



THERMOPLASTE | *THERMOPLASTICS*



## Füllstoffe für Polypropylen

### *Fillers for polypropylene*

#### 1. High Performance Fillers für Polypropylen-Anwendungen

Polypropylen kommt in den unterschiedlichsten Anwendungen zum Einsatz. Es wird u.a. durch Spritzguss zu Teilen für die Elektrotechnik, den Automobilbau und Haushaltsgeräte, sowie durch Extrusion zu Fasern und Folien verarbeitet. Im letzten Jahrzehnt wurde Polypropylen zunehmend als Werkstoff von der Automobilindustrie entdeckt. Hier werden große Teile, wie Seitenleisten- und Einstiegsleisten oder Innenverkleidungen, aus diesen Compounds hergestellt. Aber auch im Bereich des Motorraums gibt es einige Anwendungen, die aus Polypropylen realisiert werden.

#### 1. High Performance Fillers for polypropylene-applications

*Polypropylene is used in different applications. Parts made by injection moulding for electronic engineering, for automotive and white goods are produced from polypropylene. In the last decade, the automotive industry has turned more and more to polypropylene as the material of choice. Larger spare parts, such as bumpers and interior consoles, are produced from these compounds. But also in the area under the hood many applications are realised with polypropylene.*



## 1.1 TREMIN® verstärkte Polypropylen-Compounds

In Polypropylen-Systemen haben sich seit Jahren die sehr guten Verstärkungseigenschaften des nadelförmigen Wollastonit TREMIN® 939 bewährt. Besonders die oberflächenmodifizierten TREMIN® 939-Typen lassen sich optimal ins Polymer einarbeiten und handhaben. Polypropylen-Compounds hergestellt mit TREMIN® 939 bieten folgende Eigenschaften:

- ausgezeichnete Schlagzähigkeit bei gleichzeitig hoher Steifigkeit
- sehr gute Kratzfestigkeit
- hohe Wärmeformbeständigkeit
- geringe Schwindung der Fertigteile aufgrund des niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, die Voraussetzung für „Zero-Gap-Design“

## 1.1 TREMIN® reinforced polypropylene compounds

*Due to the very good reinforcing properties the needle-shaped wollastonite TREMIN® 939 products have been successfully applied in polypropylene systems for years. The surface treatment of TREMIN® 939 enables an optimized incorporation into the polymer system. With TREMIN® 939 polypropylene compounds with the following properties can be produced:*

- *excellent impact strength combined with high rigidity*
- *very good scratch resistance*
- *high heat deflection temperature*
- *low shrinkage of parts because of the low coefficient of thermal expansion an important precondition of „Zero-Gap-Design“*

„Ausgezeichnete Schlagzähig- und Kratzfestigkeit“  
“Excellent impact strength and scratch resistance”



## 1.2 Polypropylen-Compounds verstärkt durch Talkum

Talkum bietet eine kostengünstige Alternative zum hochwertigeren Wollastonit. Durchgeführte Untersuchungen zeigen eine deutliche Erhöhung des E-Moduls, der Wärmebeständigkeit und der Zugspannung. Durch feinere Talkum-Sorten wird eine deutliche Steigerung der mechanischen Eigenschaften bewirkt.

Durch den Einsatz der Talkum-Füllstoffe können Compounds mit folgenden Eigenschaften hergestellt werden:

- gute mechanische Eigenschaften
- sehr gute Schlagzähigkeit
- exzellente Verarbeitbarkeit
- hervorragende Wirtschaftlichkeit der Compounds

## 1.2 Polypropylene compounds reinforced by Talc

*Talc provides an economical alternative to the high-quality wollastonite. The tests performed show a clear increase in the modulus of elasticity, thermoforming resistance and tensile stress of polypropylene through the use of talc. Furthermore, on the basis of the results a clear increase in the mechanical properties is perceived with the finer talc types.*

*Compounds with the following properties can be manufactured through the use of fillers based on talc:*

- *good mechanical properties*
- *very good impact resistance*
- *excellent processability*
- *excellent economy of the compounds*

### 1.3 MICA Muskovit und TREFIL® Phlogopit für Polypropylen/Polyethylen-Copolymer

Durch den Einsatz der plättchenförmigen Glimmer MICA Muskovit und TREFIL® Phlogopit lassen sich die thermischen und mechanischen Eigenschaften in Polypropylen/Polyethylen Compounds erheblich verbessern. So erfolgt eine:

- deutliche Reduzierung der Schwindung
- Verbesserung der Wärmeformbeständigkeit
- Erhöhung der Zugfestigkeit
- Erhöhung des Zugmoduls unter Beibehaltung der Zähigkeit

### 1.3 MICA Muskovite and TREFIL® Phlogopite for Polypropylene/Polyethylene-Copolymer

Flaky MICA muscovite and TREFIL® phlogopite improve significantly the thermal and mechanical properties of polypropylene/polyethylene compounds to the following effects:

- significant reduction of shrinkage
- improvement of heat resistance
- enhanced tensile strength
- enhanced tensile modulus keeping a constant viscosity

„Verbesserte mechanische Eigenschaften“  
“Improved mechanical properties”



Beschreibung des Füllstoffs <i>description of the filler</i>	Produktname <i>product name</i>	Zugversuch <i>tensile test</i> ISO 527-1		Pendelschlagversuche Izod gekerbt/ungekerbt <i>pendulum impact tests Izod</i> unnotched/notched ISO 180	Wärmeform- beständigkeit <i>heat distortion</i> resistance ISO 75
		Zugspannung <i>tensile strength</i> [MPa]	E-Modul <i>E-modulus</i> [MPa]	Schlagzähigkeit <i>impact resistance</i> [kJ/m <sup>2</sup> ]	HDT B <i>HDT B</i> [°C]
Wollastonit nadelförmig <i>wollastonite, long-needled</i>	TREMIN 939-300 FST	17,7	1830	66,8 / 18,6	118
Wollastonit nadelförmig <i>wollastonite, long-needled</i>	TREMIN 939-400	19,6	2340	34,1 / 11,7	121
Wollastonit nadelförmig <i>wollastonite, long-needled</i>	TREMIN 939-600	18,3	1760	63,4 / 18,4	112
Talkum, plättchenförmig fein <i>talc, flaky, fine</i>	TALKUM EX-GT 4	18,9	1660	NB / 31,6	110
Talkum, plättchenförmig mittlere Korngröße <i>talc, flaky, medium grain size</i>	TALKUM EX-GT 10	19,2	1790	NB / 25,8	112
Talkum, plättchenförmig grob <i>talc, flaky, coarse</i>	TALKUM EX-MF 20	18,6	1640	NB / 25,5	111
Muskovit, plättchenförmig fein <i>muscovite, flaky, fine</i>	MICA N	17,4	1380	NB / 28,6	95
Muskovit, plättchenförmig mittlere Korngröße <i>muscovite, flaky, medium grain size</i>	MICA SG	17,3	1410	NB / 24,2	97
Polypropylen <i>polypropylene</i>	ungefüllt / <i>unfilled</i>	17,3	820	NB / 49,1	74

Einfluss ausgewählter mineralischer Füllstoffe auf die Eigenschaften in Polypropylen; Füllgrad: 20 Gew.%  
*Effect of selected mineral fillers on the properties of polypropylene, filler loading 20 wt.%*



## 2. Hochleistungsfüllstoffe für Polyamid-Anwendungen

Polyamid 6 und Polyamid 66 sind die weltweit meist gebrauchten technischen Kunststoffe. Sie werden aufgrund ihrer hohen Wärmeformbeständigkeit, hohen Härte und Steifigkeit eingesetzt. Darüber hinaus zeichnet sich Polyamid 6 durch ein gutes Dämpfungsverhalten aus. Die mechanischen Eigenschaften, gerade die Steifigkeit eines Polyamid-Compounds werden zumeist mit Glasfasern modifiziert. Da glasfaserverstärkte Formmassen aufgrund der Ausrichtung der Fasern in der Schmelze eine deutliche Anisotropie aufweisen, sind sie nicht für alle Bauteile gleichermaßen geeignet. Hier bietet der Einsatz von mineralischen Füllstoffen aufgrund ihrer unterschiedlichen spezifischen Besonderheiten wie Morphologie, Härte oder Oberflächenbeschaffenheit ein interessantes Spektrum an neuen Möglichkeiten.

## 2. High Performance Fillers for polyamide applications

*Polyamide 6 and Polyamide 66 are the most commonly employed engineering plastics in the world. Their popularity rests on their high thermostability, high hardness and rigidity. Polyamide 6 is additionally characterized by good damping. The mechanical properties, particularly the rigidity of a polyamide compound, are modified in most cases with glass fibres. As fibreglass-reinforced moulding compounds are clearly anisotropic on account of the alignment of the fibres in the molten compound, they are not equally suitable for all components. Anisotropic shrinkage behaviour in particular causes considerable difficulties with larger parts. In this case the use of mineral fillers offers an interesting spectrum of new possibilities on account of their different specific features, such as morphology, hardness or surface condition.*

# Sehr gute Temperaturbeständigkeit in Polyamid-Compounds *High temperature resistance in polyamide compounds*

### 2.1 TREMIN® Wollastonit

Kurzadelige, mit Aminosilan beschichtete Wollastonitmehle TREMIN® 283 werden seit vielen Jahren erfolgreich als funktionelle Füllstoffe für Polyamide eingesetzt, wenn Verzugsfreiheit gefordert ist.

Mit den langadeligen TREMIN® 939 Qualitäten können höhere Steifigkeiten erzielt werden. Der Anteil dieser Füllstoffe in den Compounds liegt zwischen 20 und 40 Gew.%. Die so verstärkten Polyamide bieten eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Konstruktion verzugsarmer, steifer Formteile und werden z.B. in Radzierkappen, Motorabdeckungen, Luftfiltergehäusen und Elektrogeräteteilen eingesetzt. Die TREMIN® verstärkten Compounds zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- eine ausgezeichnete Steifigkeit
- hohe Wärmeform- und Temperaturbeständigkeit
- exzellente Dimensionsstabilität durch TREMIN® 283
- hohe Schlagzähigkeit
- hervorragende Lackhaftung

### 2.1 TREMIN® wollastonite

*Short-needled, aminosilane-coated wollastonite flours TREMIN® 283 have been successfully used for many years as functional fillers for polyamides. With acicular wollastonite TREMIN® 939 the rigidity of the compound is still higher. The content of these fillers in the compounds is between 20 and 40 wt.%. Polyamides reinforced in this way offer a range of different possibilities for the design of low warpage, rigid mouldings. They are used in e.g. wheel covers, air filter housings and electrical appliance parts.*

*TREMIN® reinforced compounds are characterized by:*

- *excellent rigidity*
- *enhanced resistance to heat deflection*
- *excellent dimensional stability with TREMIN® 283*
- *high impact strength*
- *outstanding paint adhesion*



## Füllstoffe für temperaturbeständige Anwendungen unter der Motorhaube *Fillers for temperature resistant applications under the bonnet*

### 2.2 Oberflächenbehandeltes TREMICA® Muskovit und TREFIL® Phlogopit

Der Einsatz von oberflächenmodifiziertem, plättchenförmigem TREMICA® Muskovit und TREFIL® Phlogopit beeinflusst die mechanischen und thermischen Eigenschaften im Polyamid-Compound folgendermaßen:

- verbesserte Schwindungsisotropie
- deutliche Reduzierung der Schwindung
- Verringerung der Verzugempfindlichkeit
- Erhöhung der Zugfestigkeit und des Zugmoduls
- Erhöhung der Steifigkeit unter Beibehaltung der Zähigkeit

### 2.2 Surface treated TREMICA® muscovite and TREFIL® phlogopite

*The use of surface treated TREMICA® muscovite and TREFIL® phlogopite affects the mechanical and thermal features in polyamide compounds in the following way:*

- *improved isotropic shrinkage*
- *a clear reduction in the shrinkage*
- *reduction of the warpage sensitivity*
- *an increase in tensile strength and in the module of elasticity*
- *an increase in the rigidity with retention of the tenacity*



## 2.3 Kaolin TEC 110

Bei Kaolin TEC 110 ist es uns gelungen, einen effizienten Füllstoff mit guten Verstärkungseigenschaften zu einem ausgezeichneten Preis-/Leistungsverhältnis zu entwickeln.

Durch den Einsatz des plättchenförmigen Kaolins werden folgende mechanischen Eigenschaften in Polyamid Compounds erheblich verbessert:

- Erhöhung der Zugfestigkeit und des Zugmoduls
- Erhöhung der Steifigkeit unter Beibehaltung der Zähigkeit

## 2.3 Kaolin TEC 110

*In the case of Kaolin TEC 110 we have succeeded in developing a filler with good reinforcement properties and excellent cost effectiveness.*

*By using the flaky kaolin the following mechanical properties in polyamide compounds are considerably improved:*

- *an increase in tensile strength and in the module of elasticity*
- *an increase in the rigidity with retention of the tenacity*

## Plättchenförmige Füllstoffe für verbesserte Zugfestigkeit Flaky fillers for increased tensile strength



		Zugversuch <i>tensile test</i> ISO 527-1		Pendelschlagversuch Izod <i>pendulum impact test Izod</i> ISO 180	Wärmeformbeständigkeit <i>heat deflection temperature</i> ISO 75
Beschreibung des Füllstoffs <i>description of the filler</i>	Produktname <i>product name</i>	Zugspannung <i>tensile strength</i> [MPa]	E-Modul <i>E-modulus</i> [MPa]	Schlagzähigkeit <i>impact strength</i> [kJ/m <sup>2</sup> ]	HDT A <i>HDT A</i> [°C]
Phlogopit, plättchenförmig, mittlere Korngröße <i>phlogopite, flaky, medium grain size</i>	TREFIL®1232-400	90	6330	29	135
Muskovit, plättchenförmig, fein <i>muscovite, flaky, fine</i>	MICA SFG 20	91	5390	47	107
Muskovit, plättchenförmig, fein, silanisiert <i>muscovite, flaky, fine, surface treated</i>	TREMICA® 1155-010 AST	93	5170	54	104
Wollastonit, kurzadelig, mittlere Korngröße, silanisiert <i>wollastonite, short-needled, medium grain size, surface treated</i>	TREMIN® 283-400 AST	84	4170	58	86
Wollastonit, kurzadelig, fein, silanisiert <i>wollastonite, short-needled, fine, surface treated</i>	TREMIN® 283-600 AST	88	4210	73	84
Wollastonit, langadelig, mittlere Korngröße, silanisiert <i>wollastonite, long-needled, medium grain size, surface treated</i>	TREMIN® 939-300 AST	102	6250	56	143
Kaolin, ausgeprägt plättchenförmig, fein <i>kaolin, pronounced flaky, fine</i>	Kaolin TEC 110	92	5780	40	132
Polyamid 6 <i>polyamide 6</i>	ungefüllt   <i>unfilled</i>	86	3210	107	72

Einfluss ausgewählter, mineralischer Füllstoffe auf die technischen Werte von gefülltem Polyamid 6; Füllgrad 20 Gew.%.  
*Effect of selected mineral fillers on the technical values of filled polyamide 6 (filler loading 20 wt.%)*

### 3. Neuartige Füllstoffkonzepte zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit in Polyamid

In der Elektromobilität sind die Anforderungen eng mit der Verwendung neuer und innovativer Kunststoffe verknüpft. Dabei werden wärmeleitende Kunststoffe eine immer größere und wichtigere Rolle einnehmen, da deren Einsatz eine Reihe nicht unwesentlicher Vorteile schafft. Neben den Vorzügen des Leichtbaus bietet der Kunststoffeinsatz die Möglichkeit komplexe Geometrien mittels Spritzguss schnell und kosteneffizient herzustellen.

Im Automobilbereich beispielsweise nimmt die Zahl der E&E Anwendungen im Hinblick auf Automatisierung und Vernetzung stetig zu. Aber auch der Bereich der alternativen Antriebe birgt Potentiale für wärmeableitende Kunststoffe. Bei vielen dieser Anwendungen stellt das Thema der Wärmeentstehung und deren effektive Ableitung eine große Herausforderung dar. Eine kluge Auswahl und Kombination von Kunst- und Füllstoffen kann eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Alternative gegenüber Metalllösungen bieten.

### 3. New filler concepts for improving the thermal conductivity of polyamide

In electromobility objectives of future applications and the associated requirements are closely linked to the use of new and innovative plastic materials. Thermally conductive plastics will take a bigger and more important role, as their use creates a whole series of important advantages. Besides the benefits of lightweight construction the use of plastic offers the possibility of producing complex geometries quickly and cost efficiently by means of injection moulding.

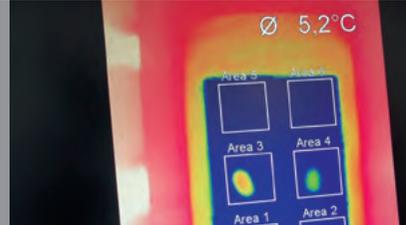
For example in automobiles the number of E&E applications in terms of automation and linking is steadily increasing. But also the field of alternative power drive poses potential for heat conductive plastics. The issue of heat generation and their effective conduction is a major challenge in many of these applications. Through the smart combination of plastics and fillers technically and economically viable alternatives to metal solutions can be developed.

## Wärmeleitfähigkeiten verschiedener Materialien Thermal conductivity of different materials

	Mineral <i>mineral</i>	Wärmeleitfähigkeit <i>thermal conductivity λ [W/mK]</i>	Elektrischer Widerstand <i>electrical resistance [Ohm*m]</i>
elektrisch isolierend <i>electrically insulative</i>	Magnesiumoxid   <i>magnesium oxide</i>	30	10 <sup>20</sup>
	Aluminiumoxid   <i>aluminium oxide</i>	30	10 <sup>12</sup>
	Bornitrid   <i>boron nitride</i>	30 ⊥; (400   )	10 <sup>13</sup>
	SILATHERM®   <i>SILATHERM® Advance</i>	14 / 30	10 <sup>11</sup> –10 <sup>13</sup>
	Polymere   <i>polymer</i>	0,2 – 0,4	10 <sup>11</sup>
	sonstige Füllstoffe <i>other fillers</i>	Wärmeleitfähigkeit <i>thermal conductivity λ [W/mK]</i>	Elektrischer Widerstand <i>electrical resistance [Ohm*m]</i>
elektrisch leitend <i>electrically conductive</i>	Kupfer   <i>copper</i>	401	1,68 x 10 <sup>-8</sup>
	Aluminium   <i>aluminium</i>	235	2,2 x 10 <sup>-8</sup>
	Eisen   <i>iron</i>	80	1,0 x 10 <sup>-7</sup>
	Graphit   <i>graphite</i>	150	2,5 x 10 <sup>-6</sup>
	CNT ( <i>Carbon-Nanotubes</i> )	6000	10 <sup>3</sup>
	andere Materialien <i>other materials</i>	Wärmeleitfähigkeit <i>thermal conductivity λ [W/mK]</i>	Elektrischer Widerstand <i>electrical resistance [Ohm*m]</i>
	Glas   <i>glass</i>	1,050	10 <sup>13</sup>
	Luft   <i>air</i>	0,024	10 <sup>16</sup>
	Wasser   <i>water</i>	0,609	10 <sup>5</sup>



**„Erhöhte Wärmeleitfähigkeit durch SILATHERM“**  
*„Increased thermal conductivity with SILATHERM“*



**SILATHERM®**  
**für bessere Wärmeableitung**

Additive auf Basis mineralischer Rohstoffe werden seit vielen Jahren als Füllstoffe im Bereich der Kunststoffe eingesetzt. Durch den Zusatz von speziellen Füllstoffen mit einer hohen Eigenwärmeleitfähigkeit kann die Wärmeleitfähigkeit der Kunststoffe signifikant erhöht werden. Mit der Produktfamilie SILATHERM® wurde eine effektvolle Lösung auf Basis mineralischer Füllstoffe für die Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen entwickelt, die gleichzeitig isolierend gegen elektrischen Strom wirkt und die mechanischen Festigkeiten verbessert.

Es gibt derzeit 2 Grundvarianten, die für Thermoplaste geeignet sind:

**SILATHERM® 1360**

- Härte 5 (Mohs)
- Dichte 3,6 g/cm<sup>3</sup>
- chemisch inert
- hitzebeständig

**SILATHERM® Advance 1438**

- Härte 4 (Mohs)
- Dichte 5,6 g/cm<sup>3</sup>
- chemisch inert
- hitzebeständig

Unterschieden wird zwischen der Eigenfarbe sowie der Dichte und Härte des Minerals. Des Weiteren können verschiedene Korngrößen und Mischungen hergestellt werden. Bei allen Typen kann durch die, auf das Polymersystem abgestimmte Beschichtung eine deutlich bessere Homogenisierung erreicht werden. Das führt zu einer besseren Mechanik und noch höheren Wärmeleitfähigkeiten des Compounds.

**SILATHERM®**  
**for better heat dissipation**

Additives based on mineral raw material are used in plastics as fillers for many years. By adding special mineral fillers with high own thermal conductivity the thermal conductivity of the polymer can be increased significantly. With the product family SILATHERM® an effective solution based on mineral fillers for improved thermal conductivity of plastics has been launched which has at the same time an insulating effect against electricity and improves the mechanical properties.

Currently two basic variants suitable for thermoplastics are available:

**SILATHERM® 1360**

- hardness 5 (Mohs)
- density 3.6 g/cm<sup>3</sup>
- chemically inert
- heat resistant

**SILATHERM® Advance 1438**

- hardness 4 (Mohs)
- density 5.6 g/cm<sup>3</sup>
- chemically inert
- heat resistant

A distinction is made between the natural color, the density and hardness of the mineral. Furthermore, various grain sizes and mixtures may be prepared. A much better homogenization can be achieved with all types by a surface treatment specially adapted to the polymer. This leads to even better mechanical and higher thermal conductivities of the compound.



## SILATHERM® in Polypropylen und Polyamid

### *SILATHERM® in polypropylene and polyamide*

Um die Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Füllstoffe darzustellen, wurden die Produkte in Polyamid 6 und Polypropylen geprüft.

### 3.1 SILATHERM® 1360

#### 3.1.1 Versuchsergebnis in Polyamid

Ungefülltes Polyamid 6 hat eine Wärmeleitfähigkeit von 0,3 W/mK. Bei einem Füllgrad von 75 Gew.% werden mit SILATHERM® Wärmeleitfähigkeiten von bis zu 2,3 W/mK in Polyamid erzielt. Die mechanischen Eigenschaften bleiben dabei auf einem für diesen hohen Füllstoffanteil sehr guten Niveau.

#### 3.1.2 Versuchsergebnis in Polypropylen

Ungefülltes PP hat eine Wärmeleitfähigkeit von 0,23 W/mK. Bei einem Füllgrad von 80 Gew.% werden mit SILATHERM® Wärmeleitfähigkeiten von bis zu 1,5 W/mK erzielt. Durch den Einsatz eines Kopplers können in Polypropylen ebenfalls sehr gute mechanische Eigenschaften erzielt werden.

*In order to demonstrate their efficiency the new developed fillers were tested in polyamide 6 and in polypropylene.*

### 3.1 SILATHERM® 1360

#### 3.1.1 Test results in polyamide

*Unfilled Polyamide 6 has a thermal conductivity of 0.3 W/mK. At a filling degree of 75 wt.% thermal conductivities of up to 2.3 W/mK can be achieved with SILATHERM®. The mechanical properties remain at a very good level for this high filler load.*

#### 3.1.2 Test results in polypropylene

*Unfilled PP has a thermal conductivity of 0.23 W/mK. At a filling degree of 80 wt.% thermal conductivities of up to 1.5 W/mK can be achieved with SILATHERM®. Very good mechanical properties can also be achieved in polypropylene through the use of a coupler.*



## 3.2. SILATHERM® Advance 1438

### 3.2.1 Versuchsergebnis in Polyamid

Mit unserer neuen Produktreihe SILATHERM® Advance 1438 können bei einem Füllgrad bis zu 80 Gew.% Wärmeleitfähigkeiten von bis zu 2,2 W/mK in X-Richtung und 1,7 W/mK in Z-Richtung erreicht werden.

Die mechanischen Eigenschaften insbesondere die Schlagzähigkeit konnte mit SILATHERM® Advance nochmals verbessert werden.

## 3.2. SILATHERM® Advance 1438

### 3.2.1 Test results in polyamide

With our new product range SILATHERM® Advance 1438 thermal conductivities of up to 2.2 W/mK in X-direction and 1.7 W/mK in Z-direction can be achieved at a filling degree up to 80 wt.% .

The mechanical properties especially the impact strength could be improved further by the use of SILATHERM® Advance.

## Versuchsergebnisse auf einen Blick Test results at a glance

Tests mit Polyamid tests with polyamide PA6/PA66	Dichte density [g/cm <sup>3</sup> ]	Wärmeleitfähigkeit X-Richtung thermal conductivity X-direction [W/mK]	Wärmeleitfähigkeit Z-Richtung thermal conductivity Z-direction [W/mK]	Zugversuch tensile test		Schlagzähigkeit Charpy Impact Strength Charpy [kJ/m <sup>2</sup> ]
				Zugspannung tensile stress [MPa]	E-Modul E-modulus [MPa]	
65 wt.% SILATHERM® 1360-400 AST	1,99	1,3	1,2	94	10000	42,16
75 wt.% SILATHERM® 1360-400 AST	2,26	2,0	1,3	96	15500	19,74
65 wt.% SILATHERM® T 1360-400 AST	2,01	1,1	1	99	13705	23,97
75 wt.% SILATHERM® T 1360-400 AST	2,29	1,7	1,2	101	16900	95,23
65 wt.% SILATHERM® Advance 1438-800 AST	2,27	1,4	1	104	8080	95,23
80 wt.% SILATHERM® Advance 1438-800 AST	3,03	2,2	1,7	116	13564	49,38
ungefüllt   unfilled	1,13–1,14	0,725	0,156	86	12452	132,8
<b>Tests mit Polypropylen tests with polypropylene</b>						
65 wt.% SILATHERM® 1360-010 AST	1,74	0,8	0,486	13,6	2570	12,66
80 wt.% SILATHERM® 1360-010 AST	2,13	1,5	1,111	13,2	3290	4,65
65 wt.% SILATHERM 1360-400 AST + 2% Maleinsäureanhydrid   maleic acid anhydride	1,69	0,791	0,607	22,1	2820	132,8
75 wt.% SILATHERM 1360-400 AST + 2% Maleinsäureanhydrid   maleic acid anhydrite	1,98	0,945	1,267	22	3690	32,7
ungefülltes   unfilled	0,90	0,23	0,23	17,3	816	non break
Aluminium   Alumina (zum Vergleich   for comparison)	2,70	235				



#### 4. Hochleistungsfüllstoffe für Polyethylen-Folien

Ob als Verpackung für Nahrungsmittel, im Fahrzeugbau, in der Medizintechnik, auf dem Bau zur Wärmedämmung oder in der Landwirtschaft: Folien finden in unterschiedlichen Einsatzbereichen Verwendung und müssen entsprechenden Anforderungen genügen. Mehr und mehr sind Verpackungen gefragt, die mehr können: Folien, die nicht nur verpacken, sondern einfach zu öffnen sind, länger frisch halten und wieder verschließbar sind.

#### 4. High Performance Fillers polyethylene films

*No matter whether it's a question of packaging for food, in automotive manufacturing, in medical technology, for thermal insulation on construction sites or in agriculture: film is used in a variety of areas of application and must satisfy the relevant requirements. Increasingly in demand is packaging that can do more: films that not only package but are easy to open, maintain freshness for longer and are resealable.*

## Verbesserte Eigenschaften von Kunststoff-Folien *Improved properties of plastic films*

#### 4.1 High Performance Fillers für Verpackungsfolien

Wenn Folien benutzt werden, um Obst, Gemüse, Fisch, Wurst oder Käse zu verpacken, werden Antiblocking-Mittel quasi als „Abstandshalter“ eingesetzt, um die Folienseiten leichter voneinander zu trennen. Die Wirksamkeit des Antiblocking-Additivs hängt hauptsächlich von den Eigenschaften des verwendeten Minerals und der richtigen Korngröße ab. Zu den mechanischen Eigenschaften kommen oft optische Anforderungen wie Transparenz, Glanz oder Opazität hinzu. Verbraucher möchten schließlich sehen, was sie kaufen und greifen deshalb besonders gerne zu einer transparenten Kunststoffverpackung.

Folgende funktionelle Hochleistungsfüllstoffe auf mineralischer Rohstoffbasis sind hervorragend geeignet, die verschiedenen gewünschten Eigenschaften von Kunststoff-Folien zu beeinflussen:

- SIKRON® SF 4000 Cristobalitfestmehle sind aufgrund des Brechungsindex von  $n_D 1,48$  und der Korngrößenverteilung sehr gut als Antiblocking-Additive für transparente Folien geeignet.
- TREFIL® 1313 Anhydritmehl ist eine preisgünstige Alternative, die hervorragende Antiblocking-Eigenschaften bei erhöhter Trübung zeigt.
- MICROSPAR® 1360 Feldspatmehl zeigt die geringste Trübung und bietet sehr gute Antiblockingwerte.

#### 4.1 High performance fillers for packaging films

*If films are used to package fruit, vegetables, fish, sausage or cheese, anti-blocking agents are used more or less as a 'spacer' to more easily separate the sides of the film from one another. The effectiveness of the anti-blocking additive is mainly dependent on the properties of the mineral used and the correct grain size. Visual requirements, such as transparency, gloss and opacity, are often added to the mechanical properties. After all, consumers would like to see what they are buying and they therefore gladly reach for transparent plastic packaging.*

*The following functional high performance additives on a mineral raw material basis are highly suitable for influencing the various desired properties of plastic films.*

- SIKRON® SF 4000 cristobalite fine flour is qualified as antiblocking additives for transparent films, because of their refractive index  $n_D 1.48$  and their grain size distribution
- TREFIL® 1313 anhydrite flour is a cost-efficient alternative that offers excellent anti-blocking properties but shows slightly elevated haze.
- MICROSPAR® 1380 feldspar flour exhibits the lowest haze and offers very good anti-blocking values



**„MICROSPAR®: exzellente Antiblocking-Werte und Optik“**  
**“MICROSPAR®: excellent anti-blocking values and optical properties.”**

#### 4.2 MICROSPAR® für Agrarfolien

Treibhäuser aus Kunststoff-Folie bieten eine kostengünstige Lösung, die Landwirtschaft zu intensivieren. Dies wird aufgrund wachsender Städte und schrumpfender Agrarflächen immer notwendiger. Bei der Verwendung von Folien in der Landwirtschaft stehen Anforderungen wie UV- und IR-Absorption im Vordergrund. Die Sonnen-Strahlen sollen die Agrarfolie leicht durchdringen, um das Pflanzenwachstum anzuregen. Die Wärme soll während der Nacht jedoch nicht wieder entweichen, sondern im Treibhaus gespeichert werden, um Temperaturunterschiede auszugleichen und eine gleichmäßige Temperatur für das gesunde Wachstum der Pflanzen zu gewährleisten.

- MICROSPAR® 1380-600 zeigt hohe Transmissionswerte im Bereich 400 – 700 nm. Dieser Bereich beschreibt die photosynthetisch wirksame Strahlung.

#### 5. Kalziumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>) für PVC

CaCO<sub>3</sub> gehört zu den bekanntesten und ökonomischsten mineralischen Füllstoffen, die in der Kunststoffindustrie eingesetzt werden. Die Typen MIKHART und CRISCAL zeichnen sich durch einen hohen bzw. sehr hohen Weißgrad aus und beeinflussen somit die Oberflächeneigenschaften von Compounds hinsichtlich Glanz und Opazität. Weiterhin verbessern sie die Schlagfestigkeit und das Biegemodul. Typische PVC-Anwendungen sind Schläuche, Draht- und Kabelisolierung sowie extrudierte Rohre, Leitungen und Fensterprofile.

#### 4.2 MICROSPAR® for agricultural films

Greenhouses made of plastic film offer an economical solution for the intensification of agriculture. This is becoming ever more necessary on account of growing cities and shrinking agricultural areas. Requirements such as UV and IR absorption are the predominant feature in the use of films in agriculture. The sun's rays should penetrate the agricultural film slightly to stimulate plant growth. However, the heat should not escape again during the night, but be saved in the greenhouse to compensate for temperature differences and to ensure a uniform temperature for healthy growth of the plants.

- MICROSPAR® 1380-600 exhibits higher transmission values in the range 400 – 700 nm. This range describes the photosynthetically effective radiation.

#### 5. Calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) for PVC

CaCO<sub>3</sub> is one of the most popular and most economical mineral fillers used in the plastics industry. The types MIKHART and CRISCAL with a high and very high brightness influence therefore the surface properties of compounds regarding gloss and opacity. Furthermore they help to increase both impact strength and flexural modulus. Typical applications are tubing, wire and cable insulation as well as extruded pipes, conduits and window profiles.



## 6. Compoundierung mineralischer Füllstoffe

Der volle mechanische Nutzen der nadelförmigen TREMIN® Wollastonitprodukte und der plättchenförmigen TREMICA® und TREFIL® Glimmerprodukte sowie des Kaolin TEC 110 im Compound kann nur ausgeschöpft werden, wenn die Wollastonit-Nadeln und auch die Glimmer – und Kaolinplättchen bei der Verarbeitung erhalten bleiben.

## 6. Processing of mineral fillers

*To tap the full mechanical benefit of needle like TREMIN® wollastonite and flaky TREMICA® and TREFIL® mica as well as Kaolin TEC 110 in the compound, the wollastonite needles and mica and kaolin thin plates must be preserved.*

# Optimale Verarbeitung verstärkender Füllstoffe *Optimum for processing of reinforcing fillers*

Alle Produktionsanlagen, die zur Einarbeitung von Glasfasern eingesetzt werden, sind für die Verarbeitung von TREMIN® 939 geeignet. Vorzugsweise sollte ein gleichlaufender Doppelschneckenextruder verwendet werden. Anlagen zur Einarbeitung von weniger harten Füllstoffen wie z.B. Talkum sind bei Einsatz von Verschleißschutzmaßnahmen auch für TREMIN® geeignet.

Um die Länge der Wollastonitnadeln möglichst zu erhalten, sollte die Dosierung downstream in das aufgeschmolzene Polymer erfolgen. Im Gegensatz zu Glasfasern muss TREMIN® 939 nicht aufgeschlossen werden. Zur Dispergierung reichen mäßige Scherkräfte aus. Je nach maschinellen Gegebenheiten lassen sich 20-30 Gew. % TREMIN® 939 „im freien Fall“ dosieren. Höhere Füllgrade erfordern eine Zwangsdosierung über ein Stopfwerk. Brückenbildung im häufig verwendeten runden Vorratstrichter lässt sich durch Einsatz eines Rührwerkes verhindern.

*All usually production lines which are used for glass fibres, are appropriate to process TREMIN® 939. A synchron double screw extruder should be applied. If wearing protection techniques are available, processing lines for fillers with low hardness as talc are suitable for TREMIN®, too.*

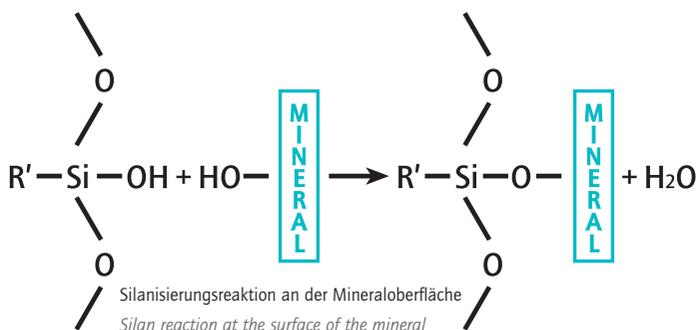
*In order to save the wollastonite needles, the dosing should take place into the melted polymer. In contrast to glass fibres TREMIN® 939 must not be decomposed. Only moderate sheering forces are needed for the dispersion. According to the machinability a filling degree of 20-30 wt. % "in free fall" could be achieved. For higher filling degrees a dosing with pressure is necessary. In an usually used downgate bridging takes place. With the use of a rabble this bridging could be prevented.*



## 7. Oberflächenmodifizierung: Füllstoffe mit entscheidenden Vorteilen

Viele unserer High Performance Fillers sind oberflächenmodifiziert. Durch die Oberflächenbehandlung des mineralischen Füllstoffes mit Silanen oder silanbasierenden Verbindungen wird eine optimale Kompatibilität an der Grenzfläche der Polymermatrix und dem Füllstoffsystem gewährleistet. Damit werden die systemverbessernden Eigenschaften des anorganischen Füllstoffes erreicht und voll ausgeschöpft.

Silane sind bifunktionelle Verbindungen, die aus stabilen organofunktionellen und hydrolysierbaren reaktiven Endgruppen bestehen. Die hydrolysierbare Gruppe verbindet sich mit der Füllstoffoberfläche, während die organofunktionellen Gruppen mit dem Polymer harmonisieren. Verschiedene Silane wie Epoxy- und Aminosilane haben sich zur Oberflächenbehandlung unserer High Performance Fillers bewährt.

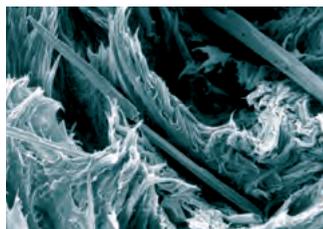


## 7. Surface treatment: fillers with decisive advantages

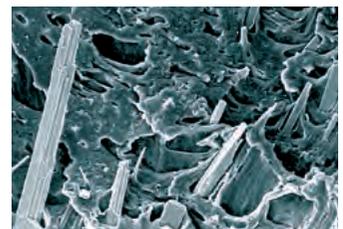
*A lot of our High Performance Fillers are surface treated. This surface treatment of mineral flours with silanes or silane-based compounds enables optimized effects at the interfaces of the polymer matrix and the filler. Thus better system properties of the inorganic filler can be achieved and fully exploited.*

*Silanes are bifunctional chemicals that consist of stable organofunctional and hydrosable reactive terminal groups. The hydrosable group combines with the filler surface, while the organofunctional groups harmonise with the organic binder. Different silanes as epoxy- and aminosilanes are well proven for surface treatment of our High Performance Fillers.*

TREMIN®  
nicht silanisiert, in Polypropylen nach einem  
Zähbruch | without surface treatment in  
polypropylene after tough fracture



TREMIN®  
silanisiert, in Polypropylen nach einem  
Zähbruch | with surface treatment in  
polypropylene after tough fracture





## High Performance Fillers für anspruchsvolle Anwendungen

Die Anforderungen an einen modernen Kunststoff z.B. in der Automobilindustrie steigen stetig. Die geforderten Eigenschaften können die Polymere alleine nicht mehr erfüllen. Aus diesem Grund werden sie mit hochwertigen, funktionellen Füllstoffen auf Basis des körnigen Cristobalits, des nadelförmigen Wollastonits und der plättchenförmigen Minerale Glimmer sowie Kaolin verstärkt. Diese Hochleistungsfüllstoffe liefern einen entscheidenden Beitrag, die mechanischen und thermischen Eigenschaften der Compounds zu verbessern. Funktionelle Füllstoffe führen im Polymersystem, und damit im Fertigteil z. B. zu einer erhöhten Kratzfestigkeit, zu einer Reduzierung des thermischen Verzugs und zu einer Verbesserung der Zugfestigkeit bzw. des Zugmoduls unter Beibehaltung der Schlagfestigkeit.

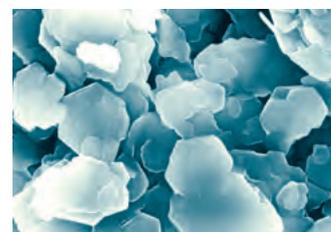
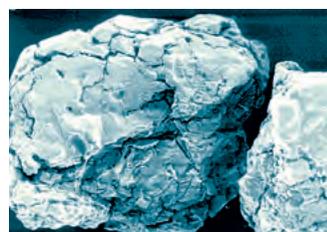
### SIKRON®, SILBOND® Cristobalit

- Formel:  $\text{SiO}_2$
- Dichte: 2,35 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 6,5
- Weißgrad (Y-Farbwert > 94)
- hohe chemische Beständigkeit
- geklüftete Oberfläche

### Kaolin TEC 110 Kaolin

- Formel:  $\text{Al}_2[(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5]$
- Dichte: 2,6 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 2
- aspect ratio (1:40)
- sechseckige, biegsame, dünne Plättchen

## High Performance Fillers High Performance Fillers



### High Performance Fillers for superior applications

*Modern thermoplastics have to meet many different requirements e.g. in the automotive industry. The polymers alone can not meet the requested demands. For this reason they are reinforced with high quality, functional fillers based on granular cristobalite, acicular wollastonite, flaky mica as well as kaolin. These High Performance Fillers make a crucial contribution to improve the mechanical and thermal properties of the compounds. Functional fillers effect in polymer systems and with it in the finished part e.g. increased scratch resistance, reduced thermal warpage, better tensile strength and tensile modulus with constant high impact strength.*

### SIKRON®, SILBOND® Cristobalite

- formula:  $\text{SiO}_2$
- density: 2.35 g/cm<sup>3</sup>
- hardness (Mohs): 6.5
- brightness (Y-value > 94)
- high chemical resistance
- jointed surface

### Kaolin TEC 110 Kaolin

- formula:  $\text{Al}_2[(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5]$
- density: 2.6 g/cm<sup>3</sup>
- hardness (Mohs): 2
- aspect ratio (1:40)
- hexagonal, flexible, thin plates



**TREMIN® 283**  
Wollastonit

- Formel:  $\text{CaSiO}_3$
- Dichte: 2,85 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 4,5
- Weißgrad (Y-Farbwert > 91)
- aspect ratio 3:1
- exzellente Verstärkungseigenschaften
- blockige Partikel LAR

**TREMIN® 939**  
Wollastonit

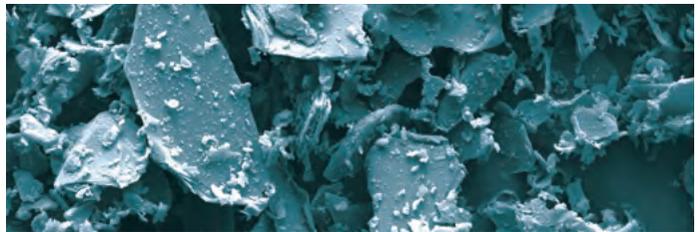
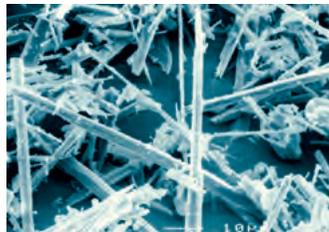
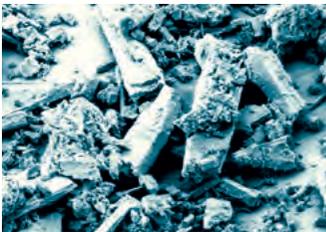
- Formel:  $\text{CaSiO}_3$
- Dichte: 2,85 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 4,5
- Weißgrad (Y-Farbwert > 85)
- aspect ratio 8:1
- exzellente Verstärkungseigenschaften
- nadelförmige Partikel LAR

**MICA, TREMICA®**  
Glimmer Muskovit

- Formel:  $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- Dichte: 2,85 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 2,5
- Farbe: weiß bis hell
- aspect ratio (1:30)
- plättchenförmige Partikel

**TREFIL®**  
Glimmer Phlogopit

- Formel:  $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{F,OH})_2$
- Dichte: 2,85 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 2,5
- Farbe: beige bis braun
- hohes aspect ratio (1:30)
- plättchenförmige Partikel



**TREMIN® 283**  
Wollastonite

- formula:  $\text{CaSiO}_3$
- density: 2.85 g/cm<sup>3</sup>
- hardness (Mohs): 4.5
- brightness (Y-value > 91)
- aspect ratio 3:1
- excellent reinforcing properties
- granular particles LAR

**TREMIN® 939**  
Wollastonite

- formula:  $\text{CaSiO}_3$
- density: 2.85 g/cm<sup>3</sup>
- hardness (Mohs): 4.5
- brightness (Y-value > 85)
- aspect ratio 8:1
- excellent reinforcing properties
- acicular particles HAR

**MICA, TREMICA®**  
Mica muscovite

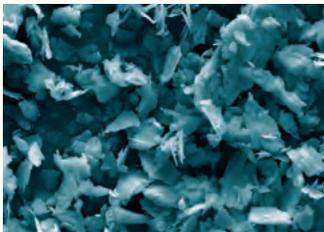
- formula:  $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- density: 2.85 g/cm<sup>3</sup>
- hardness (Mohs): 2.5
- colour: white to light grey
- aspect ratio (1:30)
- flaky particles

**TREFIL® phlogopite**  
Mica phlogopite

- formula:  $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{F,OH})_2$
- density: 2.85 g/cm<sup>3</sup>
- hardness (Mohs): 2.5
- colour: beige to brown
- high aspect ratio (1:30)
- flaky particles

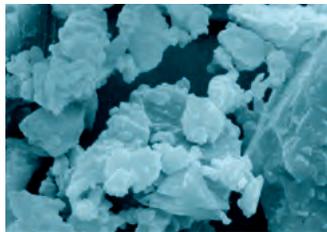
**TALKUM, TIKRON®**  
Talkum

- Formel:  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
- Dichte: 2,8 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 1
- plättchenförmige Partikel



**MICROSPAR®**  
Feldspat

- Formel:  $KAlSi_3O_8$
- Dichte: 2,6 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 6
- dicktafelige Struktur



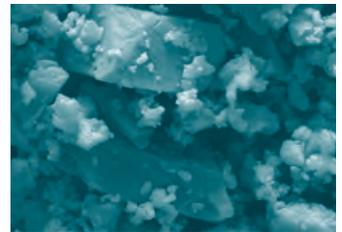
**TREFIL® 1313**  
Anhydrit

- Formel:  $CaSO_4$
- Dichte: 3 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 3
- tafelige Struktur



**Calathem, Criscal, Mikhart**  
Kalziumkarbonat

- Formel:  $CaCO_3$
- Dichte: 2,7 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 3
- hoher Weißgrad



**TALKUM, TIKRON®**  
*Talc*

- *formula:  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$*
- *density: 2.8 g/cm<sup>3</sup>*
- *hardness (Mohs): 1*
- *flaky particles*

**MICROSPAR®**  
*Feldspar*

- *formula:  $KAlSi_3O_8$*
- *density: 2.6 g/cm<sup>3</sup>*
- *hardness (Mohs): 6*
- *thick-slated structure*

**TREFIL® 1313**  
*Anhydrite*

- *formula:  $CaSO_4$*
- *density: 3 g/cm<sup>3</sup>*
- *hardness (Mohs): 3*
- *tabular structure*

**Calathem, Criscal, Mikhart**  
*Calcium carbonate*

- *formula:  $CaCO_3$*
- *density: 2.7 g/cm<sup>3</sup>*
- *hardness (Mohs): 3*
- *high brightness*



### Hess Pumice Bims

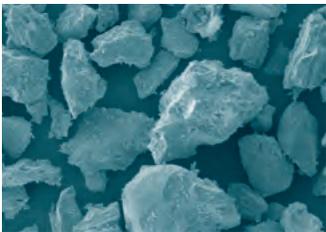
- Dichte: 2,35 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 6,1

### SILATHERM® Wärmeleitfähige Füllstoffe

- Dichte: 3,6 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 5
- faserige Partikel

### SILATHERM® Advance Wärmeleitfähige Füllstoffe

- Dichte: 5,6 g/cm<sup>3</sup>
- Härte (Mohs): 4
- Farbe: weiß



### *Hess Pumice Pumice*

- *density: 2.35 g/cm<sup>3</sup>*
- *hardness (Mohs): 6.1*

### *SILATHERM® Thermally conductive fillers*

- *density: 3.6 g/cm<sup>3</sup>*
- *hardness (Mohs): 5*
- *fibrous particles*

### *SILATHERM® Advance Thermally conductive fillers*

- *density: 5.6 g/cm<sup>3</sup>*
- *hardness (Mohs): 4*
- *color: white*

Der Weg vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt erfordert die Zerlegung von komplexen Aufgaben in Teilfragestellungen und interdisziplinäres Arbeiten – hierzu haben wir die nötige Kompetenz:

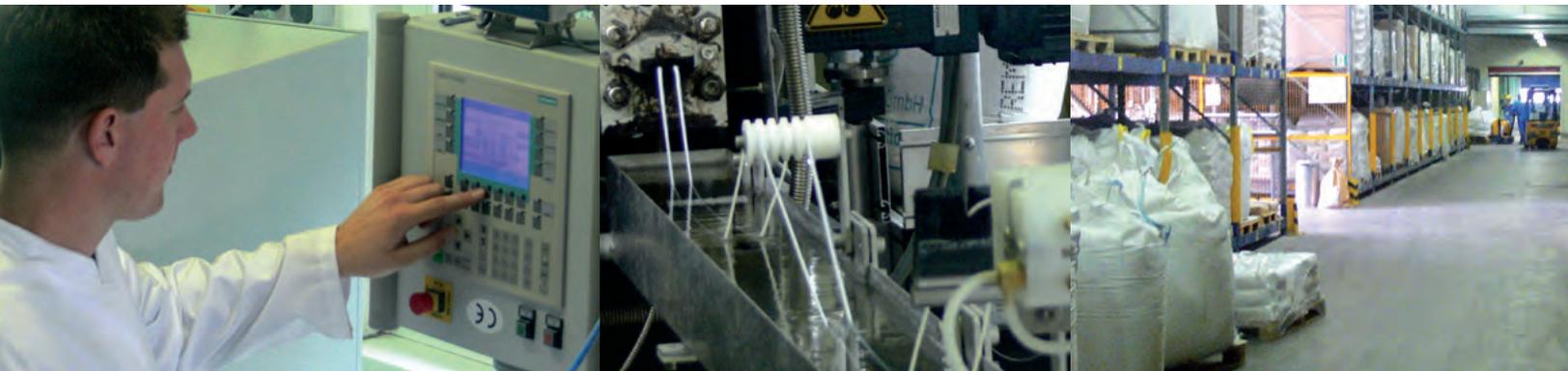
## Moderne und flexible Produktionsstätten

Bereits im Labor und Technikum setzen wir moderne Aggregate zur Veredelung von mineralischen Rohstoffen ein, die direkt eine Übertragung und das Upscale in den Produktionsmaßstab ermöglichen. Produktentwicklung und Produktion arbeiten hier Hand in Hand bereits ab dem frühen Technikumsmaßstab, so dass Mengensteigerungen problemlos möglich sind. Hierdurch gewährleisten wir, dass die ersten wenigen Kilogramm aus dem Technikum in ihrer Qualität dem später gelieferten Hochleistungsfüllstoff selbst im Tausend-Tonnen-Maßstab entsprechen.

*The path from the raw material to the finished product requires that complex tasks are broken down into parts of the problem and interdisciplinary tasks – we have the necessary expertise to do this:*

## Modern and flexible production facilities

*We already use modern units for the refining of mineral raw materials at the laboratory and technical study stages. These enable direct transfer and upscaling to production scale. The product development and production departments work hand in hand in this area from the early stages of the technical study scale so that volume increases are possible without any problems. Due to this we are able to guarantee that the first few kilograms from the technical study centre will be equivalent in quality to the high performance fillers that will be supplied later on a possible scale of thousands of tonnes.*



Einige unserer Produkte sind mit STOT RE Kat. 1 oder 2 gemäß der europäischen CLP-Verordnung (EG/1272/2008) gekennzeichnet. Detailinformationen pro Produkt sind dem jeweiligen Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen.

Die in dieser anwendungstechnischen Mitteilung aufgeführten Werte wurden nach bestem Wissen ermittelt und dargestellt. Wir bitten jedoch um Verständnis dafür, dass wir keine Haftung für die Ergebnisse im Einzelfall und für die Eignung und Vollständigkeit unserer Empfehlungen übernehmen und nicht dafür einstehen können, dass Schutzrechte Dritter beeinträchtigt werden.

Die Verwendung des Zeichens ® bedeutet, dass der Markenname in mindestens einem oder mehr aber nicht in allen Ländern eingetragen ist.

Zur weiteren Beratung stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Auf kaolinhaltigem Papier gedruckt.

*Some of our products are classified into the STOT RE cat. 1 or 2 according to the European CLP Regulation (EC/1272/2008). More detailed information is available from the respective material safety data-sheet.*

*The figures documented in this application technique report were collected and shown to the best of our knowledge. However, we ask for understanding that we cannot take over liability for the results in individual cases and for the suitability and completeness of our recommendations, and cannot guarantee that no third-party patent rights are restricted.*

*The use of the symbol ® herein signifies the registration of the associated trademark in one or more, but not all, countries.*

*We are available for further questions and consultation.*

*Printed on paper containing kaolin.*

 The Mineral Engineers

Quarzwerke GmbH  
Kaskadenweg 40  
D-50226 Frechen

fon: +49 (0) 22 34 / 101-411  
fax: +49 (0) 22 34 / 101-400

sales@hpfminerals.com  
www.hpfminerals.com

 **The Mineral Engineers**  
A DIVISION OF QUARZWERKE GROUP