



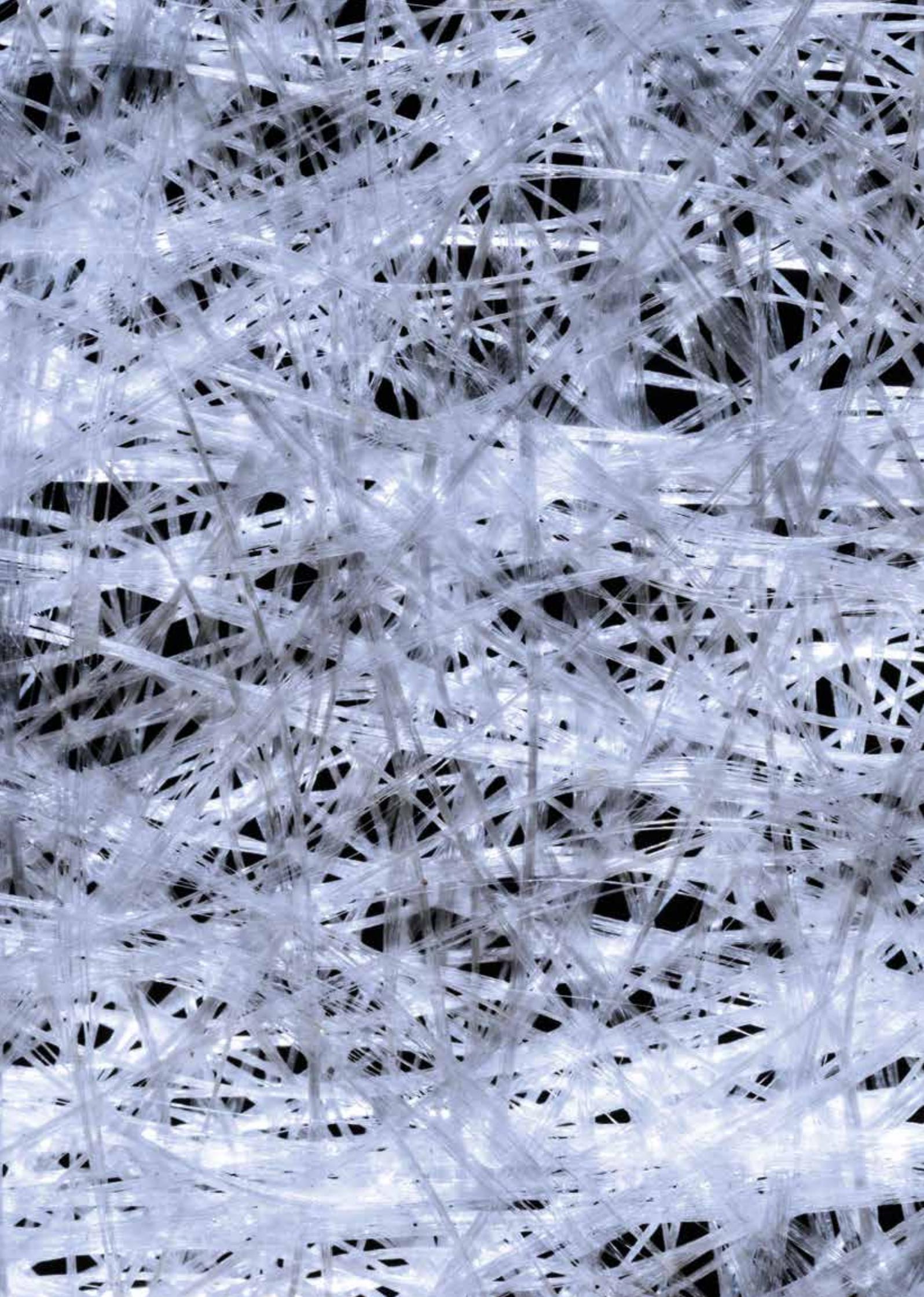
KUNSTSTOFF-  
FORMEN-  
STAHL

## HOCHLEISTUNGSFORMEN- STÄHLE ZUM SPRITZGIESSEN VON FASERVERSTÄRKTEN KUNSTSTOFFEN

# HOCHLEISTUNGS- FORMENSTÄHLE ZUM SPRITZGIESSEN VON FASER- VERSTÄRKTEN KUNSTSTOFFEN

**Die moderne industrielle Teileproduktion**, hauptsächlich in der Automobil- und Elektronikindustrie, ist durch den Trend gekennzeichnet, Metalle durch faserverstärkte Kunststoffe zu ersetzen. Da diese Kunststoffkomponenten viel leichter und damit gewichtssparender sind, tragen sie dazu bei, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, was weltweit ein klarer ökologischer Schwerpunkt ist. Komplizierte Geometrien, dünne Wanddicken und große Flächen erfordern in den Kunststoffen eine zunehmende Menge an Glas- oder Kohlenstofffasern, um eine ausreichende Stabilität zu erhalten.

Durch Fasern verstärkte Kunststoffe neigen dazu, viel abrasiver zu sein als herkömmliche Kunststoffe und können daher einen vorzeitigen Verschleiß einer Spritzgussform verursachen. Um einem übermäßigen und frühzeitigen Verschleiß von Formen entgegenzuwirken, bietet voestalpine BÖHLER Edelstahl eine breite Palette an hochwertigen Werkzeugstählen an, die neue Maßstäbe in der Produktion von hochbeanspruchbaren Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen setzen.



# TRENDS UND ANFORDERUNGEN

- » Neue Arten von Hochleistungskunststoffen (GF, CF, Faserlänge, Füllmaterial)
- » Steigende Anforderungen des Verschleißwiderstandes von Formwerkstoffen
- » Steigende Korrosionsbeständigkeit von Formwerkstoffen (z.B. phosphorhaltige Flammschutzmittel)
- » Steigende Komplexität der Teile (Leichtbau)
- » Erhöhung der Produktivität durch kürzere Taktzeiten (Wärmeleitfähigkeit)
- » Höherer Schließdruck und höhere Verarbeitungstemperaturen

## KUNSTSTOFFFORMGEBUNG

### BEISPIEL FÜR „POLYMEREN LEICHTBAU“



Prototyp:  
Kunststofflenkgehäuse

- » Kostengleiches Teil aus 50% glasfaserverstärktem PA (Ultrad® A3R) mit Metalleinlagen
- » Spezielle FEM-Designanpassung
- » Einsatztemperatur: max. 125°C
- » **50% Gewichtseinsparung**

Quelle: ThyssenKrupp techforum 1/2014



Lenkgehäuse  
Al-HPDC Teil  
(Symbolbild)

# HOCHLEISTUNGS-KUNSTSTOFFE

## AUTO-INDUSTRIE



PA6 – GF65



PA66 – CF35

## HAUSHALTS-INDUSTRIE



PA66 – CF35



PC+ABS – GF40



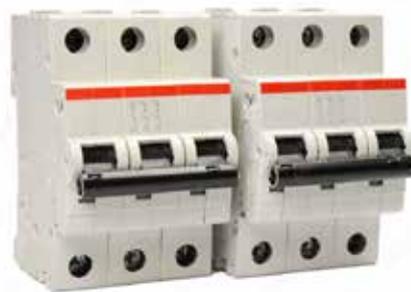
PA6 – GF40



## ELEKTRONIK-INDUSTRIE

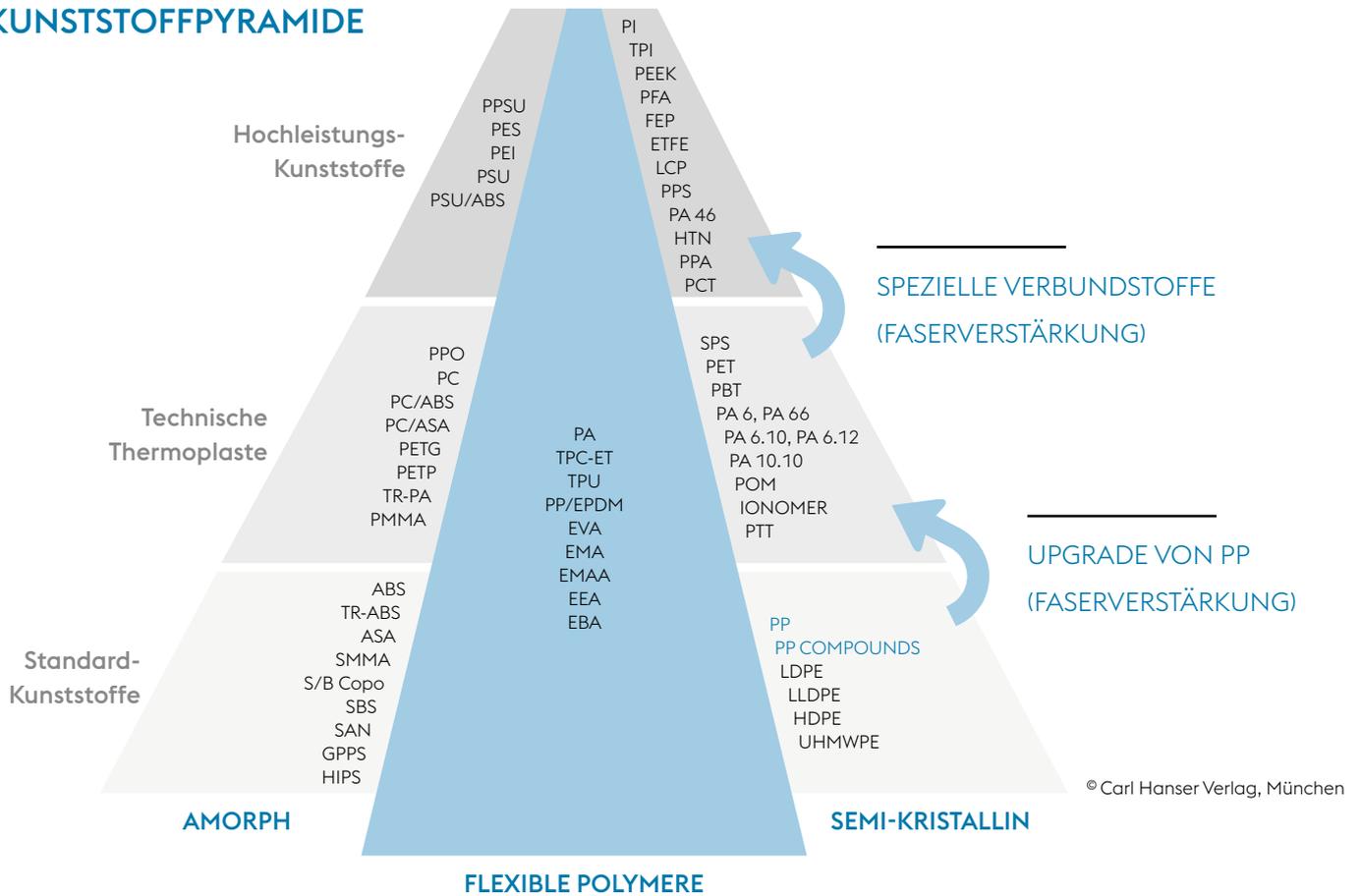


PBT – GF45



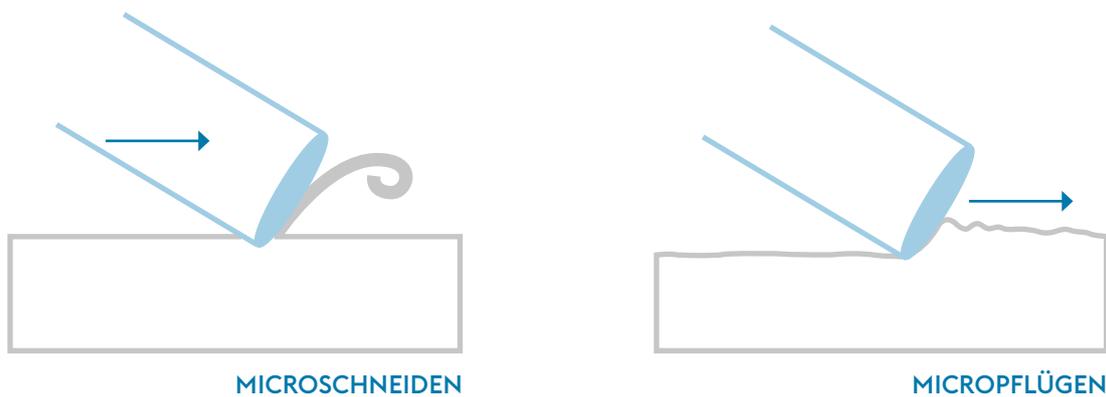
PA66 – GF30

# KUNSTSTOFFPYRAMIDE



# VERSCHLEISSMECHANISMUS

Faserbewegung verursacht abrasiven Verschleiß durch

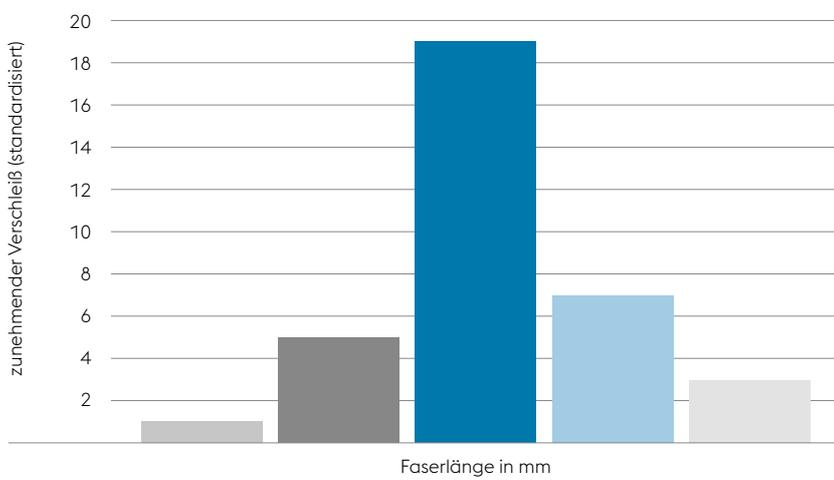


Neben Glasfasern auch Glaskugeln, Metalloxide (Titanoxid, Chromoxid), Calciumcarbonate, Siliciumdioxidkomponenten (Sand, Quarz), Keramik, ... erzwingen abrasiven Verschleiß.

Quelle: Abteilung Spritzgießen von Kunststoffen, Universität Leoben

# EINFLUSSFAKTOREN

## Faserlänge

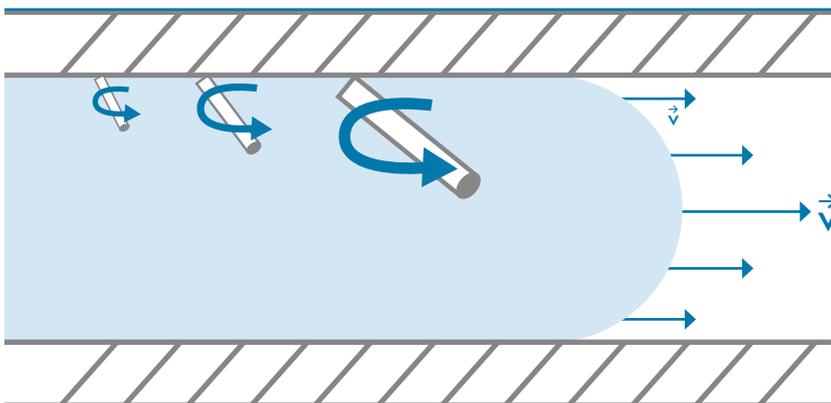


Typischer Faserdurchmesser: 10 µm

- Länge bis 200 µm
- 200 µm < L < 500 µm
- 500 µm < L < 1000 µm
- 1000 µm < L < 2000 µm
- Länge > 2000 µm

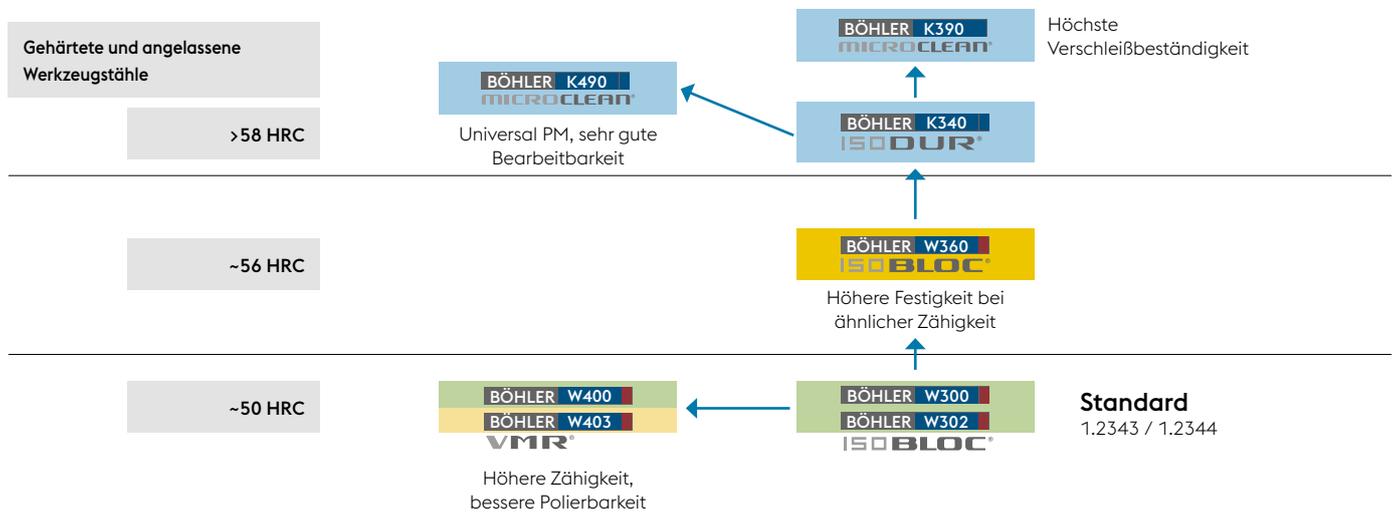
Quelle:  
Abteilung Spritzgießen  
von Kunststoffen,  
Universität Leoben

## Polymerschmelze mit Glasfasern



# PRODUKTAUSWAHL – HOCHLEISTUNGSFORMENSTÄHLE

## Nicht korrosionsbeständige Stähle



- bis zu ~20% GF
- bis zu ~30% GF
- bis zu ~60% GF
- bis zu ~65% GF

Beispiele für verarbeitete Kunststoffe  
 PA6 - GF50  
 PA66 - GF40  
 PA66 - GF35  
 PA66 - GF30  
 PC+ABS-GF40  
 POM - CF35  
 PA6 - GF65  
 PA6 - CF45

**MICROCLEAN®**  
 Pulvermetallurgische Stähle

**VMR®**

Spezielle Materialien, die während mindestens einer Herstellungsstufe Vakuumerschmolzen oder -umgeschmolzen werden.

**ISODUR®**

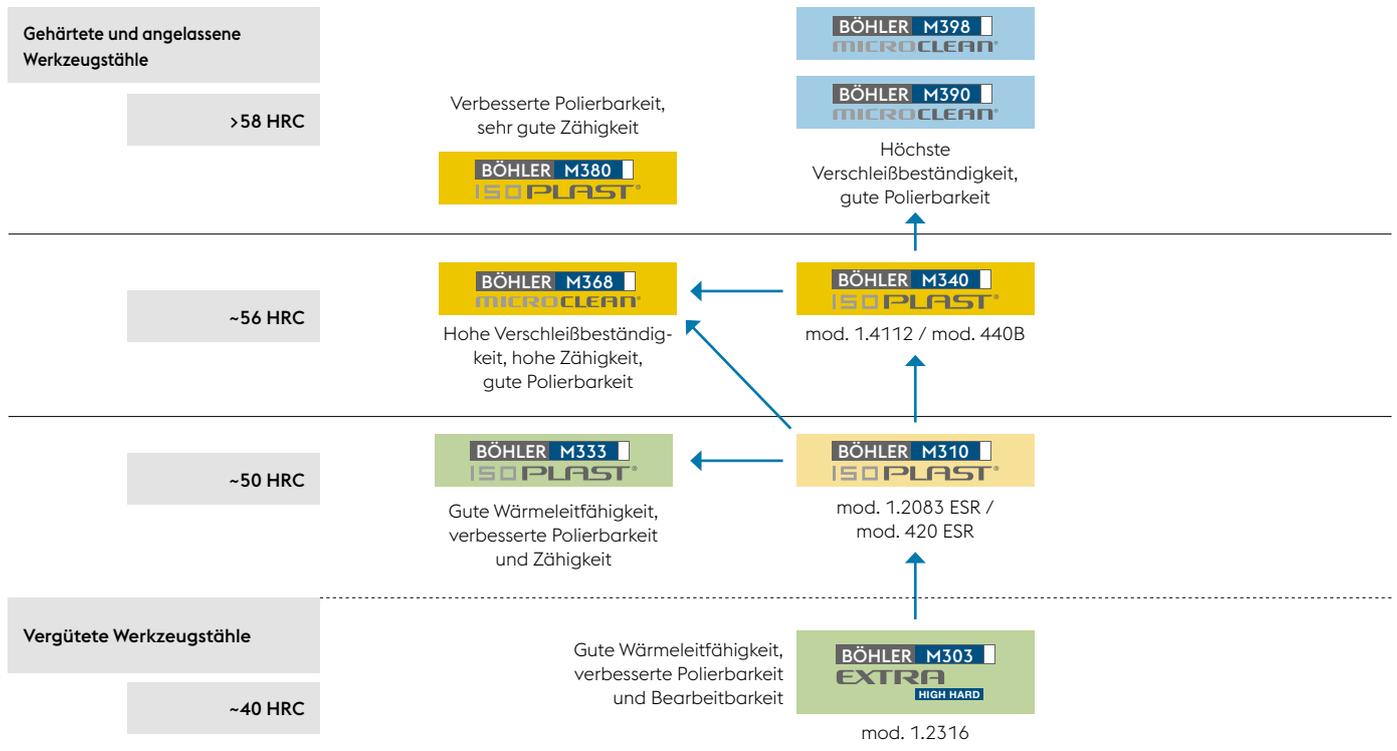
Kaltarbeitsstahl in ESU-Qualität

**ISOBLOC®**

ESU-Qualität mit spezieller Wärmebehandlung

BÖHLER Marke	Chemische Zusammensetzung in Gewichts-%					Sonstige	Standard	Karbidvolumen in [%], gehärtet	Verschleißbeständigkeit
	C	Cr	Mo	V	W				
<b>BÖHLER W300 ISOBLOC®</b>	0,4	5,0	1,3	0,4	-	-	1.2343 / H11	< 1	★
<b>BÖHLER W302 ISOBLOC®</b>	0,4	5,2	1,4	1,0	-	-	1.2344 / H13	< 1	★
<b>BÖHLER W400 VMR®</b>	0,4	5,0	1,3	0,5	-	-	1.2340 / ~H11	< 1	★
<b>BÖHLER W403 VMR®</b>	0,4	5,0	2,8	0,7	-	-	1.2367	< 1	★
<b>BÖHLER W360 ISOBLOC®</b>	0,5	4,5	3,0	0,6	-	-	-	< 1	★★
<b>BÖHLER K340 ISODUR®</b>	1,1	8,3	2,1	0,5	-	+Al, Nb	-	8,5	★★★
<b>BÖHLER K490 MICROCLEAN®</b>	1,4	6,4	1,5	3,7	3,5	+Nb	-	10	★★★★
<b>BÖHLER K390 MICROCLEAN®</b>	2,5	4,2	3,8	9,0	1,0	+2,0 Co	-	17	★★★★★

## Korrosionsbeständige Stähle (minimaler freier Chromgehalt in der Matrix von 13%)



- bis zu ~10% GF
- bis zu ~15% GF
- bis zu ~60% GF
- bis zu ~65% GF

Beispiele für verarbeitete Kunststoffe  
PVC, CPVC, PES, PSU, PVDF, ABS

### MICROCLEAN®

Pulvermetallurgische Stähle

### ISOPLAST®

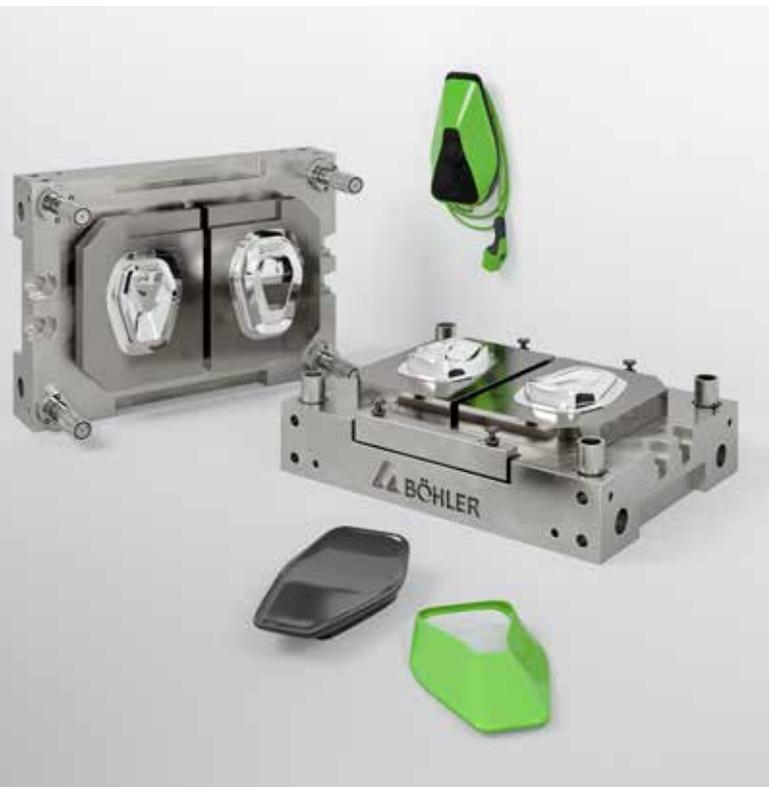
Kunststoffformenstähle in ESU-Qualität

### EXTRA

Besondere Eigenschaften und / oder Leistungsmerkmale

BÖHLER Marke	Chemische Zusammensetzung in Gewichts-%					Sonstige	Standard	Karbidvolumen in [%], gehärtet	Verschleißbeständigkeit
	C	Cr	Mo	Ni	V				
BÖHLER M303 EXTRA HIGH HARD	0,27	14,50	1,00	0,85	-	+N	~1.2316	< 1	★
BÖHLER M333 ISOPLAST®	0,24	13,25	+	+	+	+N	~1.2083 / ~420	< 1	★★
BÖHLER M310 ISOPLAST®	0,38	14,30	-	-	0,20	-	~1.2083 / ~420	1,5	★★
BÖHLER M340 ISOPLAST®	0,54	17,30	1,10	-	0,10	+N	-	ca. 8%	★★★
BÖHLER M368 MICROCLEAN®	0,54	17,30	1,10	-	0,10	+N	-	ca. 8%	★★★
BÖHLER M380 ISOPLAST®	0,30	15,00	1,00	-	-	+N	1.4108	ca. 5%	★★★
BÖHLER M390 MICROCLEAN®	1,90	20,00	1,00	-	4,00	W=0,60	-	ca. 20%	★★★★★
BÖHLER M398 MICROCLEAN®	2,70	20,00	1,00	-	7,20	W=0,70	-	ca. 30%	★★★★★

# WÄRMEBEHANDLBARE, VER- SCHLEISSFESTE FORMENSTÄHLE

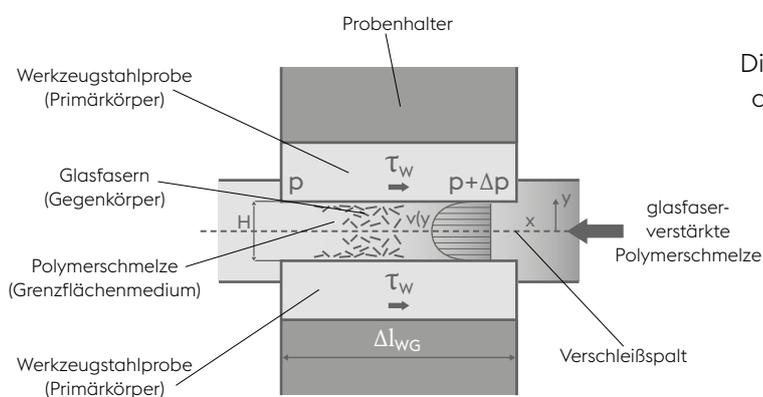


Der Verschleiß wird entweder durch Masseverlust oder volumetrisch durch 3D-Vermessung der Probenoberflächen vor dem Test und nach Verspritzung von beispielsweise 25 kg oder 50 kg glasfaserverstärkter Kunststoffmasse bestimmt.

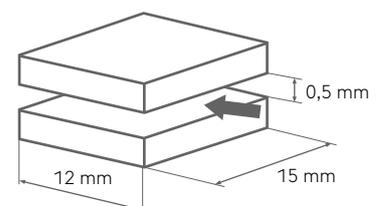
Die Verschleißvorrichtung zur Prüfung des abrasiven / korrosiven Verschleißes am Tribosystem Polymerschmelze / Stahl wird in der Spritzgießmaschine in Form eines Spritzgusswerkzeugs installiert. Die Verschleißproben, die die gleiche Temperatur wie die Schmelze aufweisen, bilden einen Rechteckspalt, in dem große lokale Scherspannungen und Schergeschwindigkeiten erzeugt werden können. Die Schmelze wird durch den Verschleißspalt durchgespritzt und erzeugt den Materialabtrag an den Oberflächen der beiden Verschleißproben (jeweils 15 x 12 x 5 mm). Das gesamte Dosiervolumen der plastifizierten Formmasse wird mit einem definierten Einspritzdruck, einer definierten Einspritzgeschwindigkeit und einer vorgegebenen Schmelztemperatur eingespritzt.

Der Verschleiß wird durch den Materialabtrag ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) oder die Materialabtragshöhe ( $\mu\text{m}$ ) vor und nach dem Einspritzen einer definierten Menge an Kunststoffschmelze bestimmt.

## Plättchenverschleißtest

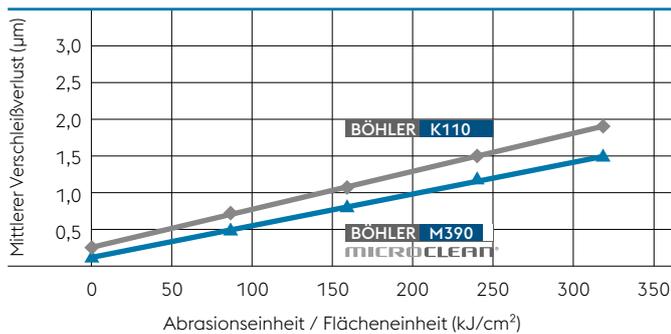


Die mittlere Abriebtiefe oder der Gewichtsverlust der Testplatten zeigt die Verschleißfestigkeit an.

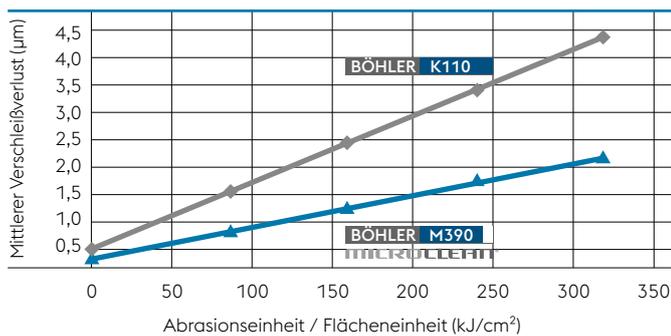


## EFFEKT VON KORROSION UND ABRASION – LABORTEST-ERGEBNISSE K110 VS. M390 MICROCLEAR, ERGEBNISSE DES PLÄTTCHENVERSCHLEISSTESTS

### PA 66 + 30% GF/ 300°C



### PES + 30% GF/ 400°C



Härte

### Fakten

- » Füllmaterialien und zusätzliche Fasern in verschiedenen Kunststoffen haben eine abrasive Wirkung
- » Zusammen mit korrosiven Medien (Spaltprodukte, ...) entsteht ein tribochemisches Verschleißsystem

Abrasion

Freies Cr

%	C	Cr	Mo	V	W
K110	1,55	11,80	0,80	0,95	
M390PM	1,90	20,00	1,00	4,00	0,60

Härte (HRC)

K110*)	58
M390PM	61

Korrosion +  
Abrasion

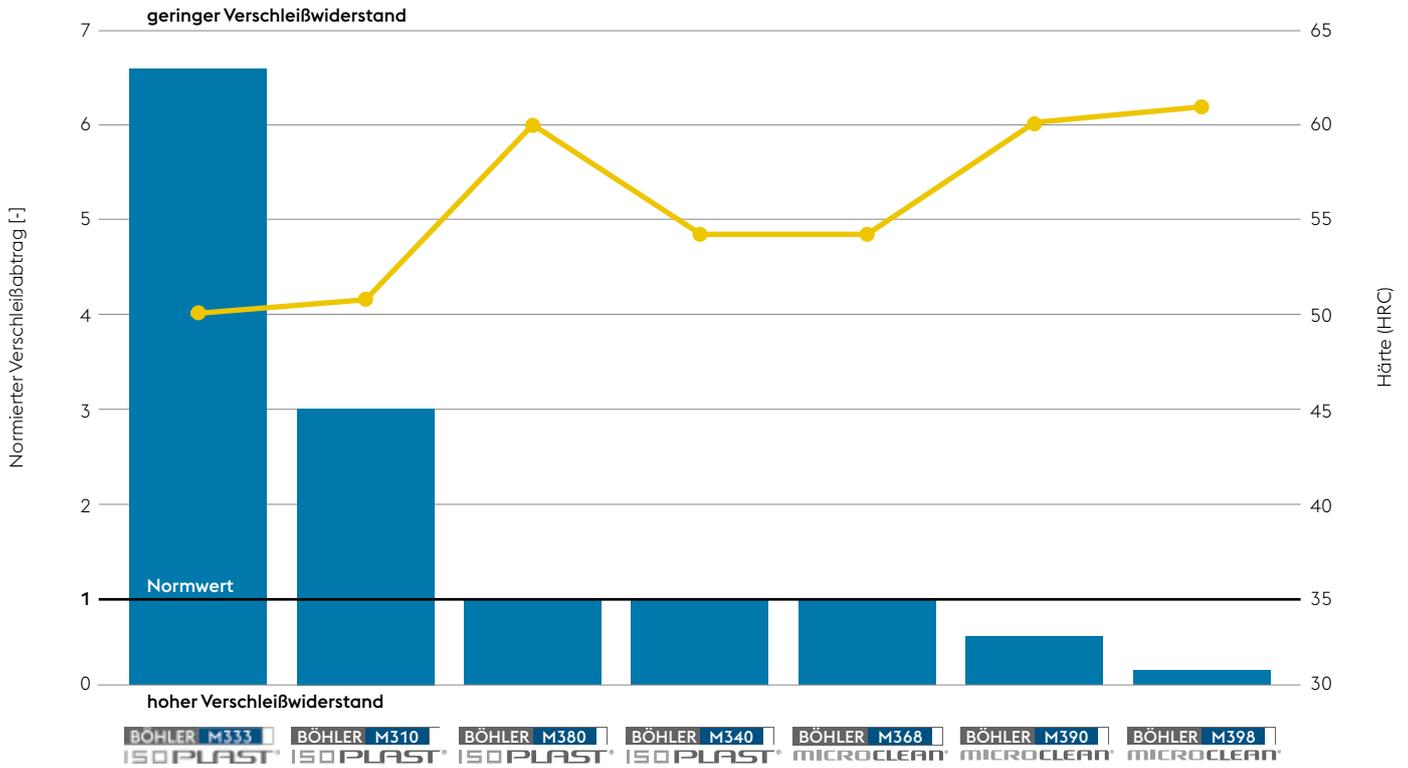
Neben der Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit sind weitere wichtige Faktoren, um das richtige Material zu wählen:

- » Werkzeugkonstruktion (komplex / einfach, tiefe / flache Kavität, ...)
- » Werkzeuggröße
- » Oberflächenanforderungen an die Form

Weitere Aspekte sind zum Beispiel Maßstabilität, Kantenstabilität, Bearbeitbarkeit, Beschichtungsfähigkeit ...

Detaillierte Empfehlungen müssen von Fall zu Fall geprüft werden.

# VERSCHLEISSBESTÄNDIGKEIT MITTELS PLÄTTCHENVERSCHLEISSTEST



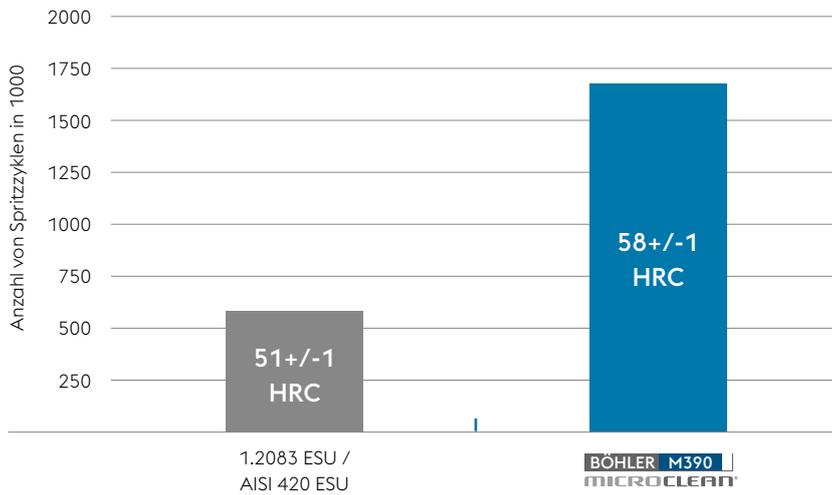
■ Verschleiß  
—●— Härte

Glasfaserverstärkte Polymerschmelze:  
PA 66 + 50 % GF

# FALLSTUDIEN

## ELEKTRISCHE KOMPONENTEN BASISPLATTEN FÜR RELAIS

**BÖHLER M390**  
**MICROCLEAN**



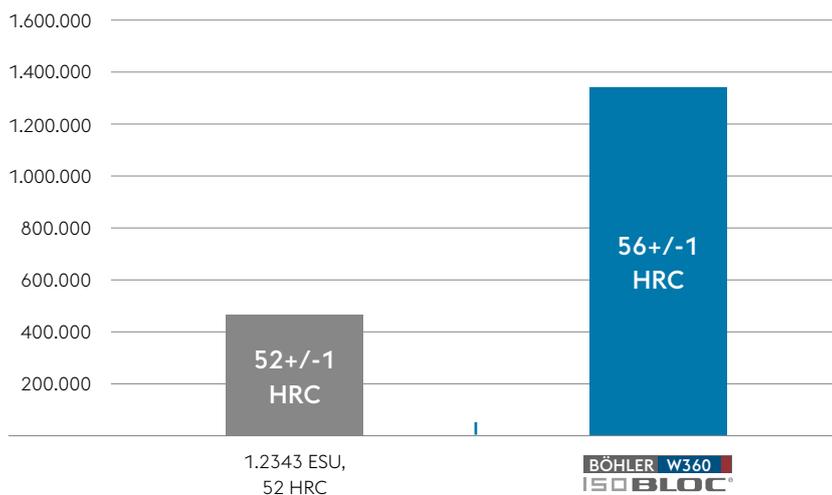
**Verarbeitetes Material:**

PBT Vestodur X7212 NF + 45% GF

**Ursache für Werkzeugschaden:** Verschleiß

## HAUSHALTSKOMPONENTEN ZÄHNÄDER

**BÖHLER W360**  
**ISOBLOC**



**Verarbeitetes Material:** PA66 + GF35

**Ursache für Werkzeugschaden:** Verschleiß



# QUALITÄTSSTUFEN TECHNOLOGIEN

## Konventionelle Produktion

---

DAS "STANDARD"-MATERIAL  
FÜR NORMALBELASTUNG,  
STANDARD-NIVEAU BEI:

---

Gefügestruktur

---

Karbidverteilung

---

Homogenität

---

Einzelne Karbide

---

Reinheitsgrad

---

Zähigkeit

---



Mikrostruktur  
BÖHLER M303



## Druck-Elektroschlacke-Umschmelzproduktion

ISOPLAST® ISODUR® ISOBLOC®

### VERBESSERTE STANDZEITEN DURCH:

- Geringstmögliche Einschlussgehalte
- Geringere Mikro- und Makroseigerung
- Gute Homogenität und höherer Reinheitsgrad
- Homogene Struktur über den gesamten Querschnitt und Stablänge
- Größere Stababmessungen bei konstanter Karbidverteilung
- Gleichmäßige Maßstabilität
- Breites Anwendungsspektrum aufgrund einer hohen Zähigkeit

## Pulvermetallurgische Produktion

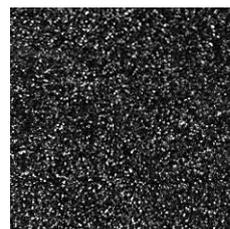
MICROCLEAN®

### FÜR HÖCHSTE ANSPRÜCHE:

- Seigerungsfreier Hochleistungsstahl
- Feinste Karbidverteilung
- Höchste metallurgische Reinheit
- Isotrope Eigenschaften
- Maximale Verschleißfestigkeit bei gleichzeitig höherer Zähigkeit
- Höchstmögliche Härten
- Sehr gute Maßstabilität
- Hohe Druckfestigkeit



Mikrostruktur  
BÖHLER M340  
in ESU Qualität



Mikrostruktur  
BÖHLER M390  
MICROCLEAN



**voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG**

Mariazeller Straße 25

8605 Kapfenberg, Austria

T. +43/50304/20-7181

F. +43/50304/60-7576

E. [info@bohler-edelstahl.at](mailto:info@bohler-edelstahl.at)

[www.voestalpine.com/bohler-edelstahl](http://www.voestalpine.com/bohler-edelstahl)

**voestalpine**

ONE STEP AHEAD.