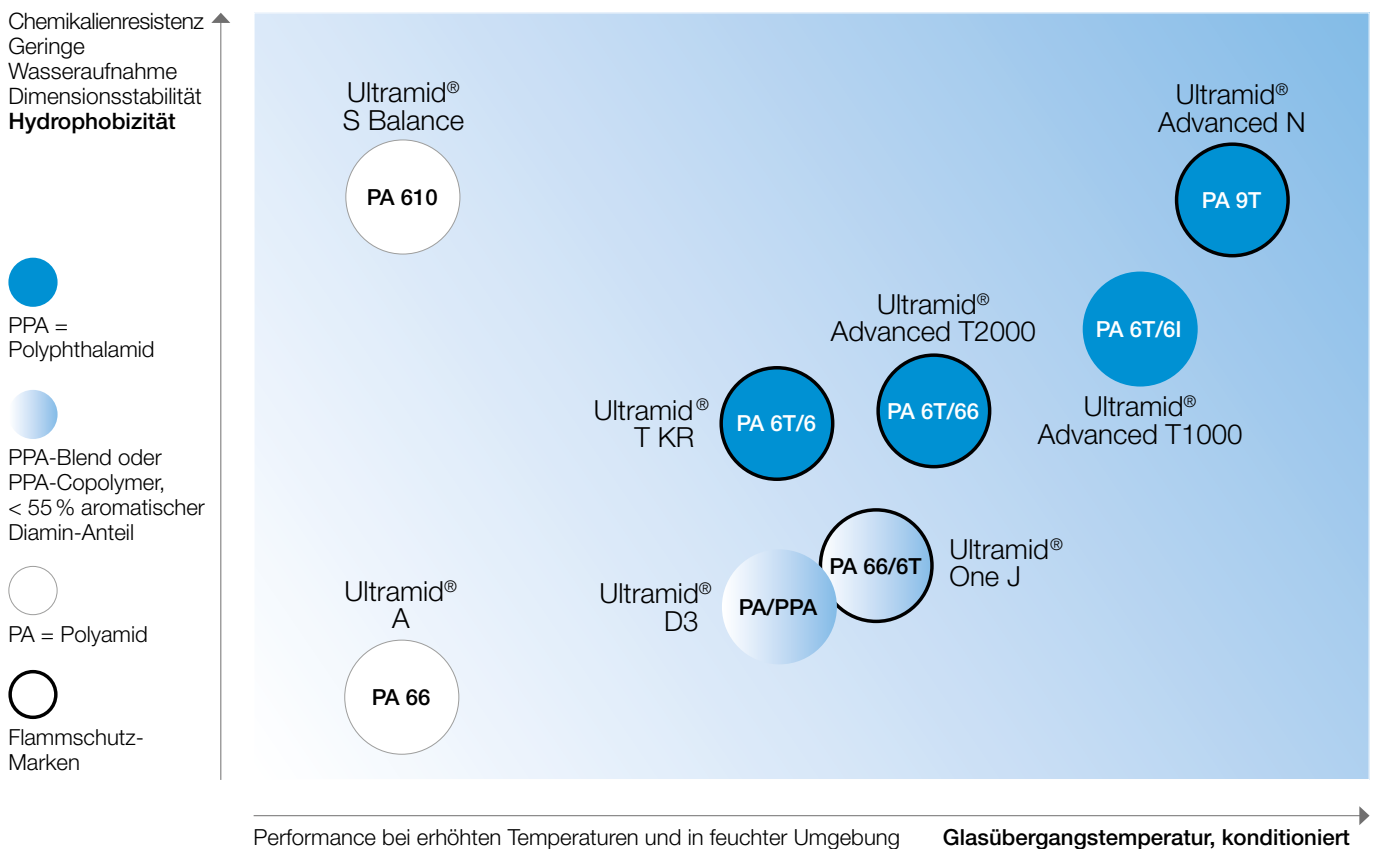


Abb. 4: Technische Positionierung der Ultramid® PPA-Typen im Vergleich zu PA66

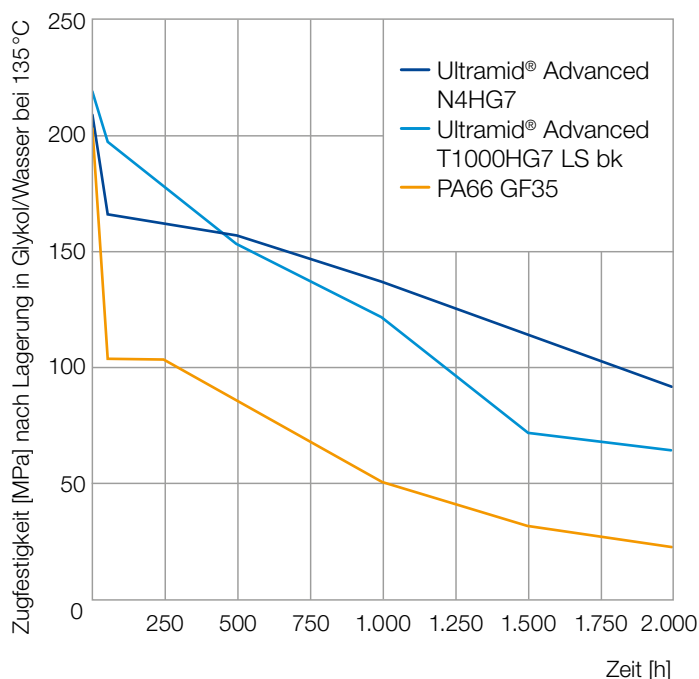


Abb. 5: Zugfestigkeit verschiedener PPA-Typen im Vergleich zu PA66

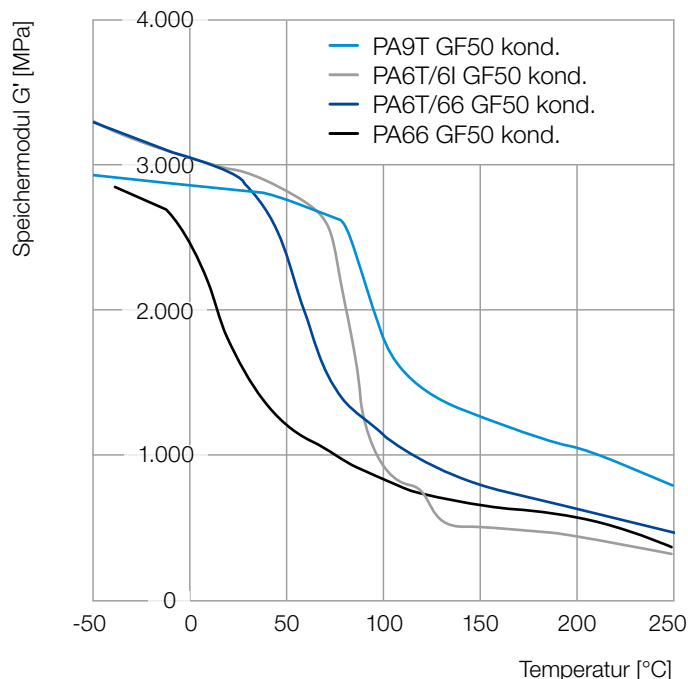


Abb. 6: Speichermodul verschiedener PPAs im Vergleich zu PA66

Anwendung / Technologie	Ultramid® D3	Ultramid® One J	Ultramid® T KR	Ultramid® Advanced T1000	Ultramid® Advanced T2000	Ultramid® Advanced N
Unterhaltungselektronik <sup>1</sup>		***	**	*	***	***
E&E-Steckverbinder <sup>1</sup>		***	***	*	***	***
E-Mobilität <sup>1</sup>		**	**	*	***	***
Extrusion						***
Fuel Cell	*	**	*	***	*	***
Zahnräder			*		**	***
Haushaltsgeräte	***	**	*	***	*	**
LED						***
Powertrain	**		**	***	**	***
Pumpen	***		**	***	*	**
Sensoren <sup>1</sup>			**	***	***	***
Wasserzähler	***		**	***	*	**

<sup>1</sup> Flammschutz-Marken verfügbar: weitere Informationen finden Sie im separaten Ultramid® PPA Flammschutz-Flyer

\*\*\* perfect fit / \*\* good fit / \* moderate fit

Tabelle 4: Mögliche Anwendungen für die verschiedenen PPA-Typen



Finden Sie das passende PPA für Ihre Anwendung!  
**PPA Product Selector auf [www.ppa.basf.com](http://www.ppa.basf.com)**

## Ultramid® One J

### Performance zwischen PA66 und PPA für E&E-Anwendungen

Ultramid® One J ist ein Hochtemperaturpolyamid (PA66/6T) mit sehr guten mechanischen und dielektrischen Eigenschaften bei Feuchtigkeit und erhöhten Temperaturen. Es schließt die Lücke zwischen dem Polyamid- und PPA-Angebot der BASF für E&E-Anwendungen. Der Hochleistungskunststoff zeichnet sich durch sehr gute mechanische und dielektrische Eigenschaften bei Feuchtigkeit und erhöhten Temperaturen aus. Er zeigt eine gute Dimensionsstabilität aufgrund geringer Wasseraufnahme. Ultramid® One J erweitert die Einfärbungs- und Gestaltungsmöglichkeiten von Bauteilen, da es nicht nur orange und grau, sondern auch weiß eingefärbt werden kann. Aufgrund seiner hohen Fließfähigkeit ist es besonders zur Herstellung von kleinen und komplexen Bauteilen mit elektrischer Schutzwirkung geeignet. Die verfügbaren UL-Karten belegen hervorragende RTI- und GWIT-Werte. Das verwendete Flammschutzmittel ist nicht-halogeniert.

Weitere Informationen finden Sie im Ultramid® One J Flyer.

## Ultramid® S Balance

Als langkettiges Polyamid zeichnet sich Ultramid® S Balance vor allem durch folgende Eigenschaften aus:

- Gute Hydrolysebeständigkeit
- Hohe Spannungsrissbeständigkeit
- Niedrige Wasseraufnahme, hohe Dimensionsstabilität
- Mechanische Eigenschaften weitgehend unabhängig vom Konditionierungsgrad
- Teilweise biobasiert

Unter den langkettigen Polyamiden weist Ultramid® S Balance eine der höchsten Steifigkeiten und Festigkeiten auf. Es ist daher der ideale Werkstoff für den Einsatz in Bereichen, die eine Kombination aus der Medienresistenz langkettiger Polyamide mit den mechanischen Eigenschaften der klassischen Werkstoffe PA6 und PA66 erfordern.

### **Mechanische Eigenschaften**

Die geringere Wasseraufnahme von Ultramid® S Balance im Vergleich zu PA6 oder PA66 führt einerseits zu einer besseren Konstanz mechanischer Eigenschaften unter wechselnden Klimabedingungen. Andererseits besitzt Ultramid® S Balance eine höhere Wärmeformbeständigkeit als PA12 und bietet somit ein ausgewogenes Eigenschaftsspektrum für vielfältige Anwendungen.

### **Chemikalien- und Hydrolysebeständigkeit**

Wie alle Polyamide weist auch Ultramid® S Balance eine sehr gute Chemikalienbeständigkeit auf. Darüber hinaus bietet der Werkstoff einige weitere Vorteile, z. B. eine im Vergleich zu PA6 oder PA66 deutlich bessere Hydrolysestabilität (Abbildung 7).



Kraftstoffdrucksensor

Das macht Ultramid® S Balance besonders geeignet für Steckverbinder, Rohre und Behälter in Kühlkreisläufen. Ebenso kann das Material gut im Kraftstoffbereich eingesetzt werden, z. B. für Schnellkupplungen von Kraftstoffleitungen.

Für den Einsatz im Automobilaußenbereich ist Spannungsrisssbeständigkeit in Anwesenheit von Zinkchlorid ein wichtiges Kriterium. Durch ihre spezielle molekulare Struktur sind langkettige Polyamide hier klar im Vorteil. So erfüllt glasfaserverstärktes Ultramid® S Balance die Bedingungen der Normen SAE 2644 und FMVSS 106. Damit ist der Werkstoff besonders gut geeignet für das Umspritzen von Metall- und Elektronikbauteilen, die im Kontakt mit aggressiven Medien stehen, z. B. Raddrehzahlsensoren.

Ultramid® S findet außerdem in hochwertigen Freizeitartikeln, wie zum Beispiel im Wintersport, seine Anwendung. Im Portfolio finden sich hochschlagzähe Produkte (S3Z4 und S3Z5) welche sich vor allem für Skischuhe eignen. Im Vergleich zu anderen Materialien in diesem Segment weist Ultramid® S eine sehr niedrige Dichte auf (1000 g/l) und verfügt über exzellente Materialeigenschaften.

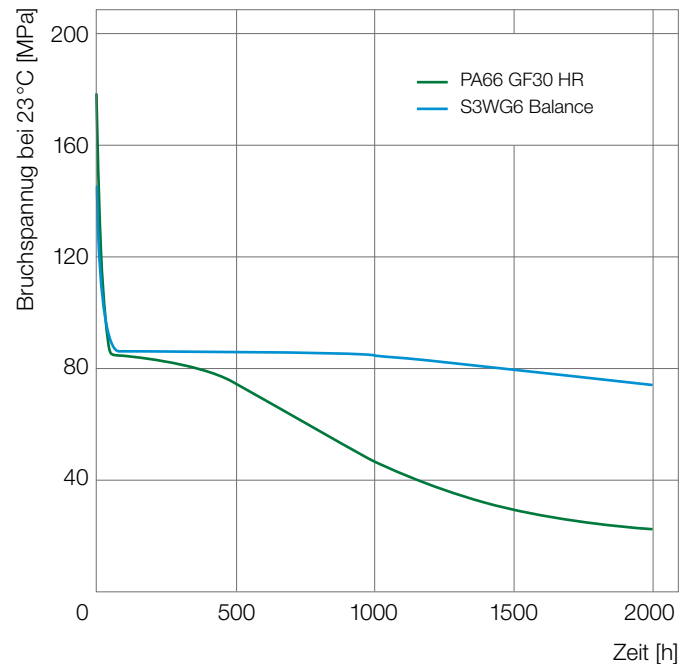


Abb. 7: Hydrolysebeständigkeit von Ultramid® S Balance im Vergleich mit PA66 GF30 HR nach Lagerung in Glysanin®/Wasser (1:1) bei 130°C

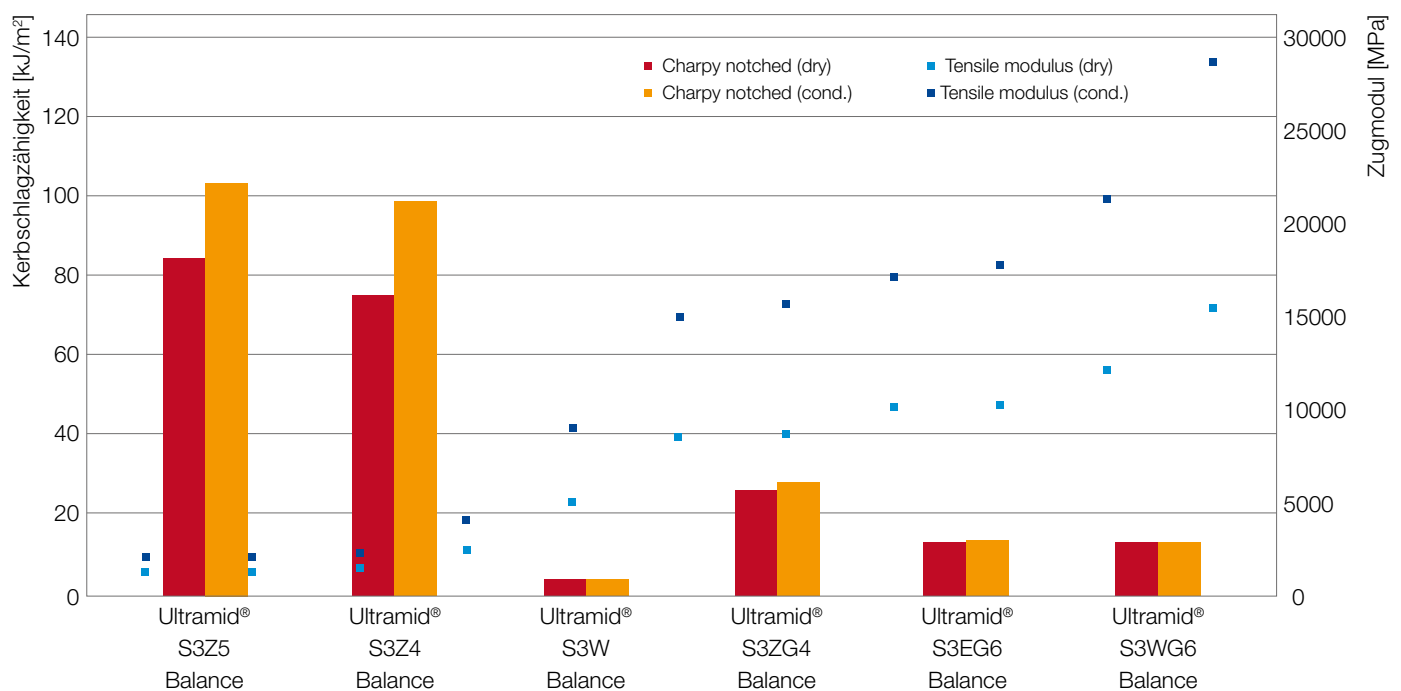


Abb. 8: Steifigkeit und Zähigkeit von Ultramid® S Typen



## Ultramid® Vision

Mit Ultramid® Vision ist es der BASF erstmals gelungen, ein teilkristallines Polyamid zu entwickeln, das Licht weitgehend ungehindert passieren lässt. Im Vergleich zu opaken Standard-Polyamiden weist Ultramid® Vision eine sehr hohe Lichttransmission bei geringer Lichtstreuung auf (Abbildung 9).

Das neue Polyamid verbindet die besten Eigenschaften zweier Werkstoffgruppen:

- die chemische Resistenz, Temperaturbeständigkeit und die problemlose Verarbeitung von semi-kristallinen, opaken Werkstoffen mit
- der Durchsichtigkeit amorpher Polymere, und das bei einem wettbewerbsfähigen Preisniveau.

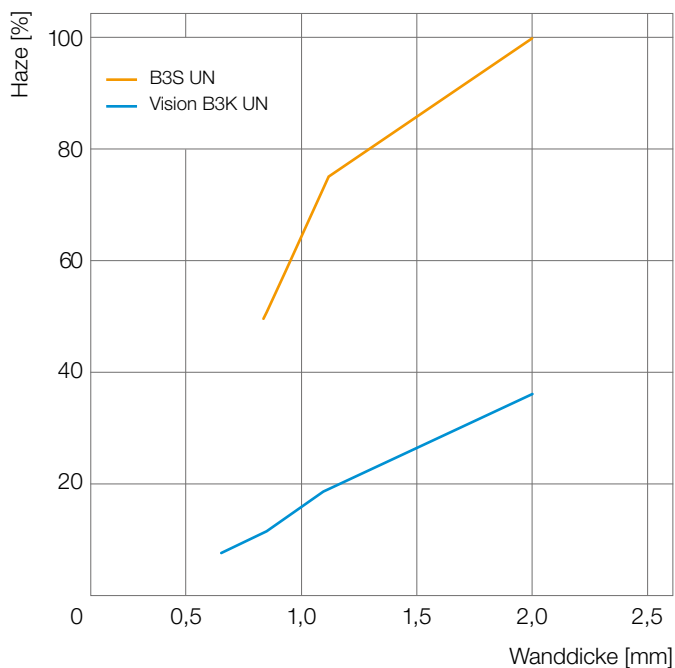


Abb. 9: Haze-Werte von Ultramid® B3S UN und Ultramid® Vision B3K UN über die Wanddicke

Ultramid® Vision stellt damit eine kosteneffiziente Materiallösung für Anwendungen in chemisch anspruchsvollen Umgebungen dar, die eine hohe Lichtdurchlässigkeit oder gar Durchsichtigkeit erfordern.

Durch die freie Einfärbbarkeit mit migrationsarmen Farbstoffen können leuchtende Farbeffekte erzielt werden, die vielseitige Gestaltungsmöglichkeiten bieten. Zudem lässt sich das lichtdurchlässige Ultramid® Vision mit anderen Polyamid-Werkstoffen im Mehrkomponenten-Spritzgießverfahren kombinieren. Das ermöglicht die einfache Herstellung multifunktionaler Teile mit durchsichtigen oder illuminierten Bereichen.

Wenn Bauteile aus Ultramid® Vision erhöhten Temperaturen und Feuchtigkeit ausgesetzt werden, verändern sich die Haze- und Transmissionswerte gegenüber dem spritzfrischen Zustand kaum. Zudem überzeugt das transluzente Polyamid mit einer hohen UV-Stabilität, Kratzfestigkeit und hervorragender chemischer Beständigkeit.

Neben dem ungefärbten Basis-Grade Ultramid® Vision B3K UN wird ein speziell ausgerüstetes Produkt mit diffuser Lichtstreuung bei gleichzeitig hohem Transmissionsgrad und hoher Farbtreue angeboten. Zudem sind eine weiß sowie schwarz eingefärbte Type erhältlich. Des Weiteren können auch nach Kundenwünschen eingefärbte Produkte hergestellt werden.



Design-Scheiben

## Ultramid® Deep Gloss

Ultramid® Deep Gloss ist das Spezialpolyamid für hochglänzende Bauteile im Automobil-Innenraum. Es zeichnet sich durch ein ausgewogenes Eigenschaftsprofil für hochglänzende und gleichzeitig widerstandsfähige Bauteile ohne Lackierung aus:

- hoher Glanzgrad
- exzellente Widerstandsfähigkeit gegen Verkratzen
- hohe chemische Beständigkeit
- niedrige Emissionen
- gute UV-Beständigkeit

Aufgrund seines ausgewogenen Eigenschaftsprofils ist Ultramid® Deep Gloss der ideale Werkstoff für:

- Zierteile, z. B. Umrandungen von Displays
- Zierblenden um Leuchten
- Ablagen im Dachhimmel
- funktionale Bauteile, z. B. Luftausströmer
- Einlagen in Fahrzeugtüren oder Mittelkonsolen

Durch eine spezielle Additivierung wurden die für hochwertige Oberflächen erforderlichen Dauergebrauchseigenschaften wie Kratz- und Abriebfestigkeit sowie eine ausreichend hohe UV-Beständigkeit erreicht.

Ultramid® Deep Gloss bildet Strukturen detailgetreu ab und dies ohne eine oft notwendige variotherme Werkzeugtemperierung. Dem Designer eröffnen sich damit neue Perspektiven, hochglänzende Flächen und ungewöhnliche Texturen zu kombinieren.

Zusätzlich zur tiefschwarzen Klavierlack-Optik sind weitere Kontrastfarben und aktuelle Farbtrends möglich. Ultramid® Deep Gloss ist primär für die Anforderungen im Automobil-Interior entwickelt. Es lassen sich aber auch Bauteile mit ähnlicher Beanspruchung im Konsumgüterbereich verwirklichen.



DIN 75202	L	ΔE	Graumaß	Glanz 20°
0h	2,77	0	5	91,4GU
280h (4 Zyklen)	2,98	0,31	4 - 5	94,3GU
420h (6 Zyklen)	3,41	0,73	4	74,8GU

Tabelle 5: Heißlichtalterung von Ultramid® Deep Gloss

1,2 W/m² @ 420 nm

Standard schwarz: 100 °C; 20 % r. h.



# Die Eigenschaften von Ultramid®

## Mechanische Eigenschaften

Die hier beschriebenen Ultramid® A (PA66) und Ultramid® B (PA6) Marken decken einen großen Bereich mechanischer Eigenschaften ab und erfüllen damit vielseitige Anforderungen unserer Kunden beispielsweise aus der E&E- und Automobil- Industrie sowie aus zahlreichen weiteren Branchen.

Das Besondere des Werkstoffs Polyamid ist die ideale Kombination von Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit bei ausgezeichneter Langlebigkeit über einen weiten Temperaturbereich. Diese Vorteile sind auf die teilkristalline Struktur des Polyamids zurückzuführen: Starke zwischenmolekulare Wasserstoffbrückenbindungen geben den kristallinen Bereichen Festigkeit und ermöglichen hohe Einsatztemperaturen, während flexiblere Molekülketten der amorphen Bereiche für außergewöhnliche Zähigkeit sorgen.

Bei der Materialauswahl auf Basis mechanischer Kenndaten ist eine Besonderheit des Polyamids zu berücksichtigen: Spritzfrische Bauteile sind stets trocken und nehmen je nach Umgebungsbedingungen Feuchtigkeit auf.

Dies führt zu einer signifikanten Änderung der mechanischen Kenndaten, bei typischen Prüfbedingungen wie z. B. 23 °C. Daher wird in den Datenblättern häufig zwischen den Materialkennwerten „trocken“ und „konditioniert“ unterschieden.

Exemplarisch für Ultramid® A und Ultramid® B zeigt Abb. 10 an unverstärktem Ultramid® A3K den Einfluss der Konditionierung auf den Zug-E-Modul (Verschiebung der Glastemperatur). Bei Ultramid® A3EG10, einem mit 50 % Glaserfasern verstärktem Produkt, ist die Feuchtaufnahme (gegenüber einer unverstärkten Type) reduziert, da die Einlagerung von Wasser nur im Polyamid- und nicht im Glasfaseranteil des Produktes erfolgt, wodurch die Feuchtaufnahme bezogen auf das gesamte Compound geringer ausfällt.

Im Folgenden werden die mechanischen Eigenschaften des Ultramid®-Sortiments beschrieben.

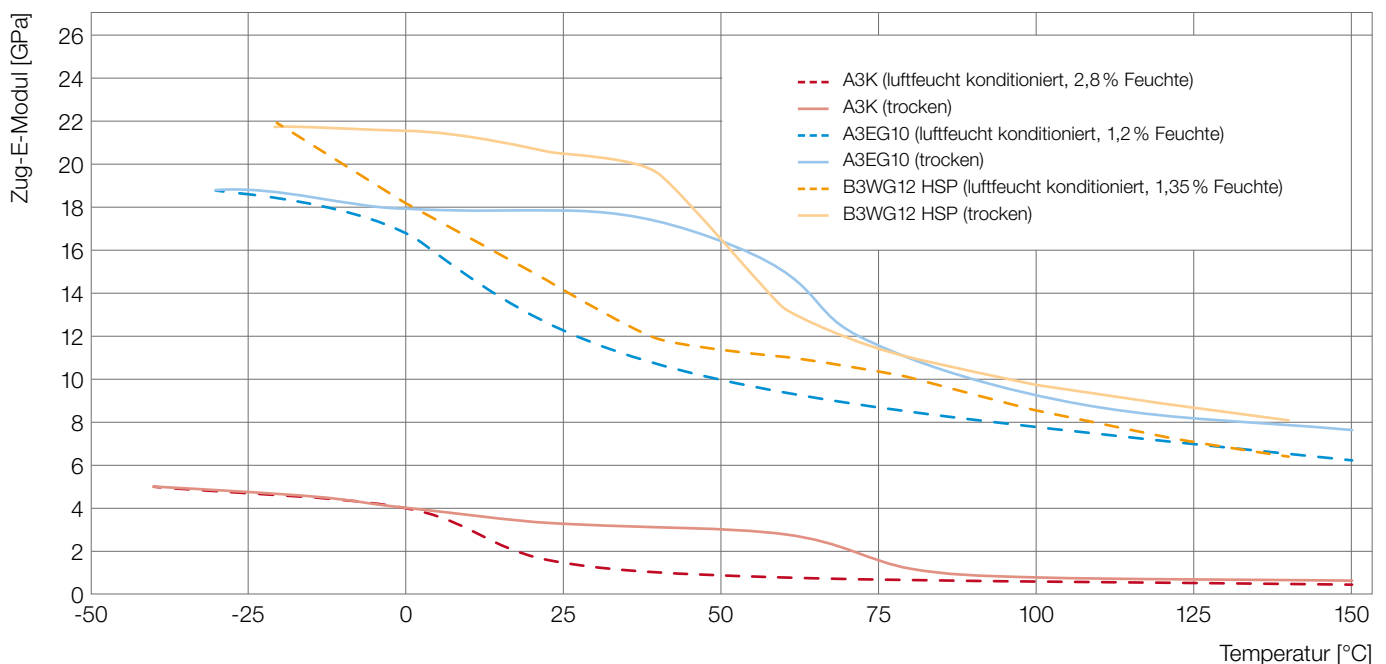


Abb.10: Zug-E-Modul von Ultramid®-Typen als Funktion von Temperatur und Feuchte

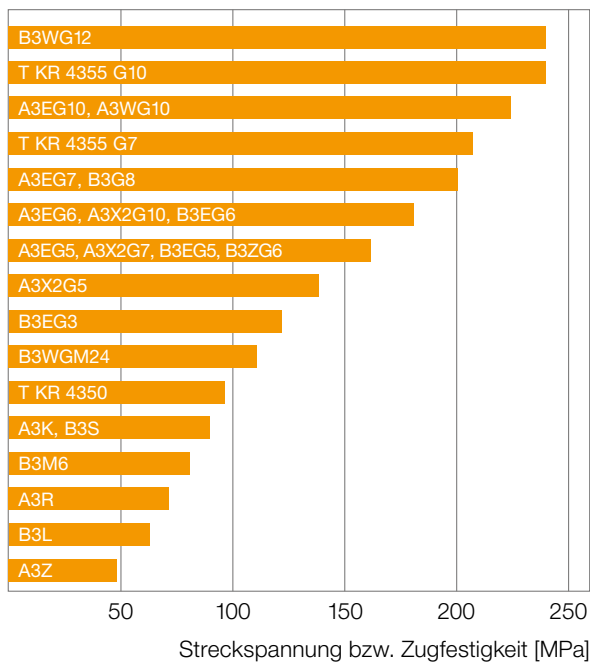


Abb. 11: Streckspannung (bei verstärkten Marken Zugfestigkeit) von ausgewählten Ultramid®-Marken bei 23 °C, trocken (nach ISO 527)

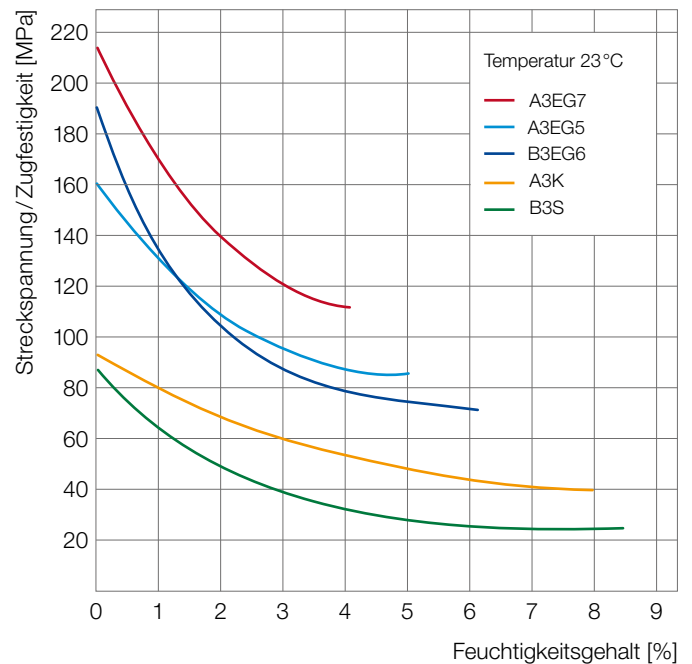


Abb. 13: Zugfestigkeit (bei unverstärkten Marken Streckspannung) von Ultramid® in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt bei 23 °C (nach ISO 527)

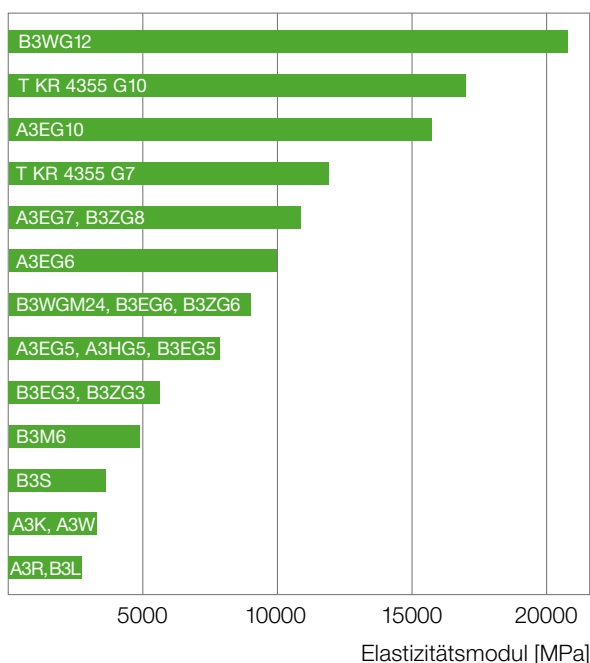


Abb. 12: Elastizitätsmodul von ausgewählten Ultramid®-Marken bei 23 °C, trocken (nach ISO 527)

Das Sortiment lässt sich nach den Elastizitätsmodulbereichen (trocken) der Produkte in sechs Gruppen einteilen:

- Zähmodifizierte unverstärkte Marken 1500 - 2000 MPa
- Unverstärkte Marken 2700 - 3500 MPa
- Mineralverstärkte zähmodifizierte Marken (+GF) 3800 - 4600 MPa
- Mineralverstärkte Marken (+GF) 3800 - 9300 MPa
- Zähmodifizierte glasfaserverstärkte Marken 5200 - 11200 MPa
- Glasfaserverstärkte Marken 5200 - 21100 MPa

Die mechanischen Eigenschaften werden von der Temperatur, der Zeit (der Nachkristallisation), dem Feuchtigkeitsgehalt und den Herstellungsbedingungen der Probekörper (vgl. produktspezifische Verarbeitungsempfehlungen) beeinflusst.

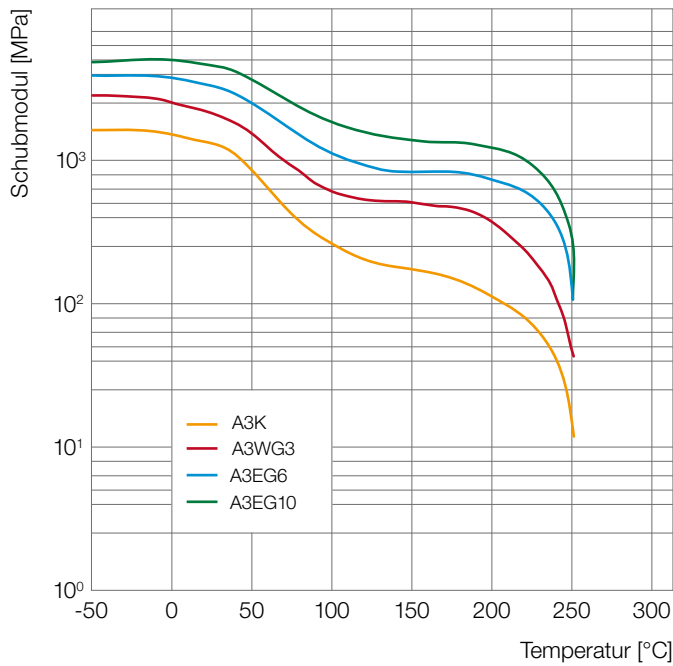


Abb. 14: Schubmodul von Ultramid® A-Marken in Abhängigkeit von Temperatur und Glasfasergehalt, gemäß ISO 6721-2, trocken

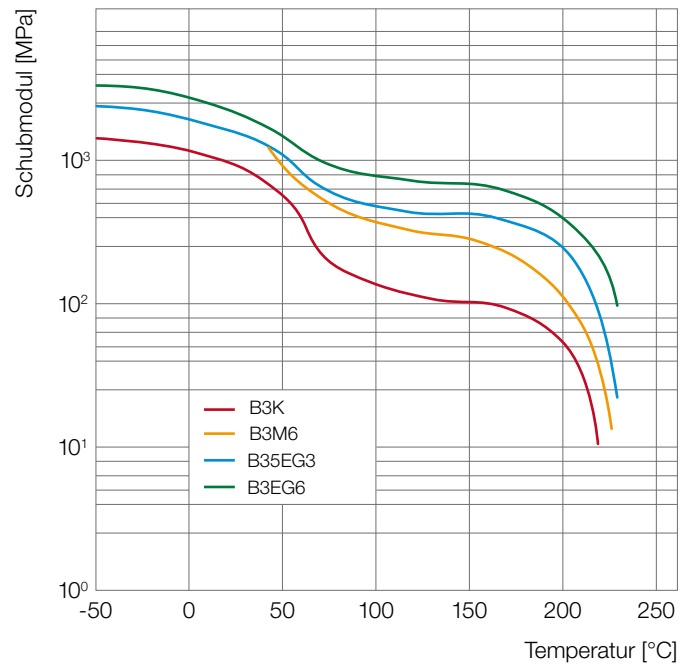


Abb. 15: Schubmodul von Ultramid® B-Marken in Abhängigkeit von der Temperatur und Füllstoff, gemäß ISO 6721-2, trocken

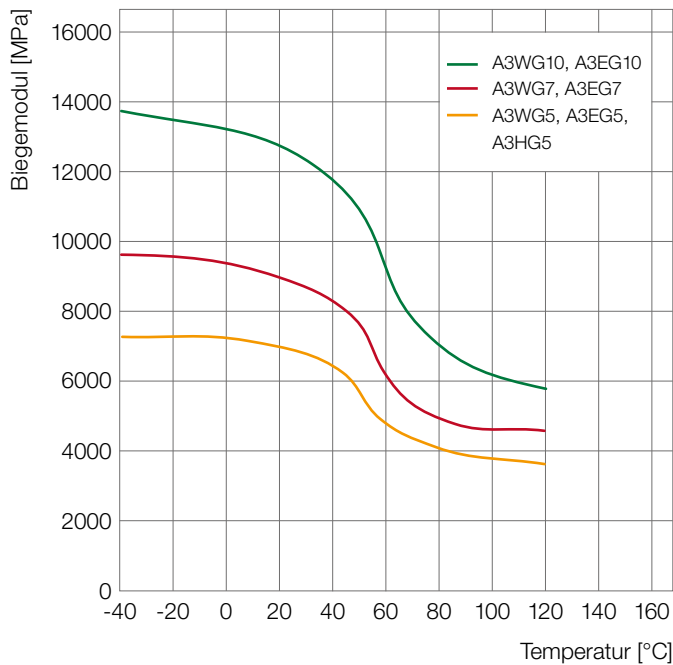


Abb. 16: Biege-Elastizitätsmodul von verstärkten Ultramid® A-Marken in Abhängigkeit von der Temperatur (Biegeversuch ISO 178, trocken)

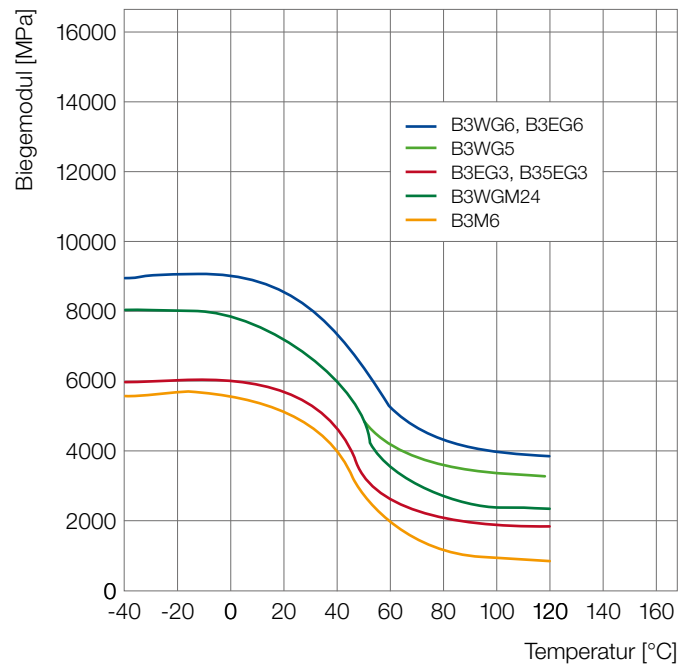


Abb. 17: Biege-Elastizitätsmodul von verstärkten Ultramid® B-Marken in Abhängigkeit von der Temperatur (Biegeversuch ISO 178, trocken)



Bei den verstärkten Marken beeinflussen die Modifizierungen die Eigenschaften. Die wichtigste Modifizierung ist die Verstärkung mit Glasfasern. Einflussgrößen sind: Glasfasergehalt, mittlere Glasfaserlänge, Glasfaserlängenverteilung und die Glasfaserorientierung. Letztere bildet sich durch den Fließprozess der Schmelze aus und führt zu anisotropen Bauteileigenschaften. Diese Effekte können quantitativ berechnet und zur Optimierung von Bauteilen eingebracht werden. Die BASF nutzt hierzu ihre Simulationssoftware Ultrasim®.

Das Verhalten bei kurzzeitiger einachsiger Zugspannung wird als Spannungs-Dehnungs-Diagramm dargestellt (Abb. 18 und 19), worin der Einfluss von Temperatur und Verstärkung verdeutlicht wird. Die Daten sind für ungefärbte Produkte dargestellt und können durch Einfärbungen beeinflusst werden. Die Streckspannung von trockenem, unverstärktem Ultramid® liegt bei 70 bis 100 MPa, bei verstärkten Marken kann die Bruchspannung auf bis zu 250 MPa ansteigen.

### Schlagzähigkeit, Kälteschlagzähigkeit

Polyamide sind sehr zähe Werkstoffe. Sie eignen sich für Teile, an deren Bruchsicherheit hohe Anforderungen gestellt werden. Zur Charakterisierung des Zähigkeitsverhaltens dienen im Allgemeinen unter verschiedenen Bedingungen ermittelte Normprüfwerte. Weitere Informationen finden Sie in der Ultramid® Sortimentsübersicht.

Da die Werte wegen der verschiedenen Prüfanordnungen, Probekörperabmessungen und Kerbformen nicht direkt miteinander vergleichbar sind, ermöglichen sie allenfalls einen Vergleich von Formmassen innerhalb der einzelnen Produktgruppen. Zur praktischen Beurteilung des Zähigkeitsverhaltens sind Fertigteilprüfungen unerlässlich. Das Verhalten von Ultramid® bei Schlagbeanspruchung wird allerdings von vielen Faktoren, in erster Linie von der Formgebung des Bauteils, der Steifigkeit und von dem Feuchtigkeitsgehalt des Werkstoffs beeinflusst.

Es gibt Ultramid® in den unterschiedlichsten Kombinationen von Schlagzähigkeit und Steifigkeit. Je nach Anwendung, Anforderung, Konstruktion und Verarbeitung können unverstärkte, höhermolekulare, glasfaserverstärkte, mineralgefüllte oder zähmodifizierte Produkte mit jeweils optimaler Zähigkeits-Steifigkeits-Relation gewählt werden. Auch die folgenden Hinweise sollten bei der Wahl geeigneter Werkstoffe beachtet werden.

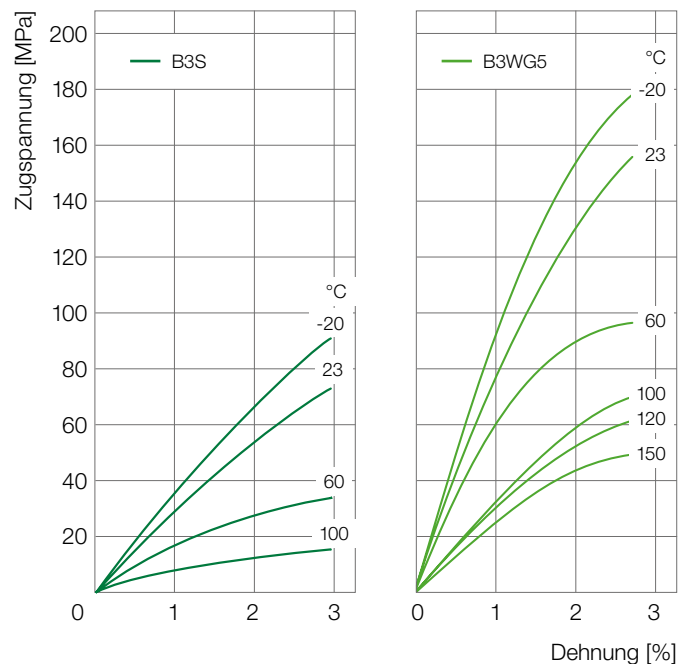


Abb. 18: Spannungs-Dehnungs-Diagramme für Ultramid® B3S und B3WG5 (trocken) nach ISO 527

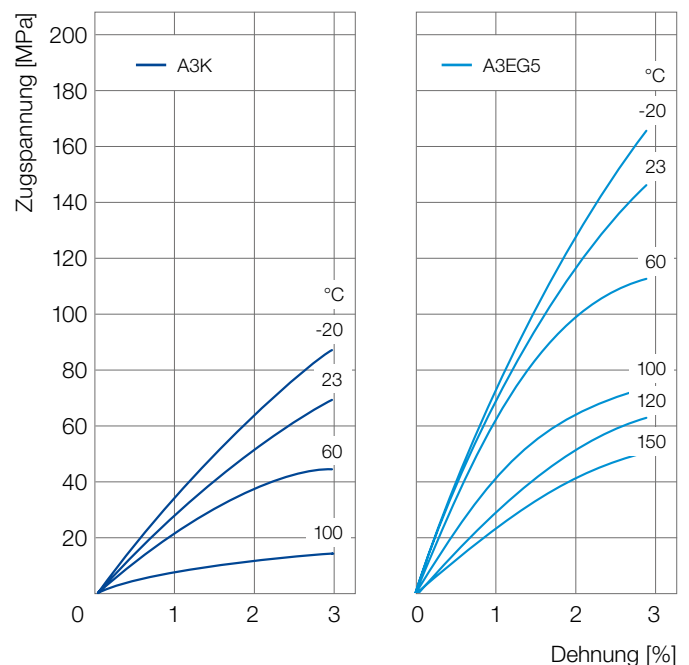


Abb. 19: Spannungs-Dehnungs-Diagramme für Ultramid® A3K und A3EG5 (trocken) nach ISO 527

Feuchtigkeit fördert die Zähigkeit von Ultramid®. Während unverstärkte Polyamide eine sehr hohe Schlagzähigkeit aufweisen (typischerweise erfolgt hier bei einer Schlagbiegeprüfung kein Bruch der entsprechenden Probekörper), nimmt die Schlagzähigkeit bei Zugabe von Glasfasern zunächst stark ab und durchläuft bei einem Glasfaseranteil von etwa 10-15 Gew.-% ein Minimum und nimmt dann mit steigendem Glasfaseranteil wieder deutlich zu. Demgegenüber nimmt bei glasfaserverstärkten Marken die Bruchdehnung von Fertigteilen im Zugversuch mit steigendem Glasfasergehalt stetig ab, während gleichzeitig die Werte der Festigkeit, Steifigkeit und Kerbschlagzähigkeit von Normprobekörpern ansteigen. Dieser Effekt ist im Wesentlichen auf die ausgeprägte Glasfaserorientierung in den Probekörpern zurückzuführen.

Hochmolekulare unverstärkte Produkte haben sich für dickwandige technische Teile mit hohen Anforderungen an die Schlagzähigkeit bewährt.

Die zähmodifizierten unverstärkten Ultramid®-Typen wie B3L weisen schon trocken eine hohe Schlagzähigkeit auf. Sie werden eingesetzt, wenn eine Konditionierung oder eine Zwischenlagerung zur Feuchtigkeitsaufnahme nicht wirtschaftlich ist oder wenn höchste Kerb- oder Kälteschlagzähigkeit gefordert ist.

Neben den jeweiligen Verarbeitungsbedingungen beeinflusst auch die Formteilgeometrie die Schädigungsarbeit in hohem Maße, und zwar mit den daraus resultierenden Widerstandsmomenten, wobei besonders die Wanddicken, Querschnitte und Kerbradien zu nennen sind. Selbst Ort und Geschwindigkeit bei der Beanspruchung sind für das Ergebnis von großer Bedeutung.

#### Verhalten bei langzeitiger statischer Beanspruchung

Die Beanspruchung eines für längere Zeit statisch belasteten Werkstoffs wird typischerweise durch eine konstante Spannung oder Dehnung hervorgerufen. Aufschluss über das Dehn-, Festigkeits- und Spannungs-Relaxations-Verhalten unter Dauerbelastung geben der Zeitstandzugversuch nach ISO 899 und der Spannungs-Relaxations-Versuch nach DIN 53441.

Dargestellt werden die Ergebnisse als Kriechkurven, Kriechmodullinien, Zeitspannungslinien und isochrone Spannungs-Dehnungs-Linien (Abb.20 und 21). Die hier für Normklima nach ISO 291 und 120°C wiedergegebenen Kurven sind nur ein Ausschnitt aus unseren umfangreichen Untersuchungsergebnissen.

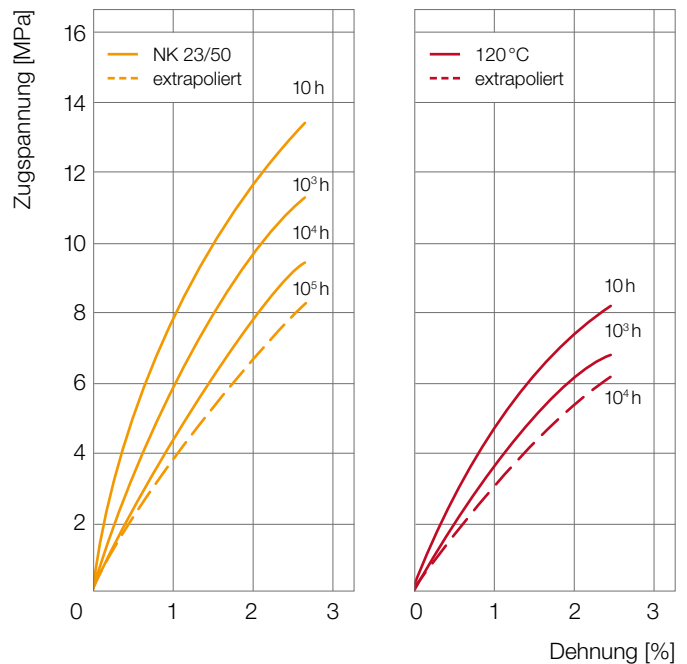


Abb. 20: Isochrone Spannungs-Dehnungs-Diagramme für Ultramid® A3K nach ISO 899 im Normalklima 23°C/50 % r.F. und bei 120°C (trocken)

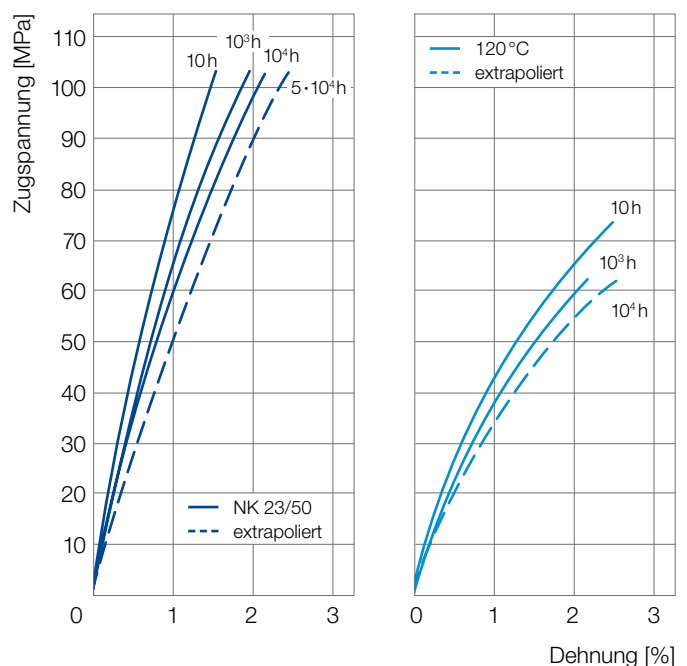


Abb. 21: Isochrone Spannungs-Dehnungs-Diagramme für Ultramid® A3WG10 nach ISO 899 im Normalklima 23°C/50 % r.F. und bei 120°C (trocken)

Die bei einachsiger Zugbeanspruchung ermittelten Kennwerte ermöglichen es auch, das Werkstoffverhalten bei mehrachsiger Beanspruchung richtig einzuschätzen. Insbesondere verstärkte Marken zeichnen sich durch hohe Zeitstandfestigkeit und geringe Kriechneigung aus. Weitere Werte und Diagramme für andere Temperatur- und Klimabedingungen können beim Ultra-Infopoint angefordert oder dem Programm „Campus“ entnommen werden.

### Verhalten bei schwingender Beanspruchung, Schwingfestigkeit

Technische Teile werden häufig auch durch dynamische Kräfte beansprucht, vor allem bei Schwingungsbeanspruchungen, die periodisch in stets gleicher Weise auf das Konstruktionsteil einwirken. Das Verhalten eines Werkstoffs gegenüber solchen Beanspruchungen wird in Dauerprüfungen z.B. unter Zug-Druck-Belastung bis zu sehr großen Lastspielzahlen ermittelt. Die Ergebnisse sind in Wöhler-Diagrammen dargestellt, die man durch Auftragen der aufgetragenen Spannung über der jeweils erreichten Schwingspielzahl erhält. Bei der Übertragung der Prüfergebnisse in die Praxis ist zu berücksichtigen, dass sich die Werkstücke bei hoher Lastwechselhäufigkeit infolge innerer Reibung stark erwärmen können. Für diese Fälle sind die bei höheren Temperaturen gemessenen Kurven heranzuziehen (Abb.22).

### Reibungs- und Verschleißverhalten

Die glatte, zähnharte Oberfläche, die teilkristalline Struktur, die hohe Wärmebeständigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegen Schmierstoffe, Kraftstoffe und Lösungsmittel machen Ultramid® zu einem idealen Werkstoff für gleitbeanspruchte Bauteile. Hervorzuheben sind die guten Notlaufeigenschaften: während metallische Werkstoffe bei Trockenlauf zum „Fressen“ neigen, sind Gleitpaarungen mit Ultramid® in vielen Fällen auch ohne Schmierung funktionstauglich.

Verschleiß und Reibung sind Systemeigenschaften, die von vielen Parametern abhängen, z.B. von der Werkstoffpaarung, der Oberflächenbeschaffenheit, der Geometrie der sich berührenden Gleitelemente, dem Zwischenmedium (Schmierstoff) und der Beanspruchung aufgrund äußerer Bedingungen wie Belastung, Geschwindigkeit und Temperatur.

Die wichtigsten Einflüsse auf die Höhe des Gleitverschleißes und des Gleitreibungskoeffizienten von Ultramid® sind die Härte und Oberflächenrauigkeit der Gleitpartner, der Flächendruck, die Gleitstrecke, die Gleitflächentemperatur und die Schmierung.

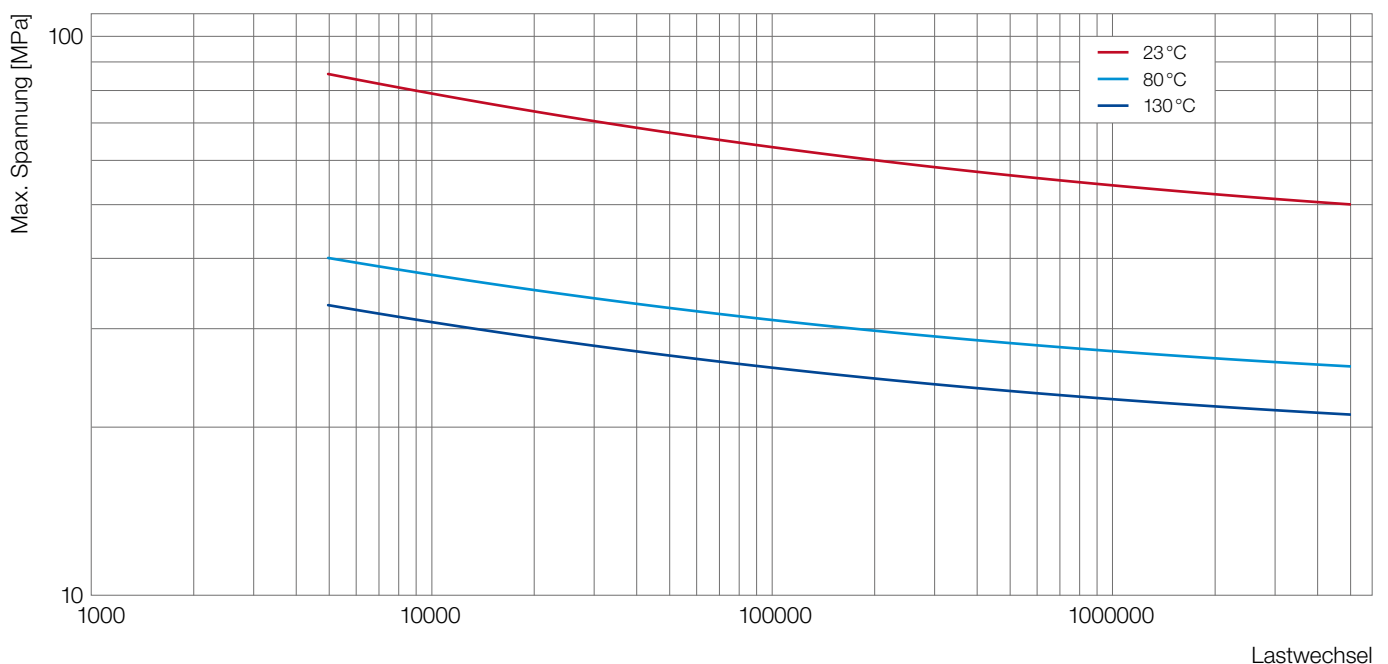


Abb. 22: Schwingfestigkeit von Ultramid® A3WG7 bei verschiedenen Temperaturen (trocken, R = -1, 10 Hz, längs orientiert, Dicke: 3 mm)

## Thermische Eigenschaften

Ultramid® hat folgende Schmelztemperaturen:

Ultramid® A:	260°C
Ultramid® B:	220°C
Ultramid® C:	242°C
Ultramid® S:	222°C
Ultramid® T:	295°C
Ultramid® Advanced T1000:	325°C
Ultramid® Advanced T2000:	310°C
Ultramid® Advanced N:	300°C

Aufgrund seiner teilkristallinen Struktur und der starken Wasserstoffbrückenbindungen ist Ultramid® auch bei erhöhter Temperatur bis in die Nähe des Schmelzbereichs formbeständig.

Unter den teilkristallinen Thermoplasten hebt sich Ultramid® durch geringe Längenausdehnungskoeffizienten ab.

Besonders die verstärkten Marken sind bei Temperaturänderungen sehr maßhaltig. Bei den glasfaserverstärkten Marken ist die Längenausdehnung jedoch von der Orientierung der Fasern abhängig.

### Verhalten bei Temperatureinwirkung

Das Verhalten von Bauteilen aus Ultramid® in der Wärme ist außer von den produktspezifischen thermischen Eigenschaften auch von Dauer und Art der Temperatureinwirkung und der mechanischen Belastung abhängig. Ferner übt die Gestaltung der Teile einen Einfluss aus. Die Wärmeformbeständigkeit von Teilen aus Ultramid® ist deshalb nicht ohne weiteres anhand der Temperaturwerte aus den verschiedenen genormten Prüfungen abzuschätzen, so wertvoll sie zur Orientierung und zum Vergleich auch sein mögen.

Einen guten Einblick in das Temperaturverhalten liefern die im Torsionsschwingungsversuch nach ISO 6721-2 in Abhängigkeit von der Temperatur gemessenen Schubmodul- und Dämpfungswerte. Der Vergleich der Schubmodulkurven (Abb. 14 und 15) gibt Aufschluss über das unterschiedliche mechanisch-thermische Verhalten bei geringen Deformationsbeanspruchungen und -geschwindigkeiten. Nach den praktischen Erfahrungen stimmt die Wärmeformbeständigkeit von optimal gefertigten Teilen gut mit den im Torsionsversuch ermittelten Temperaturbereichen überein, in denen die beginnende Erweichung deutlich wird.

Für die Anwendung in elektrischen Geräten ist meist die Prüfung der Wärmesicherheit nach IEC 60695-10-2 (Kugeldruckprüfung) vorgeschrieben. Die Anforderungen dieser Prüfung bei 125°C für Träger spannungsführender Teile werden von Fertigteilen aus allen Ultramid®-Marken erfüllt. Auch höhere Temperaturanforderungen können mit Ultramid® erfüllt werden. Hierfür empfehlen sich die verstärkten Marken.



Schutzschalter

### Wärmealterungsbeständigkeit

Für Teile mit lang andauernder Temperaturbeanspruchung eignet sich stabilisiertes Ultramid®, welches traditionell mit K, E, H oder W als zweiten Buchstaben in der Nomenklatur gekennzeichnet ist. Für besonders hohe Dauergebrauchstemperaturen kann aus einem lückenlosen Portfolio ausgewählt werden: Für Temperaturen bis 190 °C eignet sich die W2-Stabilisierung, bis 210 °C die W3-Stabilisierung. Komplettiert wird die Bandbreite von Ultramid® Endure, das bis 220 °C einsetzbar ist. Für sensitive Anwendungen, z. B. aus dem Elektronikbereich, eignen sich optimierte Produkte mit E- oder H-Stabilisierung. Mit der P-Stabilisierung wird das Portfolio der wärmestabilisierten Ultramid® Produkte vervollständigt, da es aufgrund seiner Metall- und Halogenidfreiheit ebenfalls für sensitive Anwendungen geeignet ist, dabei aber Dauergebrauchstemperaturen bis zu 190 °C ermöglicht.

Merkmale und Wirksamkeit dieser Stabilisierung sind in der nebenstehenden Abbildung 23 zusammengestellt. Die Temperaturbereiche sind als Richtwert zu verstehen und hängen von dem jeweiligen Produkt ab. Die Zugfestigkeit nach Wärmelagerung ist in Abbildung 24 beispielhaft für einige Ultramid®-Marken dargestellt.

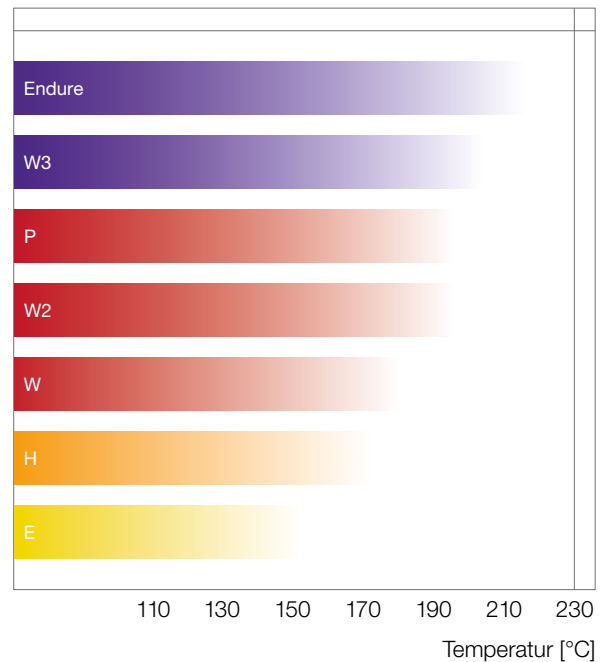


Abb. 23: Typische Dauergebrauchstemperaturen (bezogen auf den Erhalt der Zugfestigkeit nach 3000 h) für Ultramid® Typen

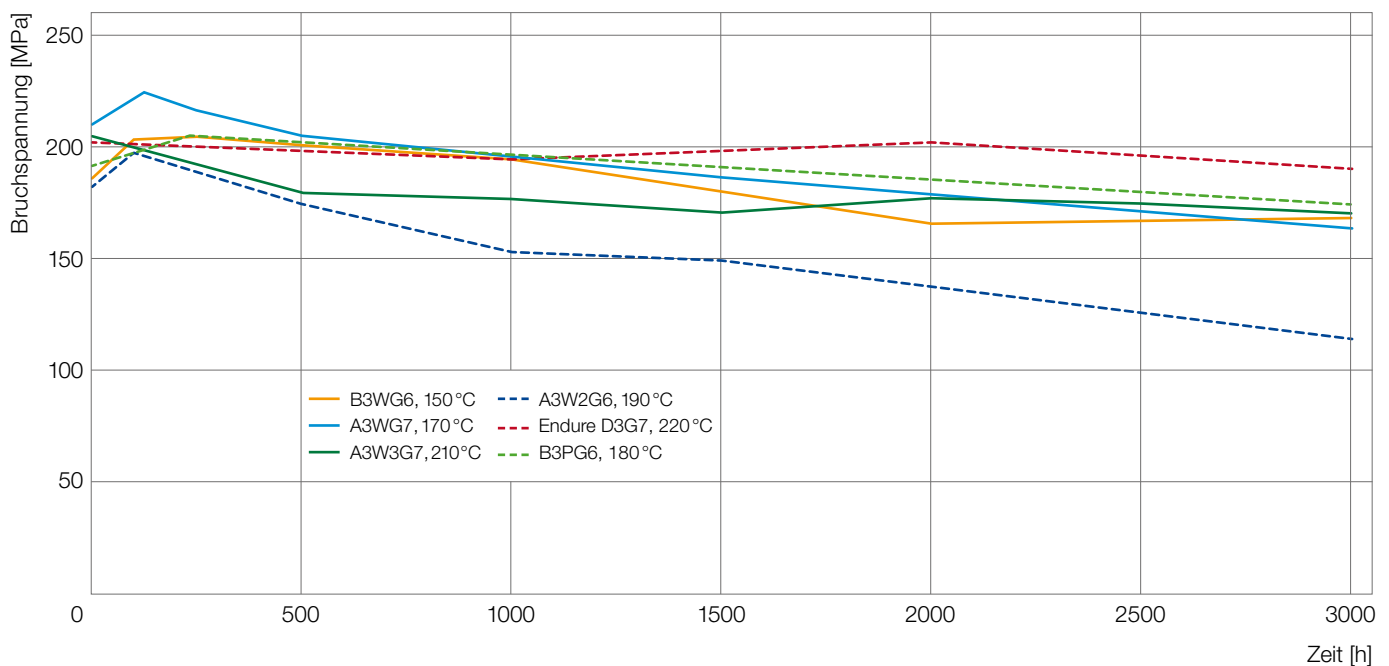


Abb. 24: Wärmealterungsbeständigkeit verschiedener Ultramid®-Typen (Zugversuch bei 23°C, trocken, nach ISO 527)

### Wärmealterungsbeständigkeit in heißen Schmierstoffen, Kühlflüssigkeiten und Lösungsmitteln

Voraussetzung für die vielfältige technische Anwendung von Ultramid® insbesondere im Fahrzeugbau, z. B. für Bauteile im Motorölkreislauf oder in Getrieben, ist seine ausgezeichnete Dauerbeständigkeit gegen heiße Schmierstoffe, Kraftstoffe, Kühlflüssigkeiten sowie gegen Lösungs- und Reinigungsmittel. Wie die Bruchspannung von glasfaserverstärkten Ultramid®-Typen bei Lagerung in heißen Schmierstoffen oder Kühlflüssigkeiten beeinflusst wird, kann den Abbildungen 25 und 26 entnommen werden. Gegen Schmierstoffe und heiße Kühlflüssigkeiten sind die Marken mit H- und W-Stabilisierung besonders beständig. Für Anwendungen in Kfz-Kühlkreisläufen hat sich z. B. A3HG6 HR und A3WG6 HRX bei erhöhter Umgebungstemperatur bewährt.

### Wasseraufnahme und Maßhaltigkeit

Eine Besonderheit von Polyamid im Vergleich zu anderen Thermoplasten ist seine Wasseraufnahme. Formteile nehmen in Wasser oder in feuchter Luft, je nach deren relativer Feuchte und abhängig von Zeit, Temperatur und Wanddicke, eine bestimmte Menge Wasser auf, wobei die Maße geringfügig zunehmen. Die Gewichtszunahme bei Sättigung ist von der Ultramid®-Marke abhängig und in der Sortimentsübersicht zusammengestellt. Wie die Feuchtigkeitsaufnahme bei Sättigung von der relativen Feuchtigkeit abhängt, ergibt sich aus Abbildung 27.



Dübel

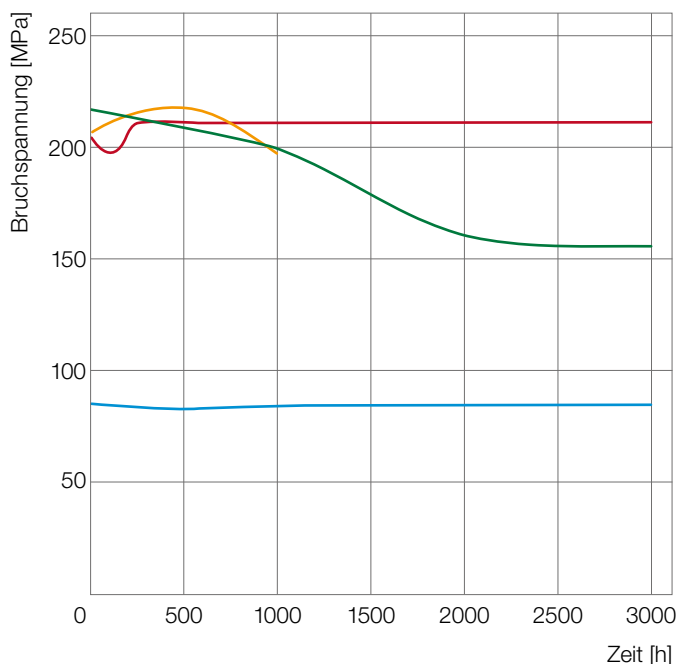


Abb. 25: Bruchspannung verschiedener Ultramid® A Typen nach Medienlagerung in Ölen bzw. Schmierfett

- A3HG7, Getriebeöl – Pentosin FFL2, 150 °C
- A3WG7, Motoröl – Aral Extra Turboral SAE 10W-40, 150 °C
- A4H, Schmierfett – Fuchs Renolit LT1, 120 °C
- A3WG7, Getriebeöl – Dexron VI ATF2, 150 °C

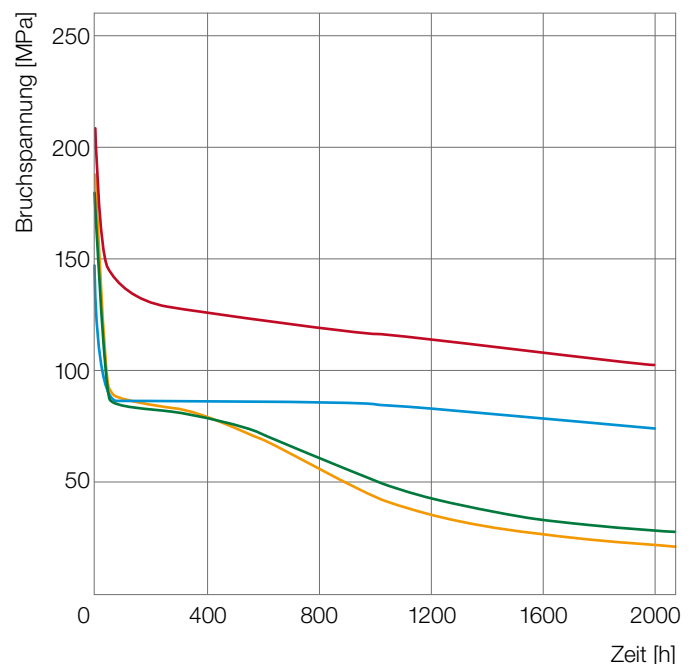


Abb. 26: Bruchspannung verschiedener Ultramid® Typen nach Hydrolyselagerung in Glysantin®/Wasser 1:1

- A3HG6 HR, 130 °C
- A3WG6 HRX, 130 °C
- S3WG6 Balance, 130 °C
- Advanced N4HG7, 135 °C



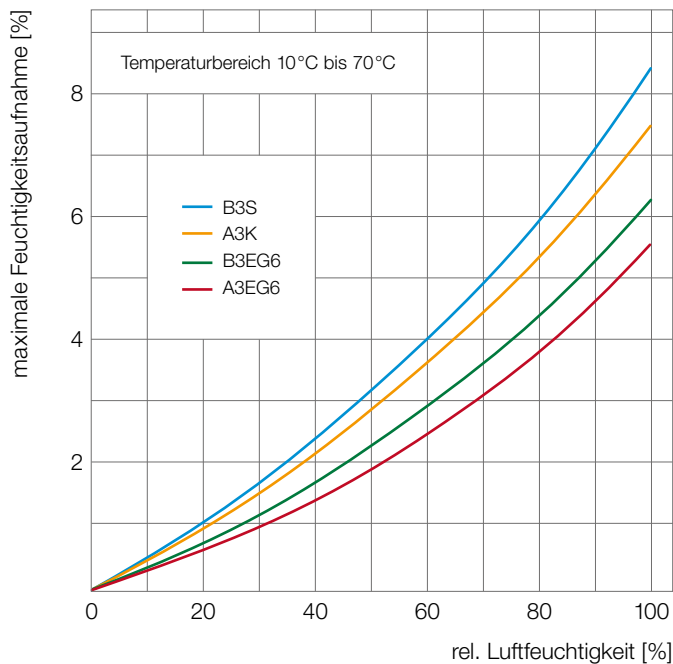


Abb. 27: Gleichgewichtsfeuchtigkeit von Ultramid® A und B in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit im Temperaturbereich von 10°C bis 70°C (Streuung  $\pm 0,2$  bis  $0,4\%$  absolut)

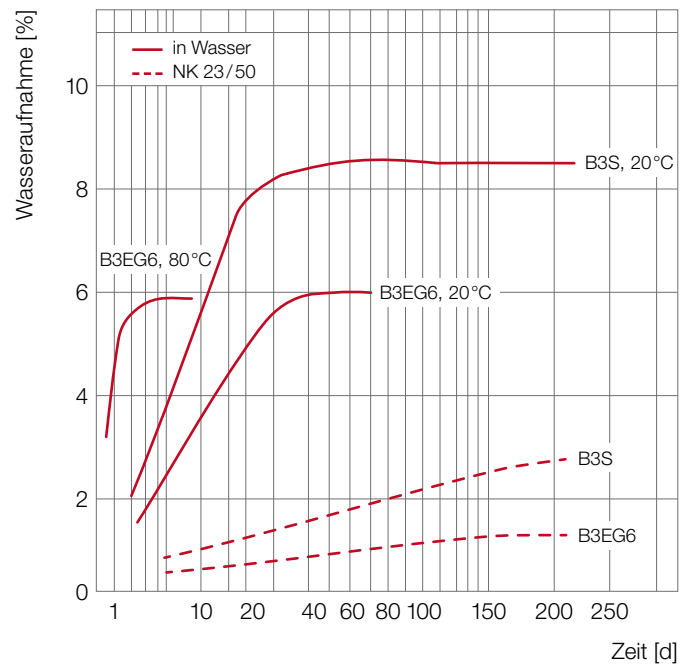


Abb. 28: Wasseraufnahme von Ultramid® B in Abhängigkeit von der Lagerzeit und den Konditionierbedingungen, Schichtdicke 2 mm

Abbildung 28 und 29 zeigen die Wasseraufnahme von Ultramid® in Abhängigkeit von der Lagerungszeit bei verschiedenen Versuchsbedingungen.

Wie in der Ultramid®-Sortimentsübersicht ersichtlich ist, erhöhen sich mit der Wasseraufnahme die Schlagzähigkeit, die Reißdehnung und die Kriechneigung, während Festigkeit, Steifigkeit und Härte abnehmen.

Vorausgesetzt, dass das Wasser im Formteil gleichmäßig verteilt ist, ergibt sich bei unverstärktem Ultramid® A und Ultramid® B eine maximale Volumenzunahme von ca.  $0,9\%$  und eine mittlere Längenzunahme von  $0,2$  bis  $0,3\%$  pro einem Gewichtsprozent aufgenommenen Wassers. Die Maßänderung der glasfaserverstärkten Marken beträgt längs zur Faserrichtung weniger als  $0,1\%$  pro  $1\%$ . Dadurch sind diese Marken, wie auch die mineralgefüllten Marken, bei wechselnder Feuchtigkeit besonders maßkonstant.

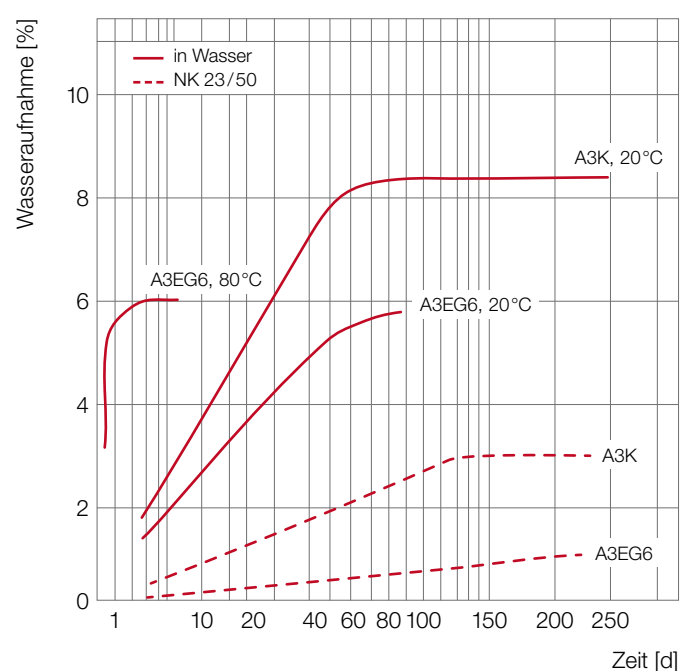


Abb. 29: Wasseraufnahme von Ultramid® A in Abhängigkeit von der Lagerzeit und den Konditionierbedingungen, Schichtdicke 2 mm

## Elektrische Eigenschaften

Die überragende Bedeutung von Ultramid® in der Elektrotechnik, insbesondere für elektrische Isolierteile und Gehäuse in der Energietechnik, beruht auf den guten Isoliereigenschaften (Durchgangs- und Oberflächenwiderstand) in Verbindung mit hoher Durchschlag- und Kriechstromfestigkeit sowie günstigem Verhalten in der Wärmealterung. Ultramid® gehört damit zu den hochwertigen Isolierstoffen. Sobald hohe Anforderungen an das Brandverhalten bestehen, kommen bevorzugt die brandgeschützten Produkte zum Einsatz.

Bezüglich der elektrischen Eigenschaften ist Folgendes zu beachten:

- Die Produkte zeichnen sich durch eine hohe Kriechstromfestigkeit aus, die durch den Feuchtigkeitsgehalt des Materials nur wenig beeinträchtigt wird.
- Der spezifische Durchgangswiderstand und der Oberflächenwiderstand sind sehr hoch; bei erhöhter Temperatur und auch bei höherem Wassergehalt nehmen diese Werte ab.
- Bei Einsatz unter sogenannten „erschweren Bedingungen“ ist es wie bei allen elektrischen Isolierstoffen üblich, durch entsprechende konstruktive Maßnahmen eine kontinuierliche Betauung durch Schwitz- oder Kondenswasser zu vermeiden.
- Ungünstige Einsatzbedingungen wie Stauwärme in Kombination mit hoher Luftfeuchtigkeit, feuchtwarmes Klima oder schlechte Entlüftung können das Isolationsverhalten beeinträchtigen.

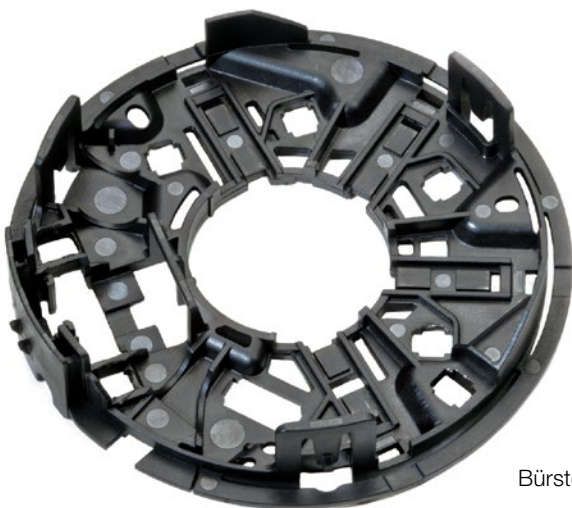
Aus diesen Gründen sollte die Funktionsfähigkeit der Bauteile in jedem Anwendungsfall sorgfältig geprüft werden. Die elektrischen Prüfwerte sind in der Sortimentsübersicht zusammengestellt.

Im Ultramid® Sortiment sind Materialien mit moderater (E/K, EQ), mittlerer (H und W) und hoher (P) Langzeitalterungsbeständigkeit enthalten.

Insbesondere bei sensiblen Anwendungen im Bereich der Mikroelektronik kann es in Gegenwart von Wasser (Kondensatbildung) zu Migrationseffekten kommen, welche in seltenen Fällen zu Schäden an den Elektronikkomponenten führen können.

Aufgrund dessen bietet die BASF für besonders sensible Automobilelektronik wie Steuergeräte und Sensoren sowie HV-Komponenten ein Portfolio verschiedener Polyamid 6- und 66-Typen an, welches dabei hilft, Schäden durch Elektrokorrosion an den Schaltkreisen zu vermeiden. Die verschiedenen Ultramid® EQ-Typen (EQ = Electronic Quality) zeichnen sich durch eine extrem hohe Reinheit bezüglich elektrisch aktiven oder korrosionsfördernden Inhaltsstoffen aus und bieten trotzdem noch eine gute Wärmealterungsbeständigkeit. Sie unterliegen einer besonderen Qualitätsprüfung, die die Auswahl der Rohstoffe, den Produktionsprozess und den Nachweis des Halogengehalts umfasst. Das global verfügbare Portfolio besteht aus ungefärbten und schwarzen Typen mit einem Glasfasergehalt von 30 % und 35 %, die auch laserbeschriftbar sind.

Für sensible Anwendungen, welche eine höhere Dauergebrauchstemperaturbeständigkeit erfordern, können wahlweise H-stabilisierte oder P-stabilisierte Materialien zum Einsatz kommen.



Bürstenhalter



Stecker

Der prinzipielle Einfluss von Temperatur und Feuchtigkeit auf die elektrische Durchschlagfestigkeit und den spezifischen Durchgangswiderstand von Ultramid® ergibt sich aus Abbildung 30 und 31.

Ultramid® A3X-Marken sind auf Basis von rotem Phosphor flammgeschützt. Sie sind gegen die Bildung von Zersetzungsprodukten des roten Phosphors, wie sie bei phosphor-flammgeschützten Polyamiden prinzipiell auftreten können, speziell stabilisiert. Vor dem Einsatz, insbesondere bei extremen Bedingungen von Wärme und Feuchtigkeit, sollte aber – wie bei allen elektrischen Isolierstoffen – durch Prüfungen und konstruktive Maßnahmen sichergestellt werden, dass die Betriebssicherheit der Teile gegeben ist.



Getriebe Steuerung

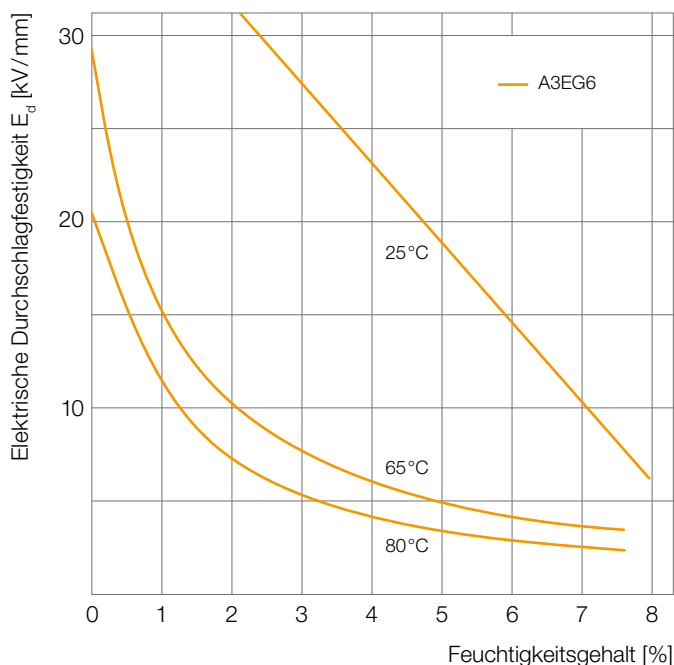


Abb. 30: Elektrische Durchschlagfestigkeit von Ultramid® A3EG6 bei verschiedenen Temperaturen in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt (IEC 60243; Schichtdicke 3mm)

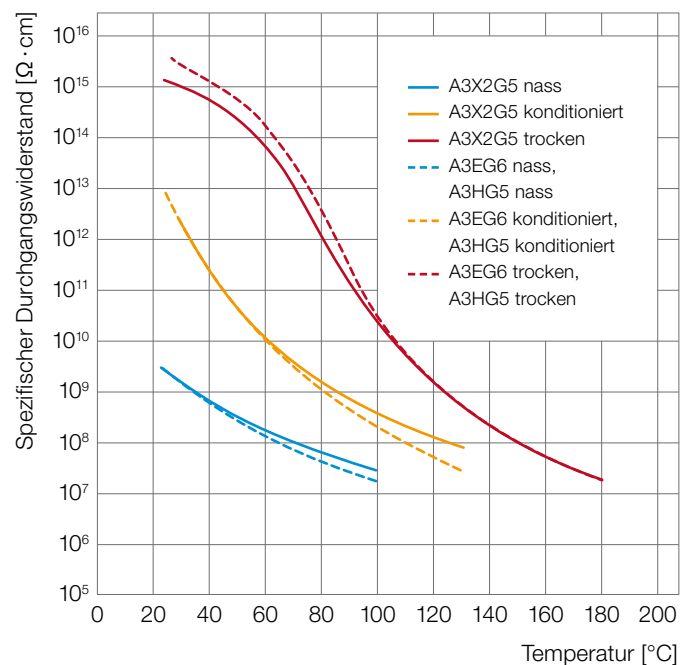


Abb. 31: Spezifischer Durchgangswiderstand von glasfaser-verstärktem Ultramid® A bei verschiedenen Feuchtigkeitsgehalten in Abhängigkeit von der Temperatur (IEC 60093)

## Halogengehalt

Im Portfolio sind Materialien mit moderater (E/K, EQ), mittlerer (H und W) und hoher (W2, W3 und P) Langzeitalterungsbeständigkeit enthalten. Je nach Stabilisator-System finden sich in den Materialien unterschiedliche Gehalte von Halogenidsalzen. Bei den W-Produkten werden explizit diese Halogenidsalze als effektiver und bewährter Wärmestabilisator zugesetzt.

Bei sensiblen Anwendungen im Bereich der Mikroelektronik kann es in Gegenwart von Wasser unter ungünstigen Randbedingungen zur Migration von Halogenidsalzen kommen, welche Korrosionsprozesse initiieren können. Daher werden für den Bereich der sensiblen E&E Anwendungen die halogenidarmen Wärmestabilisierungen (E/K, H und P) empfohlen.

Für hochsensible Anwendungen mit moderater Temperaturbelastung bietet BASF darüber hinaus die Produktklasse EQ an, deren Materialien besonders halogenidarm sind und bezüglich eventueller Halogenidverunreinigungen produktionsbegleitend überprüft werden.

Für sensible Anwendungen, welche eine höhere Dauergebrauchstemperaturbeständigkeit erfordern, können wahlweise H-stabilisiert oder P-stabilisierte Materialien zum Einsatz kommen.

## Brandverhalten

### Allgemeine Hinweise

Ultramid® Produkte beginnen sich oberhalb einer bestimmten Temperatur langsam zu zersetzen. Dies ist abhängig von der jeweiligen Zusammensetzung. Dabei können sich brennbare Gase bilden, die nach ihrer Zündung weiter brennen. Diese Vorgänge werden von vielen Faktoren beeinflusst, so dass kein definierter Flammpunkt angegeben werden kann. Der Einsatz von Flammschutzadditiven soll die Entstehung von Bränden verhindern (Entzündung) bzw. im Brandfall dessen Ausbreitung minimieren (Selbstverlöschung).

Zersetzungsprodukte und Brandgase können grundsätzlich toxisch sein. Die Sicherheitsdatenblätter enthalten die entsprechenden produktspezifischen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

### Prüfungen

#### Elektrische Anwendungen

In Europa wird häufig die Glühdrahtprüfung nach IEC 60695-2-10ff gefordert (Tabellen 3 und 6). Darüber hinaus fordert die IEC 60335-1 für stromführende Bauteile in unbeaufsichtigten Haushaltsgeräten u. a. das Bestehen des GWIT 775 (IEC 60695-2-13).

Eine weitere Prüfung an stabförmigen Proben ist der Brandtest nach „UL94 Standard, Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances“ der Underwriters Laboratories Inc./USA.

Die unverstärkten Typen Ultramid® A3K R01 und B3S R03 sind nach diesen Prüfverfahren in die Klasse UL94 V-2 eingestuft. Das unverstärkte flammgeschützte Ultramid® C3U erreicht die Einstufung UL94 V-0.

Die glasfaserverstärkten Ultramid®-Typen erfordern in der Regel eine Brandschutzausrüstung, um eine gute Einstufung zu erreichen. Beispiele sind Ultramid® A3X2G, A3U42G6, B3U50G6, B3U42G6 und Ultramid® Advanced N3U41G6. Die brandschutztechnischen Eigenschaften sind in den Tabellen 3 und 6 zusammengestellt.

#### Verkehrswesen

In der Verkehrs- und Transporttechnik tragen Kunststoffe wesentlich zur hohen Leistungsfähigkeit von Straßenfahrzeugen und Zügen bei. Für Werkstoffe im Innenraum von Kraftfahrzeugen gelten die Anforderungen an die Brand-sicherheit nach DIN 75200 bzw. FMVSS 302, die von den meisten Ultramid®-Produkten ab einer Wanddicke von 1 mm erfüllt werden (Tabelle 6). Für Anwendungen im elektrischen Antriebsstrang kommen die o. g. für elektrische Anwendungen typischen Prüfmethode zum Einsatz. Für Schienenfahrzeuge wurde neben unterschiedlichen nationalen Regelungen eine europäische Norm, die EN 45545, erstellt, die u. a. auch Anforderungen an Brandnebenerscheinungen wie Rauchgasdichte und -toxizität enthält.

#### Bauwesen

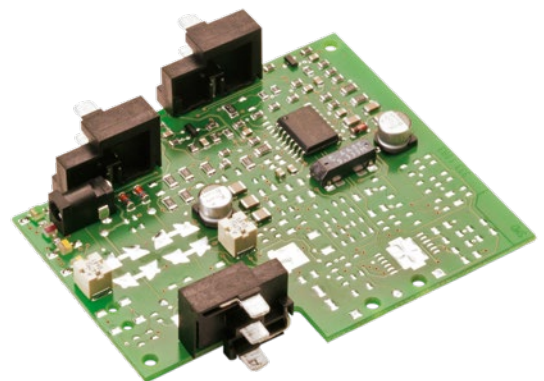
Die Prüfung von Baustoffen für das Bauwesen erfolgt nach DIN 4102 Teil 1 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“. Platten aus unverstärktem und glasfaserverstärktem Ultramid® (Dicke 1 mm) sind als normalentflammbare Baustoffe (bauaufsichtliche Bezeichnung in der Bundesrepublik Deutschland) in die Baustoffklasse B2 einzustufen.

Produkt	UL 94	Glühdrahtprüfung <sup>1)</sup> IEC 60695 Teil 2-12	FMVSS 302 (d>1 mm)
A3K R01	V-2, 0,4	960 °C <sup>2)</sup>	erreicht
B3S R03	V-2, 0,8	960 °C <sup>2)</sup>	erreicht
A3EG... verstärkt	HB	650 °C	erreicht
B3EG... verstärkt	HB	650 °C	erreicht
C3U	V-0, 0,4	960 °C	erreicht
A3UG5	V-0, 0,75	960 °C	erreicht
A3U42G6	V-0, 0,4	960 °C	erreicht
A3U44G6 DC	V-0, 0,4	960 °C	erreicht
A3X2G5	V-0, 0,8	960 °C	erreicht
A3XZG5	V-0, 1,5	960 °C	erreicht
A3X2G7	V-0, 0,75	960 °C	erreicht
A3X2G10	V-0, 1,5	960 °C	erreicht
A3XZC3 ESD	V-0, 1,5	960 °C	erreicht
B3UG4	V-2, 0,71	960 °C	erreicht
B3U30G6	V-2, 0,75	960 °C	erreicht
B3U42G6	V-0, 0,4	960 °C	erreicht
B3U50G6	V-0, 0,8	960 °C	erreicht
B3UGM210	V-0, 1,5	960 °C	erreicht
T KR4365 G5	V-0, 0,75	960 °C	erreicht
T KR4340 G6, T KR4341 G6	V-0, 0,4	960 °C	erreicht
ONE J 60X1 V30	V-0, 0,4	960 °C	erreicht
Adv. T2340G6	V-0, 0,4	960 °C	erreicht
Adv. N3U41G6	V-0, 0,25	960 °C	erreicht
Adv. N3U42G6	V-0, 0,4	960 °C	erreicht

Tabelle 6: Brandverhalten

<sup>1)</sup> Materialprüfung durchgeführt an Platten (Dicke = 1 mm)<sup>2)</sup> Ungefärbt, Einflüsse durch Einfärbung möglich

Lichtmaschinenabdeckung



Klemmenträger

## Verhalten gegenüber Chemikalien

Ultramid® ist gut beständig gegen Schmierstoffe, Kraftstoffe, Hydraulik- und Kühlflüssigkeiten, Kältemittel, Farben, Lacke, Reinigungs- und Entfettungsmittel, gegen aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe und viele weitere Lösungsmittel auch bei erhöhter Temperatur.

Ultramid® ist ebenfalls gegen wässrige Lösungen vieler anorganischer Chemikalien (Salze, Alkalien) widerstandsfähig, d.h. korrosionsbeständig. Hervorzuheben ist die hervorragende Beständigkeit gegen Spannungsrissbildung im Vergleich zu vielen amorphen Kunststoffen. Viele Medien, z. B. Netzmittel, ätherische Öle, Alkohole und weitere organische Lösungsmittel, führen bei Polyamid nicht zu einer Beeinträchtigung des Zeitstandverhaltens.

Das günstige Verhalten gegenüber Chemikalien ist eine wichtige Voraussetzung für die Verwendung von Ultramid® z. B. im Fahrzeug- und Flugzeugbau sowie im Apparatebau.

Gegenüber konzentrierten Mineralsäuren ist Ultramid® nicht beständig. Gleiches gilt auch für bestimmte Oxidationsmittel und Chlorkohlenwasserstoffe, vor allem bei erhöhter Temperatur. Zu beachten ist auch die Empfindlichkeit gegen bestimmte Schwermetallsalzlösungen, z. B. wässrige Zinkchloridlösung. Glasfaserverstärkte Marken können auch durch alkalische Medien angegriffen werden, da die Glasfasern gegen solche Medien nicht grundsätzlich beständig sind. Dank seiner teilaromatischen chemischen Struktur bietet Ultramid® Advanced (PPA) eine hohe Beständigkeit gegen Feuchtigkeit sowie aggressive Medien.

Eine zusammenfassende Bewertung der chemischen Beständigkeit von Ultramid® gegenüber den wichtigsten Chemikalien enthält Tabelle 7. Weitere Informationen zur Wirkung von Lösungsmitteln und Chemikalien finden Sie im Internet unter [www.plastics.basf.de](http://www.plastics.basf.de).



Thermostatgehäuse

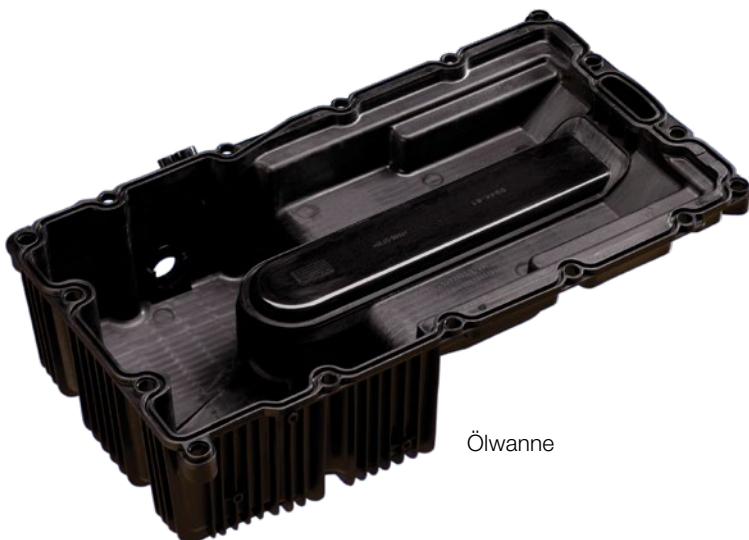


Die Folgen einer Einwirkung von Medien auf einen polymeren Werkstoff können von vielen Faktoren abhängen, die eventuell in komplexer Weise wechselwirken. Eine realitätsnahe Erprobung eines Bauteils unter typischen Anwendungsbedingungen liefert daher stets das aussagekräftigste Ergebnis darüber, ob ein Material für eine bestimmte Anwendung geeignet ist oder nicht. Für Laboruntersuchungen werden hingegen häufig einfache Prüfkörper unter wohl definierten und konstanten Bedingungen einem Medium ausgesetzt. Derartige Untersuchungen erlauben einen relativen Vergleich zwischen verschiedenen Materialien und stellen damit eine Grundlage für die Vorauswahl geeigneter Materialkandidaten für eine bestimmte Anwendung dar. Sie können aber eine realitätsnahe Prüfung grundsätzlich nicht ersetzen.

Für die Freigabe der Verwendung des Werkstoffes, insbesondere für höher beanspruchte Bauteile in möglicherweise aggressiven Chemikalien, sollte die chemische Tauglichkeit zuverlässig nachgewiesen werden. Dies kann zum Beispiel anhand von Erfahrungen mit ähnlichen Teilen aus dem gleichen Werkstoff im gleichen Medium unter ähnlichen Bedingungen oder durch Erprobung des Teils unter Praxisbedingungen erfolgen.



Ölsensor



Ölwanne

	Ultramid® A	Beispiele	Ultramid® B
gut beständig: Erfahrungswert aus zahlreichen Anwendungen unter den dort typischen Bedingungen	<b>Aliphatische Kohlenwasserstoffe</b>	Erdgas, Kraftstoffe (Otto, Diesel), Paraffinöl, Motoröle, technische Fette und Schmierstoffe	<b>Aliphatische Kohlenwasserstoffe</b>
	<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>	Benzol, Toluol	<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>
	<b>Alkalien</b>	Kernseife, Waschlaugen, alkalischer Beton	<b>Alkalien</b>
	<b>Ether</b>	THF, Antiklopfmittel für Kraftstoffe (TBME, ETBE)	<b>Ether</b>
	<b>Ester</b>	Fette, Speiseöle, Motoröle, Tenside	<b>Ester</b>
	<b>Aliphatische Alkohole</b>	<60 °C Ethanol, Methanol, Isopropanol, Frostschutzmittel für Scheibenreiniger, Spirituosen, Kraftstoffe (E10, E50, E90)	<b>Aliphatische Alkohole</b>
	<b>Wasser &amp; wässrige Lösungen</b>	Trinkwasser, Meerwasser, Getränke	<b>Wasser &amp; wässrige Lösungen</b>
bedingt beständig: Anwendungen bekannt, gründliche Prüfung und Bewertung in jedem Einzelfall erforderlich	<b>Organische Säuren</b>	im festen Zustand Citronensäure, Benzoesäure	<b>Organische Säuren</b>
	<b>Oxidationsmittel</b>	Ozon als Luftbestandteil	<b>Oxidationsmittel</b>
	<b>Alkalien</b>	Natronlauge, Ammoniakwasser, Harnstofflösung, Amine	<b>Alkalien</b>
	<b>Ethylenglycol</b>	>80 °C Kühlflüssigkeiten	
	<b>Ester</b>	Getriebeöle, Biodiesel	<b>Ester</b>
	<b>Aliphatische Alkohole</b>	>60 °C Ethanol, Methanol, Isopropanol, Frostschutzmittel für Scheibenreiniger, Spirituosen, Kraftstoffe	<b>Aliphatische Alkohole</b>
	<b>Wasser &amp; wässrige Lösungen</b>	>80 °C gechlortes Trinkwasser	<b>Wasser &amp; wässrige Lösungen</b>
	<b>Organische Säuren</b>	als wässrige Lösung Essigsäure, Citronensäure, Ameisensäure, Benzoesäure	<b>Organische Säuren</b>
	<b>Oxidationsmittel</b>	Spuren von Ozon, Chlor oder nitrosen Gasen	<b>Oxidationsmittel</b>

Tabelle 7: Bewertung der chemischen Beständigkeit von Ultramid® gegenüber den wichtigsten Chemikalien (Verfärbung der Probekörper wird bei der Beurteilung der Beständigkeit nicht betrachtet)

Beispiele	Ultramid® S	Beispiele	Ultramid® Advanced (PPA)	Beispiele
Erdgas, Kraftstoffe (Otto, Diesel), Paraffinöl, Motoröle, technische Fette und Schmierstoffe	<b>Aliphatische Kohlenwasserstoffe</b>	Erdgas, Kraftstoffe (Otto, Diesel), Paraffinöl, Motoröle, technische Fette und Schmierstoffe	<b>Aliphatische Kohlenwasserstoffe</b>	Erdgas, Kraftstoffe (Otto, Diesel), Paraffinöl, Motoröle, technische Fette und Schmierstoffe
Benzol, Toluol	<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>	Benzol, Toluol	<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>	Benzol, Toluol
Kernseife, Waschlaugen, alkalischer Beton	<b>Alkalien</b>	Kernseife, Waschlaugen, alkalischer Beton	<b>Alkalien</b>	Kernseife, Waschlaugen, alkalischer Beton
	<b>Ethylenglycol</b>	Brems-, Hydraulik- und Kühlfüssigkeiten	<b>Ethylenglycol</b>	Brems-, Hydraulik- und Kühlfüssigkeiten
THF, Antiklopfmittel für Kraftstoffe (TBME, ETBE)	<b>Ether</b>	THF, Antiklopfmittel für Kraftstoffe (TBME, ETBE)	<b>Ether</b>	THF, Antiklopfmittel für Kraftstoffe (TBME, ETBE)
Fette, Speiseöle, Motoröle, Tenside	<b>Ester</b>	Fette, Speiseöle, Motoröle, Tenside	<b>Ester</b>	Fette, Speiseöle, Motoröle, Tenside
< 60 °C Ethanol, Methanol, Isopropanol, Frostschutzmittel für Scheibenreiniger, Spirituosen, Kraftstoffe (E10, E50, E90)	<b>Aliphatische Alkohole</b>	< 60 °C Ethanol, Methanol, Isopropanol, Frostschutzmittel für Scheibenreiniger, Spirituosen, Kraftstoffe (E10, E50, E90)	<b>Aliphatische Alkohole</b>	< 60 °C Ethanol, Methanol, Isopropanol, Frostschutzmittel für Scheibenreiniger, Spirituosen, Kraftstoffe (E10, E50, E90)
Trinkwasser, Meerwasser, Getränke	<b>Wasser &amp; wässrige Lösungen</b>	Trinkwasser, Meerwasser, Getränke, Streusalz, Calciumchlorid- und Zinkchloridlösungen	<b>Wasser &amp; wässrige Lösungen</b>	Trinkwasser, Meerwasser, Getränke, Streusalz-, Calciumchlorid- und Zinkchloridlösungen
im festen Zustand Citronensäure, Benzoesäure	<b>Organische Säuren</b>	im festen Zustand Citronensäure, Benzoesäure	<b>Organische Säuren</b>	im festen Zustand Citronensäure, Benzoesäure
Ozon als Luftbestandteil	<b>Oxidationsmittel</b>	Ozon als Luftbestandteil	<b>Oxidationsmittel</b>	Ozon als Luftbestandteil
Natronlauge, Ammoniakwasser, Harnstofflösung, Amine	<b>Alkalien</b>	Natronlauge, Ammoniakwasser, Harnstofflösung, Amine	<b>Alkalien</b>	Natronlauge, Ammoniakwasser, Harnstofflösung, Amine
Getriebeöle, Biodiesel	<b>Ester</b>	Getriebeöle, Biodiesel	<b>Ester</b>	Getriebeöle, Biodiesel
> 60 °C Ethanol, Methanol, Isopropanol, Frostschutzmittel für Scheibenreiniger, Spirituosen, Kraftstoffe	<b>Aliphatische Alkohole</b>	> 60 °C Ethanol, Methanol, Isopropanol, Frostschutzmittel für Scheibenreiniger, Spirituosen, Kraftstoffe	<b>Aliphatische Alkohole</b>	> 60 °C Ethanol, Methanol, Isopropanol, Frostschutzmittel für Scheibenreiniger, Spirituosen, Kraftstoffe
gechlortes Trinkwasser	<b>Wasser &amp; wässrige Lösungen</b>	gechlortes Trinkwasser	<b>Wasser &amp; wässrige Lösungen</b>	gechlortes Trinkwasser
als wässrige Lösung Essigsäure, Citronensäure, Ameisensäure, Benzoesäure	<b>Organische Säuren</b>	als wässrige Lösung Essigsäure, Citronensäure, Ameisensäure, Benzoesäure	<b>Organische Säuren</b>	als wässrige Lösung Essigsäure, Citronensäure, Ameisensäure, Benzoesäure
Spuren von Ozon, Chlor oder nitrosen Gasen	<b>Oxidationsmittel</b>	Spuren von Ozon, Chlor oder nitrosen Gasen	<b>Oxidationsmittel</b>	Spuren von Ozon, Chlor oder nitrosen Gasen

	Ultramid® A	Beispiele	Ultramid® B
unbeständig	<b>Mineralsäuren</b>	konzentrierte Salzsäure, Batteriesäure, Schwefelsäure, Salpetersäure	<b>Mineralsäuren</b>
	<b>Oxidationsmittel</b>	Halogene, Oleum, Wasserstoffperoxid, Ozon, Hypochlorit	<b>Oxidationsmittel</b>
spannungsrisssauslösend	<b>wässrige Lösungen von Calciumchlorid</b>	Streusalz	<b>wässrige Lösungen von Calciumchlorid</b>
	<b>wässrige Lösungen von Zinkchlorid</b>	Streusalzlösung in Kontakt mit verzinkten Bauteilen	<b>wässrige Lösungen von Zinkchlorid</b>
Lösungsmittel		Schwefelsäure konz.	
		Ameisensäure 90%	
		Hexafluorisopropanol (HFIP)	

Tabelle 7: Bewertung der chemischen Beständigkeit von Ultramid® gegenüber den wichtigsten Chemikalien (Verfärbung der Probekörper wird bei der Beurteilung der Beständigkeit nicht betrachtet)



Beispiele	Ultramid® S	Beispiele	Ultramid® Advanced (PPA)	Beispiele
konzentrierte Salzsäure, Batteriesäure, Schwefelsäure, Salpetersäure	<b>Mineralsäuren</b>	konzentrierte Salzsäure, Batteriesäure, Schwefelsäure, Salpetersäure	<b>Mineralsäuren</b>	konzentrierte Salzsäure, Batteriesäure, Schwefelsäure, Salpetersäure
Halogene, Oleum, Wasserstoffperoxid, Ozon, Hypochlorit	<b>Oxidationsmittel</b>	Halogene, Oleum, Wasserstoffperoxid, Ozon, Hypochlorit	<b>Oxidationsmittel</b>	Halogene, Oleum, Wasserstoffperoxid, Ozon, Hypochlorit
Streusalz				
Streusalzlösung in Kontakt mit verzinkten Bauteilen				
Schwefelsäure konz.		Schwefelsäure konz.		Schwefelsäure konz.
Ameisensäure 90 %		Ameisensäure 90 %		Ameisensäure 90 %
Hexafluorisopropanol (HFIP)		Hexafluorisopropanol (HFIP)		Hexafluorisopropanol (HFIP)



Verteiler Fußbodenheizung



Ölfiltermodul

## Verhalten bei Bewitterung

Ultramid® eignet sich für Anwendungen im Freien. Je nach Anforderungen kommen verschiedene Marken in Betracht:

Die unverstärkten, stabilisierten Marken mit der Kennzeichnung K sind bereits ungefärbt sehr witterungsbeständig. Durch geeignete Pigmentierung wird die Witterungsbeständigkeit noch erhöht, am stärksten durch Rußpigmente, die in einem breiten Frequenzspektrum das Licht absorbieren.

Die verstärkten Marken haben ebenfalls eine gute Witterungsbeständigkeit; bei den stabilisierten Marken, z. B. Ultramid® B3WG6 SW564, kann eine Beständigkeit von weit mehr als zehn Jahren verzeichnet werden.

Bedingt durch die Glasfasern wird jedoch die Oberfläche stärker angegriffen als bei unverstärktem Ultramid®, so dass sich die Beschaffenheit der Oberfläche und ihre Farbe schon nach kurzer Freibewitterung ändern und zu einem Vergrauen führen können. Bei bunt eingefärbten Marken ist die Beständigkeit im Wesentlichen von den eingesetzten Pigmenten abhängig. Auf Grund der Vielzahl möglicher Einfärbekomponenten ist ein Nachweis der Beständigkeit im Einzelfall erforderlich. Für besonders hohe Anforderungen an die Farb- und UV-Stabilität eignen sich die natur und bereits eingefärbten Produkte aus dem E2-Portfolio. Für Außenanwendungen, z. B. Gehäuse für Kfz-Spiegel, deren Oberflächenqualität sich auch in mehrjährigem Gebrauch nicht ändern darf, haben sich Marken mit spezieller UV-Stabilisierung und Produkte mit hohem Rußgehalt bewährt wie z. B. Ultramid® B3GM35 SWQ642 23220.

Bei mehrjähriger Bewitterung von Typen mit Standard-Stabilisierung ist mit einem Abtragen der Oberflächenschicht bis zu einigen Mikrometern zu rechnen. Dies führt zu einer optisch wahrnehmbaren Veränderung, die sich vor allem bei dunklen Farbtönen in einer Vergrauung bemerkbar macht. Erfahrungsgemäß werden dadurch aber die mechanischen Eigenschaften nicht nennenswert beeinträchtigt. Veranschaulicht wird dies mit Resultaten aus zehnjährigen Freibewitterungsversuchen, die nur einen geringfügigen Abfall der mechanischen Kennwerte aufzeigen, nachdem sich ein konditionierter Gleichgewichtszustand eingestellt hat (Abb. 32).

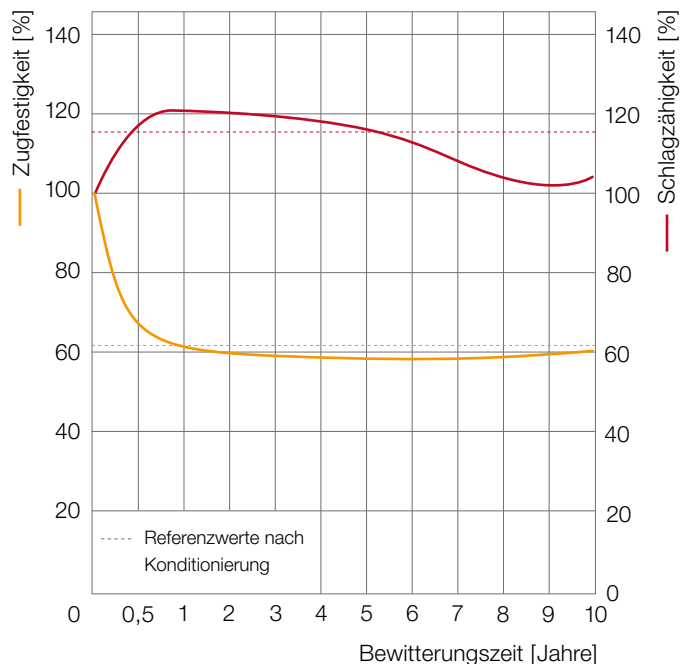


Abb. 32: Veränderung der mechanischen Werte von Ultramid® B3WG6 SW564 nach Freibewitterung



Befestigungsclip für Photovoltaikmodule



# Die Verarbeitung von Ultramid®

## Verarbeitungstechnische Eigenschaften

Ultramid® lässt sich grundsätzlich nach allen Verfahren, die für Thermoplaste bekannt sind, verarbeiten. Vornehmlich kommen jedoch das Spritzgießen und die Extrusion in Frage. Im Spritzgießverfahren werden aus Ultramid® komplexe Formteile in großen Stückzahlen wirtschaftlich gefertigt. Im Extrusionsverfahren stellt man Folien, Halbzeuge, Rohre, Profile, Platten und Monofile her. Halbzeuge werden zum überwiegenden Teil spanabhebend zu Bauteilen weiterverarbeitet.

Im folgenden Kapitel gehen wir auf das Spritzgießen von Ultramid® ein. Weitere allgemeine und spezielle Informationen finden Sie im Internet unter [www.plastics.basf.de](http://www.plastics.basf.de) oder über den Ultra-Infopoint ([ultraplaste.infopoint@basf.com](mailto:ultraplaste.infopoint@basf.com)). Detaillierte Hinweise zum Spritzgießen einzelner Produkte sind in den jeweiligen Verarbeitungsdatenblättern angegeben.

### Schmelz- und Erstarrungsverhalten

Das Erweichungsverhalten von Ultramid® beim Erwärmen zeigt sich in den Schubmodulwerten (Abb. 14 und 15), die nach ISO 6721-2 in Abhängigkeit von der Temperatur gemessen werden. Eine starke Erweichung tritt erst knapp unterhalb der Schmelztemperatur ein. Glasfasern erhöhen die Erweichungstemperatur. Ein praxisübliches Maß für die Erweichungstemperatur ist die Wärmeformbeständigkeitstemperatur HDT nach ISO 75.

Beim Abkühlen erstarrt die Schmelze innerhalb eines engen Temperaturbereiches, der je nach der Abkühlgeschwindigkeit und der Ultramid®-Type etwa 20 °C bis 40 °C unterhalb der Schmelztemperatur liegt. Hierbei tritt eine Volumenkontraktion von 3 % bis ca. 15 % ein. Die gesamte Volumenkontraktion kann den Kurven des pvT-Diagramms (Abb. 33) entnommen werden. Erstarrungstemperatur und pvT-Verhalten sind auch in den Materialdaten handelsüblicher Programme zur Spritzgießsimulation hinterlegt.

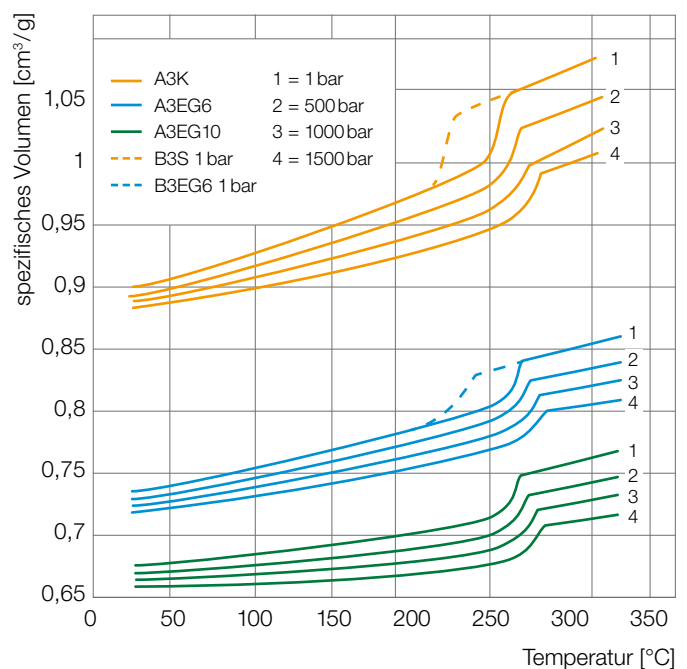


Abb. 33: pvT-Diagramm von Ultramid® A und B

### Wärmetechnische Eigenschaften

Die verhältnismäßig große spezifische Enthalpie von Ultramid® erfordert leistungsfähige Heizelemente zum Aufschmelzen des Kunststoffs. Erstarrungs- und Kühlzeiten nehmen mit dem Quadrat der Wanddicke zu, weswegen für eine kosten-effiziente Fertigung Bauteile ohne Wanddickenanhäufungen konstruiert werden sollten.

### Schmelzeviskosität

Das Fließverhalten der Ultramid®-Schmelze wird anhand von Viskositätsdiagrammen aus Messungen mit dem Kapillarrheometer oder auf der Grundlage von Spritzgießversuchen bewertet.

Im Bereich der Verarbeitungstemperaturen haben die Ultramid®-Typen eine stark von Temperatur und Schergeschwindigkeit abhängige Schmelzeviskosität von 10 bis 1.000 Pa·s (Abb. 34 und 35). Je höher die molare Masse oder die relative Lösungsviskosität (1. Ziffer in der Nomenklatur), desto höher die Schmelzeviskosität und desto geringer das Fließvermögen (Abb. 34). Bei Ultramid®-Typen mit Mineral- oder Glasfaserverstärkung erhöht sich die Viskosität in Abhängigkeit vom Gehalt an Verstärkungsmaterial. Zusätzlich zu Standardmaterialien umfasst das Ultramid®-Sortiment fließoptimierte Produkte (Abb. 35).

Die Schmelzeviskosität kann sich zeitlich ändern. Eine Verringerung der Viskosität ergibt sich zum Beispiel bei zu feuchter, zu heißer oder mechanisch stark gescherter Schmelze. Eine oxidative Schädigung kann ebenfalls zu einem Viskositätsabfall führen. Diese Einflüsse wirken sich auch auf die mechanischen Eigenschaften und die Wärmealterungsbeständigkeit des Fertigteils bzw. der Halbzeuge aus.

### Thermostabilität der Schmelze

Bei sachgemäßer Verarbeitung ist die Thermostabilität der Ultramid®-Schmelze hervorragend. Das Material wird unter üblichen Verarbeitungsbedingungen nicht angegriffen oder verändert. Erst bei längerer Verweilzeit kann es zu einem Abbau der polymeren Ketten kommen. Die empfohlenen Massetemperaturen beim Verarbeiten können den Tabellen 8 und 9 sowie der Ultramid®-Sortimentsübersicht oder dem Verarbeitungsdatenblatt des jeweiligen Produktes entnommen werden.

Kommt die Schmelze nicht mit Sauerstoff in Berührung, so treten keine nennenswerten Farbänderungen auf. Bei Kontakt mit Luft, z.B. bei offenen Einspritzdüsen oder bei Produktionsunterbrechungen, kann sich die Oberfläche schon nach kurzer Zeit verfärben.

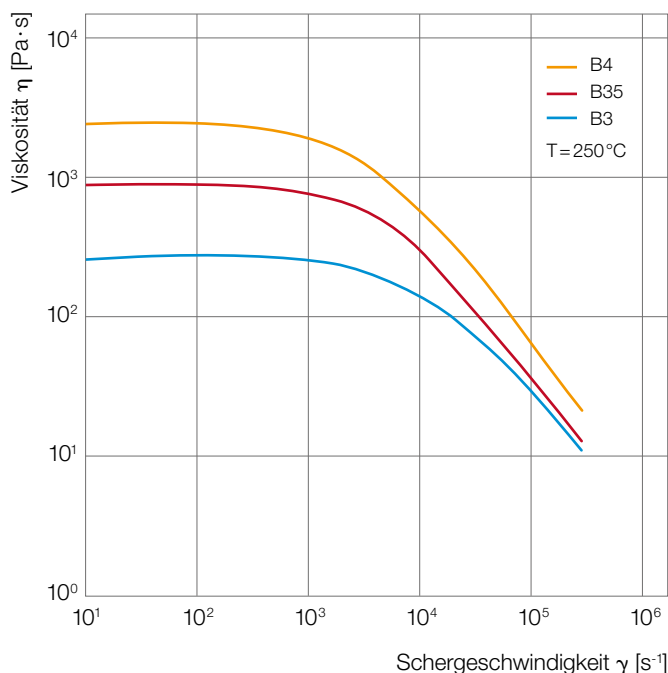


Abb. 34: Scheinbare Viskosität von Ultramid® B (unverstärkt) in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit

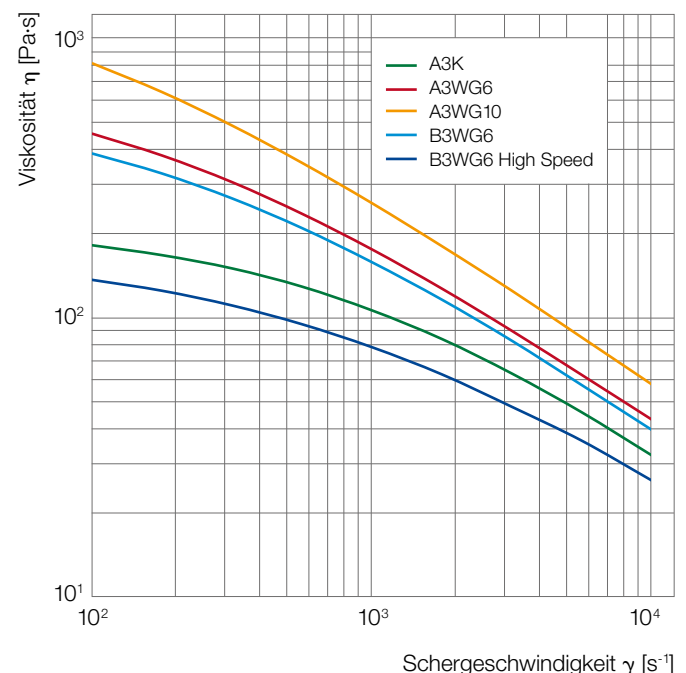


Abb. 35: Scheinbare Viskosität von Ultramid® A und B in Abhängigkeit vom Glasfasergehalt, T = 280°C

## Allgemeine Hinweise zur Verarbeitung

### Vorbehandlung, Trocknung

Ultramid® muss trocken verarbeitet werden. Ist der Feuchtegehalt zu hoch, kann es zu Verarbeitungsproblemen und Qualitätseinbußen kommen. Einzugs- und Dosierverhalten und somit die Prozesskonstanz sowie die Güte der Formteiloberfläche können negativ beeinflusst sein. Bei den flammgeschützten Marken kann sich verstärkt Werkzeugbelag bilden. Der Abfall von mechanischen Eigenschaften z. B. durch Aufspalten von Molekülketten ist außerdem möglich.

Um die Bildung von Kondenswasser zu verhindern, dürfen Gebinde, die in nicht-beheizten Räumen gelagert werden, erst geöffnet werden, wenn sie die im Verarbeitungsraum herrschende Temperatur angenommen haben. Ultramid® sollte unabhängig von den Lagerungsbedingungen entsprechend unserer Empfehlungen vorgetrocknet werden.

Die Trocknungsdauer – üblicherweise 4 bis 8 h – ist abhängig vom Feuchtegehalt und Produkttyp. Unter den verschiedenen Trocknersystemen arbeiten Trockenlufttrockner am rationellsten und sichersten. Die optimalen Trocknungstemperaturen für Ultramid® liegen bei ca. 80 °C bis 120 °C. Generell sollten die Vorschriften des Geräteherstellers beachtet werden. Von der Verwendung von Entgasungsschnecken zum Ableiten der Feuchtigkeit im Rahmen des Spritzgießprozesses ist abzuraten.

Helle Granulate und thermisch empfindliche Einfärbungen sollten schonend bei Granulattemperaturen bis max. 80 °C getrocknet werden, um Farbtonänderung zu vermeiden. Bei Trocknungstemperaturen bis 120 °C bleiben die mechanischen Eigenschaften der Formteile unbeeinflusst.

Detailempfehlungen zur Trocknung eines jeden Produktes sind den Verarbeitungsdatenblättern zu entnehmen.

### Selbsteinfärben

Die Selbsteinfärbung von Ultramid® durch den Verarbeiter ist grundsätzlich möglich. Bei Ultramid® T und Ultramid® Advanced, die im Allgemeinen bei Temperaturen oberhalb von 310 °C verarbeitet werden, ist die Thermostabilität der Farbmittel zu beachten.

Die Eigenschaften von Formteilen aus selbsteingefärbtem Granulat, insbesondere die Homogenität, die Schlagzähigkeit, das Brand- und das Schwindungsverhalten sind sorgfältig zu prüfen, weil sie von den Zusatzstoffen und den jeweiligen Verarbeitungsbedingungen in hohem Maße beeinflusst werden können.

Bei UL 94-gelisteten Ultramid®-Typen sind – sofern die UL-Listung erhalten bleiben soll – die Bestimmungen der UL 746D einzuhalten. Für die Selbsteinfärbung von UL 94 HB-gelisteten Ultramid®-Typen ist nur die Verwendung von ebenfalls HB- oder besser gelisteten und auf PA basierenden Farbbatchen gestattet. UL 94 V-2, V-1 oder V-0 gelistete Ultramid®-Marken dürfen nur mit von UL anerkannten Farbbatchen (besondere Zulassung erforderlich) eingefärbt werden.

Werden selbsteingefärbte Formteile im Lebensmittelbereich verwendet, sind besondere Bestimmungen zu beachten (siehe „Sicherheitshinweise – Lebensmittelrechtliche Bestimmungen“).

### Wiederverarbeitung, Verwertung von Mahlgut

Mahlgut aus Angüssen, Ausschussteilen und dergleichen aus Ultramid® kann in begrenztem Umfang wiederverwendet werden, sofern es nicht verschmutzt ist. Zu beachten ist, dass das Mahlgut besonders hygroskopisch ist, es sollte daher sorgfältig vor der Verarbeitung getrocknet werden. Die wiederholte Verarbeitung kann zu Schädigungen führen.

Im konkreten Fall kann die Überprüfung der Lösungsviskosität oder der Schmelzeviskosität hilfreich sein. Ob die Zuga-be von Rezyklat bei der jeweiligen Anwendung gestattet ist, muss vorab geklärt werden. Bei Flammenschutzprodukten sind außerdem Einschränkungen in der erlaubten Rezyklatmenge (z. B. gemäß UL-Spezifikationen) zu beachten.

Da Ultramid® mit den meisten anderen Thermoplasten, u. a. PS, ABS, PP nicht homogen mischbar ist, dürfen nur sortenreine Mischungen aus Neuware und Rezyklat verarbeitet werden. Bereits geringe Mengen eines solchen „Fremdstoffs“ machen sich meist störend bemerkbar, zum Beispiel in Form einer Schichtstruktur – vor allem in Angussnähe – oder durch verminderte Schlagzähigkeit.

## Maschinen- und Werkzeugtechnik beim Spritzgießen

Ultramid® lässt sich auf allen handelsüblichen Thermoplast-Spritzgießmaschinen verarbeiten.

### Plastifiziereinheit

Die für andere technische Thermoplaste üblichen eingängigen Dreizonenschnecken eignen sich auch für die Spritzgießverarbeitung von Ultramid®. Meist beträgt die wirksame Schneckenlänge  $20-23 \cdot D$  und die Gangsteigung  $1,0 \cdot D$ . Eine schon seit langem bewährte Geometrie für Dreizonenschnecken ist der Abbildung 36 zu entnehmen.

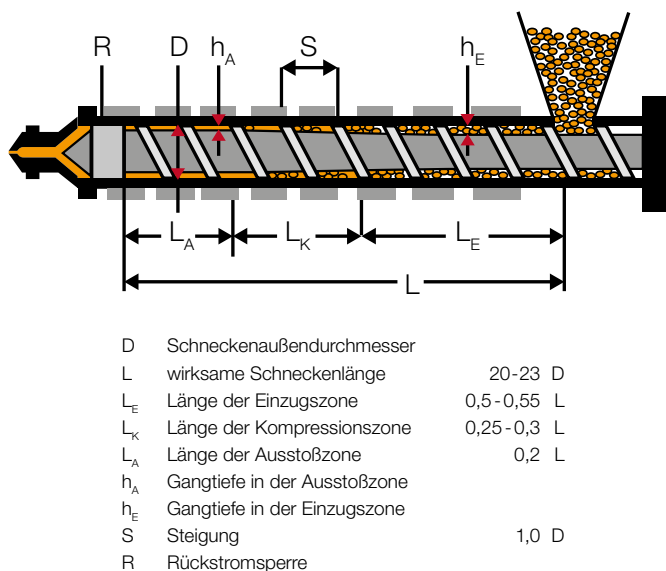


Abb. 36: Schnecken geometrie; Begriffe und Maße von Dreizonenschnecken für Spritzgießmaschinen

Empfehlenswerte Gangtiefen für verschiedene Schnecken-durchmesser sind in Abbildung 37 aufgeführt. Die Gangtiefen gelten für Standard- sowie auch für flacher geschnittene Schnecken und ergeben ein Kompressionsverhältnis von etwa 1 zu 2. Flachgeschnittene Schnecken nehmen weniger Material auf als tiefgeschnittene. Somit ist auch die Verweilzeit der Schmelze im Zylinder kürzer. Das schonendere Aufschmelzen des Granulats und eine höhere Schmelzeho-mogenität können sich vorteilhaft auf die Qualität spritzge-gossener Formteile auswirken.

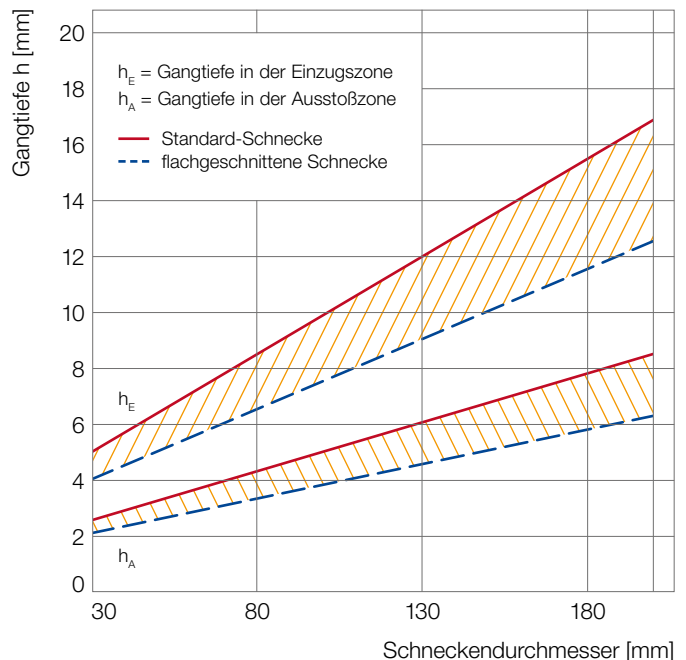


Abb. 37: Schneckengangtiefen von Dreizonenschnecken für Spritzgießmaschinen

Wichtig für eine reproduzierbare Formteilherstellung ist eine strömungsgünstig ausgelegte und gut schließende Rückstromsperre. Hierdurch kann ein konstantes Massepolster und eine ausreichende Nachdruckzeit erzielt werden. Das Spiel zwischen Zylinder und Sperring sollte nicht mehr als 0,02 mm betragen.

Ultramid® kann sowohl mit Nadelverschlussdüsen als auch mit offenen Düsen verarbeitet werden. Offene Düsen sind vorteilhaft für durchzuführende Material- und Farbwechsel und weisen eine geringere Scherbelastung für die Schmelze auf. Bei senkrecht stehender Plastifiziereinheit und/oder niedriger Schmelzeviskosität lässt sich oftmals ein Herauslaufen der Schmelze aus einer offenen Düse nicht vermeiden. In solchen Fällen sind Nadelverschlussdüsen zu bevorzugen.

Die Maschinendüse sollte gut beheizbar sein und hierfür ggf. mit einem zusätzlichen Heizband versehen werden. Hierdurch ist ein unerwünschtes Einfrieren der Schmelze vermeidbar. Wie bei der Verarbeitung der meisten glasfaserverstärkten Thermoplaste empfiehlt es sich, auch bei glasfaserverstärktem Ultramid® verschleißgeschützte Plastifiziereinheiten zu verwenden. Bei flammgeschützten Typen kann der Einsatz von korrosionsträgen Stählen erforderlich sein.

### Spritzgießwerkzeug

Die in der einschlägigen Literatur beschriebenen Gestaltungsregeln für Spritzgießwerkzeuge und Angussysteme gelten auch für Formteile aus Ultramid®.

Frühzeitige Füllsimulationen können gerade bei komplexen Formteilgeometrien einen wichtigen Beitrag zur Auslegung leisten.

Formteile aus Ultramid® lassen sich gut entformen. Die Entformungsschräge beträgt bei Spritzgießwerkzeugen für Ultramid® im Allgemeinen 1 bis 2 Grad. Mit geringeren Entformungsschrägen steigen die Entformungskräfte stark an, so dass mehr Augenmerk auf das Auswerfersystem gelegt werden muss.

Grundsätzlich ist Ultramid® für alle üblichen Angussarten geeignet. Bei Verwendung von Heißkanaldüsen sollten diese individuell regelbar sein. Beheizte Komponenten müssen über ein homogenes Temperaturniveau verfügen.



Montageträger

Angüsse sind ausreichend groß zu dimensionieren. Zu kleine Angussquerschnitte können vielfältige Probleme verursachen. Hierzu zählen Materialschädigungen durch zu hohe Scherbelastung oder nicht ausreichend gefüllte Formteile infolge von Druckverlusten. Vorzeitiges Einfrieren der Schmelze vor dem Ende der Nachdruckzeit kann zu Lunkern und Einfallstellen führen.

Bei faserverstärkten Marken kommt es im Angussbereich bei relativ großen Durchsätzen zu erhöhtem Verschleiß, dem durch die Auswahl geeigneter Stähle und die Verwendung von auswechselbaren Werkzeugeinsätzen begegnet werden kann. Für die Verarbeitung von flammgeschützten Produkten haben sich korrosionsträge, hochlegierte Stähle (z. B. 1.2083, X42Cr13) bewährt.

Beim Einspritzen der Masse muss die Luft im Werkzeughohlraum gut – vor allem am Fließwegende und an Zusammenflussstellen – entweichen können, damit es nicht zu Verbrennungen durch komprimierte Luft kommt (Diesel-Effekt). Dies gilt besonders für die Verarbeitung von flammgeschützten Marken. In der Abbildung 38 ist schematisch aufgezeigt, wie Werkzeugentlüftungen realisiert werden können.

Die Formteilqualität ist ganz entscheidend von den Temperaturverhältnissen im Werkzeug abhängig. Nur mit einem gut ausgelegten Temperierkanalsystem in Verbindung mit leistungsgerechten Temperiergeräten ist eine exakte und effektive Werkzeugtemperierung möglich. Die für Ultramid® erforderlichen Werkzeugtemperaturen sind mit Wasser-Temperiergeräten erreichbar, ggf. mit geregelter Systemdrucküberlagerung.

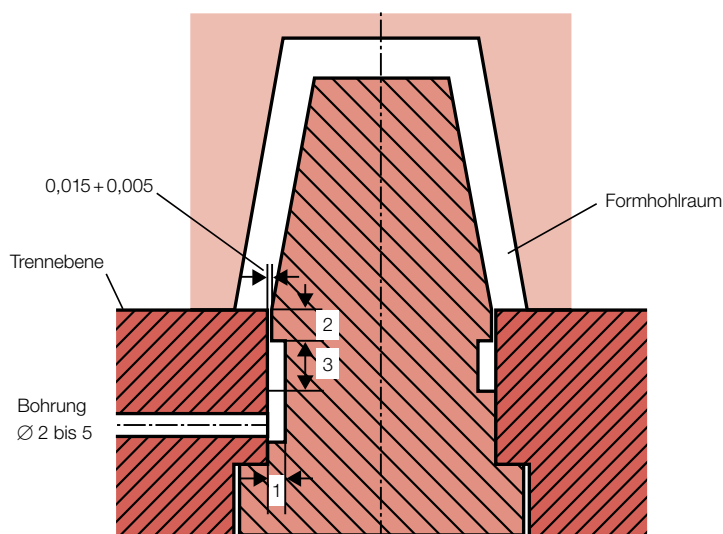


Abb. 38: Konstruktionsschema einer Werkzeugentlüftung  
(Alle Maßangaben in mm)



Thermodübel



## Spritzgießverarbeitung

Die Spritzgussmaschine wird in der bei Thermoplasten üblichen Weise angefahren: Zylinder- und Düsenheizung werden so eingestellt, dass die jeweils erforderliche Masstemperatur (Richtwerte in Tabelle 9) erreicht wird. Die beim Aufheizvorgang thermisch belastete Masse wird vorsichtshalber abgepumpt. Anschließend sind in Versuchen die optimalen Verarbeitungsbedingungen zu ermitteln.

Bei der Verarbeitung von flammgeschützten Typen empfiehlt es sich, die Schmelze nicht abzupumpen, sondern in das Werkzeug zu spritzen. Ist ein Abpumpen nicht zu umgehen, sollte eine Absaugvorrichtung (Abzug) vorhanden sein und die Schmelze im Wasserbad abgekühlt werden. Weitere Informationen sind im Kapitel "Allgemeine Hinweise" unter "Sicherheitshinweise – Sicherheitsvorkehrungen bei der Verarbeitung" enthalten.

Die Verweilzeit des Kunststoffs im Plastifizierzylinder bestimmt ganz entscheidend die Formteilqualität. Zu kurze Verweilzeiten können zu thermischen Inhomogenitäten in der Schmelze führen, zu lange (>10 min) dagegen oft zur thermischen Schädigung.

### Verarbeitungstemperaturen

Die verschiedenen Ultramid®-Produktgruppen werden über einen weiten Masse- und Werkzeugtemperaturbereich verarbeitet. Eine Übersicht über die Richtwerte der einzelnen Produktgruppen ist in Abb. 39 zu finden.

Detaillierte Angaben zum Masse- und Werkzeugtemperaturbereich sowie die optimalen Verarbeitungsparameter sind im Verarbeitungsdatenblatt des jeweiligen Produktes nachzulesen. Die optimale Masstemperatur innerhalb der angegebenen Bereiche ist von der Fließweglänge und der Wanddicke des Formteils sowie vom verwendeten Plastifizieraggregat und dem Spritzgießprozess abhängig.

Niedrige Masstemperaturen können bei kurzen Fließwegen und/oder größeren Fließquerschnitten verwendet werden. Höhere Masstemperaturen sind wegen einer möglichen thermischen Schädigung oder sogar Zersetzung der Schmelze zu vermeiden. Geringfügige Erhöhungen sind nur zulässig bei kurzen Fertigungs- bzw. Verweilzeiten der Schmelze im Zylinder. Eine Schädigung kann sich in Einbußen in optischen und mechanischen Eigenschaften bemerkbar machen.

Bei langen Verweilzeiten wird ein schonendes Aufschmelzen dadurch erreicht, dass die Temperaturen der Zylinderheizbänder vom Einfülltrichter (Einstellung zwischen 50 °C und 80 °C) zur Düse hin ansteigend eingestellt werden. Bewährt hat sich dabei eine Steigerung von 20 °C unterhalb der gewünschten Masstemperatur bis zur Masstemperatur an der Düse (z. B. 260 °C bis 280 °C ansteigend bei Ultramid® B unverstärkt).

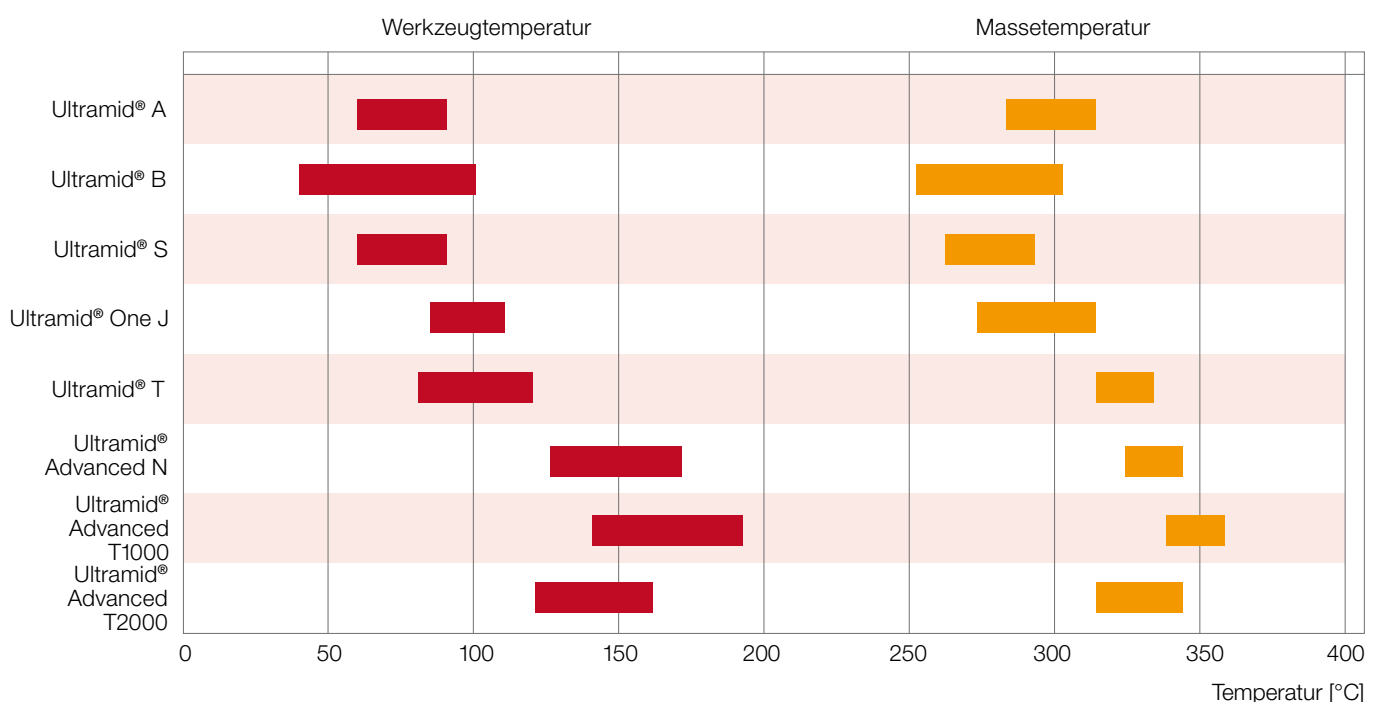


Abb. 39: Masse- und Werkzeugtemperaturbereich von verschiedenen Ultramiden

Bei kurzen Verweilzeiten ist eine horizontale Temperaturführung am Zylinder sinnvoll.

Falls eine offene Düse verwendet wird, kann durch eine Verringerung der Düsentemperatur ein Herauslaufen der Schmelze verhindert werden. Eine Messung der tatsächlichen Massetemperatur, entweder über ein Einstichthermometer oder über eingebaute Temperaturfühler direkt im Schneckenorraum, wird empfohlen.

Unverstärktes Ultramid® wird in der Regel mit geringeren Werkzeugtemperaturen verarbeitet. Verstärkte Ultramid®-Marken benötigen höhere Temperaturen. Um gute Oberflächenqualitäten und Formteile mit höheren Härte- und Festigkeitswerten zu erzielen, sollten die Oberflächentemperaturen der Werkzeugkavitäten eher im höheren Bereich liegen. Eventuell wird durch eine Erhöhung der Werkzeugtemperatur eine längere Kühlzeit notwendig, was zu einer Zykluszeitverlängerung führt.

### Schneckendrehzahl

Die Schneckendrehzahl sollte möglichst so gewählt werden, dass die im Zyklus für die Plastifizierung zur Verfügung stehende Zeit weitgehend genutzt wird. Oft genügt zum Beispiel bei einer Schnecke von 50 mm Durchmesser eine Schneckendrehzahl von 75 bis 115 min<sup>-1</sup> (entspricht einer Schneckenumfangsgeschwindigkeit von 0,2 bis 0,3 m/s). Zu hohe Schneckendrehzahlen können unter anderem zu unerwünschten Temperaturerhöhungen durch Friktion führen. Bei glasfaserverstärkten Produkten können hohe Drehzahlen eine Kürzung der Glasfasern zur Folge haben.

### Einspritzgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit der Werkzeugfüllung beeinflusst die Qualität der Formteile. Rasches Einspritzen begünstigt die gleichmäßige Erstarrung und die Qualität der Oberfläche vor allem bei Teilen aus glasfaserverstärktem Ultramid®. Bei sehr dickwandigen Formteilen kann aber eine verringerte Einspritzgeschwindigkeit angebracht sein, um einen Freistrah zu vermeiden.

Getriebequerträger



Spiegelfuß

### Nachdruck

Um Einfallstellen und Lunker zu verhindern, muss der Nachdruck und die Nachdruckzeit so hoch gewählt werden, dass die beim Abkühlen der Schmelze auftretende Volumenkontraktion weitgehend ausgeglichen wird. Ein zu hoher Nachdruck kann Eigenspannungen im Bauteil hervorrufen oder zu Entformungsproblemen führen. In manchen Fällen kann ein gestufter Nachdruck von Vorteil sein.

### Fließverhalten

Das Fließverhalten von Kunststoffschmelzen kann praxisnah durch den sogenannten Spiraltest auf handelsüblichen Spritzgießmaschinen mit Spiralwerkzeugen beurteilt werden. Der von der Schmelze zurückgelegte Fließweg – die Länge der Spirale – ist ein Maß für die Fließfähigkeit des verarbeiteten Materials.

Für einige Ultramid®-Typen sind in Tabelle 8 die Fließweglängen von Fließspiralen mit unterschiedlichen Dicken dargestellt. Das Verhältnis von Fließspirallänge zur Wanddicke ergibt das Fließweg-Wanddicken-Verhältnis. Diese Verhältniszahl erlaubt einen groben Vergleich der Fließfähigkeiten von unterschiedlichen Thermoplasten. Jedoch gilt zu bedenken, dass die Fließfähigkeit neben den Verarbeitungsparametern (v. a. den Temperaturen) auch von der Werkzeuggestaltung und dem Feuchtigkeitsgehalt des Granulats abhängt. Das Ultramid®-Sortiment beinhaltet einige fließverbesserte Typen, mit denen bei gleicher Wanddicke längere Fließwege zurückgelegt werden können, z. B. Ultramid® High Speed.

Ultramid®	Massetemperatur [°C]	Werkzeugtemperatur [°C]	Fließspirallänge		
			1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
A3K	290	60	200	385	640
A3X2G5	300	80	145	300	430
A3EG7	290	80	130	245	400
A3X2G7	290	80	105	180	295
A3U42G6	290	80	110	210	290
B3S	260	80	170	305	520
B3U30G6	270	80	230	380	645
B3WG3	280	80	170	290	490
B3WG6	280	80	140	245	405
B3WG6 High Speed	280	80	200	375	605
B3WG10	300	100	150	265	410
Structure B3WG10 LFX	300	100	165	350	455
B3WGM24 HP	280	80	195	385	575
B3WG12 High Speed	290	100	105	250	360
S3WG6 Balance	290	80	150	280	335
T KR 4350	330	90	170	295	400
T KR 4357G6	330	100	130	210	330
T KR 4365G5	330	100	100	165	265

Tabelle 8: Fließverhalten von Ultramid® im Spritzguss

**Schwindung und Nachschwindung**

In ISO 294-4 sind Begriffe und Messverfahren für die Verarbeitungsschwindung festgelegt. Danach bezeichnet man als Schwindung den Unterschied zwischen den Maßen des Werkzeugs und denen des Formteils bei Raumtemperatur. Sie resultiert aus der Volumenkontraktion der Formmasse im Spritzgießwerkzeug infolge Abkühlung, Änderung des Aggregatzustandes und der Kristallisation. Die Schwindung wird gemäß ISO 294-4 nach einer Lagerung von 16-24 h im Normalklima (23 °C, 50 % r.F.) gemessen.

Die Schwindung wird außerdem durch die Geometrie (freie oder behinderte Schwindung) und die Wanddicke des Formteils beeinflusst (Abb. 40). Zudem spielen die Anschnittlage und -größe, die Verarbeitungsparameter sowie die Lagerzeit und -temperatur eine entscheidende Rolle. Das Zusammenwirken dieser verschiedenen Faktoren macht eine exakte Vorhersage der Schwindung schwierig.

Ultrad®	Massetemperatur [°C]	Werkzeug- temperatur [°C]	Verarbeitungsschwindung [%]		
			Testkästchen <sup>1)</sup>	Platte <sup>2)</sup>	
				parallel	senkrecht
A3K, A3W	290	60	0,90	1,50	1,80
A3HG5, A3EG5, A3WG5	290	80	0,55	0,50	1,05
A3X2G5	290	80	0,50	0,40	1,15
A3EG6, A3WG6	290	80	0,55	0,45	1,00
A3X2G7	290	80	0,45	0,35	1,15
A3EG10, A3WG10	300	80	0,45	0,35	0,85
A3U42G6	290	80	0,35	0,30	0,90
B3S	260	80	0,40	0,90	0,90
B3ZG3	280	80	0,50	0,60	0,70
B3ZG6	280	80	0,40	0,30	0,70
B3EG6	280	80	0,30	0,25	0,70
B3WG6	280	80	0,30	0,30	0,75
B3WG7	280	80	0,30	0,25	0,75
B3WG10	300	80	0,30	0,20	0,70
Structure B3WG10 LFX	300	100	0,20	0,30	0,50
B3WGM24 HP	280	80	0,20	0,40	0,60
B3U30G6	270	80	0,50	0,40	0,90
B3U42G6	280	80	0,30	0,20	0,70
B3K6	280	80	0,70	1,15	1,10
B3GK24	280	80	0,45	0,60	0,80
B3M6	280	80	0,75	1,30	1,10
B3WGM35 R03	280	80	0,35	0,35	0,80
C3U	270	60	0,80	1,25	1,30
S3WG6 Balance	270	80	0,40	0,40	0,90
T KR 4350	315	90	0,60	0,90	1,10
T KR 4357 G6	320	100	0,35	0,40	1,00

Tabelle 9: Verarbeitungsschwindungen einiger Ultramide

<sup>1)</sup> Behinderte Schwindung, siehe Abb. 42, längs, Strecke A, Wanddicke 1,5 mm, Nachdruck 800 bar<sup>2)</sup> Freie Schwindung nach ISO 294-4, Platte 60 x 60 x 2 mm, Werkzeuginnendruck 500 bar

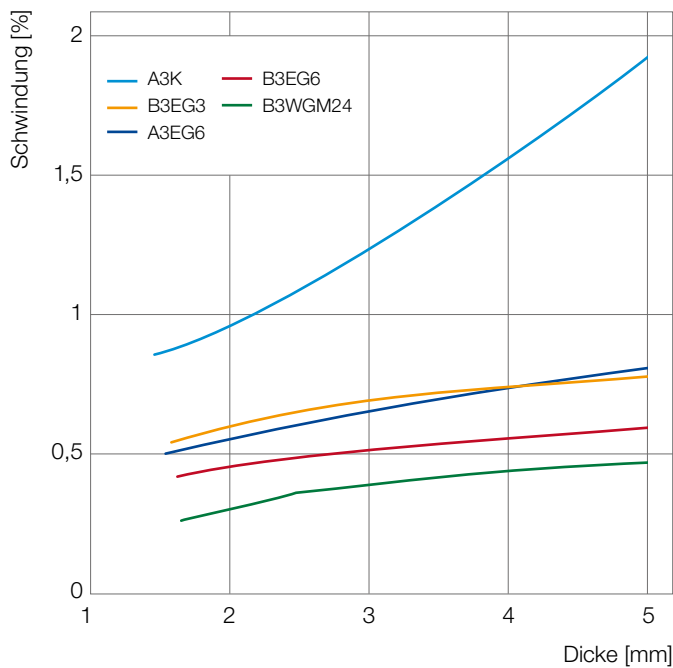


Abb. 40: Behinderte Schwindung von Ultramid® in Abhängigkeit von der Wanddicke, Testkästchen, Strecke A, Nachdruck: 600 bar

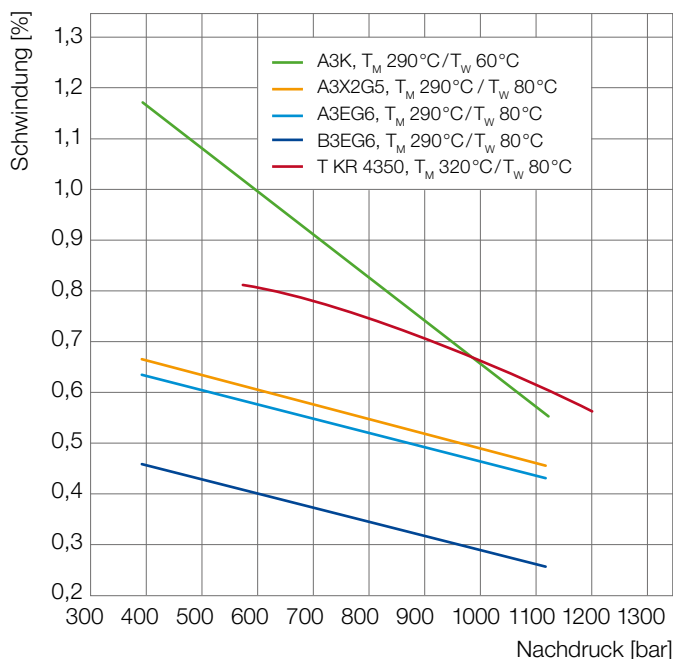


Abb. 41: Schwindung von Ultramid® A, B und T in Abhängigkeit vom Nachdruck, Testkästchen, Strecke A, Dicke: 1,5 mm

Für den Vergleich der Schwindung verschiedener Materialien können die ermittelten Schwindungswerte an der Platte mit den Abmessungen 60 mm x 60 mm x 2 mm nach ISO 294 verwendet werden. Die mit einem Bandanguss angespritzten Platten zeigen aufgrund der hohen Orientierung der Moleküle und insbesondere der Fasern die minimal und maximal auftretende Schwindung parallel und senkrecht zur Fließrichtung. Als Richtwert für eine mittlere, im realen Bauteil auftretende, Schwindung kann der am Testkästchen (Abb. 42) gemessene Wert dienen, da die Fließfront hier eher radial vom Angusspunkt aus verläuft. Eine Übersicht über die Schwindungswerte von verschiedenen Ultramid®-Typen ist in Tabelle 9 dargestellt.

Unverstärkte Polyamide schwinden grundsätzlich stärker als verstärkte Typen. Einige Prozessparameter haben vor allem bei unverstärkten Produkten einen großen Einfluss auf die Maßhaltigkeit. Hier sind besonders die Werkzeugtemperatur, Nachdruckhöhe und -zeit zu nennen. Allerdings ist der mögliche Nachdruckbereich eines realen Bauteils meist begrenzt, da ein zu geringer Nachdruck zu Einfallstellen und zu hoher Nachdruck zu Entformungsproblemen führen kann. Der Einfluss der Masstemperatur ist generell eher gering. Bei verstärktem Ultramid® sind die Einflussmöglichkeiten durch die Verarbeitungsparameter begrenzt. In den Abbildungen 41, 43 und 44 sind Schwindungswerte von verstärktem und unverstärktem Ultramid® in Abhängigkeit von Nachdruckhöhe, Masse- und Werkzeugtemperatur dargestellt.

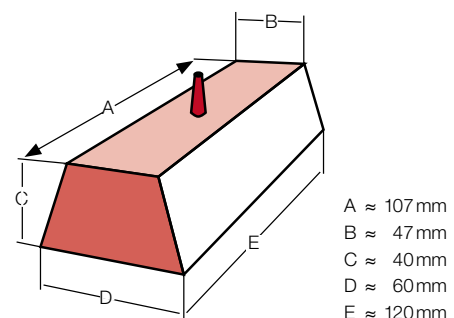


Abb. 42: Testkästchen

Durch die Nachschwindung können sich die Formteilmaße im Laufe der Zeit ändern, weil Eigenspannungen und Orientierungen abgebaut werden und eine zeit- und temperaturabhängige Nachkristallisation erfolgen kann. Während bei Raumtemperatur die Nachschwindung verhältnismäßig gering ist, kann diese bei höheren Temperaturen zu einer eventuell bedeutsamen Maßänderung führen. Der Prozess der Nachschwindung kann durch Tempern beschleunigt werden. Hohe Werkzeugtemperaturen vermindern die Nachschwindung und können damit einen nachgeschalteten Tempervorgang ersetzen (Abb. 44).

Formteile aus glasfaserverstärkten Produkten zeigen einen deutlichen Unterschied der Schwindung senkrecht und parallel zur Fließrichtung (Schwindungsanisotropie). Dieser ist durch die typische Ausrichtung der Glasfasern längs zur Fließrichtung bedingt (Abb. 45).

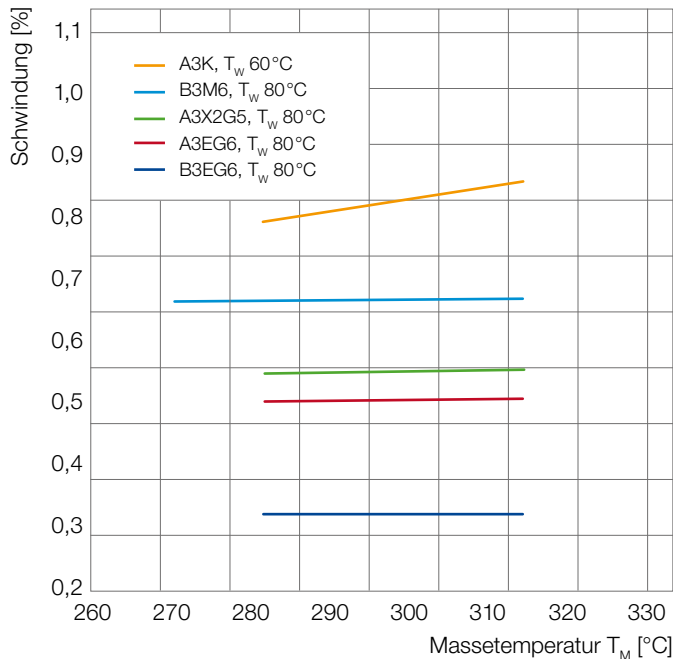


Abb. 43: Schwindung von Ultramid® A und B in Abhängigkeit von der Masstemperatur, Testkästchen, Dicke: 1,5 mm

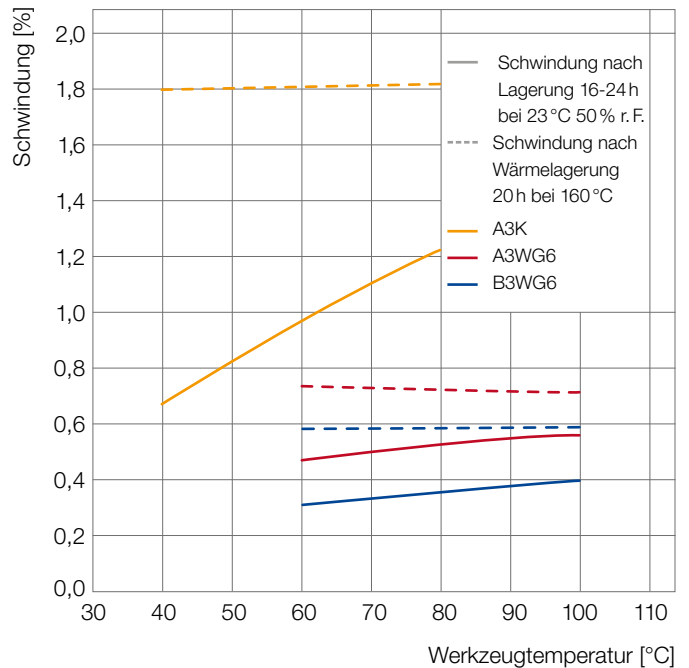


Abb. 44: Schwindung nach Lagerung im Normklima (23°C 50% r.F.) und in Wärme 20h 160°C von Ultramid® A und B in Abhängigkeit von der Werkzeugtemperatur, Testkästchen, Dicke: 1,5 mm



## Verzug

Verzug am Formteil wird hauptsächlich durch unterschiedliche Schwindungen parallel und senkrecht zur Fließrichtung hervorgerufen. Daher neigen Formteile aus glasfaserverstärkten Materialien im Vergleich zu unverstärkten Produkten stärker zum Verzug. Daneben hängt er auch von der Gestalt der Formteile, der Wanddickenverteilung, der Angusslage und den Verarbeitungsbedingungen ab.

Bei den unverstärkten Marken können durch unterschiedliche Temperierung einzelner Werkzeugbereiche (Kern und Gesenk) verzugsfreie bzw. verzugsarme Formteile hergestellt werden. So kann zum Beispiel dem Verziehen von Gehäusewänden nach innen durch niedrige Kern- und hohe Gesenkttemperaturen entgegen gewirkt werden.

Mineral- und glaskugelverstärkte Marken zeichnen sich durch weitgehend richtungsunabhängige Schwindung aus. Sie sind daher bevorzugte Werkstoffe für verzugsarme Formteile.

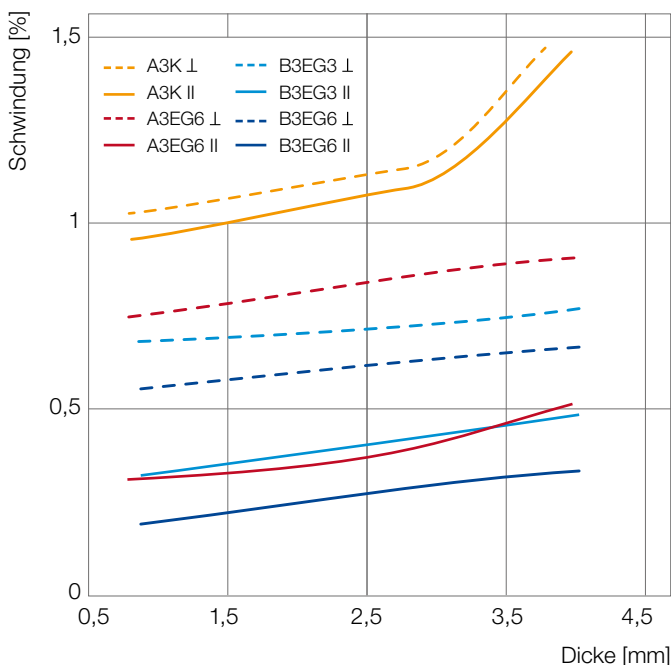


Abb. 45: Behinderte Schwindung von verschiedenen Ultramid®-Marken in Abhängigkeit von der Wanddicke, Platte 110 x 110 mm mit Bandanguss und Verformungsbehinderung durch angespritzte Ecken, Nachdruck: 500 bar, senkrecht (⊥) und parallel (||) zur Fließrichtung

## Sonderverfahren

### Mehrkomponententechnik

Die Kombination von mehreren Materialien in einem Formteil hat sich in der Spritzgießtechnik fest etabliert. Verschiedene Ultramid®-Typen finden hier abhängig von den geforderten Bauteileigenschaften Verwendung. Die Komponenten müssen im Hinblick auf ihre Verarbeitungs- und Materialeigenschaften aufeinander abgestimmt werden. Umfangreiche Erfahrungen bezüglich der Haftung verschiedener Materialien auf Ultramid® liegen vor.

### Spritzgießen mit Fluidinjektionstechnik (FIT)

Die Fluidinjektionstechnik bietet technologisch und wirtschaftlich interessante Möglichkeiten zur Herstellung von komplexen, (partiell) dickwandigen Formteilen mit Hohlräumen und integrierbaren Funktionen. Typische FIT-Bauteile aus Ultramid® sind Automobil-Medienleitungen, Griffe, Halterungen und Stühle.

Dabei werden nach Einspritzen des Kunststoffs die noch schmelzflüssigen Anteile mit Hilfe eines Fluids verdrängt. Als Fluid kann je nach Anwendung Gas oder Wasser benutzt werden. Bei der Projektilinjektionstechnik wird mit einem fluidangetriebenen Projektil gearbeitet.

Durch den von innen aufbrachten Fluiddruck kann der Bauteilverzug minimiert werden. Kürzere Zykluszeiten durch die höhere Wärmeabfuhr bei Wasser und die Vermeidung von Masseanhäufung sind außerdem möglich. Eine größere Gestaltungsfreiheit sowie die Realisierung von Bauteilen mit hoher spezifischer Steifigkeit sind weitere Vorteile.

Zur Zeit werden vor allem verstärkte Ultramid®-Typen eingesetzt. Einige Ultramid®-Typen sind für die FIT optimiert, so ist das hydrolysebeständige Ultramid® A3HG6 WIT speziell für Kühlwasserleitungen geeignet, andere Typen, z. B. Ultramid® B3WG6 GIT, erlauben besonders gute Oberflächenqualitäten.



### Umspritzen von Einlegern

Bekannte Anwendungen, bei denen Metalleinleger mit Ultramid® umspritzt werden, sind beispielsweise Verbindungselemente wie Hülsen oder Inserts und Leiterbahnen oder ähnliches in Steuergehäusen. Müssen diese Formteile medien- und/oder temperaturdicht sein oder sind wechselnden Temperaturen ausgesetzt, bedarf es einer besonders guten Verbindung zwischen Metall und Kunststoff. Die Metalleinleger sollten vor dem Umspritzen auf 100 °C bis 150 °C, zumindest aber auf die Werkzeugtemperatur vorgewärmt werden, damit keine zu hohen Eigenspannungen im Formteil auftreten. Die Metallteile müssen fettfrei sein und ggf. Rändelungen, umlaufende Nuten oder ähnliches zur besseren Verankerung haben. Weitere Vorbehandlungen des Metalls z. B. Strukturieren der Kontaktfläche, Plasmanitrieren oder spezielle Beschichtungen können die Haftung ebenfalls verbessern.

### Thermoplastschaumspritzgießen (TSG)

Durch den Zusatz von chemischen oder physikalischen Treibmitteln wird ein Aufschäumen der Schmelze während der Werkzeugfüllung erreicht. Hierdurch können Einfallstellen auch bei großen Wanddicken vermieden und ggf. das Bauteilgewicht reduziert werden. Zudem wird der Fülldruck deutlich verringert, so dass eine Maschine mit niedrigerer Schließkraft eingesetzt werden kann. Geschäumte Bauteile weisen gegenüber kompakt gespritzten Bauteilen einen geringeren Verzug auf. Es ist jedoch zu beachten, dass die mechanischen sowie die Oberflächeneigenschaften abhängig vom Aufschäumgrad negativ beeinflusst werden können. Mit ausgewählten Ultramid®-Typen aus dem Sortiment sind trotz Treibmittelspritzguss gute Oberflächen zu erreichen.

Bei Fragen zur Verarbeitung, Verarbeitungsprozessen sowie Sonderverfahren der Kunststoffverarbeitung steht ein erfahrenes Team von Experten zur Verfügung. Für Forschungs-, Entwicklungs- und Projektarbeiten kann auf ein gut ausgestattetes Verarbeitungstechnikum zurückgegriffen werden. In diesem sind unter anderem das Verpressen von Materialverbunden, der Mehrkomponenten-Spritzguss, die GID / WIT-Technologie sowie die Verarbeitung von Hochtemperatur-Thermoplasten auf Standardmaschinen unterschiedlichster Größe bis zu modernsten Fertigungszellen möglich.



Hinterachsgetriebequerträger

## Verbindungstechniken

Teile aus Ultramid® können nach verschiedenen Methoden verbunden werden. Dazu gehören insbesondere:

- Schnappen
- Schrauben mit gewindeformenden Metallschrauben
- Schrauben mit Gewinde-Inserts
- Nieten
- Kleben
- Schweißen

Schnappverbindungen lassen sich problemlos in Kunststoffteile aus Ultramid® integrieren. Das gute Federungsverhalten in einem großen Temperaturbereich ist für diese Verbindungstechnik besonders vorteilhaft.

Direktverschraubungen sowie Verschraubungen mit Gewinde-Inserts ermöglichen hochbelastbare Verbindungen von Teilen aus Ultramid® untereinander sowie mit Teilen aus anderen Werkstoffen.

Nietverbindungen werden in der Regel mit integrierten Nietstiften hergestellt. Diese können mittels Ultraschall, durch einen heißen Stempel, durch Heißgas oder mittels Laser erweicht werden. Durch das anschließende Formen des Nietkopfes entsteht ein Formschluss.

Für das Kleben von Ultramid® kommen alle gängigen Klebstoffsysteme zum Einsatz. Aufgrund der Komplexität des Klebprozesses ist eine besondere Sorgfalt bei der Auswahl des Klebstoffs und der Vorbehandlung der Teile erforderlich.

Zum Schweißen von Ultramid® eignen sich praktisch alle gängigen Verfahren:

- Reibschweißen (Vibrations- und Rotationsschweißen)
- Ultraschallschweißen
- Laserstrahlschweißen
- Infrarotschweißen
- Heißgasschweißen
- Wärmeimpulsschweißen
- Hochfrequenzschweißen

Alle Verbindungsmethoden haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile und erfordern bestimmte Werkstoffeigenschaften und Fügegeometrien. Daher soll die Verfahrensauswahl vor der endgültigen Gestaltung erfolgen.

Ultramid® nimmt Feuchtigkeit auf, die einen großen Einfluss auf die Qualität der Verbindung haben kann. Daher muss der Feuchtegehalt bei der Herstellung und dem Einsatz von Fügeverbindungen aus Ultramid® berücksichtigt werden.

Mit Ultrajoin® und Ultratest® bietet BASF ihren Kunden eine umfangreiche Unterstützung: Von der Auswahl der jeweils geeignetsten Verbindungstechnik über die Gestaltung des Fugebereichs bis hin zur Optimierung des Fügeprozesses. (Ultratest® und Ultrajoin® sind registrierte Markennamen der BASF SE.)

## Spanabhebende Bearbeitung

Halbzeug aus Ultramid® lässt sich auf allen üblichen Werkzeugmaschinen spanabhebend bearbeiten. Als generelle Richtlinie kann gelten: hohe Schnittgeschwindigkeit bei kleinem Vorschub; auf scharfe Werkzeuge ist zu achten.

## Beschriften und Beschichten

### Laserbeschriften

Die Beschriftung von Ultramid® mit Hilfe von Lasern bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber herkömmlichen Verfahren, etwa dann, wenn hohe Anforderungen hinsichtlich Beständigkeit, Flexibilität und Geschwindigkeit gestellt werden.

Die nachstehenden Angaben dienen lediglich einer ersten Orientierung. Für eine weitergehende Beratung, etwa im Hinblick auf die Auswahl gut laserbeschriftbarer Ultramid® Einfärbungen, steht der Ultra-Infopoint gerne zur Verfügung.

#### Nd:YAG-Laser (Wellenlänge 1064 nm)

Ungefärbte Ultramid®-Standardmarken sind mit Nd:YAG-Lasern aufgrund sehr geringer Energieabsorption praktisch nicht zu beschriften. Durch Zusatz spezieller Additive lassen sich Ultramid®-Typen mit verbesserter Beschriftbarkeit erzielen. Mit bestimmten Schwarzeinfärbungen erhält man eine kontrastreiche Schrift.

Ultramid® A3X-Marken lassen sich ungefärbt mit gutem Kontrast beschriften, relativ schlecht dagegen in üblichen Schwarzeinfärbungen.

Speziell für die Beschriftung mit dem Nd:YAG-Laser wurde das Ultramid® LS-Sortiment entwickelt. Das LS-Sortiment umfasst unverstärkte, verstärkte und flammgeschützte Marken.

#### Nd:YAG-Laser (Wellenlänge 532 nm)

Bei ungefärbten und hell eingefärbten Ultramid®-Typen lassen sich mit dem frequenzverdoppelten Nd:YAG-Laser im Allgemeinen eine höhere Konturenschärfe und ein stärkerer Kontrast erzielen als mit dem Nd:YAG-Laser, der bei 1064 nm arbeitet. Bei Schwarzeinfärbungen wird dagegen kein Vorteil erzielt.

#### Excimer-Laser (Wellenlänge 175-483 nm)

Excimer-Laser erzielen auf Ultramid® eine höhere Konturenschärfe und bessere Oberfläche als Nd:YAG-Laser. Gute Resultate werden insbesondere bei hellen Einfärbungen erzielt.

#### CO<sub>2</sub>-Laser (Wellenlänge 10640 nm)

Ungefärbtes und eingefärbtes Ultramid® lässt sich mit dem CO<sub>2</sub>-Laser praktisch nicht beschriften. Es erfolgt höchstens eine nur schlecht wahrnehmbare Gravur der Oberfläche ohne Farbumschlag.



Laserbeschrifteter  
Testkörper

### **Bedrucken**

Ultramid® lässt sich ohne Vorbehandlung nach den vom Papierdruck her bekannten Verfahren bedrucken. Spritzgussteile sollten weitgehend frei von Eigenspannungen und möglichst ohne Formtrennmittel, insbesondere silikonhaltige, gefertigt werden. Für das Bedrucken von Ultramid® stehen bewährte Spezialdruckfarben zur Verfügung.

### **Heißprägen**

Das Heißprägen mit geeigneten Prägefolien ist bei Ultramid® problemlos möglich.

### **Lackieren**

Aufgrund der hervorragenden Beständigkeit gegen die meisten Lösungsmittel kann Ultramid® mit verschiedenen Lacken bei guter Haftung und ohne Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften ein- oder mehrschichtig lackiert werden. Geeignet sind Ein- und Zweikomponentenlacke, deren Bindemittel auf den zu lackierenden Werkstoff abgestimmt werden. Auch Wasserbasislacke bzw. Primer können auf Ultramid® appliziert werden. Zur Vorbehandlung können eine Mischung aus Isopropanol und Wasser oder auch spezifische Reinigungsmittel benutzt werden. Auch industrielle Verfahren, wie etwa die Vorbehandlung in Automobil-Lackieranlagen, eignen sich zur Reinigung. Eine durch Elektrostatik unterstützte Lackierung ist nur mit einem sog. Leitprimer möglich, da Ultramid® keine ausreichende Leitfähigkeit besitzt.

### **Metallisieren**

Teile aus Ultramid® lassen sich nach entsprechender Vorbehandlung galvanisch oder im Hochvakuum metallisieren. Bei unverstärkten und verstärkten Marken ist eine einwandfreie Oberflächengüte erreichbar. Metallisierte Teile aus Ultramid® werden zunehmend im Sanitär-, Elektronik- und Kfz-Bereich verwendet.

## Konditionieren

Ihre optimale Schlagzähigkeit und weitgehend konstante Abmessungen im Betriebszustand erreichen Teile aus Ultramid® erst nach Feuchtigkeitsaufnahme. Konditionieren, d. h. das Lagern im warmen Wasser oder in feuchtwarmer Luft, dient zur raschen Anreicherung mit ca. 1 % bis 3,5 % Feuchtigkeit, dem Gleichgewichtsgehalt an normalfeuchter Luft (vergl. Abb. 27 und Einzelwerte in der Sortimentsübersicht Ultramid®).

### Praktische Konditionierverfahren

Das Lagern im 40 °C bis 90 °C warmen Wasser ist einfach durchzuführen, kann aber zu Wasserflecken, Belag und besonders bei dünnen Teilen mit Eigenspannungen zum Verzug führen. Bei den verstärkten Marken kann außerdem die Oberflächengüte beeinträchtigt werden. Auch für Teile aus A3X-Marken ist das Konditionieren im Wasserbad höherer Temperatur nicht empfehlenswert.

Daher wird die Konditionierung im Klimaschrank zum Schnellkonditionieren von Probekörpern nach ISO-1110 (70 °C und 62 % rel. Feuchte) als schonendes Verfahren im Allgemeinen vorgezogen. Für Teile aus Ultramid® A3X sollte die Temperatur ca. 40 °C nicht überschreiten.

### Lagerungsdauer beim Konditionieren

Die Geschwindigkeit der Feuchtaufnahme und damit die zum Konditionieren erforderliche Lagerungsdauer steigt mit der Wanddicke der Teile stark an (quadratische Abhängigkeit), wogegen sie mit steigender Temperatur deutlich abnimmt. Bei Raumtemperatur erfolgt die Feuchtaufnahme sehr langsam. Daher wird eine höhere Temperatur verwendet, wenn Probekörper in kurzer Zeit konditioniert werden sollen. Tabelle 10 enthält die für flächige Teile (Platten) aus Ultramid® A und B notwendige Lagerungsdauer in Abhängigkeit von der Wanddicke und der Konditionierbedingung, sei es im Feuchtklima oder im Wasserbad. Das Konditionieren im Feuchtklima, z. B. bei 70 °C/62 % r. F., ist generell als thermisch schonendes Konditionierklima empfehlenswert.



## Tempern

Durch Tempern, z. B. durch eine halb- bis eintägige Wärmehandlung (in Luft oder einer Temperflüssigkeit bei 140 °C bis 170 °C), können Eigenspannungen, wie sie bei dickwandigen Teilen aus hochverstärkten Ultramid®-Typen (z. B. Ultramid® A3EG7) oder bei extrudierten Halbzeugen auftreten, weitgehend beseitigt werden. Darüber hinaus führt das Tempern zur Nachkristallisation von spritzfrischen und/oder mit kaltem Werkzeug gefertigten Spritzgussteilen, wobei einerseits Dichte, Abriebfestigkeit, Steifigkeit und Härte ansteigen und andererseits eine geringe Nachschwindung, mitunter auch ein geringer Verzug der Teile, eintritt.

Ultramid®	Gleichgewichtswassergehalt im NK 23/50 [%] <sup>1)</sup>	Konditionierbedingung		Wanddicke [mm]					
				1	2	4	6	8	10
<b>A-Marken</b> unverstärkt glasfaserverstärkt mineralverstärkt	2,8	Wasserbad	40 °C	6	31	110	240	480	670
			60 °C	1,5	6	24	60	120	190
			80 °C	0,5	2	8	20	36	60
	1,2...2,2 1,4...1,5	Klima	40 °C/90 % r.F.	24	96	430	960	1700	2900
			70 °C/62 % r.F. <sup>2)</sup>	15	60	240	550		
<b>B-Marken</b> unverstärkt glasfaserverstärkt mineralverstärkt	3,0	Wasserbad	40 °C	3,5	14	60	120	240	380
			60 °C	1	4	16	36	72	110
			80 °C	0,5	1	4	10	18	24
	1,5...2,6 2,0...2,4	Klima	40 °C/90 % r.F.	15	60	260	600	1100	1700
			70 °C/62 % r.F. <sup>2)</sup>	10	48	120	240		

Tabelle 10: Konditionierdauer in Stunden zur Einstellung des Gleichgewichtswassergehalts an normalfeuchter Luft (23 °C/50 % r.F.)<sup>1)</sup> beim Lagern von flächigen Teilen (Platten) aus Ultramid® im Heißwasserbad oder im Feuchtklima

<sup>1)</sup> Werte des Gleichgewichtswassergehalts der verschiedenen Ultramid®-Marken im NK 23/50 siehe die Ultramid®-Sortimentsübersicht

<sup>2)</sup> Nach ISO-1110 zum Konditionieren von Normprobekörpern auf den Normalfeuchtigkeitsgehalt im NK 23/50

# Allgemeine Hinweise

## Sicherheitshinweise

### Sicherheitsvorkehrungen bei der Verarbeitung

Sofern die Verarbeitung unter den empfohlenen Bedingungen erfolgt (siehe die produktspezifischen Verarbeitungsdatenblätter), sind Schmelzen aus Ultramid® thermisch stabil und bringen keine Gefährdung durch molekularen Abbau oder Entwicklung von Gasen und Dämpfen. Wie alle thermoplastischen Polymere zersetzt sich auch Ultramid® bei übermäßiger thermischer Beanspruchung, z. B. bei Überhitzung oder beim Reinigen durch Abbrennen. Dabei bilden sich gasförmige Zersetzungsprodukte. Weitere Angaben hierzu finden sich in den produktspezifischen Sicherheitsdatenblättern.

Bei sachgemäßer Verarbeitung von Ultramid® treten im Bereich der Verarbeitungsmaschinen keine schädlichen Dämpfe auf.

Bei unsachgemäßer Verarbeitung, z. B. hoher Temperaturbelastung und/oder langer Verweilzeit der Schmelze in der Verarbeitungsmaschine, können sich gesundheitsschädliche, stechend riechende Dämpfe abspalten. In einem solchen Störfall, der sich auch durch bräunliche Verbrennungsschlieren auf den Formteilen bemerkbar machen kann, ist der Zylinder der Verarbeitungsmaschine durch Ausspritzen ins Freie bei gleichzeitiger Herabsetzung der Zylindertemperaturen freizuspülen. Eine rasche Kühlung des geschädigten Materials, z. B. in einem Wasserbad, vermindert die Geruchsbelästigung.

Für eine Be- und Entlüftung des Arbeitsplatzes – am besten durch eine Abzugshaube über der Zylindereinheit – ist generell Sorge zu tragen.

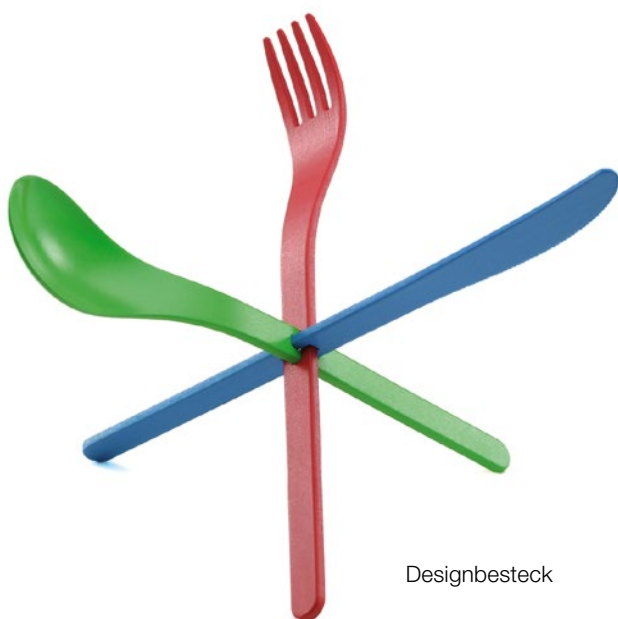


Trockensumpfpöltank

### Lebensmittelrechtliche Bestimmungen

Die mit FC gekennzeichneten Marken des Ultramid® Sortiments sind prinzipiell für den Einsatz mit Lebensmittelkontakt geeignet. Detaillierte Auskünfte über den aktuellen lebensmittelrechtlichen Status der jeweiligen Ultramid®-Typen in verschiedenen Regionen (z. B. EU, USA, China, Japan), sowie entsprechende Konformitätsbestätigungen erhalten Sie auf Anfrage bei BASF ([plastics.safety@basf.com](mailto:plastics.safety@basf.com)).

Unter dem Namenszusatz Aqua® sind Ultramid®-Typen erhältlich, die über unterschiedliche länderspezifische Zulassungen für Trinkwasserkontaktanwendungen verfügen. Alle Kunststoffe des Aqua®-Portfolios verfügen über mindestens eine Zulassung nach KTW-BWGL<sup>1)</sup>, ACS<sup>2)</sup> und WRAS<sup>3)</sup> in Kaltwasseranwendungen, ein Großteil davon auch für Warm- und Heißwasser. Um die Zulassung der fertigen Bauteile zu erleichtern, stellt BASF alle notwendigen Konformitätserklärungen und Prüfzeugnisse für Deutschland und Großbritannien zur Verfügung. Werden Zulassungen bei den Zertifizierungsstellen für Trinkwasser und NSF<sup>4)</sup> oder anderer Institute benötigt, so ist die BASF durch Rezepturoffenlegung gegenüber den Instituten behilflich. Für Fragen bezüglich der Einhaltung weiterer Verordnungen und für Konformitätserklärungen kontaktieren Sie bitte Ihren lokalen BASF-Vertreter oder Plastics Safety ([plastics.safety@basf.com](mailto:plastics.safety@basf.com)).



## Nachhaltigkeit

### Verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen bei BASF

Gemeinsam mit Kunden arbeitet BASF an nachhaltigen Produkten und Lösungen, mit denen sie ihre Nachhaltigkeitsziele erreichen und sich im Markt differenzieren können. Technische Kunststoffe wie Ultramid® können effizient hergestellt werden und sparen in der Lebensphase der Bauteile Ressourcen. Zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung stellt BASF die Produktion sukzessive auf Grünstrom um. Mit fossilen Energieträgern betriebene Produktionsanlagen werden elektrifiziert und für den Betrieb mit erneuerbarer Energie vorbereitet. Darüber hinaus hat sich BASF zum Ziel gesetzt, Stoffkreisläufe zu schließen und werkstoffliche Ressourcen bestmöglich entlang der Wertschöpfungskette zu nutzen. BASF fokussiert sich dabei wesentlich auf zwei Massebilanz-Ansätze.

### Biomassenbilanz-Verfahren

Nachwachsende Rohstoffe wie Bio-Methan oder Bio-Naphtha aus organischen Abfällen werden zu Beginn des mehrstufigen Produktionsprozesses den BASF-Anlagen zugeführt und vermischen sich dort mit fossilen Rohstoffen. Das Endprodukt ist chemisch identisch mit dem fossilen Standardprodukt. Mit diesem Biomassenbilanz-Verfahren hat BASF Pionierarbeit geleistet, damit Sie ein Produkt in fossiler Qualität einkaufen und gleichzeitig fossile Ressourcen einsparen und CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren können.



Spart fossile Ressourcen



Verringert Treibhausgasemissionen



Fördert die Nutzung erneuerbarer Ressourcen



Ist unabhängig zertifiziert



Sichert identische Produktqualität und -eigenschaften

<sup>1)</sup> KTW-BWGL: Kontakt mit Trinkwasser (Deutschland)

<sup>2)</sup> ACS: Attestation de Conformité Sanitaire (Frankreich)

<sup>3)</sup> WRAS: Water Regulation Advisory Scheme (UK)

<sup>4)</sup> NSF: National Sanitation Foundation (USA)

### ChemCycling™

Mit dem ChemCycling™-Ansatz verfolgt BASF einen neuen Weg für die Verwertung von Kunststoffabfällen. Diese werden durch thermochemische Verfahren in Rohstoffe (Pyrolyseöl) umgewandelt, welche wiederum in die Produktion des BASF-Produktionsverbunds eingespeist werden können. Auf diesem Weg entstehen neue chemische Produkte auf Grundlage recycelten Kunststoffmülls, die mit dem Zusatz „Cycled“ gekennzeichnet sind. Die ChemCycling™ Technologie kann somit die Menge des Kunststoffmülls verringern, der auf Deponien landet oder thermisch verwertet, also verbrannt, wird. Mit ChemCycling™ helfen wir unseren Kunden dabei, Produkte aus recycelten Materialien herzustellen und bieten eine Ergänzung zum mechanischen Recycling. Der Massebilanz-Ansatz dient auch hierbei als Enabler für zertifiziert nachhaltige Produkte.

### Product Carbon Footprint (PCF)

Mit der digitalen Lösung von BASF erfahren Sie mehr über die gesamten Treibhausgasemissionen unserer Produkte. Die produktspezifische CO<sub>2</sub>-Bilanz umfasst dabei Treibhausgasemissionen aus unseren Produktionsprozessen, aus der Nutzung von Versorgungsleistungen wie Strom und aus den eingekauften Rohstoffen. Für rund 45.000 BASF-Produkte werden zukünftig die PCF-Daten vorliegen – für viele unserer Ultramid® Produkte ist dies schon der Fall. Sprechen Sie uns gerne dazu an.

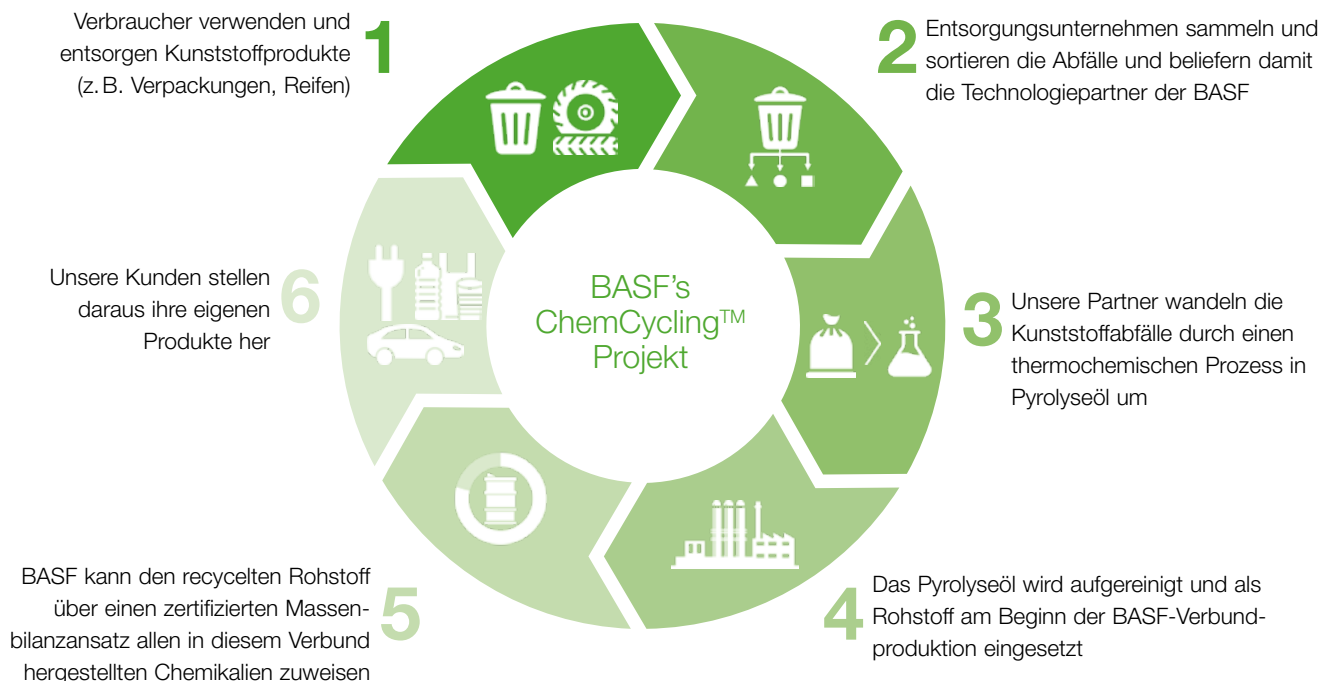


Abb. 46: BASFs ChemCycling™-Projekt

## Lieferform und Lagerung

Ultramid® wird als Granulat geliefert. Standardverpackungen sind der Sack und der Schüttgutbehälter (IBC). Nach Vereinbarung sind weitere Packmittel und der Versand in Straßen- oder Bahnsilowagen möglich.

Ultramid® ist kein gefährlicher Arbeitsstoff im Sinne der CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 und damit auch kein gefährliches Transportgut. Ultramid® ist als nicht wassergefährdend eingestuft. Weitere Informationen finden Sie in den produktspezifischen Sicherheitsdatenblättern.

### Lagerung und Transport

Das Produkt kann prinzipiell über längere Zeit gelagert werden. Die Gebinde sollten erst unmittelbar vor der Verarbeitung bzw. Trocknung geöffnet werden. Damit das gelieferte Produkt möglichst wenig Feuchtigkeit aufnehmen kann, sollten die Gebinde in trockenen Räumen gelagert und nach der Entnahme von Teilmengen stets wieder sorgfältig verschlossen werden. In kalten Räumen gelagerte Gebinde sind vor dem Öffnen zu temperieren, damit sich auf dem Granulat kein Kondenswasser niederschlägt. Das Produkt sollte unabhängig von den Lagerungsbedingungen entsprechend unserer Empfehlungen vorgetrocknet werden.

Ultramid® wird ungefärbt und gefärbt geliefert. Viele Produkte sind in Schwarz-Einfärbungen erhältlich. Einzelne Marken sind auf Anfrage in mehreren Farbtönen lieferbar. Bei hellen Einfärbungen kann bei längerer Lagerdauer und abhängig von den Lagerbedingungen eine Verschiebung des Farbortes (Vergilbung) auftreten.

Ausnahmen: Die H- und W-stabilisierten Ultramid®-Marken sowie Ultramid® A3X-Marken sind nur ungefärbt, in dunklen Farben und schwarz lieferbar.

Diese Produkte weisen eine charakteristische Eigenfarbe auf, die Bunteinfärbungen mit definiert eingestellter Farbe nicht zulässt. Außerdem können andere Füllstoffe, z. B. Kohlenstofffasern, die Eigenfarbe beeinflussen.

### Entsorgung

Alle Ultramid®-Marken können unter Beachtung der behördlichen Vorschriften verbrannt werden. Der Heizwert von unverstärkten Marken beträgt 29.000 bis 32.000 kJ/kg (Hu nach DIN 51900).

### Verwertung

Sortenreine Ultramid®-Restmengen, z. B. Mahlgut von Spritzgussteilen und dergleichen, können wie Produktionsabfälle – je nach Marke und Anforderungen – in bestimmtem Umfang wieder dem Verarbeitungsprozess zugeführt werden. Um fehlerfreie mahlguthaltige Spritzgussteile zu fertigen, muss das Mahlgut rein und trocken sein (meist ist eine Trocknung erforderlich), außerdem darf bei der vorangegangenen Verarbeitung keine thermische Schädigung aufgetreten sein. Der maximal zulässige Mahlanteil sollte in Versuchen ermittelt werden. Er hängt von der Ultramid®-Marke, der Art des Spritzteils und den Bauteilanforderungen ab. Die Eigenschaften der Teile, z. B. die Schlagzähigkeit und die mechanische Festigkeit, aber auch das Verarbeitungsverhalten wie das Fließvermögen, die Schwindung und die Oberflächenqualität, können bei bestimmten Marken schon durch einen geringen Mahlanteil wesentlich beeinflusst werden.



Montageträger

## Integriertes Managementsystem

### QSGU-Management

Qualitäts-, Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltmanagement sind zentrale Bestandteile der BASF-Unternehmenspolitik. Unser vorrangiges Ziel ist es, die Bedürfnisse unserer Kunden noch besser zu erkennen und zu erfüllen. Die fortlaufende Verbesserung unserer Produkte und Leistungen hinsichtlich Qualität, Sicherheit, Umwelt und Gesundheit ist dabei eine wesentliche Aufgabe.

Die Geschäftseinheit Performance Materials Europe der BASF wendet ein integriertes Managementsystem an, das für die Ultramid®-Produkte nach den Standards

- ISO 9001 (Qualitätsmanagementsystem)
- IATF 16949 (Qualitätsmanagementstandard der Automobilindustrie)
- ISO 14001 (Umweltmanagementsystem) sowie
- ISO 50001 (Energiemanagementsystem) bzw. EMAS zertifiziert ist.

## Technische Unterstützung

BASF ist mehr als ein Rohstoffhersteller, der innovative Kunststoffe qualitätskonform und termingerecht liefern kann. Wir unterstützen und beraten unsere Kunden auf diversen Anwendungsgebieten bei zukunftsfähigen Entwicklungen mit anwendungsspezifischem Know-how, technischem Service und Simulationen. Ebenso verfügen wir über gut ausgestattete Technika, die auf Verarbeitungstechnologien, Material- und Bauteilprüfungen spezialisiert sind.

### Ultrasim®

Ultrasim® steht für die umfassende und flexible CAE-Kompetenz der BASF für Innovationen aus BASF Kunststoffen. Die Berechnung von Bauteilen aus Thermoplasten stellt hohe Anforderungen an den Entwickler. Im Spannungsfeld von Herstellprozess, Bauteilgestalt und Werkstoff kann nur eine integrative Betrachtung zu einem optimalen Bauteil führen. Besonders Kunststoffe, die mit Glasfasern verstärkt sind, weisen anisotrope Eigenschaften auf, abhängig davon, wie sich die Fasern beim Spritzguss ausrichten. Moderne Optimierungsmethoden unterstützen das Bauteildesign und erlauben wesentliche Verbesserungen in jeder Phase der Entwicklung.

Sitzstruktur





Die Integrative Simulation der BASF bindet den Herstellungsprozess des Kunststoffbauteils in die Berechnung des mechanischen Bauteilverhaltens mit ein. Hierbei liegt eine vollständig neue, numerische Materialbeschreibung zu Grunde, welche die kunststofftypischen Eigenschaften

- Anisotropie
- Nicht-Linearität
- Dehnratenabhängigkeit
- Zug-Druck-Asymmetrie
- Versagensverhalten
- Temperaturabhängigkeit

in der mechanischen Analyse berücksichtigt.

Mit dem neuen Ultrasim® Thermomechanik-Modul können zudem temperaturabhängige Verformungen unter beliebigen Temperaturlasten und -verteilungen simuliert werden. Ein eigenes Modul zur Simulation wärmeleitfähiger Kunststoffe rundet das Ultrasim®-Modellierungsportfolio ab.

Mit Ultrasim® können Bauteile zielgerichtet auf spezifische Anforderungen ausgelegt werden – für hoch belastete, effiziente, leichte Bauteile und damit für langfristigen Markterfolg.

Die Ultrasim® Web Services (<https://ultrasimweb.basf.com/>) bieten BASF Kunden einfachen Zugang zu Ultrasim® Simulationstechnologie und Materialmodellierung: So ermöglicht es die Simulationsapp ‚molded‘ innerhalb von Sekunden die Produzierbarkeit von Spritzgußteilen zu berechnen und die Ergebnisse mit Kollegen zu teilen. Besonders durch den Einsatz in frühen Teileentwicklungsphasen lassen sich so Zeit- und Kostenersparnisse realisieren.

### Ultratest® und Ultrajoin®

Ultratest® steht für die vielfältigen Kompetenzen und Aktivitäten bei der Unterstützung unserer Kunden im Rahmen der Bauteilanalyse und -optimierung mittels experimenteller Verfahren.

Ultrajoin® beinhaltet unser umfassendes Know-how und unsere einmalige Infrastruktur für Verbindungstechniken.

Der weltweit bereitgestellte Support leistet in allen Entwicklungsphasen einen wichtigen Beitrag – von der Werkstoff- über die Anwendungsentwicklung und Simulation bis hin zur Bauteilanalyse für die Serienproduktion.

Für die meist kundenspezifischen Bauteilanalysen können das umfangreiche Equipment ggfs. angepasst oder neue Prüfaufbauten entwickelt werden. Mit Hilfe von Live-Übertragungen erhalten unsere Kunden die Möglichkeit, an den durchgeführten Versuchen teilzunehmen, ohne dafür bei BASF im Labor sein zu müssen.

Zu den Prüfmöglichkeiten im Rahmen von Bauteilanalysen gehören unter anderem:

- Temperatur-, Temperaturschock- und Klimalagerungen, auch unter inerter Atmosphäre
- Chemische Beständigkeitsprüfungen
- Quasistatische, dynamische und schlagartige Prüfungen mit äußeren Kräften oder inneren Drücken
- Schwingungsanalysen, akustische Analysen
- Strömungs- und Dichtheitsprüfungen
- Zerstörungsfreie Prüfungen mittels Computer-Tomographie
- Digitale Geometrie-, Verformungs- und Dehnungsmessungen
- Temperaturfeldanalysen mittels IR-Thermographie
- Dokumentation aller transienten Vorgänge mit Hochgeschwindigkeitskameras
- Prüfung, Bewertung und Optimierung aller relevanten Verbindungstechniken (s. a. Kapitel Verbindungstechniken)
- Lasertransparenz- und Laserbeschriftbarkeitsanalysen

Drehmomentstütze



## Nomenklatur

### Aufbau

Die Bezeichnung von Ultramid®-Handelsprodukten folgt in der Regel dem nachstehenden Schema:

Ultramid®	Subname	Technische ID	Suffices	Farbe
-----------	---------	---------------	----------	-------

### Subnames

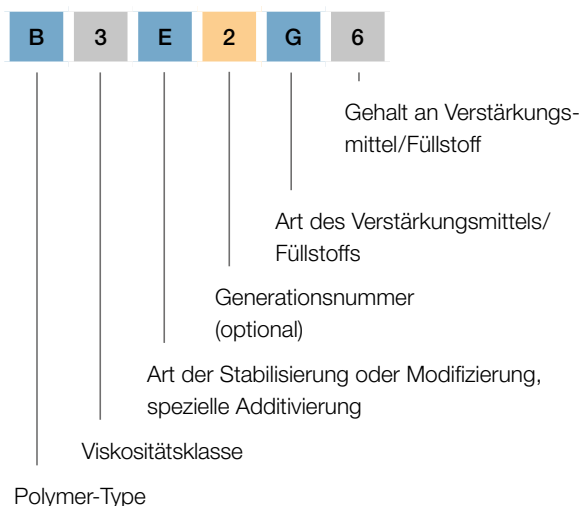
Subnames werden optional verwendet, um eine für ein Teilsortiment charakteristische Produkteigenschaft besonders herauszustellen.

#### Beispiele für Subnames:

Endure	besonders gute Langzeitstabilisierung gegenüber Heißluft
Structure	besonders gute Kerbschlagzähigkeit in der Kälte, und zwar ohne Nachteile für Steifigkeit und Festigkeit
Vision	deutlich erhöhte Lichtdurchlässigkeit im sichtbaren Bereich
Advanced	Polyphthalamide
Deep Gloss	hochglänzend mit erhöhter Abriebfestigkeit und UV-Stabilität

### Technische ID

Die technische ID setzt sich zusammen aus einer Reihe von Buchstaben und Zahlen, die Hinweise auf die Polymer-Type, die Schmelzeviskosität, die Stabilisierung oder Modifizierung oder eine spezielle Additivierung und den Gehalt an Verstärkungsmitteln, Füllstoffen oder Modifiern geben. Bei den meisten Produkten findet sich folgende Systematik:



Bei Ultramid® T findet sich in der Regel folgende Systematik:



### Kennbuchstaben für Polymer-Typen

A	Polyamid 66
B	Polyamid 6
C	Copolyamid 66/6
D	Spezialpolymer
N	Polyamid 9T
S	Polyamid 610
T	Copolyamid mit 6T
TKR	Copolyamid 6T/6
T1...	Copolyamid 6T/6I
T2...	Copolyamid 6T/66

### Kennzahlen für Viskositätsklassen

3	leichtfließend, niedrige Schmelzeviskosität, hauptsächlich für Spritzguss-Verarbeitung
35	niedrig- bis mittelviskos, für Spritzguss-Verarbeitung und bestimmte Arten der Extrusionsverarbeitung
4	mittelviskos, für Spritzguss- und Extrusionsverarbeitung

### Kennbuchstaben für Stabilisierung

E, K	stabilisiert, helle Eigenfarbe, erhöhte Wärmealterungs-, Witterungs- und Heißwasserbeständigkeit, elektrische Eigenschaften sind nicht beeinträchtigt
H	stabilisiert, erhöhte Wärmealterungs-, Heißwasser- und Witterungsbeständigkeit, nur für technische Teile, elektrische Eigenschaften sind nicht beeinträchtigt, je nach Type hellbeige bis braune Eigenfarbe
W	stabilisiert, hohe Wärmealterungsbeständigkeit, nur ungefärbt und schwarz lieferbar, bei hohen Anforderungen an die elektrischen Eigenschaften der Teile weniger geeignet
P	stabilisiert, sehr hohe Wärmealterungsbeständigkeit, gute Witterungs- und Heißwasserbeständigkeit, elektrische Eigenschaften sind nicht beeinträchtigt

**Kennbuchstaben für besondere Additivierung**

L	schlagzähmodifiziert und stabilisiert, trocken-schlagzäh, leicht fließend, rasch verarbeitbar
S	rasch verarbeitbar, sehr feinkörniges Kristallgefüge, für den Spritzguss
U	mit Brandschutzausrüstung ohne roten Phosphor
X	mit rotem Phosphor als Brandschutzausrüstung
Z	schlagzähmodifiziert und stabilisiert mit sehr hoher Kälteschlagzähigkeit (unverstärkte Marken) bzw. erhöhter Schlagzähigkeit (verstärkte Marken)

**Kennbuchstaben für Verstärkungsmittel/Füllstoffe**

C	Carbonfasern
G	Glasfasern
K	Glaskugeln
M	Mineral
GM	Glasfasern in Kombination mit Mineral
GK	Glasfasern in Kombination mit Glaskugeln

**Kennzahlen zur Beschreibung des Gehalts an Verstärkungsmitteln und Füllstoffen**

2	ca. 10 Massen-%
3	ca. 15 Massen-%
4	ca. 20 Massen-%
5	ca. 25 Massen-%
6	ca. 30 Massen-%
7	ca. 35 Massen-%
8	ca. 40 Massen-%
10	ca. 50 Massen-%

Bei Kombinationen von Glaserfasern mit Mineralien oder Glaskugeln werden die jeweiligen Gehalte durch zwei Zahlen gekennzeichnet, z. B.

GM53	ca. 25 Massen-% Glasfasern und ca. 15 Massen-% Mineral
GK24	ca. 10 Massen-% Glasfasern und ca. 20 Massen-% Glaskugeln

**Suffixe**

Suffixe werden optional verwendet, um auf spezielle verarbeitungs- oder anwendungstechnische Eigenschaften hinzuweisen. Es handelt sich häufig um Akronyme, deren Buchstaben aus dem englischen Begriff abgeleitet sind.

Beispiele für Suffixe:

Aqua®	erfüllt bestimmte regulatorische Anforderungen für Trinkwasseranwendungen
BAL	Balance, basiert zumindest teilweise auf nachwachsenden Rohstoffen
BM	Blasformmarke
CR	Crash Resistant
DC	Durable Color, wärmealterungsbeständige Farbe
ESD	Electrostatic Discharge, elektrostatisch ableitend
EQ	Electronic Quality
FC	Food Contact; erfüllt bestimmte regulatorische Anforderungen für Lebensmittelkontakt-Anwendungen
GIT	Gas Injection Technology
GP	General Purpose
GPX	Neue Generation „General Purpose“
HSP	High Speed, besonders hohe Fließfähigkeit der Schmelze
HP	High Productivity, für hohe Durchsätze und kurze Zykluszeiten
HR	Hydrolysis Resistant, erhöhte Hydrolysebeständigkeit
HRX	Neue Generation von HRProdukten
LFX	Long Fiber Reinforced, mit Langfasern verstärkt
LS	Laser Sensitive, mit Nd:YAG-Laser markierbar
LT	Laser Transparent, mit Nd:YAG-Lasern und Lasern ähnlicher Wellenlänge gut durchstrahlbar
SI	Surface Improved, für Teile mit verbesserter Oberflächenqualität
WIT	Water Injection Technology
XP	Extra mechanical performance, erhöhte Steifigkeit und Festigkeit

**Farbe**

Die Farbe setzt sich in der Regel aus einem Farbnamen und einer Farbnummer zusammen.

Beispiele für Farbbezeichnungen:

- Ungefärbt (Kurzform: UN)
- Schwarz 00464 (Kurzform: SW00464; Englisch: black 00464, Kurzform: BK00464)
- Schwarz 00564 (SW00564; black 00564, BK00564)
- Schwarz 20560 (SW20560; black 20560, BK20560)

## Sachverzeichnis

**Allgemeine Hinweise** 38,66 ff.  
Automobilbau 4 f.

**Bedrucken** 63  
Beschichten 62  
Beschriften 62  
Biomassenbilanz-Verfahren 67  
Brandverhalten 38 f.

**ChemCycling** 68  
Chemikalienbeständigkeit 20  
CO<sub>2</sub>-Laser 62

**Eigenschaften** 26 ff.  
Einspritzgeschwindigkeit 54  
Elektrische Anlagen 4  
Elektrische Eigenschaften 36 f.  
Elektrifizierter Antriebsstrang 4  
Elektronik 6  
Elektro- und Elektroniksektor 6 f.  
E-Mobilität 6  
Energietechnik 6  
Entsorgung 69  
Erstarrungsverhalten 47  
Excimer-Laser 62  
Exterior 4

**Fahrwerk und Motorlagerung** 4  
Fließverhalten 55  
Fluidinjektionstechnik (FIT) 59  
Freizeit-Industrie 8

**Glasfaserverstärktes Ultramid®** 12  
Glaskugelverstärktes Ultramid® 12

**Halogengehalt** 38  
Haushaltsgüter 8 f.  
Heißprägen 63  
Hydrolysebeständigkeit 22

**Integriertes Managementsystem** 70  
Interior 4

**Kälteschlagzähigkeit** 29 f.  
Kühlsystem 4  
Konditionieren 64  
Konsumgüter 8 f.  
Kraftstoffanlage 4

**Lackieren** 63  
Lagerung 69  
Lagerungsdauer beim Konditionieren 64  
Laserbeschriften 62  
Lebensmittelrechtliche Bestimmungen 67  
Lieferform 69

**Maschinentechnik beim Spritzgießen** 50 ff.  
Maßhaltigkeit 34 f.  
Mechanische Eigenschaften 26 ff.  
Mehrkomponententechnik 59  
Metallisieren 63  
Mineralverstärktes Ultramid® 12  
Möbel & Design 8

**Nachdruck** 55  
Nachhaltigkeit 67  
Nachschwindung 56 ff.  
Nd:YAG-Laser 62  
Nomenklatur 72 f.

**Photovoltaik** 6  
Plastifiziereinheit 50 f.  
Praktische Konditionierverfahren 64  
Product Carbon Footprint (PCF) 68  
Produktgruppen 10 ff.  
Prüfungen  
– Bauwesen 38  
– Elektrische Anwendungen 38  
– Verkehrswesen 38

**QSGU-Management** 70

**Reibungsverhalten** 31

**Sanitärtechnik** 8

Schlagzähigkeit 29 f.  
Schmelzeviskosität 48  
Schmelzverhalten 47  
Schneckendrehzahl 54  
Schwindung 56 ff.  
Selbsteinfärben 49  
Sicherheitshinweise 66  
Sicherheitsvorkehrungen bei der Verarbeitung 66  
Sonderverfahren 59 f.  
Sortiment 10 ff.  
Spanabhebende Bearbeitung 61  
Spritzgießverarbeitung 53 ff.  
Spritzgießwerkzeug 51 f.

**Technische Unterstützung** 70

Teilaromatische Polyamide (PPA) 18 ff.  
Tempern 65  
Thermische Eigenschaften 32 ff.  
Thermoplastschaumspritzgießen (TSG) 60  
Thermostabilität der Schmelze 48  
Transport 69  
Trocknung 49

**Ultrajoin®** 71

Ultramid® A 11  
Ultramid® Advanced N 12, 18  
Ultramid® Advanced T1000 11, 18  
Ultramid® Advanced T2000 11, 18  
Ultramid® B 11  
Ultramid® C 11  
Ultramid® D 11  
Ultramid® Deep Gloss 25  
Ultramid® One J 11, 22  
– Performance zwischen PA66 und PPA 22  
Ultramid® S Balance 11, 22  
– Chemikalien- und Hydrolysebeständigkeit 22  
– Mechanische Eigenschaften 22  
Ultramid® T 11, 19 ff.  
– Chemikalienbeständigkeit 20  
– Mechanische Eigenschaften 19  
– Schwindung und Verzug 20

**Ultramid® Structure LFX** 11

Ultramid® Vision 24  
Ultrasim® 70 f.  
Ultratest® 71  
Umspritzen von Einlegern 60  
Unverstärkte Marken mit Brandschutzausrüstung 12

**Verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen** 67

Verarbeitung 47 ff.  
Verarbeitungstechnische Eigenschaften 47 f.  
Verarbeitungstemperaturen 53 f.  
Verbindungstechniken 61  
Verbrennungsmotor und Getriebe 4  
Verhalten bei  
– Bewitterung 46  
– langzeitiger statischer Beanspruchung 30  
– schwingender Beanspruchung 31  
– Schwingfestigkeit 31  
– Temperatureinwirkung 32  
Verhalten gegenüber Chemikalien 40 ff.  
Verschleißverhalten 31  
Verstärkte Marken mit Brandschutzausrüstung 12  
Verwertung 69  
Verwertung von Mahlgut 49  
Verzug 59  
Vorbehandlung 49

**Wärmealterungsbeständigkeit** 33

Wärmealterungsbeständigkeit in  
– heißen Schmierstoffen 34  
– Kühlflüssigkeiten 34  
– Lösungsmitteln 34  
Wärmetechnische Eigenschaften 48  
Wasseraufnahme 34 f.  
Werkzeugtechnik beim Spritzgießen 50 ff.  
Wiederverarbeitung 49

**Zähmodifiziertes Ultramid®** 12

#### **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)

#### **Besuchen Sie auch unsere Internetseiten:**

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

[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:**

