

 BRENNTAG

TRIBOFORCE®

Tribologisch optimierte Compounds

Unsere PFAS-freien Lösungen zur Reduzierung
von Reibung und Verschleiß



Brenntag Polymers

Mit umfassender Marktkenntnis, Anwendungs- und Rezepturexpertise sind wir auf die Entwicklung und Umsetzung innovativer Lösungen und Services für die kunststoffverarbeitende Industrie ausgerichtet, mit besonderem Fokus auf Nachhaltigkeit.

Unser hervorragendes Produktportfolio umfasst Hochleistungs- und technische Kunststoffe, Biopolymere, Compounds, Recompounds, Additive, Farbmittel, Pigmente und vieles mehr. Über ein Distributionsangebot weltweit führender Hersteller hinaus steht Ihnen eine große Produktvielfalt aus eigener innovativer Entwicklungsarbeit zur Verfügung.

Unser Team arbeitet beispielsweise an der Entwicklung und Produktion von **Compounds nach spezifischen Kundenanforderungen** sowie an Werkstoffalternativen und Lösungen, um den sich wandelnden Anforderungen der Industrie aufgrund regulatorischer Faktoren und Nachhaltigkeitszielen gerecht zu werden.

Mit anwenderzentriertem Ansatz stellen wir individuelle Werkstoffe für Metallersatz, Struktur- und Leichtbauteile, funktionalisierte Compounds (z. B. wärmeleitfähig, magnetisch detektierbar), lebensmittelkonforme oder tribologisch optimierte, PFAS-freie Typen her und bieten verschiedene Kunststoffrecycling-Lösungen, wie z. B. die Integration von Sekundärrohstoffen in die Produktentwicklung, an. Sie profitieren dabei von unserer jahrzehntelangen Erfahrung im Kunststoffdesign, unserer Anwendungsexpertise und Lösungskompetenz. Dank unseres umfassenden Kunststoff-Know-hows und unseres globalen Netzwerks können wir Sie praxisnah und länderübergreifend unterstützen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Mit innovativen Werkstoffen Reibung und Verschleiß reduzieren	4
TRIBOFORCE® Features, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile	5
Physikalische, mechanische und tribologische Eigenschaften	6
Dauereinsatztemperatur und chemische Beständigkeit	7
Diagramme TRIBOFORCE® PA66 UNGEFÄRBT	
Zugversuche	8
Tribologische Kennwerte bei unterschiedlichen Temperaturen	9
Mechanische Kennwerte	10
Lineare Verschleißrate	12
Gleitreibungskoeffizient	14

Mit innovativen Werkstoffen Reibung und Verschleiß reduzieren

TRIBOFORCE® ist unsere Produktreihe tribologisch optimierter Compounds. Die innovativen Werkstoffe verbessern das Gleit-Reib-Verhalten mechanisch und tribologisch hoch beanspruchter Bauteile, reduzieren so den Verschleiß und steigern die Effizienz und Lebensdauer von Komponenten, die unter extremen Bedingungen reibungslos funktionieren müssen. Über die Minimierung von Reibungsverlusten zu Lasten von Material und Effizienz hinaus wirken die Kunststoffe durch Stick-Slip-Effekte verursachten Geräuschemissionen entgegen, was sie zu attraktiven Materialien für Zukunftsmärkte wie beispielsweise die E-Mobilität macht. Dabei kommen die Werkstoffe ohne zusätzliche Schmierung aus.

Optimale Materialsysteme

Dank perfekt abgestimmter Polymer-Additiv-Kombinationen definieren TRIBOFORCE® Compounds eine neue Klasse im Verschleißverhalten. Geringe Reibungskoeffizienten sowie außergewöhnliche Verschleißfestigkeit, gepaart mit hervorragender Dimensionsstabilität, machen TRIBOFORCE® zu idealen Werkstoffen für tribologische Systeme mit hohen Anforderungen an Reibung, Verschleiß, Mechanik sowie Einsatzdauer und -temperatur.

Breites Polymer- und Temperaturspektrum

Anwender können unter TRIBOFORCE® Werkstoffen mit unterschiedlichen Basispolymeren wie PA, PPS oder PEEK, die inhärent gute Gleit-Reib-Eigenschaften und hohe Abriebfestigkeit besitzen, wählen. So wird ein Temperaturspektrum von - 40 °C bis 260 °C abgedeckt, kurzzeitig sind sogar Einsatztemperaturen bis 300 °C möglich.

PFAS-freie Gleit- und Lagerwerkstoffe

TRIBOFORCE® Compounds kommen bevorzugt als Zahnrad-, Gleit- und Lagerwerkstoffe zum Einsatz wobei in fast allen Anwendungen auf eine Schmierung verzichtet werden kann. Die Eigenschaften tribologisch optimierter Compounds werden maßgeblich von Additiven und Füllstoffen bestimmt. Die Substitution konventioneller Schmierstoffe, wie etwa PTFE, das zu den als umwelt- und gesundheitsschädlich auf dem Prüfstand stehenden PFAS¹⁾ zählt, durch unsere speziell entwickelten Additiv-Füllstoff-Kombinationen gewährleistet über eine Gleit-Reib-Optimierung hinaus die Herstellung von TRIBOFORCE® Werkstoffen mit hoher mechanischer Festigkeit und Steifigkeit, da der Einsatz von PTFE unter anderem die Mechanik beeinträchtigen kann.

1) Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen



TRIBOFORCE® Features

- Ideale Zahnrad-, Gleit- und Lagerwerkstoffe für extreme Anforderungen
- Geringe Reibungskoeffizienten
- Außergewöhnliche Verschleißfestigkeit
- Hervorragende Dimensionsstabilität
- Basispolymere mit guten Gleit-Reib-Eigenschaften (z. B. PA, PPS, PEEK)
- Breites Temperaturspektrum
- Keine zusätzlichen Schmiermittel erforderlich
- Substitution konventioneller Schmierstoffe wie PTFE durch speziell entwickelte Additivkombinationen
- Frei von PFAS
- Hohe mechanische Festigkeit und Steifigkeit
- Gleiteffekt werkstoffimmanent, permanent tribologisch wirksam
- Frei wählbare Polymer-Additiv-Kombinationen
- Ausgezeichnetes tribologisches Verhalten gegenüber Metallen und bei gleichartigen Materialpaarungen
- Leicht, chemikalien- und korrosionsbeständig
- Individuell modifizierbar
- Typen für Spritzguss und Extrusion erhältlich

Anwendungsmöglichkeiten

In vielen Anwendungen spielen Reibung und Verschleiß eine entscheidende Rolle. Zum Einsatz kommt die Produktreihe zum Beispiel für Bauteile in der Automobilindustrie, Medizintechnik, Möbelindustrie, Fördertechnik, E&E, Sport- und Freizeitbranche, im Maschinen- und Anlagenbau u. v. m., etwa als

- Zahnräder
- Lagerbuchsen
- Planetengetriebe
- Kugellager und Lagerkäfige
- Gleitlager, -schienen, -ketten und -beschichtungen
- Rollen und Räder
- Kupplungen
- Wälzlager in Windkraftanlagen
- Umlenkräder in Förderanlagen
- Anlaufscheiben
- Flügelräder
- Gelenke
- Dichtungen
- Ventile
- Kraftstoffverteiler

Praxisnahe tribologische Prüfungen

Für Anwender besteht die Möglichkeit, Verschleißmessungen auf tribologischen Prüfständen durchführen zu lassen. Dabei können nahezu alle vom Kunden vorgegebenen Betriebsbedingungen simuliert und so das Reib- und Verschleißverhalten ermittelt werden. Aufwändige Testreihen können somit entfallen.

Ihre Vorteile

- Langfristige Gleit-Reib-Optimierung
- Weniger Verschleiß und Abnutzung
- Mehr Effizienz und Funktionalität tribologischer Anwendungen
- Weniger Energiebedarf, geringerer CO₂-Fußabdruck
- Längere Laufzeiten und Bauteillebensdauer
- Hohe Maßhaltigkeit der Komponenten
- Vermeidung von Stick-Slip-Effekten
- Optimierte NVH-Eigenschaften²⁾
- Verbesserte Notlaufeigenschaften, mehr Sicherheit
- Hohe Laufruhe, geringere Geräuschentwicklung
- Werkstoffalternativen zu PTFE/PFAS
- Ressourcenschonend und wartungsarm, da keine Schmierung erforderlich
- Produktionseffizienz, weniger Stillstand- und Ausfallzeiten, stabilere Prozesse
- Keine zusätzlichen Arbeitsschritte und Investitionen für nachträglich aufgebrachte Gleitmedien nötig
- Schlantere Entwicklungs- und Produktionszyklen
- Niedrigere Herstell- und Teilekosten
- Mobilität: Weniger Gewicht, weniger Verbrauch und Emissionen, mehr Reichweite

Physikalische, mechanische und tribologische Eigenschaften

TRIBOFORCE® Type			PA66 C0200	PA66 C0201	PA66 C0202	PA66 C0203
Dichte	ISO 1183	g/cm³	1,51	1,25	1,37	1,41
Zugfestigkeit	ISO 527	MPa	160	160	160	200
Zugfestigkeit konditioniert	ISO 527 ISO 1110	MPa	120	115	115	145
Bruchdehnung	ISO 527	%	1,5	2,6	2,0	1,7
Bruchdehnung konditioniert	ISO 527 ISO 1110	%	2,7	5,3	4,3	3,5
E-Modul Zug	ISO 527	MPa	16 000	11 000	14 500	21 500
E-Modul Zug konditioniert	ISO 527 ISO 1110	MPa	10 000	7 400	8 700	13 000
Charpy Schlagzähigkeit	ISO 179/1eU	kJ/m²	20	40	30	40
Charpy Schlagzähigkeit konditioniert	ISO 179/1eU ISO 1110	kJ/m²	25	55	45	50
Charpy Kerbschlagzähigkeit	ISO 179/1eA	kJ/m²	3	-	-	-
Spezifische Verschleißrate w_s bei 1 MPa, 1 m/s, Trockenlauf/Stahl	ASTM G 137	10^{-6} mm³/Nm	0,2	0,5	0,33	0,5
Gleitreibungskoeffizient μ bei 1 MPa, 1 m/s, Trockenlauf/Stahl	ASTM G 137	1	0,2	0,3	0,28	0,26
Oberflächenwiderstand	DIN IEC 60093	Ohm	$10^4 - 10^5$	$10^5 - 10^6$	$10^4 - 10^5$	< 10^3
Feuchtigkeitsaufnahme	ISO 1110	%	1,6	2,2	2,0	1,9
Schmelztemperatur	ISO 3146 (10K/min)	°C	260	260	260	260
Schwindung Spritzguss	ISO 294 ¹⁾	%	0,1 - 0,4	0,1 - 0,4	0,1 - 0,4	0,1 - 0,4

TRIBOFORCE® Type		PPS C1800	PPS C1801	PPS C1802	PEEK C2300 ²⁾	PEEK C2301 ³⁾
Dichte	ISO 1183	g/cm³	1,61	1,5	1,48	1,59
Zugfestigkeit	ISO 527	MPa	115	125	140	145
Bruchdehnung	ISO 527	%	1	1,2	0,8	2,2
E-Modul Zug	ISO 527	MPa	16 000	15 000	22 500	13 000
Charpy Schlagzähigkeit	ISO 179/1eU	kJ/m²	15	18	18	35
Charpy Kerbschlagzähigkeit	ISO 179/1eA	kJ/m²	2	4	5	4
Spezifische Verschleißrate w_s bei 1 MPa, 1 m/s, Trockenlauf/Stahl	ASTM G 137	10^{-6} mm³/Nm	0,1	0,1	0,1	0,1
18 MPa, 1 m/s, Trockenlauf/Stahl			-	0,2	0,2	-
6 MPa, 2 m/s, 75 °C, Trockenlauf/Stahl			-	0,2	0,2	-
Gleitreibungskoeffizient μ bei 1 MPa, 1 m/s, Trockenlauf/Stahl	ASTM G 137	1	0,2	0,2	0,3	0,2
18 MPa, 1 m/s, Trockenlauf/Stahl			-	0,1	0,15	-
6 MPa, 2 m/s, 75 °C, Trockenlauf/Stahl			-	0,05	0,05	-
Wärmeausdehnungskoeffizient (CLTE) längs	ISO 11359 23 °C - 55 °C	$\alpha \cdot 10^{-6}/K$	11	-	-	-
quer			45	-	-	-
Schmelztemperatur	ISO 3146 (10K/min)	°C	275	275	275	340
Schwindung Spritzguss	ISO 294 ¹⁾	%	0,05 - 0,2	0,15 - 0,3	0,15 - 0,3	0,05 - 0,2

Soweit nicht anders angegeben beziehen sich die Werte auf ungefärbte Werkstoffe, trocken 23 °C.

1) Internes Prüfverfahren in Anlehnung an ISO 294 (Prüfkörper 60 mm x 60 mm x 2 mm) | 2) Für Extrusion | 3) Spritzgusstype Datenblätter und Verarbeitungshinweise zu unseren TRIBOFORCE®-Produkten sind **auf Anfrage** erhältlich.

Dauereinsatztemperatur und chemische Beständigkeit

Dauereinsatztemperatur TRIBOFORCE®	PA66	PPS	PEEK
Bis 130 °C	✓	✓	✓
130 °C bis 200 °C	✗	✓	✓
200 °C bis 260 °C	✗	✗	✓
Bis 300 °C, kurzzeitig	✗	✗	✓

Chemische Beständigkeit bei Raumtemperatur TRIBOFORCE®	PA66	PPS	PEEK
Wässrig	—	✓	✓
Biologische Medien	—	✓	✓
Salzsprühnebel	—	✓	✓
Hydrolysebeständigkeit	✗	✓	✓
Heißdampfsterilisierbar	✗	✓	bis 200 °C
Öl	✓	✓	✓
Benzin	✓	✓	✓
Schwache Mineralsäuren	—	—	✓
Verdünnte Laugen	—	✓	✓
Konzentrierte Laugen	✗	—	✓
Salpetersäure und andere oxidierende Säuren	✗	✗	✗

✓ Beständig; nur geringe Eigenschaftsänderungen und keine irreversible Schädigung durch das Medium.
— Bedingt beständig; merkliche Beeinflussung der Eigenschaften durch das Medium, teilweise irreversibel.
✗ Unbeständig; innerhalb kurzer Zeit deutliche Eigenschaftsänderungen, irreversible Schädigungen.

Werkstoffalternativen zu PTFE und Co.

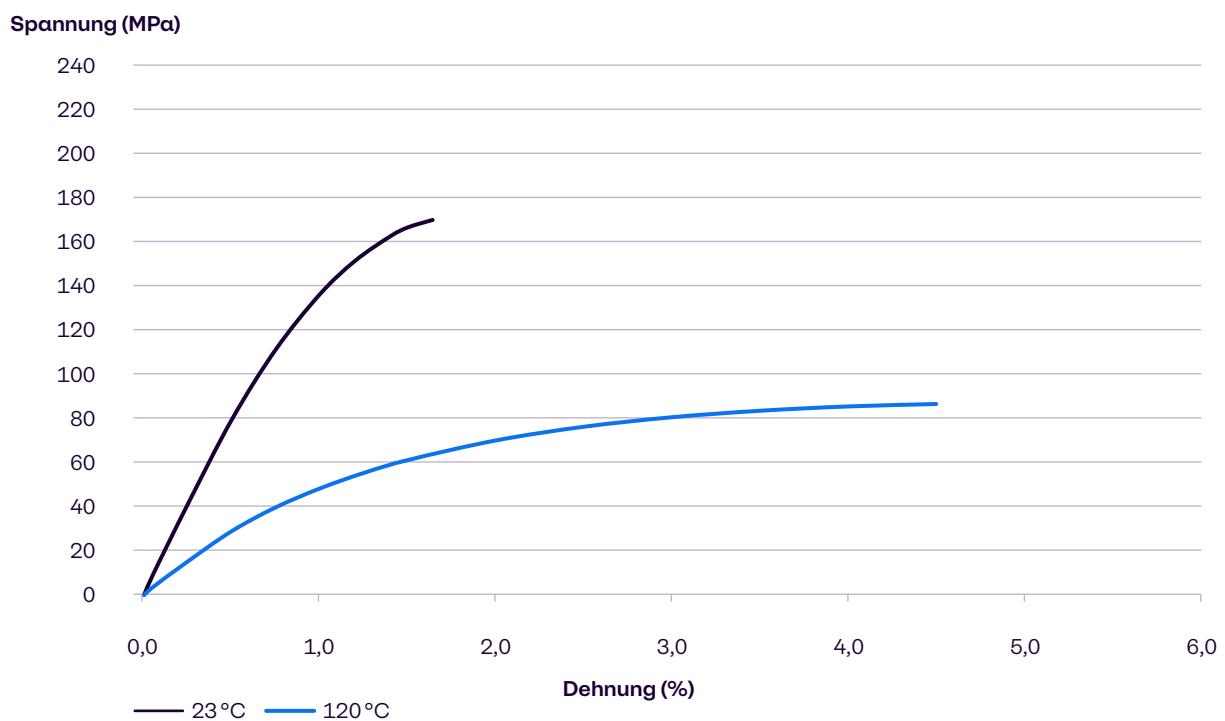
Zur Reduzierung von Reibung und Verschleiß werden häufig Schmiermittel, die Fluorkunststoffe wie z. B. PTFE enthalten, verwendet. Diese zählen jedoch zur Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS), die aufgrund ihrer potenziellen Gefährdung für Mensch und Umwelt in der Kritik stehen und deren Einsatz daher möglicherweise verboten bzw. streng reglementiert werden soll.

Dank unserer Werkstoff-Expertise und des hervorragenden Eigenschaftenprofils von TRIBOFORCE® Compounds lassen sich Gleit-Reib-Eigenschaften von Bauteilen auch ohne zusätzliche Schmierstoffe optimieren und die Umstellung auf alternative Werkstoffe zugunsten von Sicherheit und Umweltschutz realisieren. Erfahren Sie mehr über unsere kundenspezifischen Polymerlösungen unter brenntag.com.

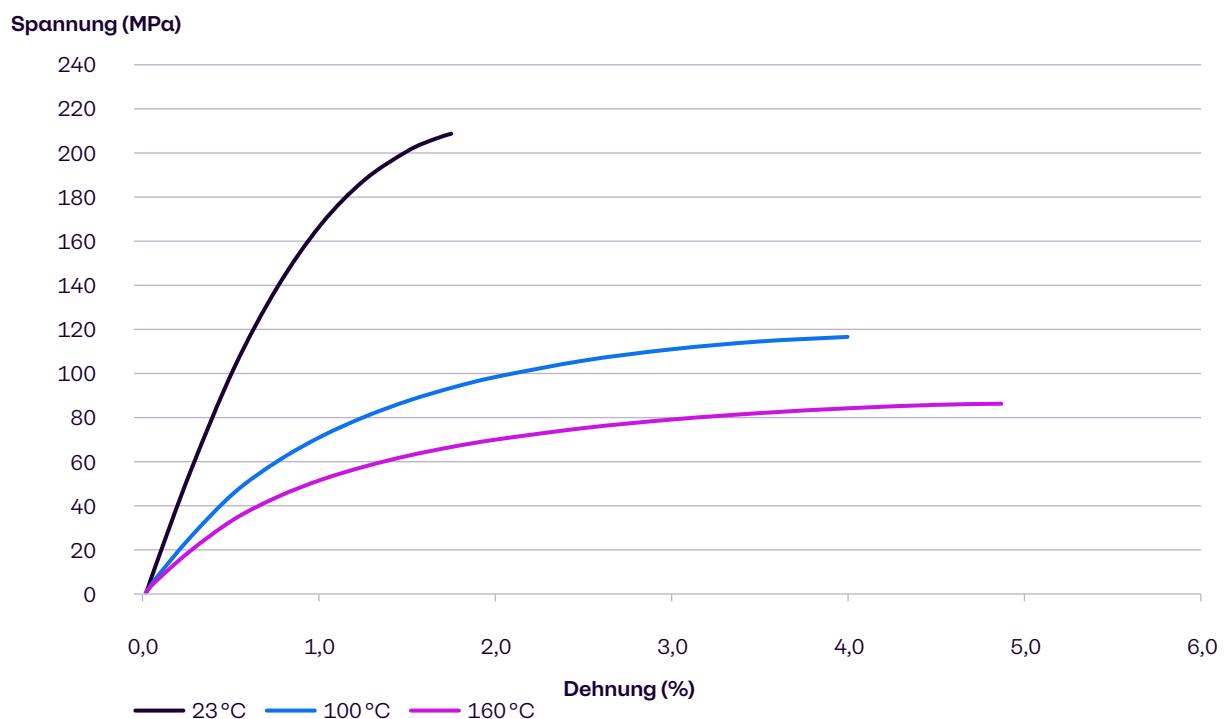


Zugversuche

TRIBOFORCE® PA66 C0200 UNGEFÄRBT (trocken)

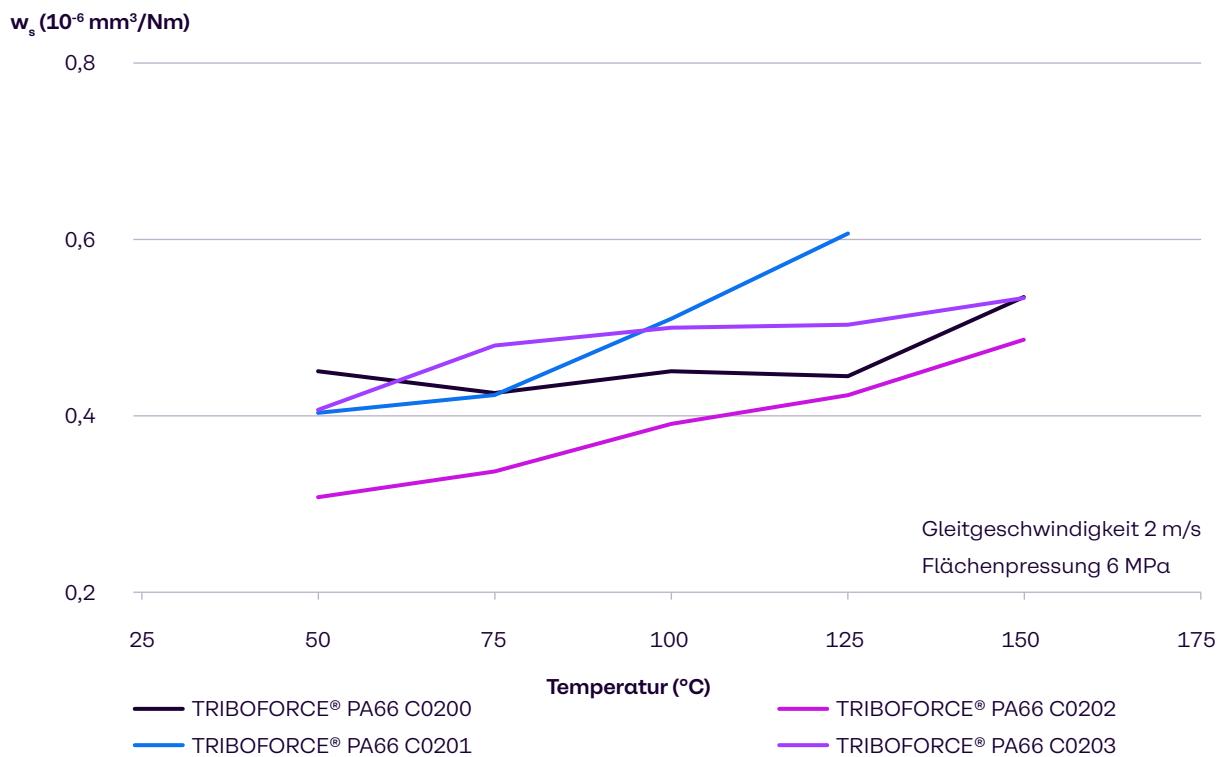


TRIBOFORCE® PA66 C0203 UNGEFÄRBT (trocken)

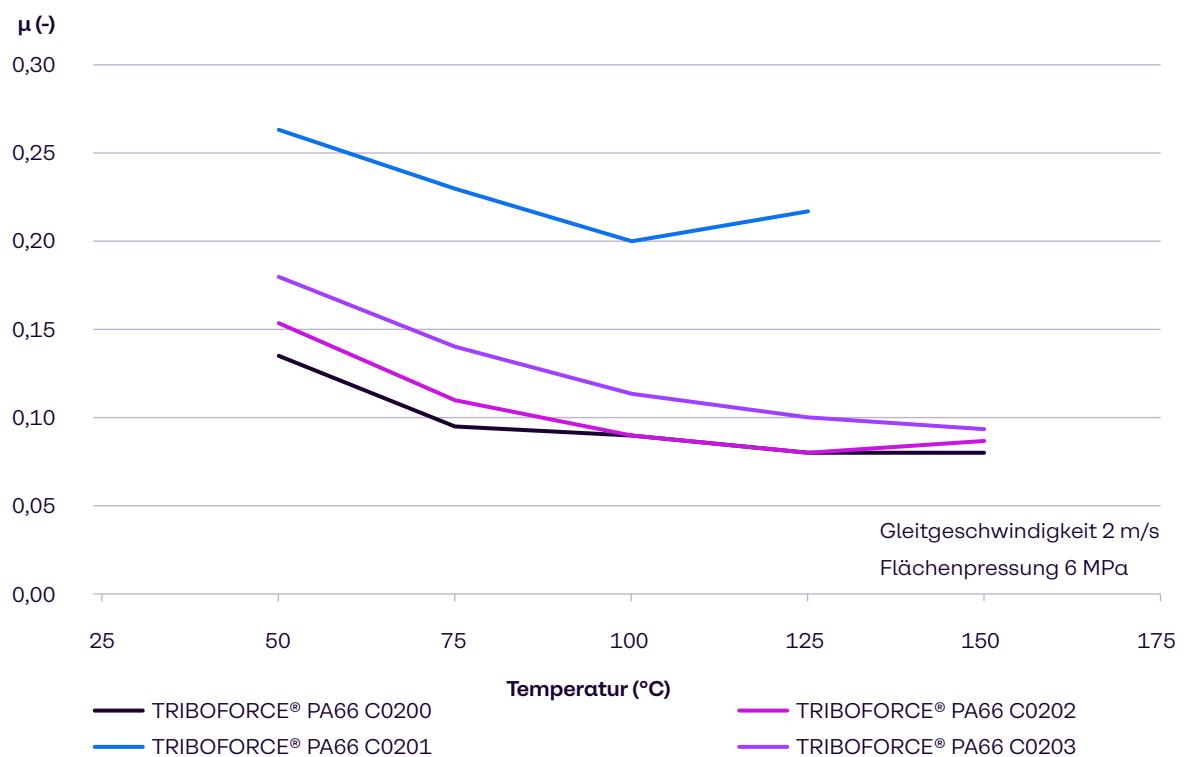


Tribologische Kennwerte bei unterschiedlichen Temperaturen

Spezifische Verschleißrate w_s TRIBOFORCE® PA66 UNGEFÄRBT (trocken)

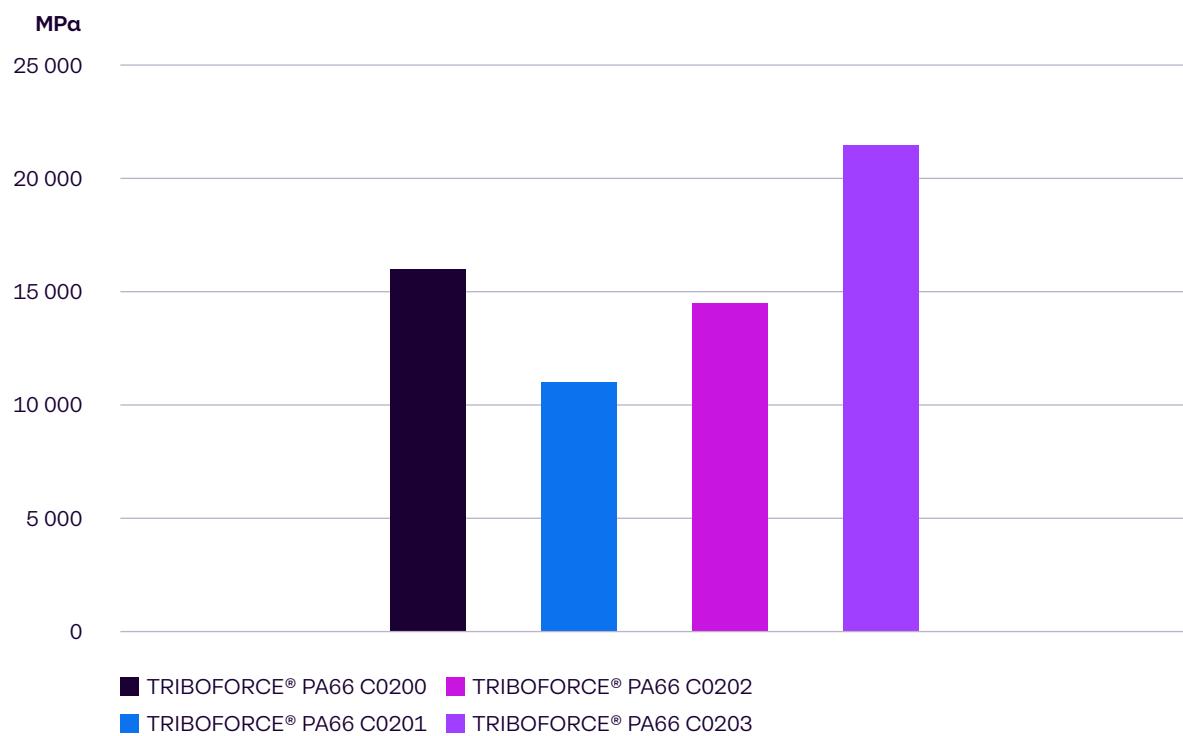


Gleitreibungskoeffizient μ TRIBOFORCE® PA66 UNGEFÄRBT (trocken)

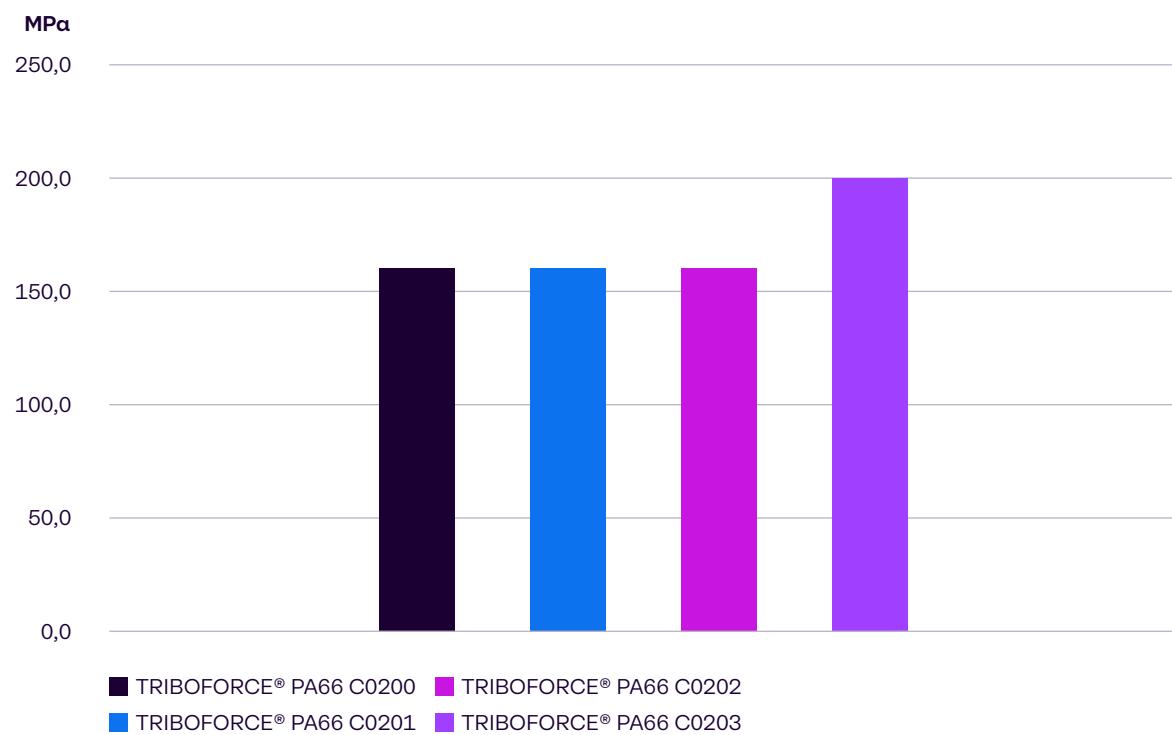


Mechanische Kennwerte

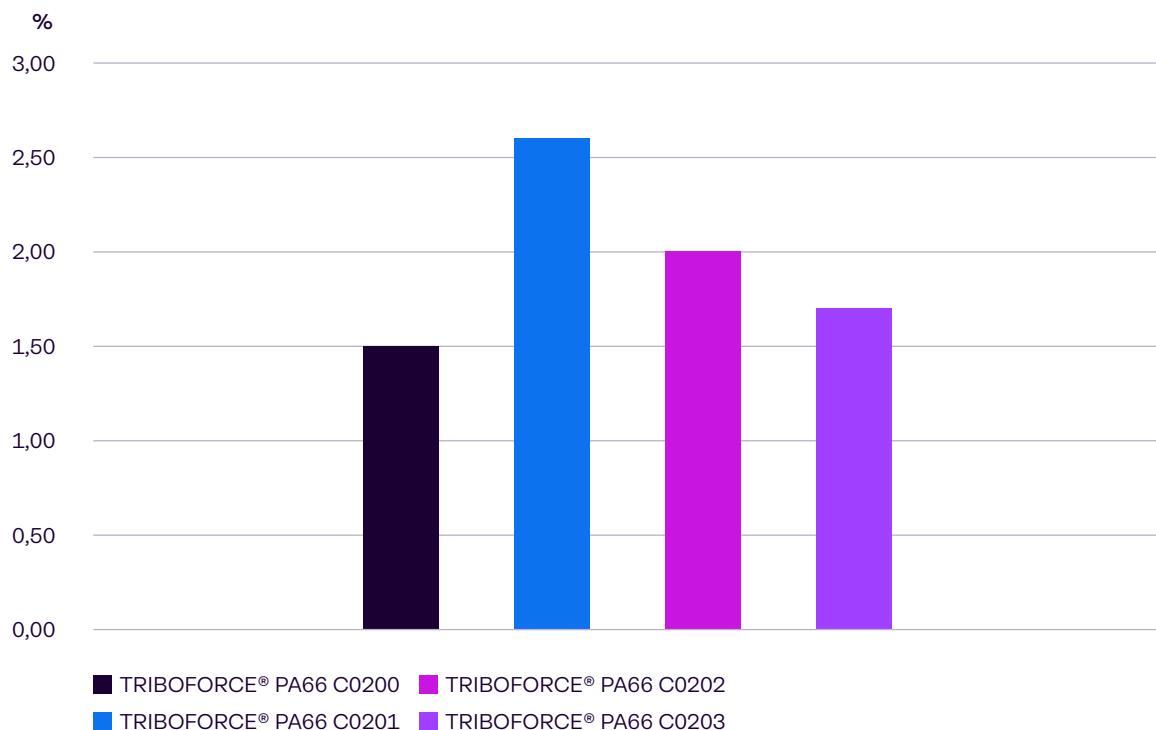
E-Modul Zug TRIBOFORCE® PA66 UNGEFÄRBT (trocken 23 °C)



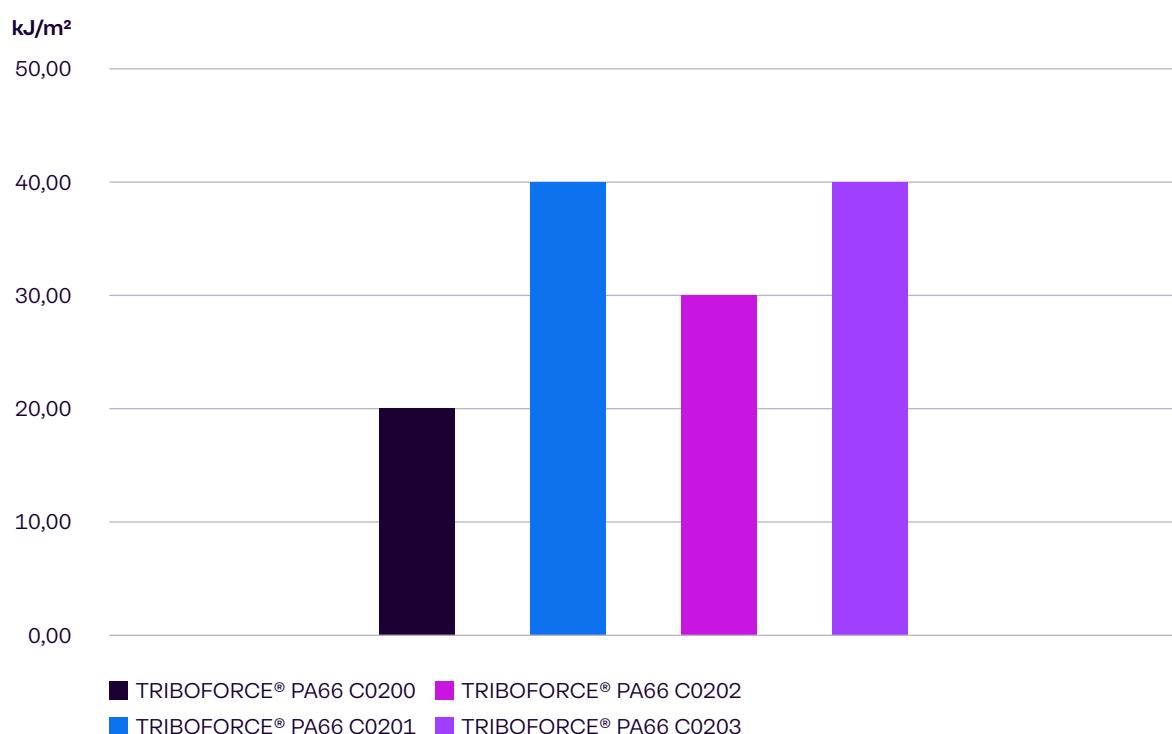
Zugfestigkeit TRIBOFORCE® PA66 UNGEFÄRBT (trocken 23 °C)



Bruchdehnung TRIBOFORCE® PA66 UNGEFÄRBT (trocken 23 °C)

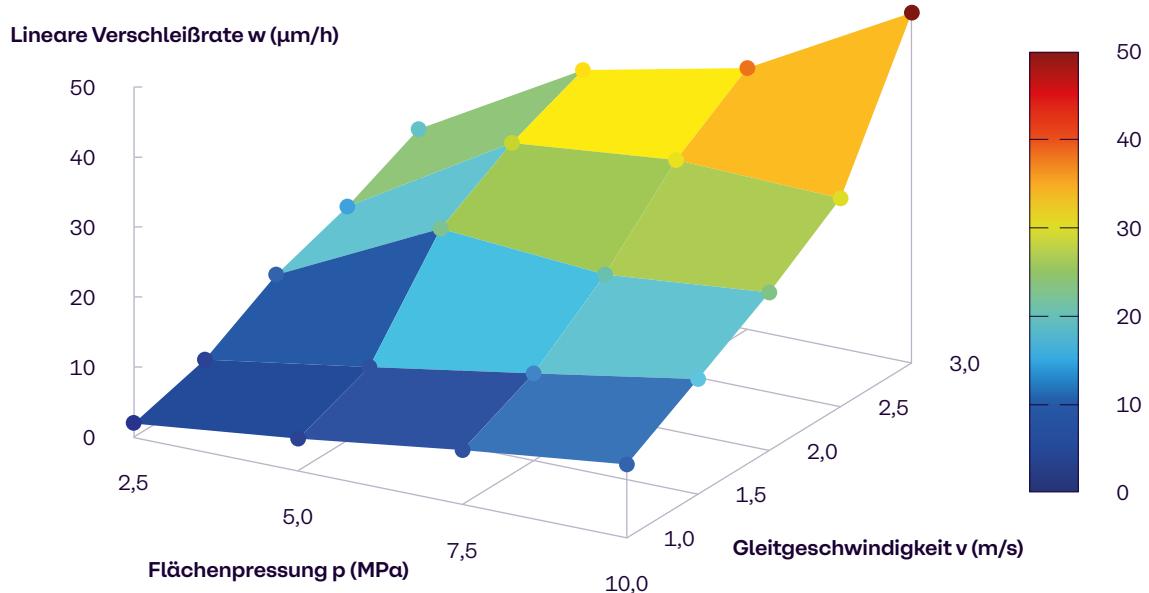


Charpy Schlagzähigkeit TRIBOFORCE® PA66 UNGEFÄRBT (trocken 23 °C)

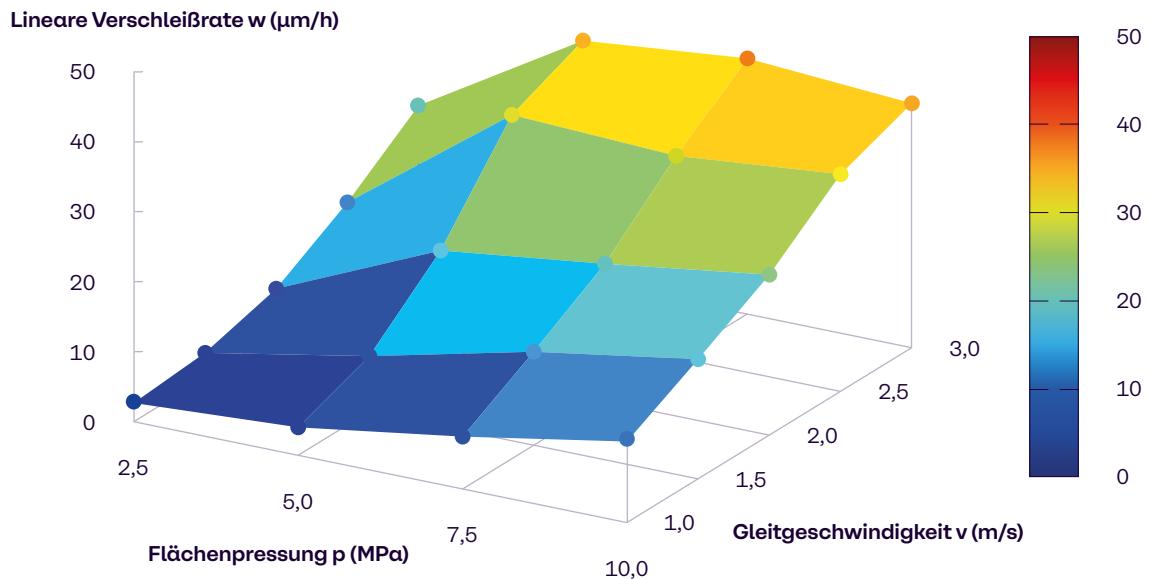


Lineare Verschleißrate

TRIBOFORCE® PA66 C0200 UNGEFÄRBT (trocken)

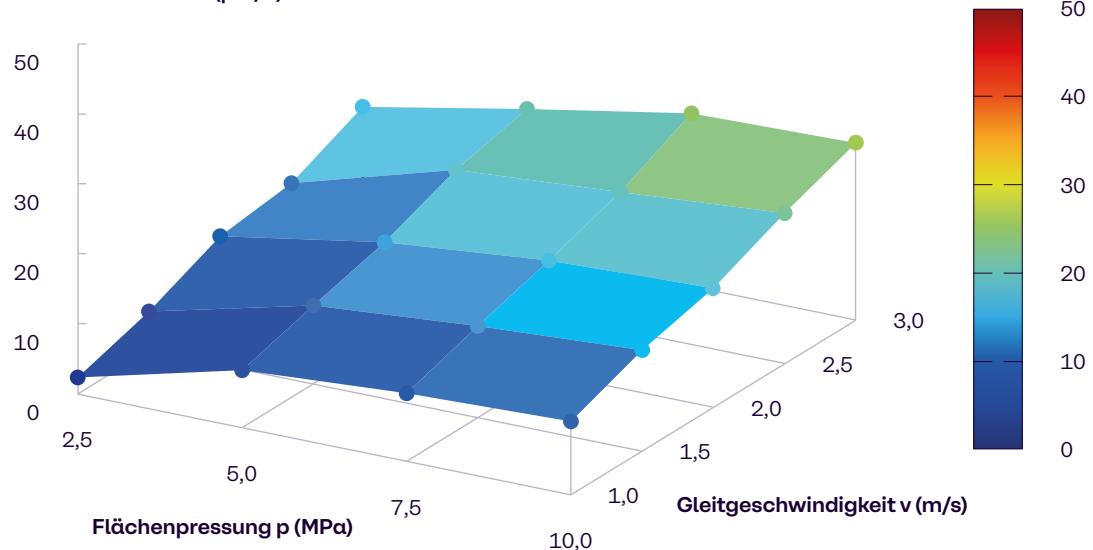


TRIBOFORCE® PA66 C0201 UNGEFÄRBT (trocken)



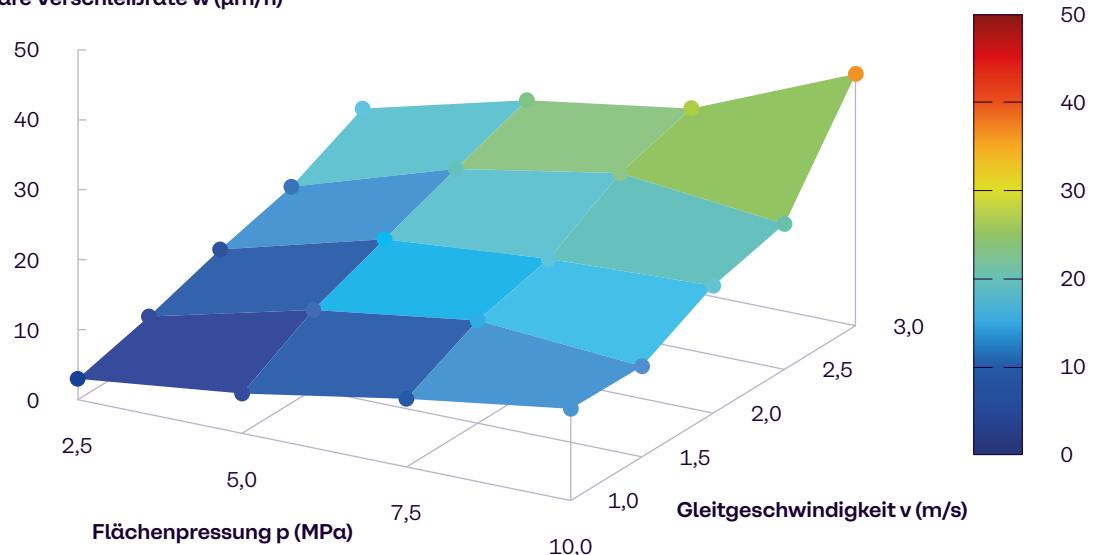
TRIBOFORCE® PA66 C0202 UNGEFÄRBT (trocken)

Lineare Verschleißrate w ($\mu\text{m}/\text{h}$)



TRIBOFORCE® PA66 C0203 UNGEFÄRBT (trocken)

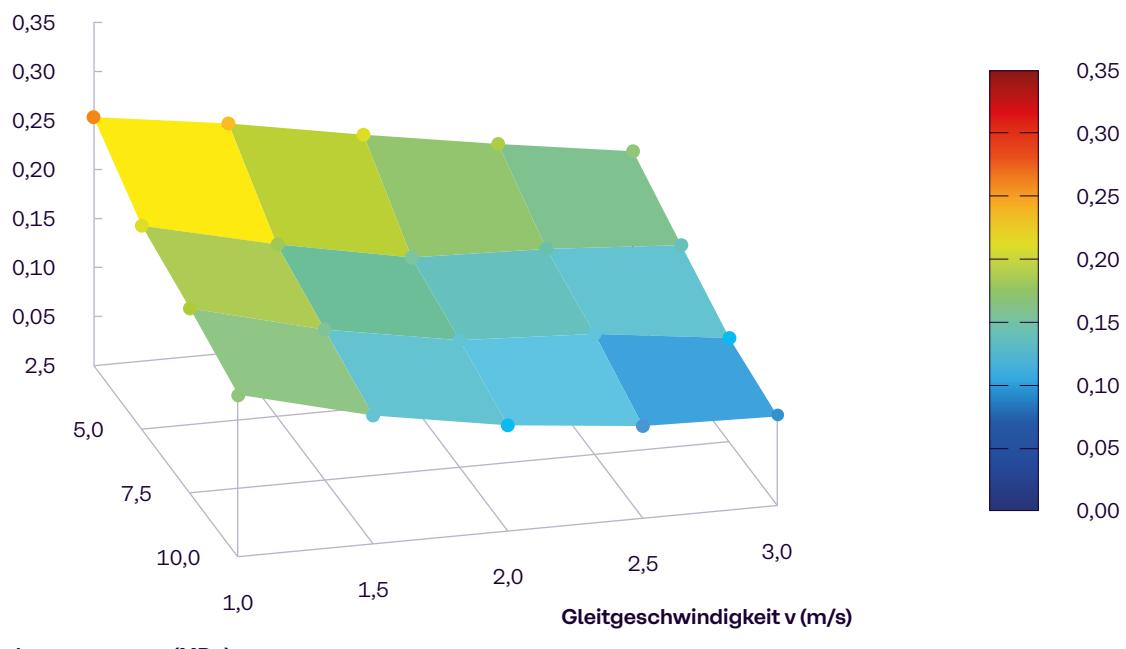
Lineare Verschleißrate w ($\mu\text{m}/\text{h}$)



Gleitreibungskoeffizient

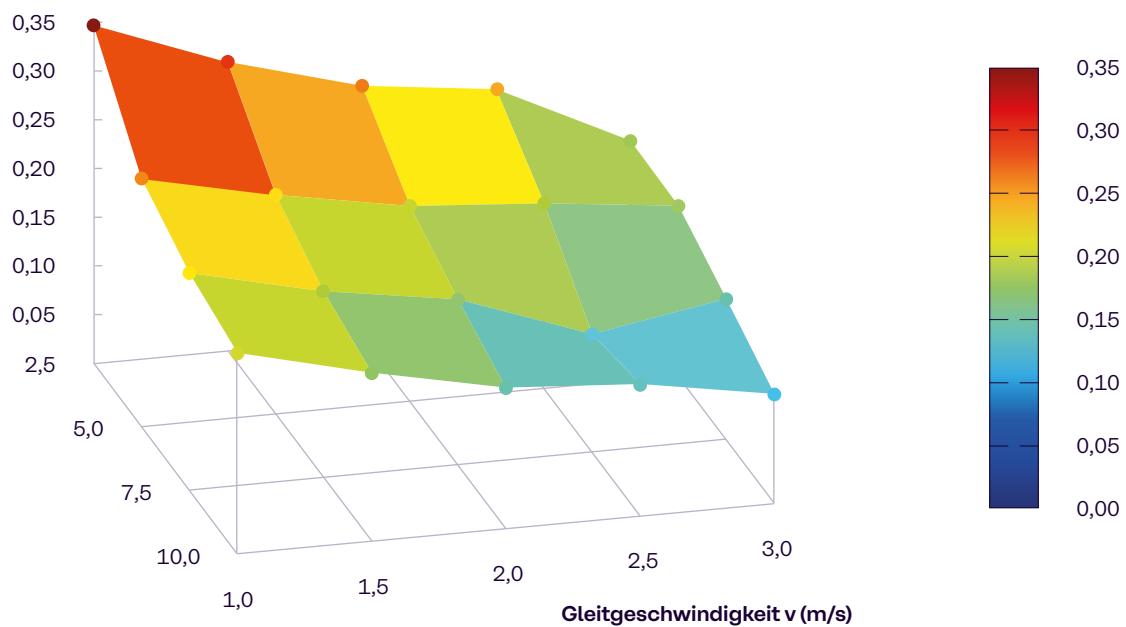
TRIBOFORCE® PA66 C0200 UNGEFÄRBT (trocken)

Gleitreibungskoeffizient μ (-)



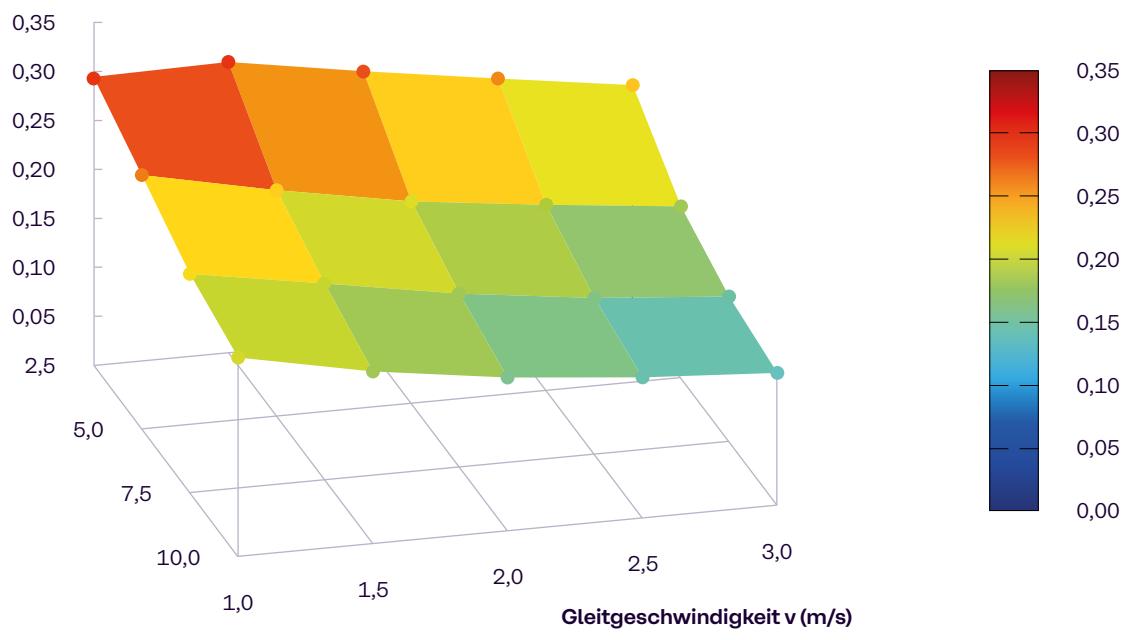
TRIBOFORCE® PA66 C0201 UNGEFÄRBT (trocken)

Gleitreibungskoeffizient μ (-)



TRIBOFORCE® PA66 C0202 UNGEFÄRBT (trocken)

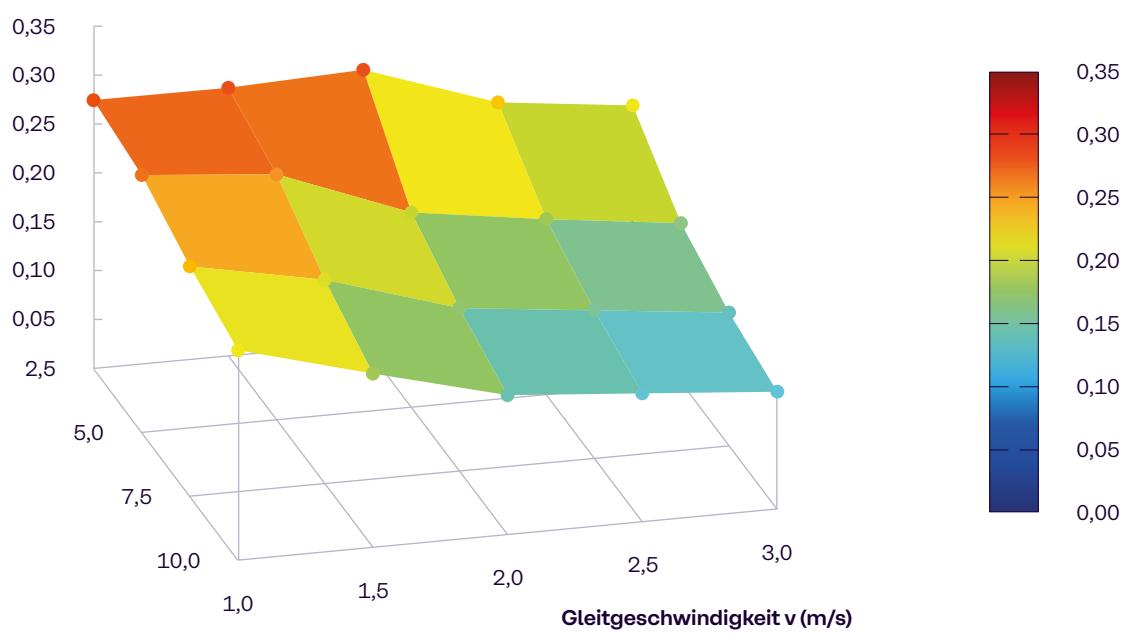
Gleitreibungskoeffizient μ (-)



Flächenpressung p (MPa)

TRIBOFORCE® PA66 C0203 UNGEFÄRBT (trocken)

Gleitreibungskoeffizient μ (-)



Flächenpressung p (MPa)

Brenntag Kunststoffe in Kürze

- Innovativer Entwicklungspartner für Ihre Projekte
- Jahrzehntelange Kunststofferfahrung
- Zertifiziert nach ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 und ISO 45001:2018
- Mehr als 700 Produkte aus eigener Entwicklungsarbeit
- Kooperationen mit weiteren, namhaften Herstellern
- Flexible Bedarfsanpassung
- Schnelle Reaktionszeiten
- Gut vernetzt in regionalen und globalen Märkten
- Branchenübergreifende Lösungen

Schwerpunkte

- Individuelle Werkstofflösungen
- Compound-Entwicklung
- Hochverstärkte Compounds
- Metallersatz
- Leichtbau
- Wärmeleitfähigkeit
- Magnetische Detektierbarkeit
- Lebensmittelkonformität
- Tribologisch optimierte Compounds
- Recompounds

Compounds Kernportfolio

- ALAMID®
- ALAMID® D
- NYLAFORCE®
- NYLAFORCE® dynamic
- TECDUR
- THERMOFORCE®
- TRIBOFORCE®

Kontakt

Brenntag GmbH

Material Science/Polymers
Messeallee 11
45131 Essen
Deutschland
polymers.dach@brenntag.com



#5706 DE / 0625

