TRIBOLOGICAL

Kunststoffe & Tribologie – Vom Versuch bis zur Anwendung

4a Technologietag // 2018

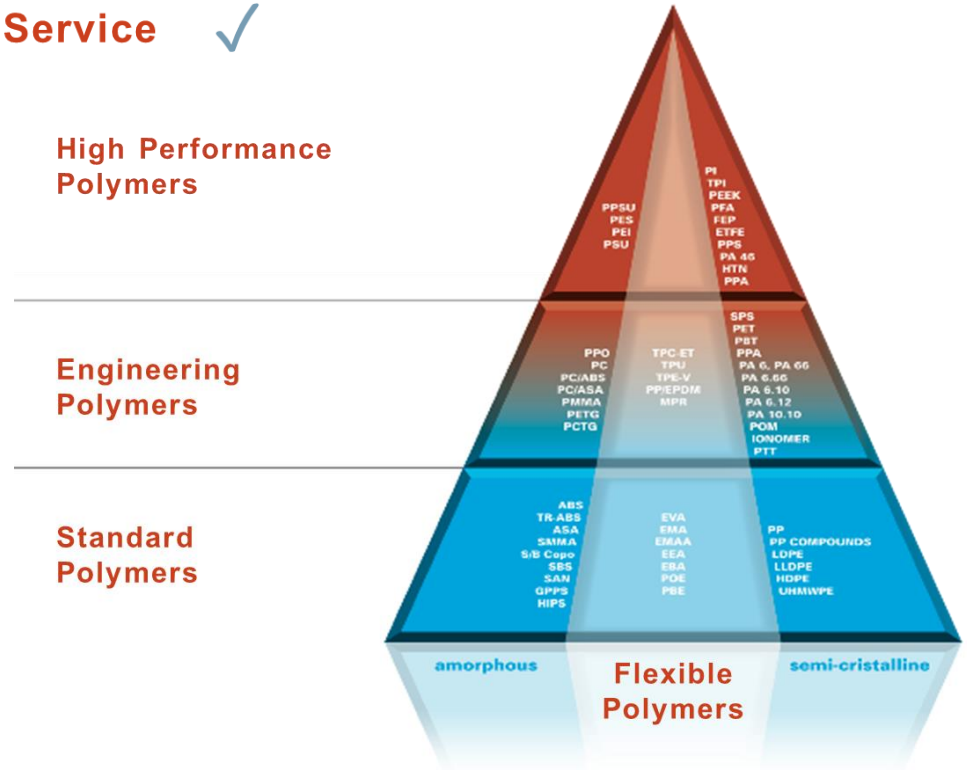
Biesterfeld

LEHVOSS Group

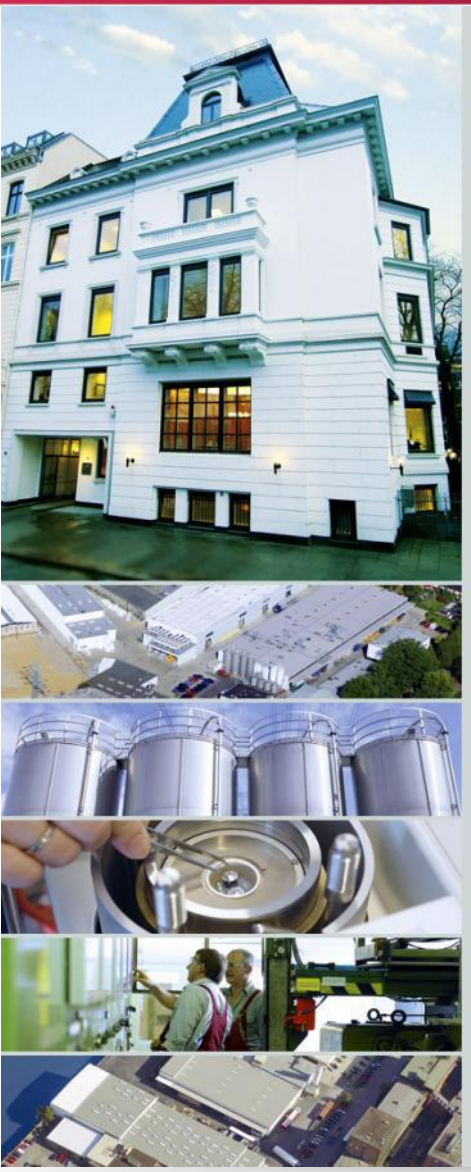
Your Polymercoach!

Biesterfeld
Biesterfeld Interowa GmbH & Co KG

1. Technische Kompetenz ✓
2. Komplettes Produktportfolio ✓
3. Verlässlicher Service ✓



Die LEHVOSS Gruppe



- Lehmann&Voss&Co. gegründet 1894
- Familiengeführt in der 4. Generation
- 570 Mitarbeiter
- 21 Gesellschaften weltweit
- 360 € Mio. Umsatz*
- 6 Geschäftsbereiche:

  Handel von Spezialchemikalien

  Produktion von Spezialpolymeren

LEHVOSS Group

Die LEHVOSS Gruppe – Ihr Partner in der Polymerindustrie

BU Customized Polymer Materials (CPM)			BU Additives & Concentrates
High Performance Compounds	3D Printing Materials	Technical Compounds WMK Plastics	Functional Masterbatches

- 4 business teams with sales, marketing & development
- 40+ years of experience in compounding
- >160 employees
- 4 production sites: 2x Germany, USA and China
- 20 extrusion lines with a capacity of 25,000 MT

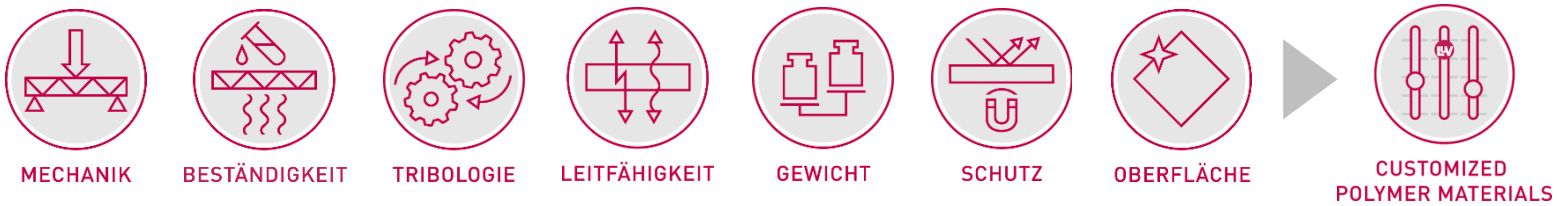
LUVOCOM®
High-performance compounds

LUVOSINT®
Additive manufacturing solutions

LUVOCOM® 3F
Additive manufacturing solutions

WMK PLASTICS
LEHVOSS Group

LUVOBATCH®
Customized masterbatches



CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

Inhalt Präsentation

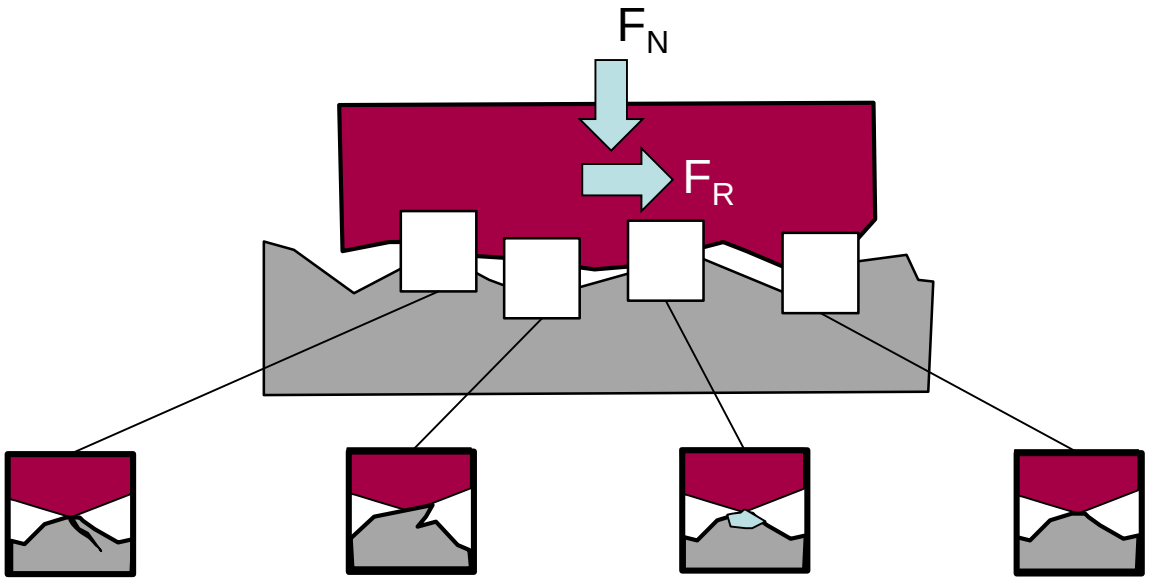
1. **Einflussfaktoren auf Reibung und Verschleiß - Wirkungsweise von Zuschlagstoffen in tribologischen Systemen**

2. Einfluss von Füll- und Verstärkungsstoffen auf das tribologische Verhalten von polymeren Werkstoffen

3. Verschleißprüfung und Verschleißmessung

4. Anwendungsbeispiele

Reibungs- und Verschleißmechanismen



Oberflächenzerrüttung
(z.B. Risse)

Abrasion
(z.B. Rillen)

Adhäsion
(z.B. Pitting)

Tribochemische
Reaktion
(z.B. Partikel)

CUSTOMIZED POLYMER MATERIALS

Aufbau von Compounds

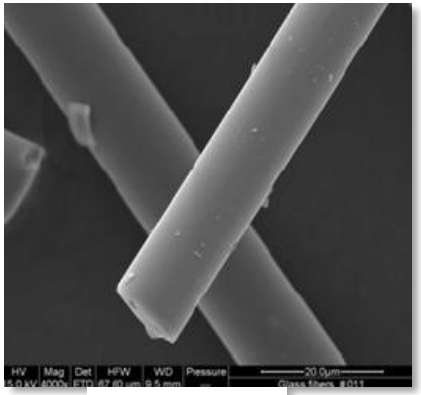
Heterogene thermoplastische Verbundwerkstoffe („Compound“)

Polymer-Matrix	**Additive**	**Zuschlagstoffe**
	Gehalt i.d.R. <2 wt-%	Gehalt i.d.R. >5 wt-%
z.B. Formgebung Lastübertragung Chemische und thermische Beständigkeit	z.B. Stabilisierung, Rheologie, Farbe	z.B. Mechanische, elektrische und thermische Eigenschaften, Preis

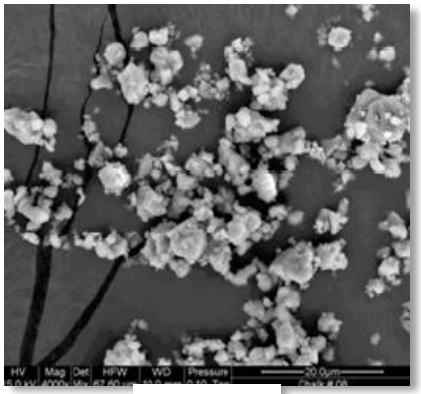
tribologisch wirksam

Mikrostruktur der Füllstoffe

amorph — kristallin — lamellar — schichtförmig

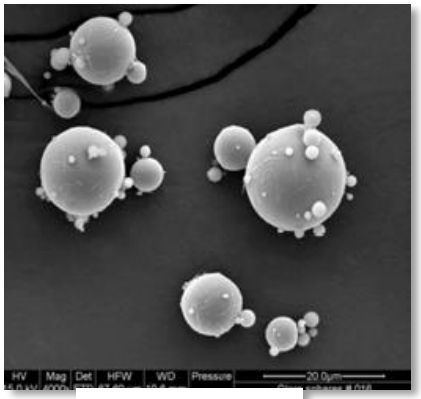


Glasfaser

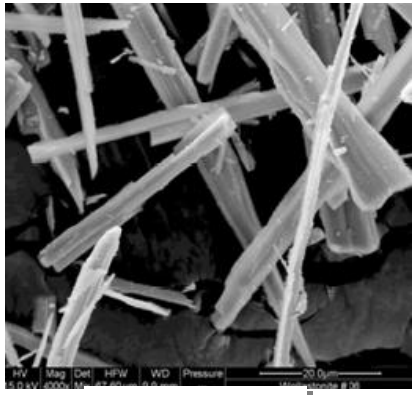


Kreide

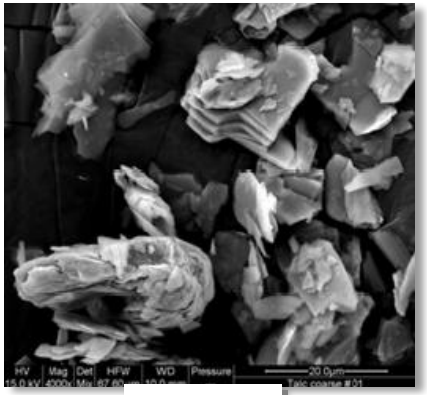
Graphit



Glaskugeln

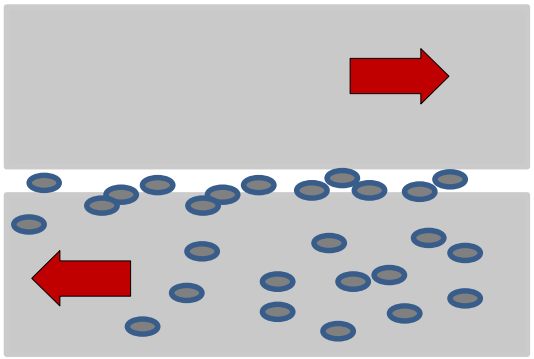


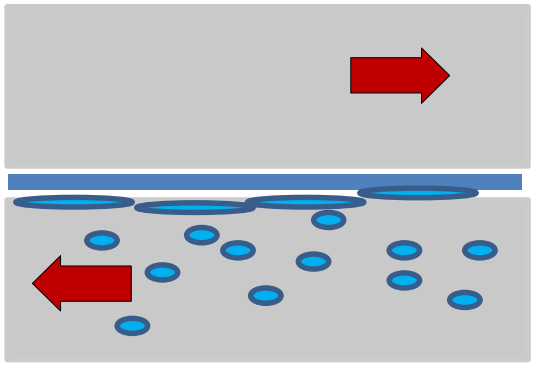
Wollastonit

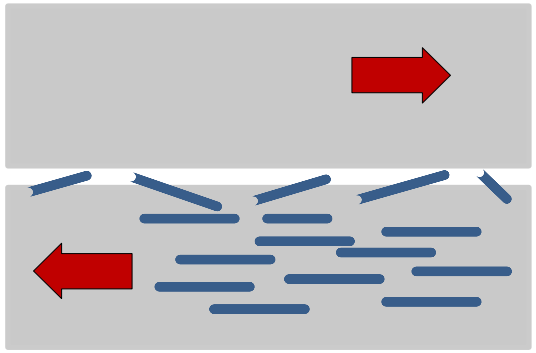


Talkum

Wirkweisen verschiedener Zuschlagstoffe







Partikel

z.B.
Molybdändisulfid
(MoS_2)
Korund
Glaskugeln

Transferschicht

z.B.
PTFE
UHMW-PE
Propf-Copolymere

Verstärkungsfasern

z.B.
Carbonfasern
Aramidfasern
Glasfasern

CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

Inhalt Präsentation

1. Einflussfaktoren auf Reibung und Verschleiß - Wirkungsweise von Zuschlagstoffen in tribologischen Systemen

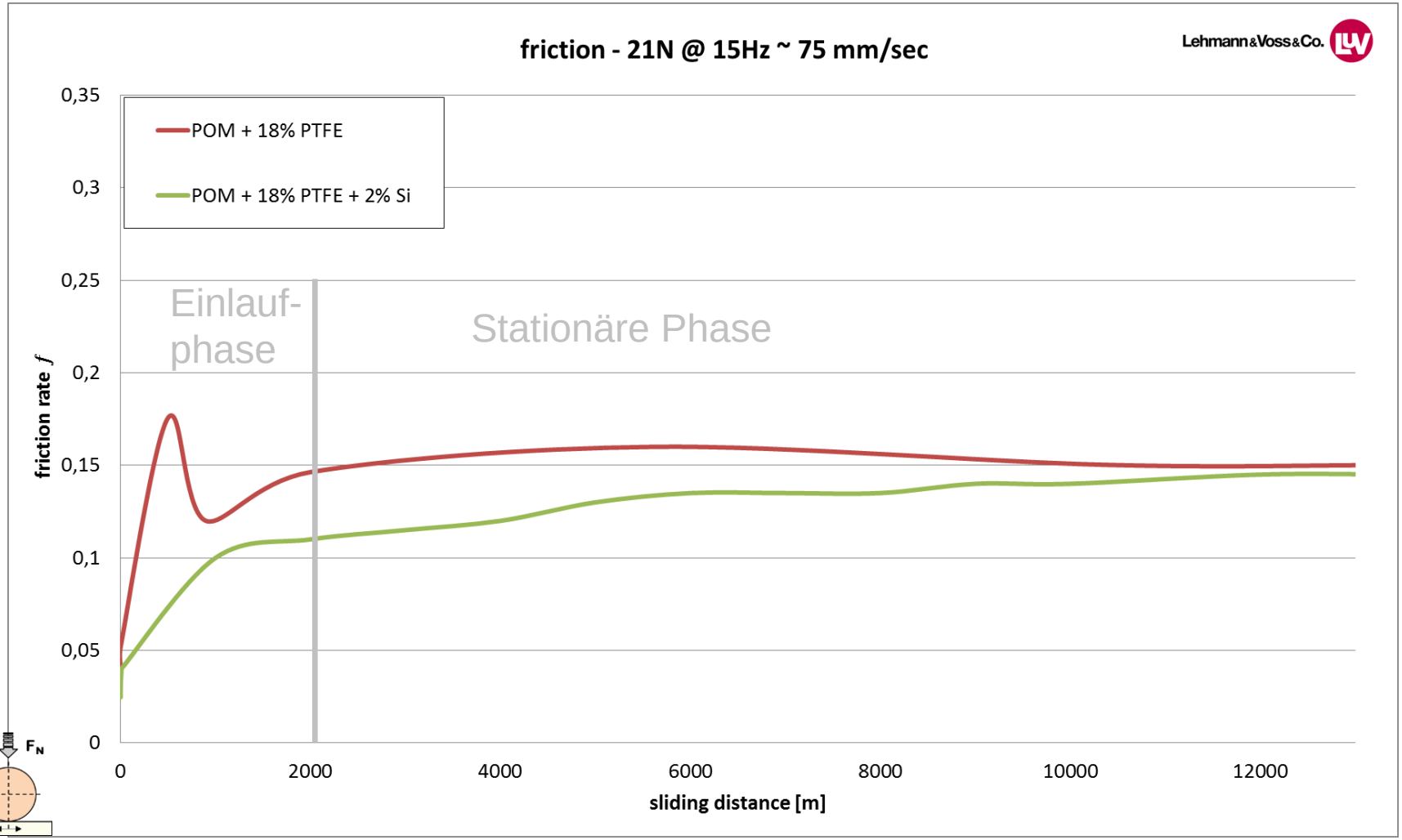
2. **Einfluss von Füll- und Verstärkungsstoffen auf das tribologische Verhalten von polymeren Werkstoffen**

3. Verschleißprüfung und Verschleißmessung

4. Anwendungsbeispiele

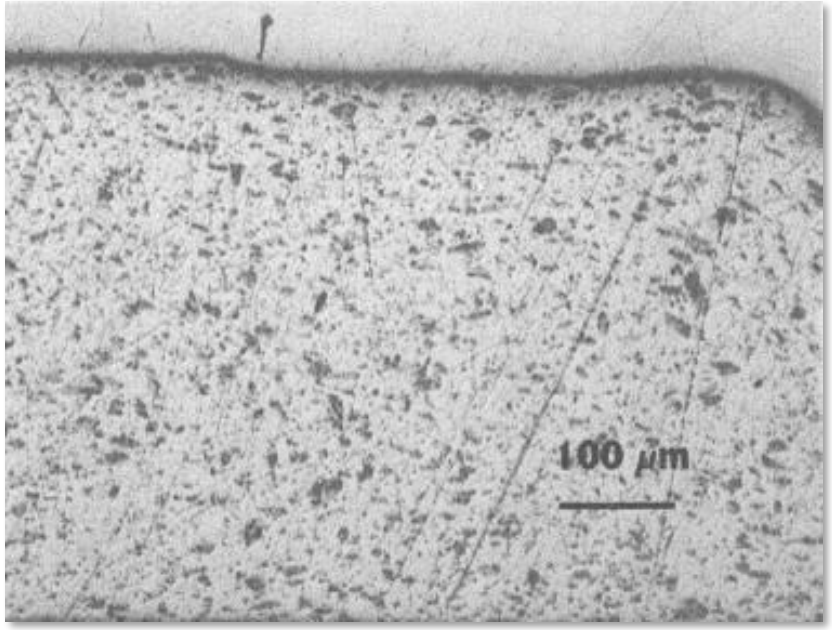
CUSTOMIZED POLYMER MATERIALS

Einlauf- und stationäre Phase

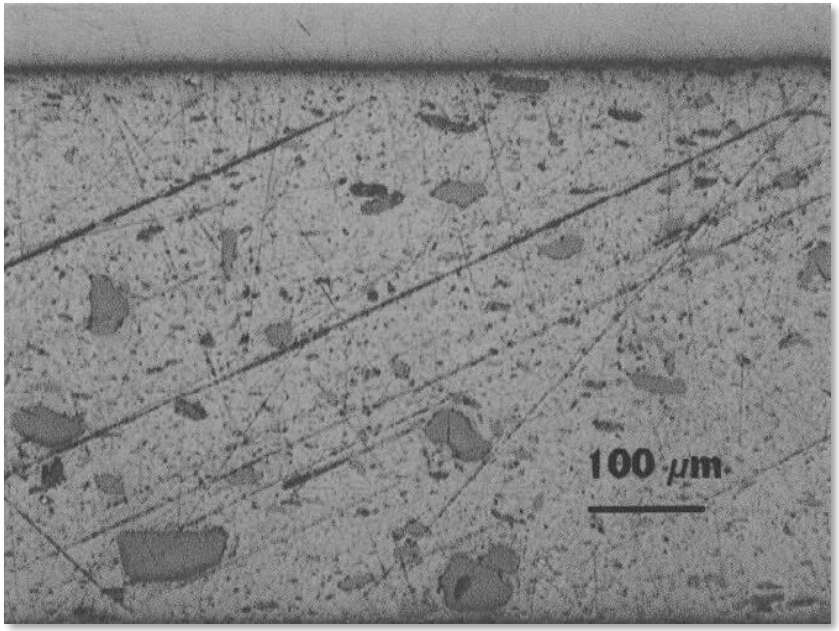


Einflussfaktor Compoundierung

Verteilung und Dispersion von Additiven (hier PTFE)

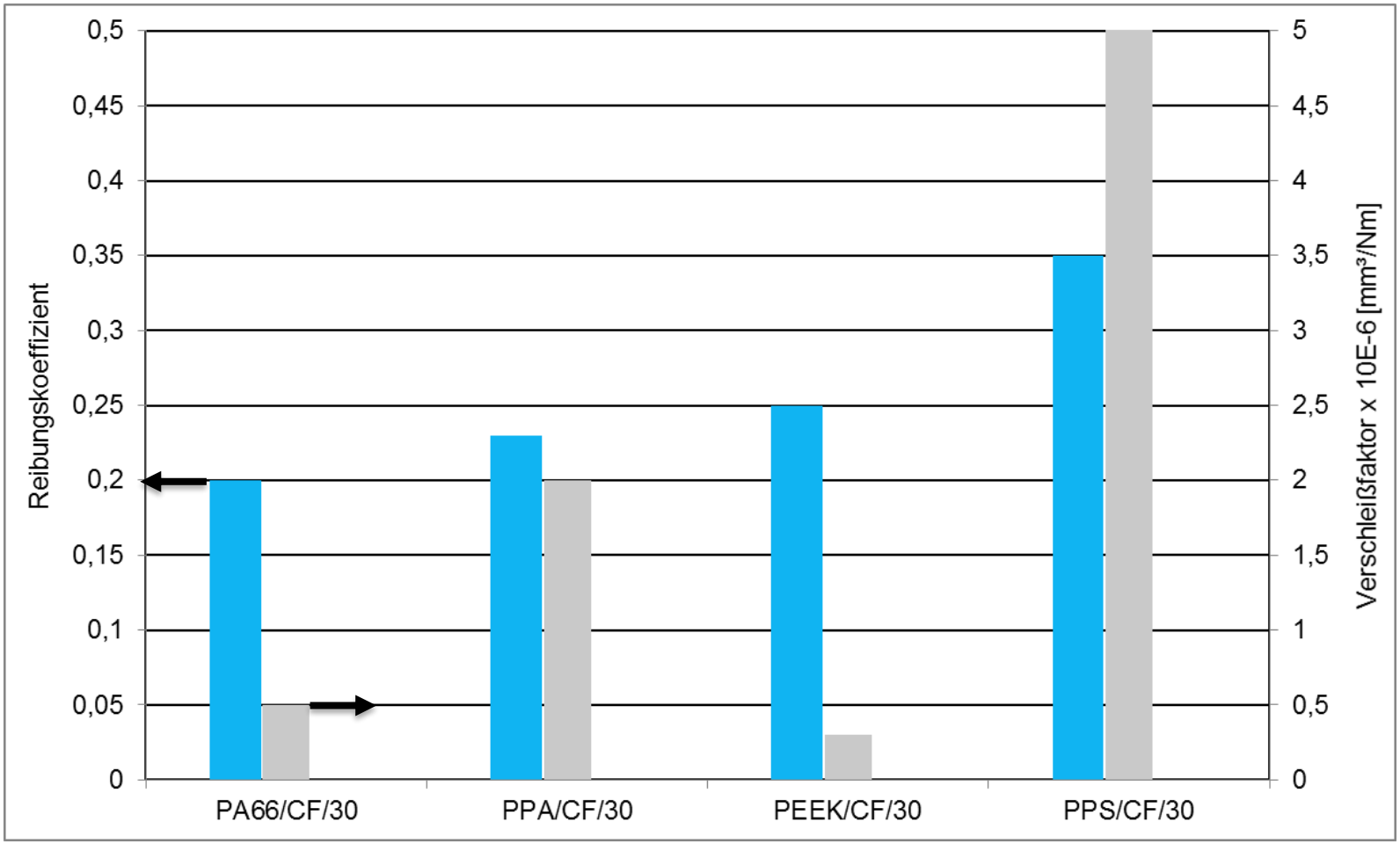


Schnitt
PA 4.6 mit PTFE fein verteilt



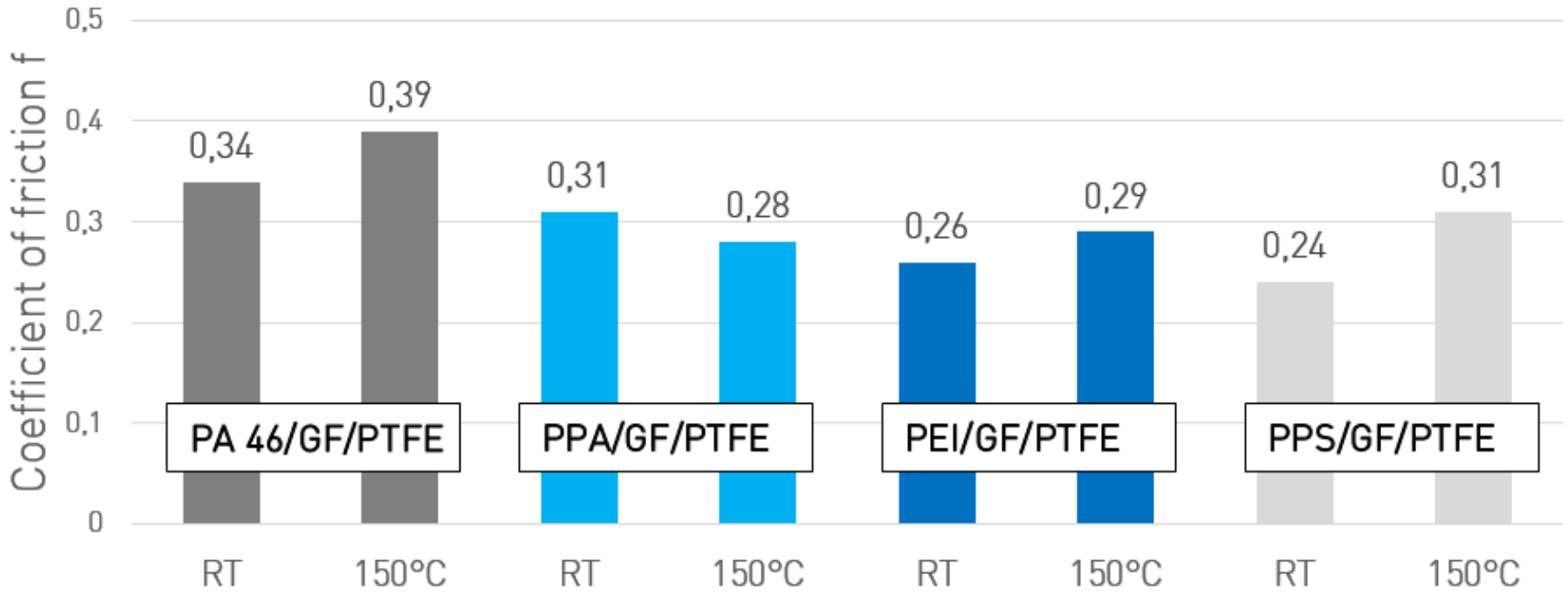
Schnitt
PA 4.6 mit PTFE grob verteilt

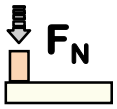
Einfluss Polymer bei konstantem Kohlenstofffasergehalt



Kugel-Prisma-Versuch: p = 30N, v = 100 mm/s

Einfluss der Temperatur auf den Reibungskoeffizienten

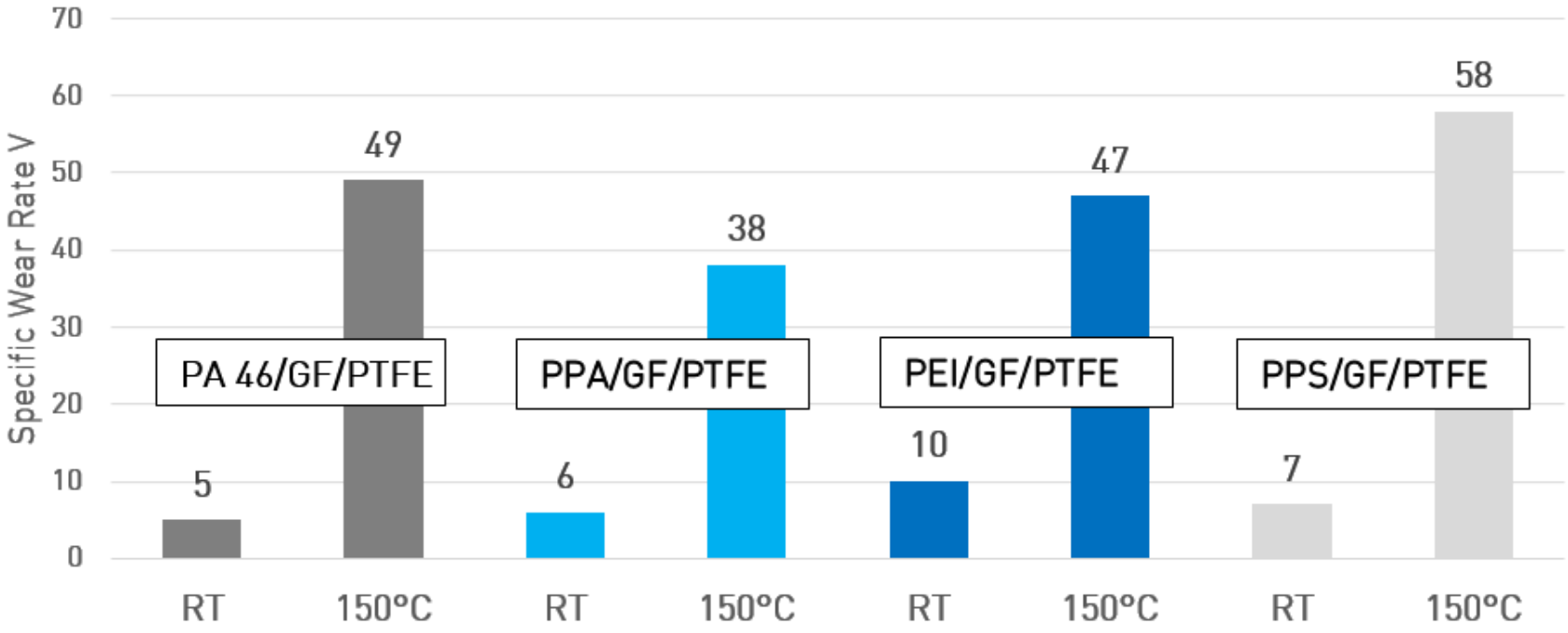


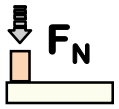


Scheibe-Stift-Anlage, v = 1 m/s, p = 1 N/mm²

CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

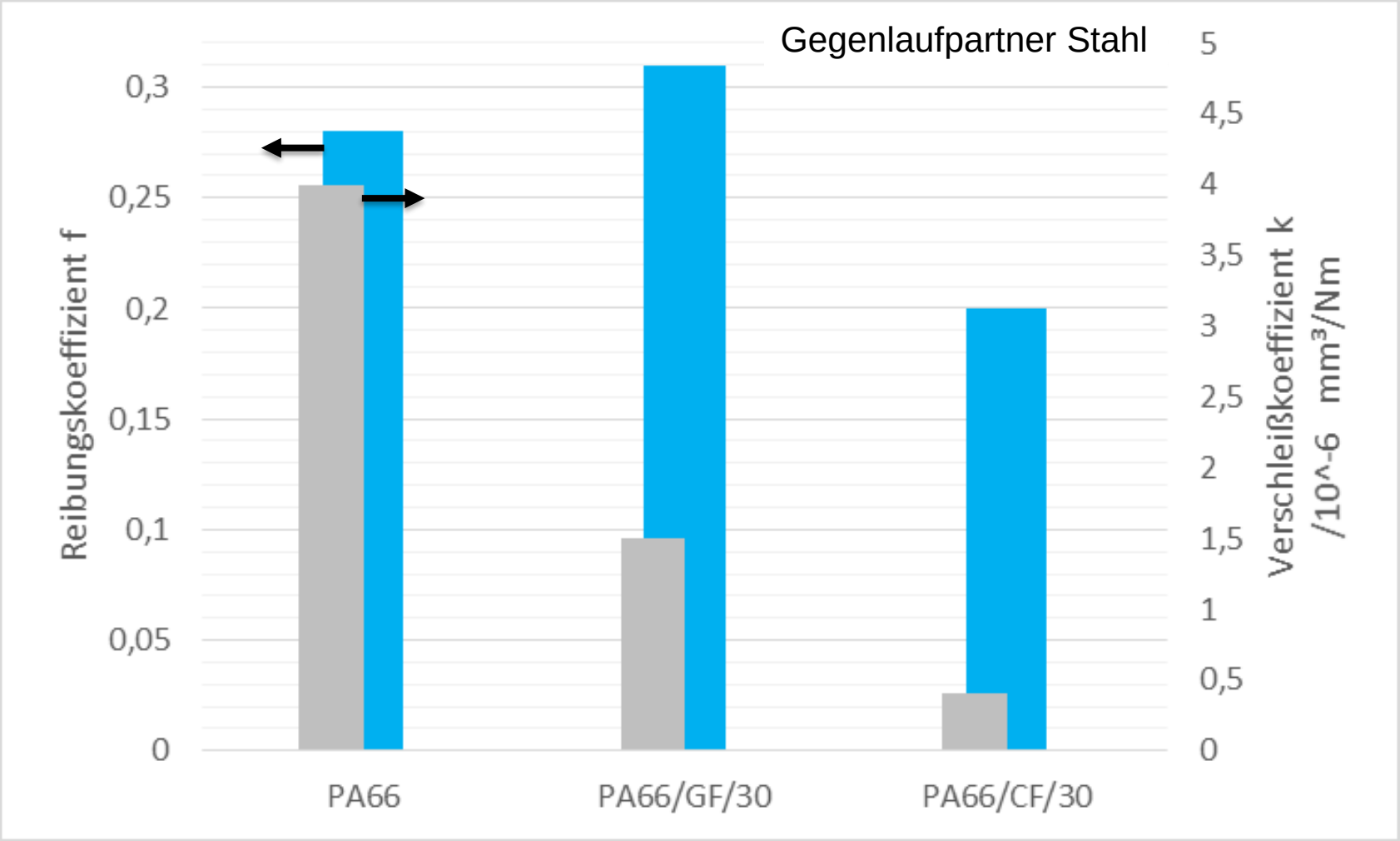
Einfluss der Temperatur auf die spezifische Verschleißrate





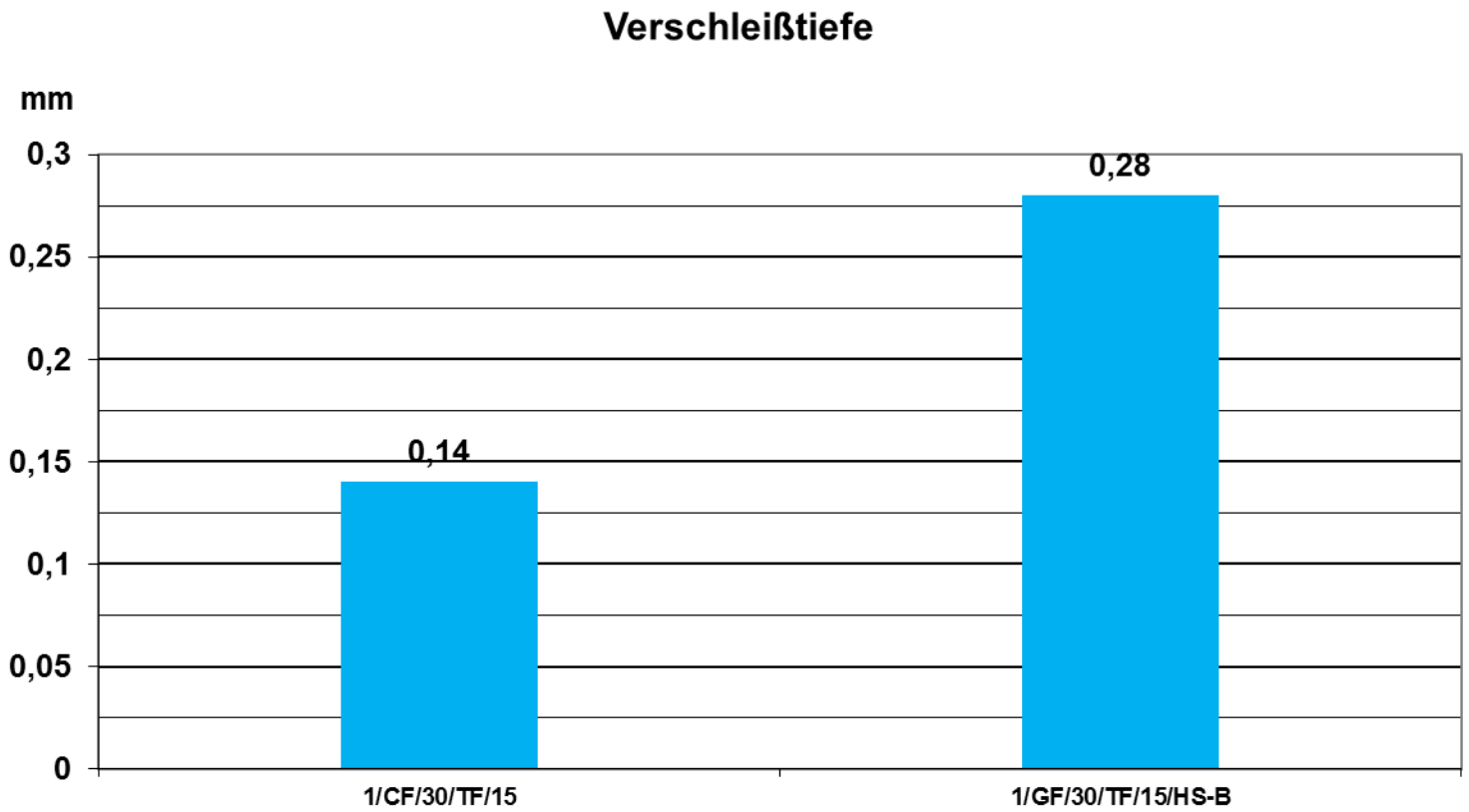
Scheibe-Stift-Anlage, v = 1 m/s, p = 1 N/mm²

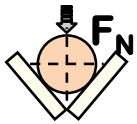
Auswirkung von Faserverstärkung GF und CF



nach Czichos, Habig *et al.* „Tribologie-Handbuch“ Seite 417f, darin „Friedrich 1986“

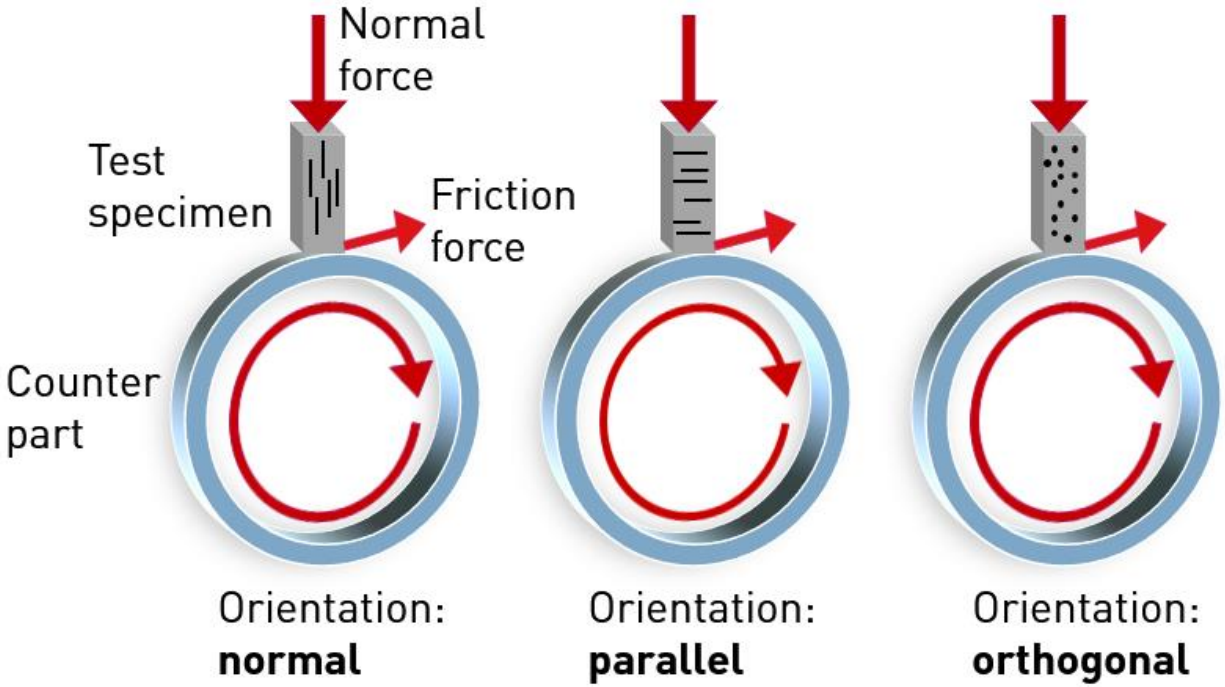
Fasereinfluss auf den Verschleiß trotz PTFE





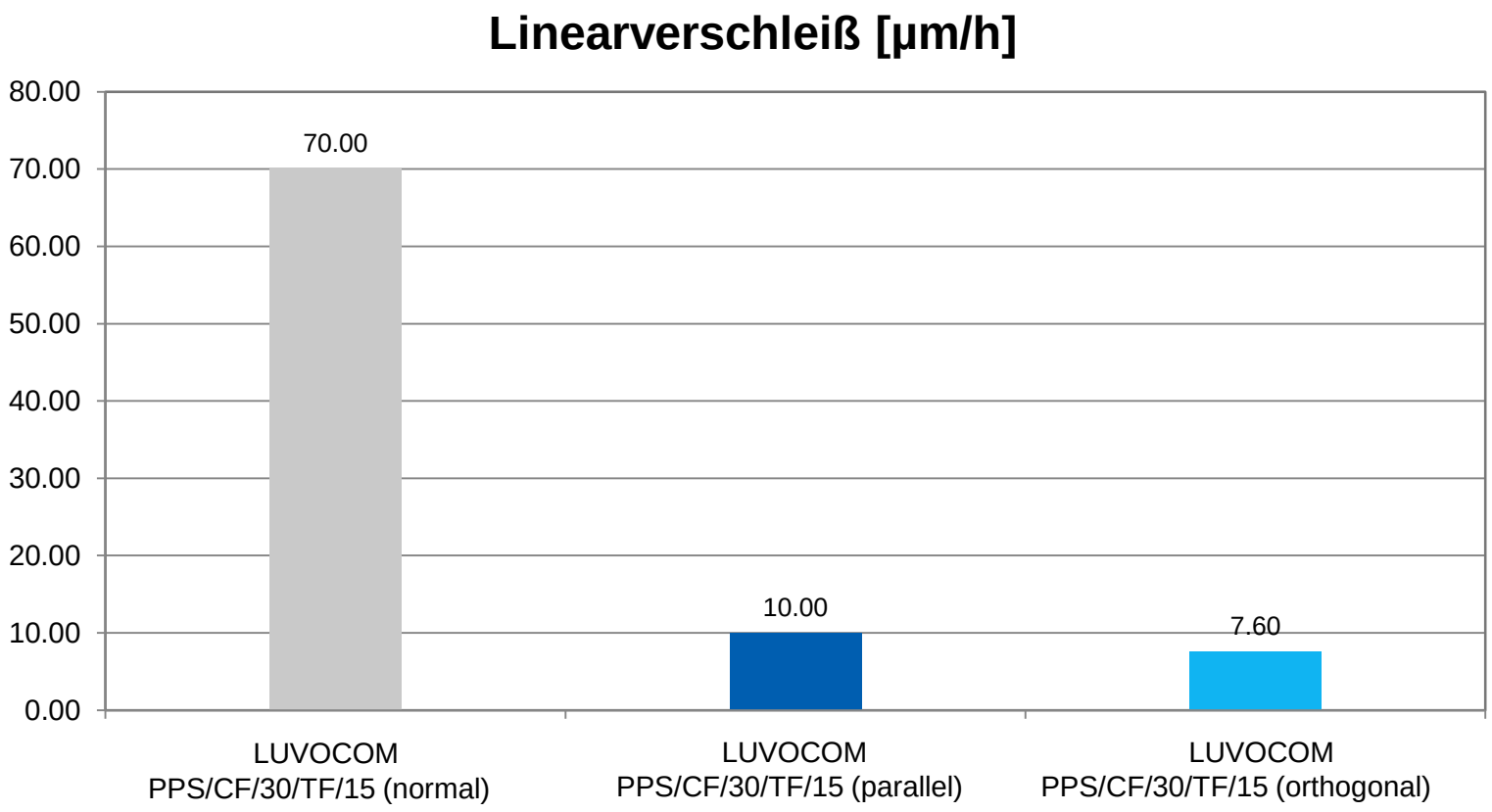
v = 100 mm/s / Last = 30 N / Kugel = 100Cr6

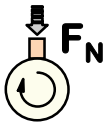
Anisotrope Füllstoffe
Richtungsabhängige Eigenschaften



Anisotrope Füllstoffe

Richtungsabhängige Eigenschaften



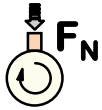


CUSTOMIZED POLYMER MATERIALS

Eigenschaften von PEEK-Compounds im Vergleich

		Gleitverschleiß		Zugprüfung	
Füllstoff	Werkstoff	Ws [10-6 mm³/Nm]	μ	Zugmodul [N/mm²]	Zugfestigkeit [N/mm²]
unverstärkt	PEEK 450G	21,3 ± 3,4	0,46 ± 0,03	3600	97
Graphit	PEEK 450G	3,9 ± 0,9	0,38 ± 0,03	5054 ± 96	95 ± 1
Calziumsilikat (Wollastonit)	PEEK 450G	3,5 ± 1,2	0,41 ± 0,06	4936 ± 63	98 ± 1
Hexagonales Bornitrid	PEEK 450G	111,0 ± 22,6	0,32 ± 0,02	6063 ± 104	96 ± 0
Aramid	PEEK 450G	0,6 ± 0,1	0,33 ± 0,01	4099 ± 41	85 ± 0

TRIBOLOGIC GMBH



CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

Inhalt Präsentation

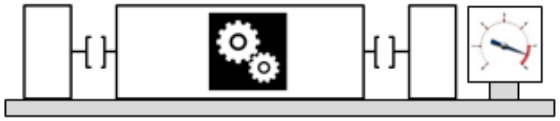
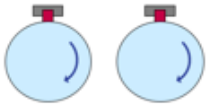
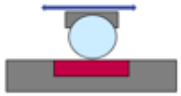
1. Einflussfaktoren auf Reibung und Verschleiß - Wirkungsweise von Zuschlagstoffen in tribologischen Systemen

2. Einfluss von Füll- und Verstärkungsstoffen auf das tribologische Verhalten von polymeren Werkstoffen

3. **Verschleißprüfung und Verschleißmessung**

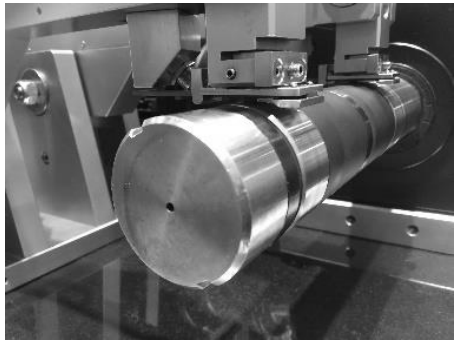
4. Anwendungsbeispiele

Kategorien der Verschleißprüfung

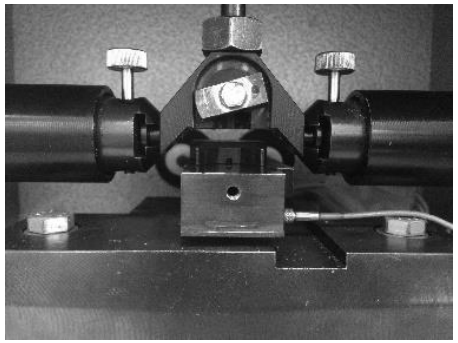
Kategorie	Versuchsart	Aufbau	
1	Betriebsversuch		Betriebsähnliche - / Betriebsversuche
2	Prüfstandsversuch mit Serienanlage		
3	Prüfstandsversuch mit Aggregat oder Baugruppe		
4	Versuch mit realem Bauteil oder verkleinertem Aggregat		Vorversuche / Vorauswahl
5	Beanspruchungsähnlicher Versuch mit Probekörpern		
6	Modellversuch mit einfachen Probekörpern		

Tribologische Prüfmethoden

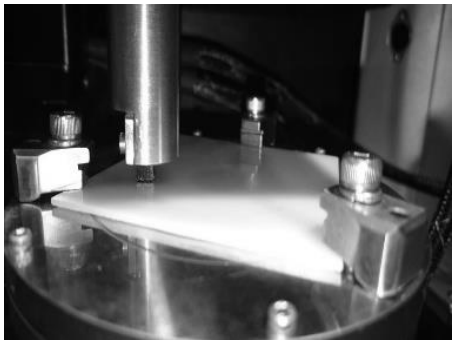
Block auf Ring Tribometer



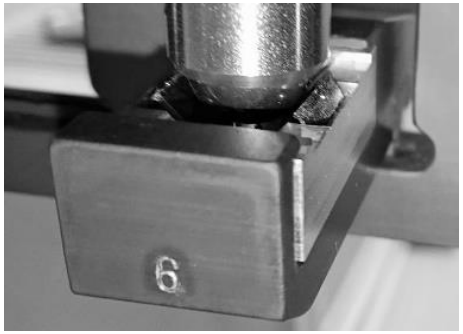
Kugel auf Platte Tribometer



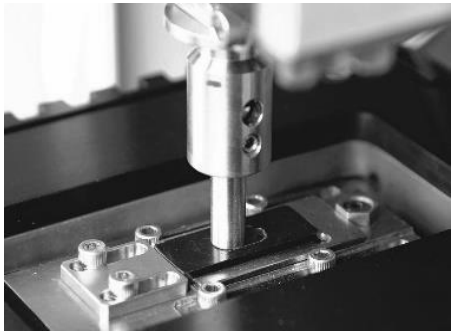
Stift auf Scheibe Tribometer



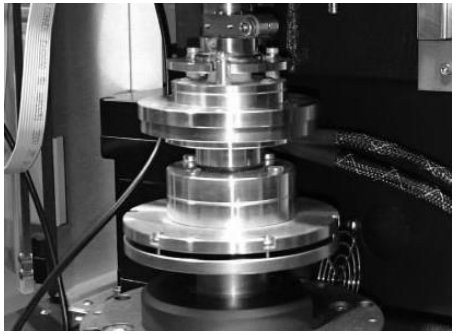
Kugel auf Prisma Tribometer



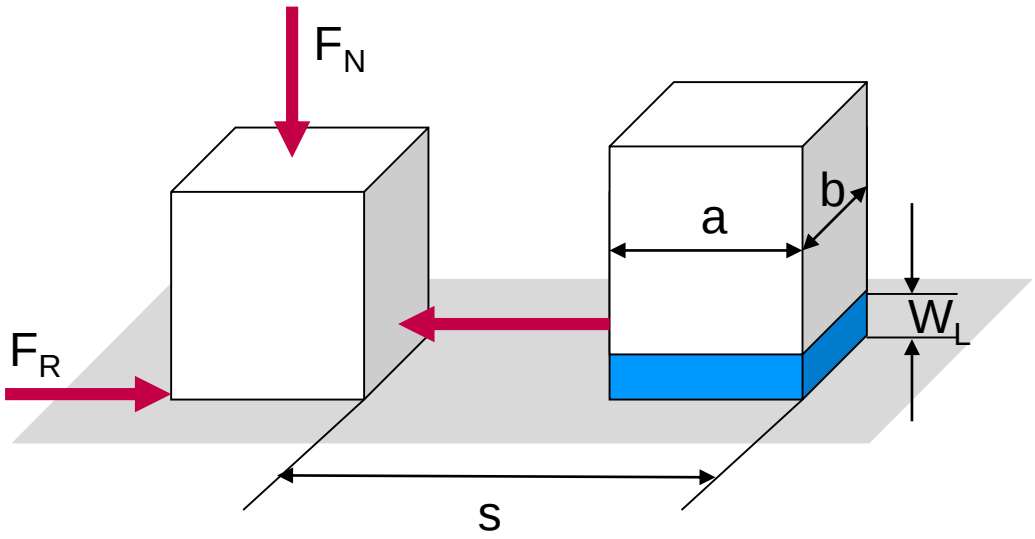
Stift auf Platte Tribometer



Thrust Washer Tribometer



Verschleißmessung:



F_N: Normalkraft

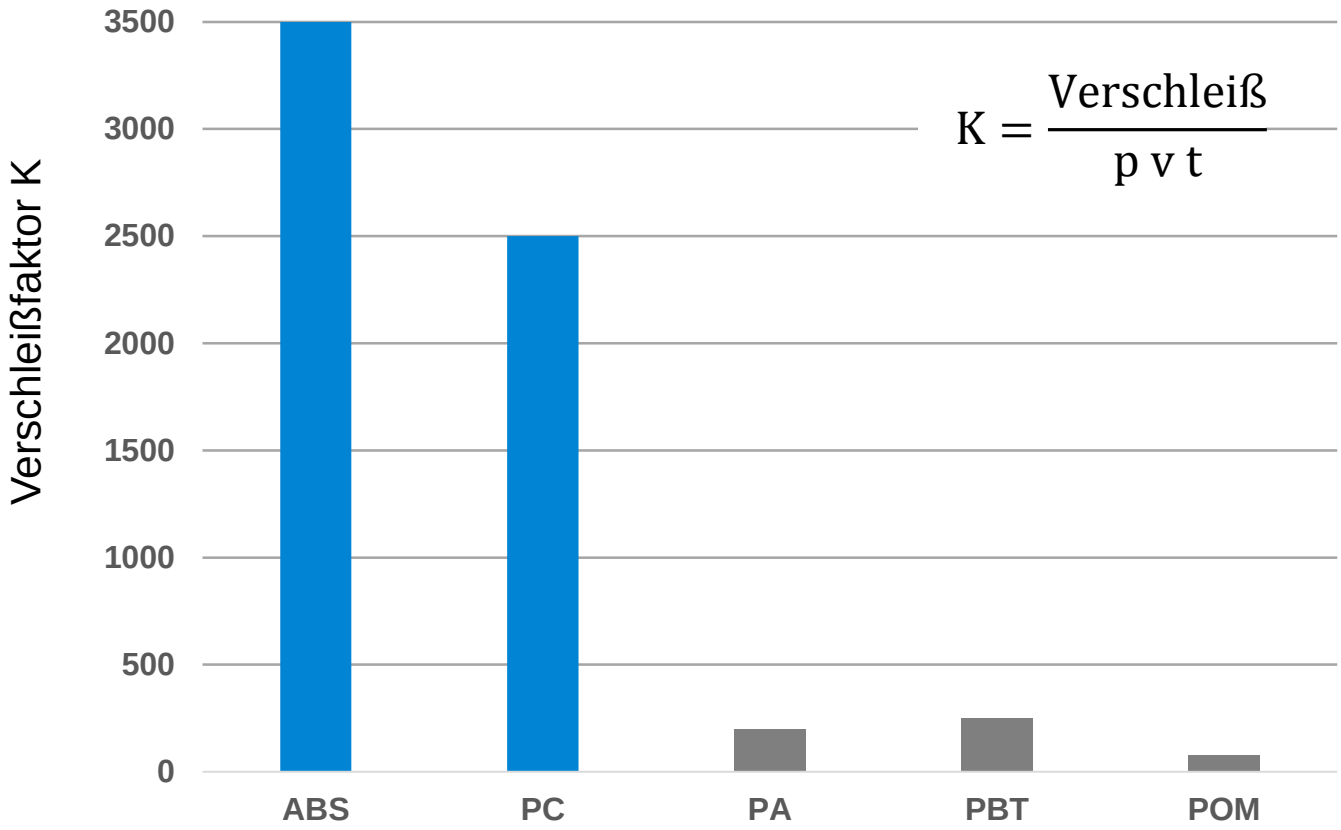
F_R: Reibkraft

W_L: linearer Verschleißbetrag in [mm]

W_V: Verschleißvolumen in [mm^3]= $W_L \cdot a \cdot b$

s: Gleitweg in [mm]

Verschleiß Basispolymer



$$K = \frac{\text{Verschleiß}}{p\ v\ t}$$

CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

Verschleißfaktor von verschiedenen Polymeren

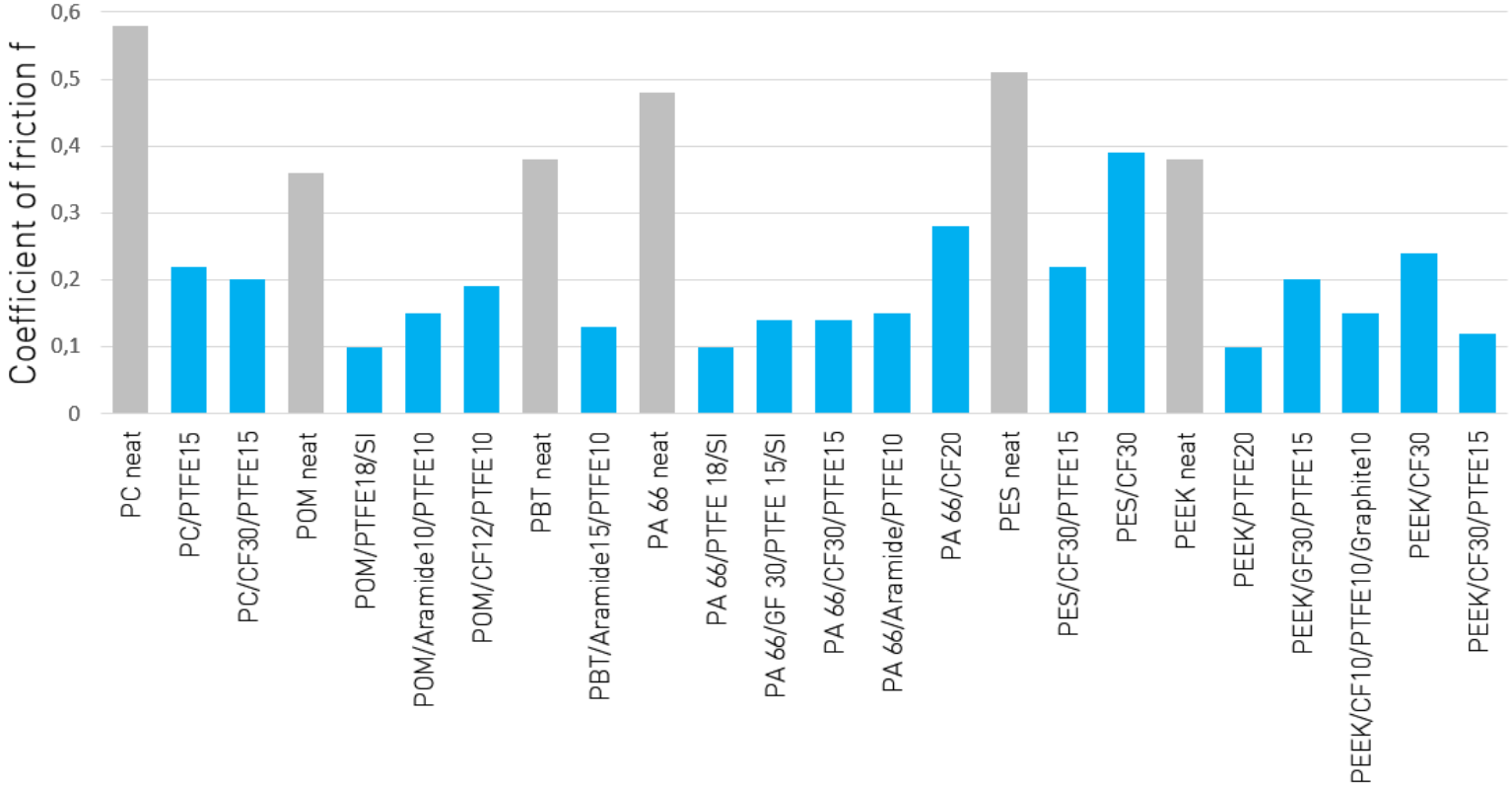
Amorphe Polymere	Verschleißfaktor K	Teilkristalline Polymere	Verschleißfaktor K
PS	5800	PE	250
SAN	5800	PP	340
ABS	6800	PBT	410
PC	4900	PA 6	390
PA amorph	1200	PA 66	390
PSU	2900	PA 612	370
PES	2900	PA 610	350
PEI	7800	PA 11	350
PPE	5900	POM	125
		PPS	1050
		PEEK	390

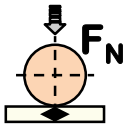
$$K = \frac{\text{Verschleiß}}{p\ v\ t}$$

in 1 x 10^{-8} µm/Pa km

CUSTOMIZED POLYMER MATERIALS

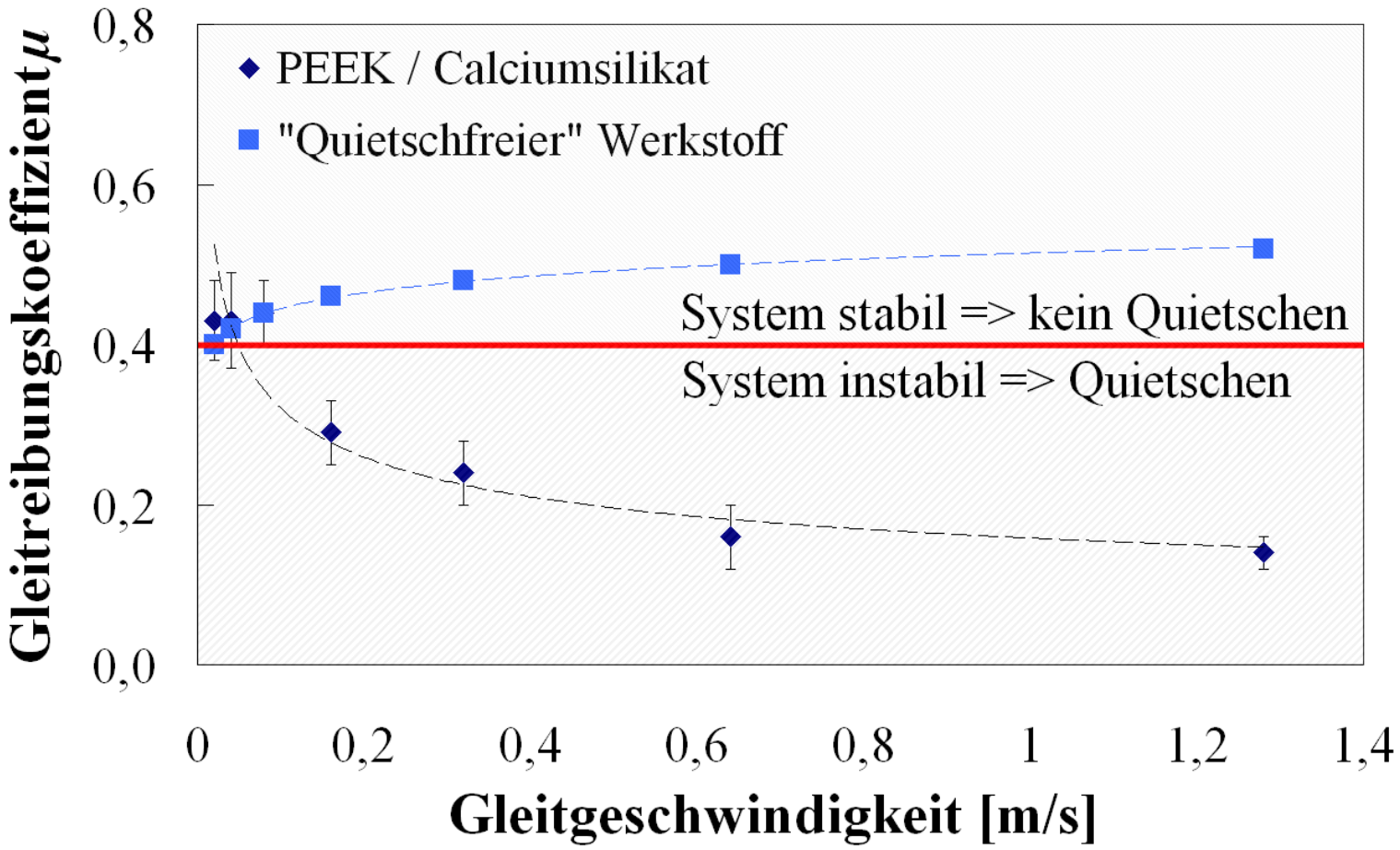
Einfluss des Polymers und der Modifikation auf den Reibungskoeffizienten*



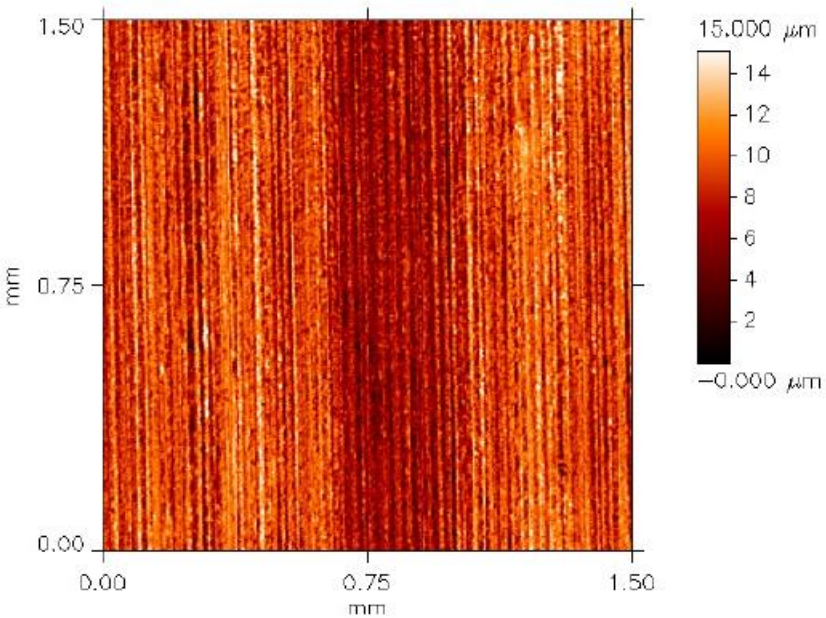


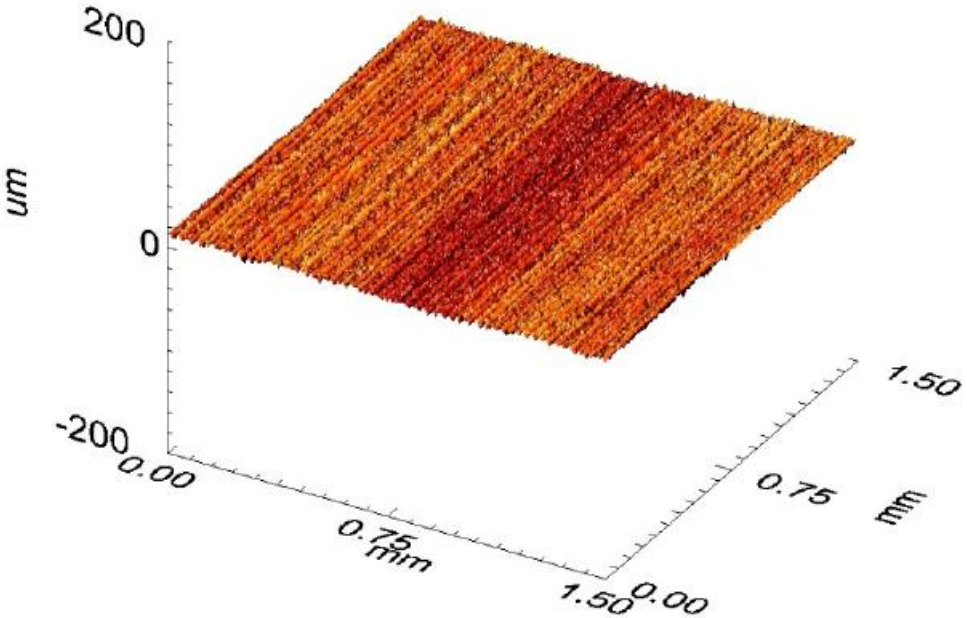
UTI Prüfstand, oszillierend, RT, Reibpartner: Stahl

Stick-Slip Effekt und Geräuschentwicklung



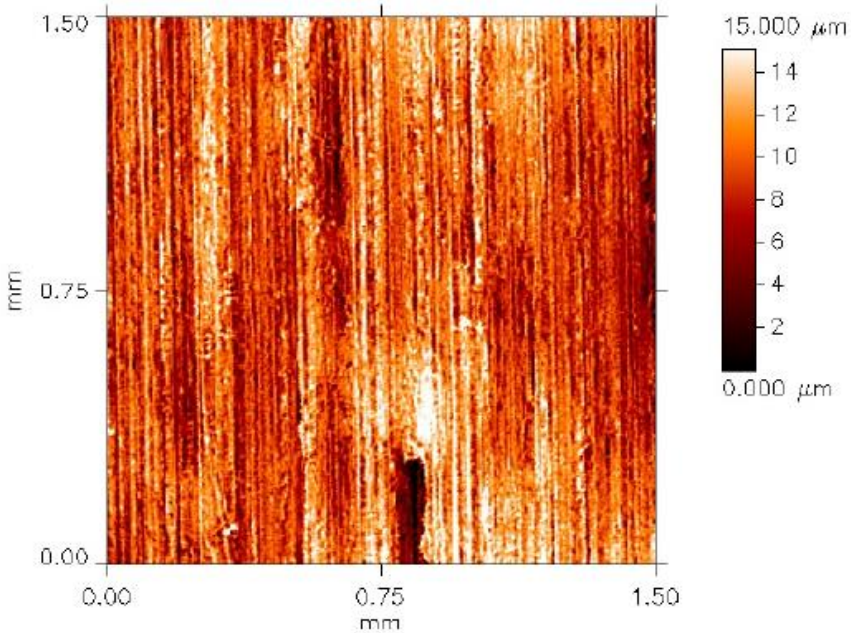
Profilanalyse PA66/CF/20 vs AlMgSi – Gegenlaufpartner

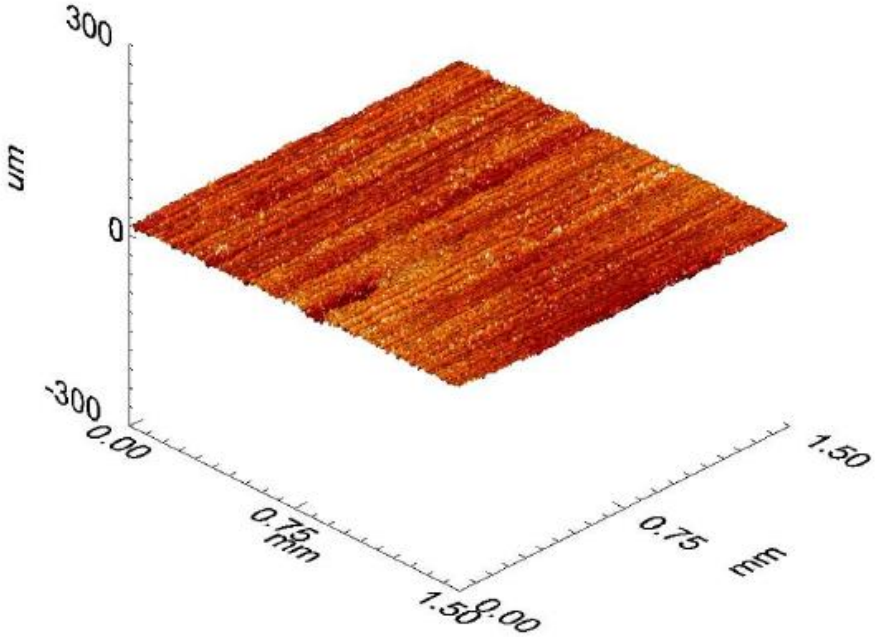




- Oberfläche des Aluminiumgegenlaufpartners
- Belastung 2 Mpa
- Ra = 1,4 ± 0,2 µm, Rz = 7,1 ± 0,9 µm

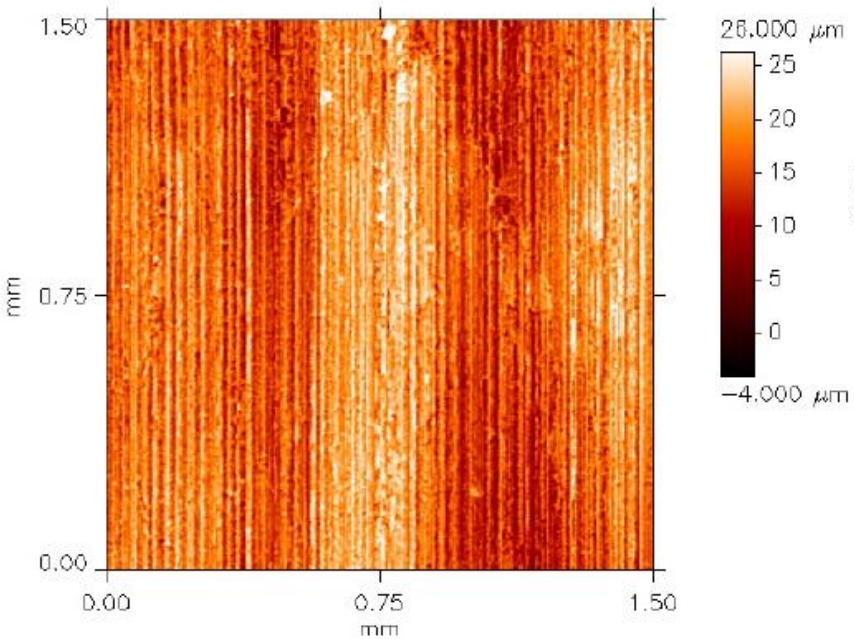
Profilanalyse PA66/CF/GF vs AlMgSi – Gegenlaufpartner

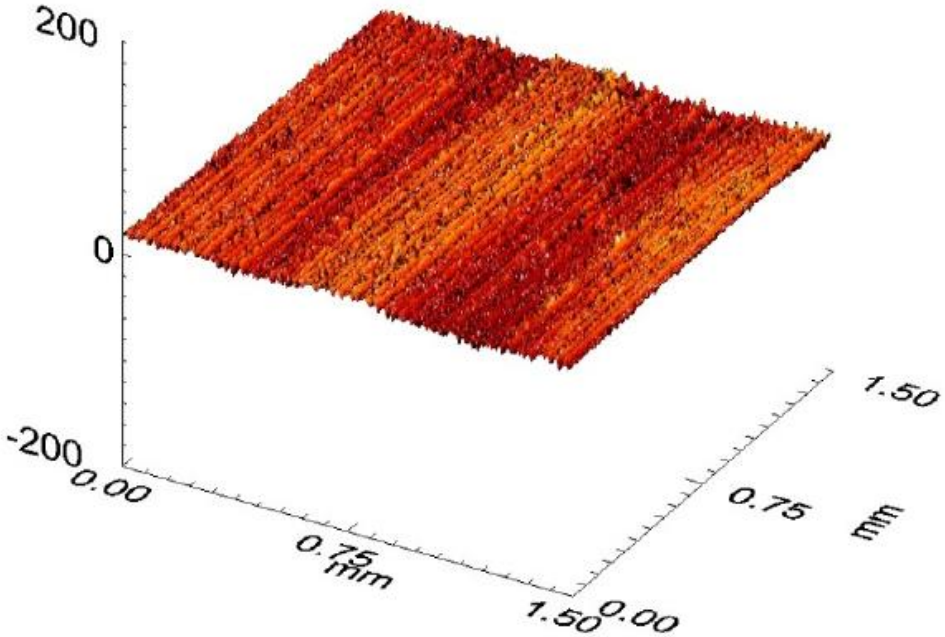




- Oberfläche des Aluminiumgegenlaufpartners
- Belastung 2 Mpa
- Ra = 1,6 ± 0,1 µm, Rz = 9,0 ± 0,7 µm

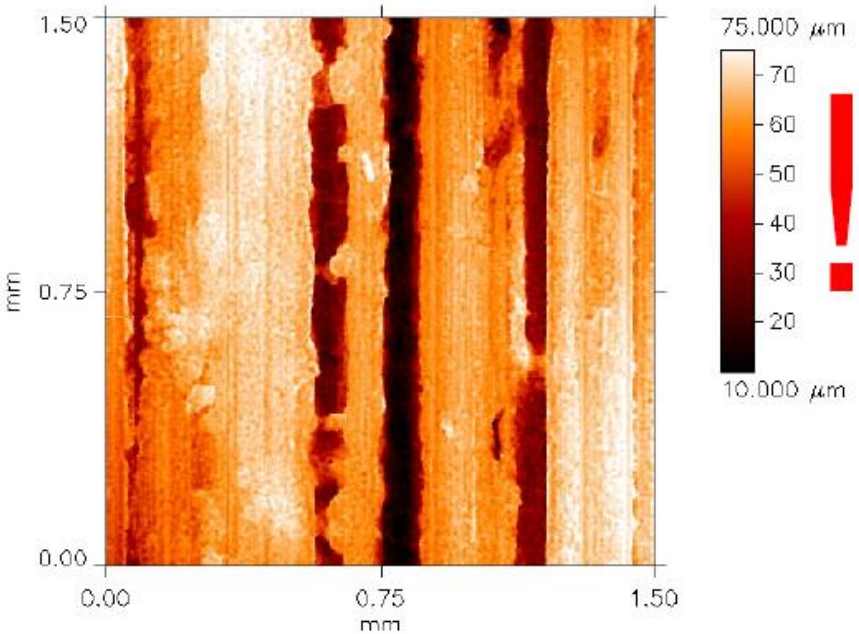
Profilanalyse PA66/CF/20 vs AlMgSi – Probenobfl.

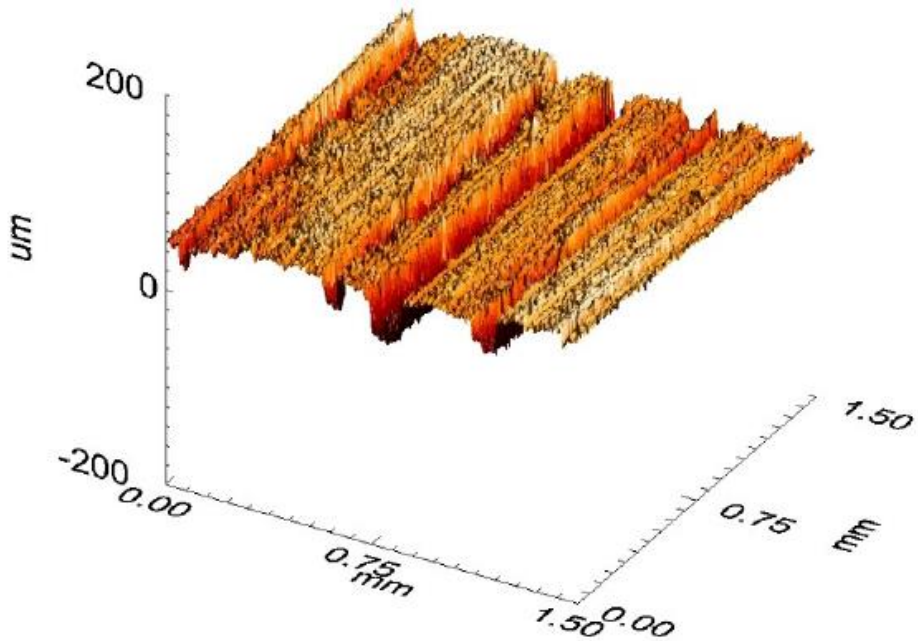




- Oberfläche der vermessenen Probe
- Belastung 2 Mpa
- Ra = 2,6 ± 0,3 µm, Rz = 14 ± 2 µm

Profilanalyse PA66/CF/GF vs AlMgSi – Probenobfl.





- Oberfläche der vermessenen Probe
- Belastung 2 Mpa
- Ra = 5,6 ± 0,9 µm, Rz = 32 ± 5 µm

CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

Inhalt Präsentation

1. Einflussfaktoren auf Reibung und Verschleiß - Wirkungsweise von Zuschlagstoffen in tribologischen Systemen

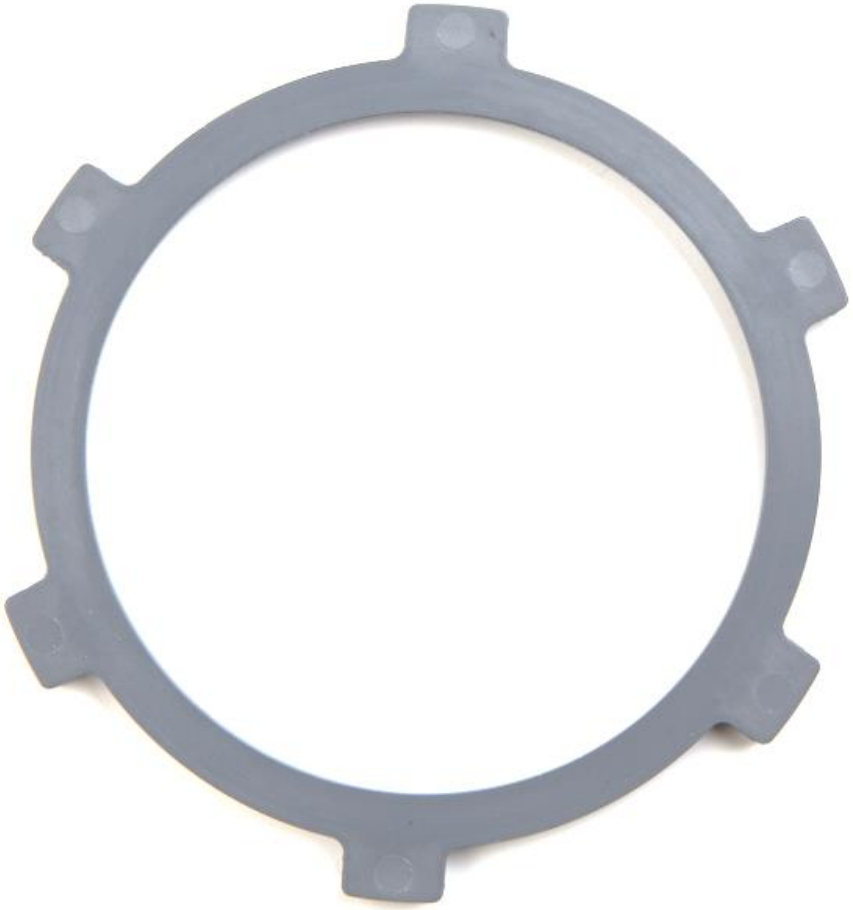
2. Einfluss von Füll- und Verstärkungsstoffen auf das tribologische Verhalten von polymeren Werkstoffen

3. Verschleißprüfung und Verschleißmessung

4. **Anwendungsbeispiele**

CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

Anwendung: Reibringe für Getriebe



Anforderungen:

- Bestimmter Reibwert
- Geringer Verschleiß
- Festigkeit
- Temperaturbeständigkeit

Ausgewählter Werkstoff: PEEK mit Nanoadditiven

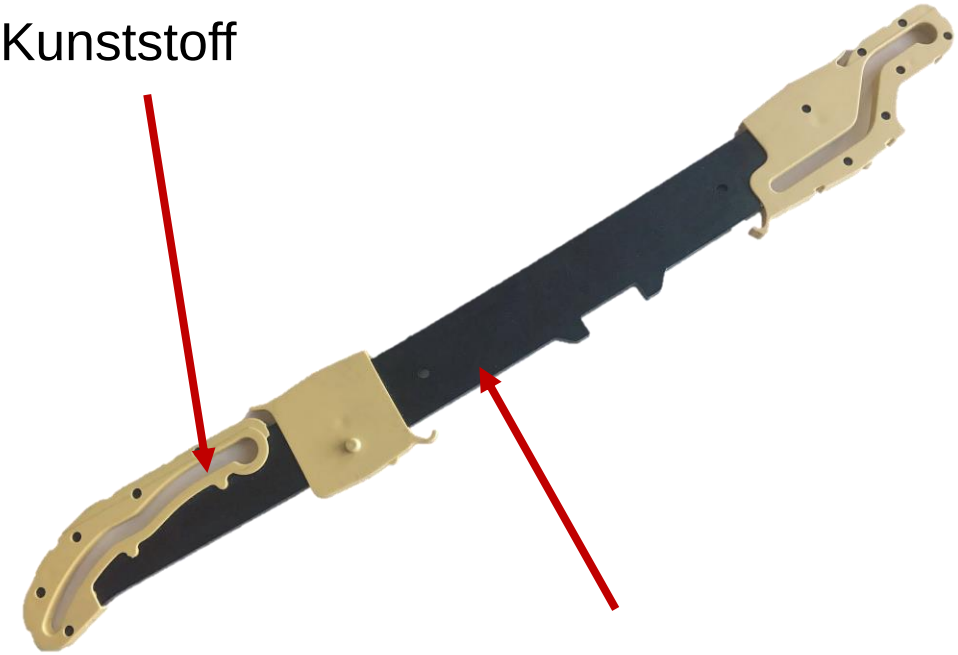
Anwendung: Dichtringe für Tiefseebohrungen

Anforderungen:

- Hohe Dauergebrauchstemperatur
- Geringer Verschleiß
- Festigkeit bei hohen Temperaturen
- Chemikalienbeständigkeit

Ausgewählter Werkstoff: PEEK mit Glasfasern und Gleitmitteln

Anwendung: Kulissenführung, Kfz-Glasdach



Anforderungen:

- Niedriger Reibwert
- Geringer Verschleiß
- Keine Geräusche

Ausgewählter Werkstoff: PA 66/Aramidfasern/PTFE

Anwendung: Getriebe Luftansaugung Motor

Anforderungen:

- Niedriger Reibwert
- Geringer Verschleiß
- Funktion in Wärme

Ausgewählter Werkstoff: PA 4.6 mit CF und Gleitmittelpaket

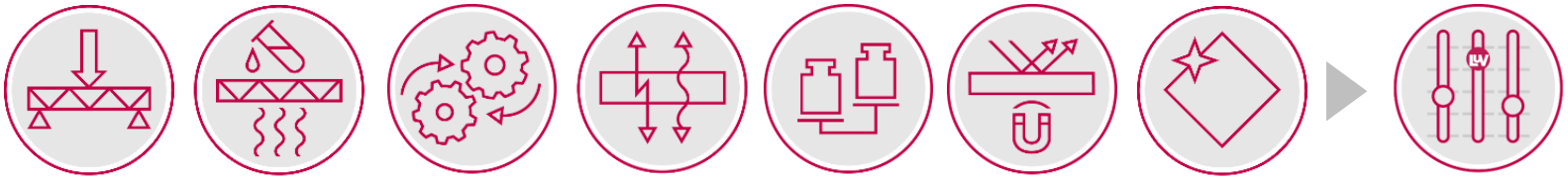
CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

Zusammenfassung

- Verringerung des Reibkoeffizient durch Bildung eines Transfer- oder Gleitfilms, Abgleiten an Schichtgitterstruktur des Füllstoffs
- Verschleißminderung wird erreicht durch Abrasionshemmung bzw. durch Verringerung des Reibkoeffizienten
- Morphologieänderungen (Nukleierung z.B. durch Pigmente etc.) hat einen Einfluss auf das tribologische Verhalten
- Tribologie ist immer ein Effekt von Reib- UND Gegenlaufpartner
- Der Modellversuch gibt Indikationen über Materialvergleich und zeigt mögliche Lösungsansätze auf
- **Idealerweise ist ein Polymerwerkstoff auf das tribologische System, in dem er wirken soll, maßgeschneidert.**

CUSTOMIZED
POLYMER MATERIALS

Unsere Kompetenzen



TOP 100
top100.de
top innovator 2017

Europa & Zentrale
Lehmann&Voss&Co.
Alsterufer 19
20354 Hamburg
Deutschland
Tel +49 40 44 197-250
Fax +49 40 44 197-487
Email: luvocom@lehvoss.de

Nordamerika
LEHVOSS North America, LLC
185 South Broad Street
Pawcatuck, CT 06379
USA
Tel +1-855-681-3226
Fax +1 860 495 2047
Email info@lehvoss.com

Asien
LEHVOSS (Shanghai) Chemical Trading Co., Ltd.
Unit 4805 Maxdo Centre
8 Xingyi Road, Changning District
Shanghai 200336
China
Tel +86 21 6278 5181
Email info@lehvoss.cn

Wir sind Mitglied von:

PlasticsEurope – Der Verband der Kunststofferzeuger
SKZ – Das Kunststoff-Zentrum
FVA – Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V.
FASERINSTITUT BREMEN – FIBRE
Energy Polymer Group Inc.
Elastopôle – Rubber and Polymer Competitiveness Cluster
tmp – Associazione Italiana Tecnici Materie Plastiche

Any recommendations made for use of Seller's materials are made to the best of Seller's knowledge and are based upon prior tests and experience of the Seller believed to be reliable; however, Seller does not guarantee the results to be obtained and all such recommendations are non-binding – also with regard to the protection of third party's rights –, do not constitute any representation and do not affect in any way Buyer's obligation to examine and/or test the Seller's our goods with regard to their suitability for his Buyer's purposes. No information given by the Seller is to be construed in any way as a guarantee regarding characteristics or duration of use, unless such information has been explicitly given as a guarantee.