



Die Bewegungs- ermöglicher

Unsere Spezialgraphite
für den Maschinenbau

SIGRAFINE®




$$\mu = 0$$

SIGRAFINE® EK60 Reibungslosere Bewegung

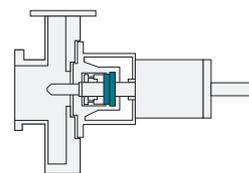
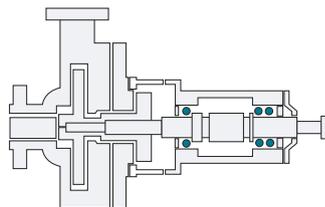
Der Reibungskoeffizient μ gibt an, in welchem Verhältnis die Reibungskraft, um zwei Flächen gegeneinander zu verschieben, zur Normalkraft steht, die auf die Fläche wirkt (z.B. das Gewicht). Je geringer, desto besser das Gleitverhalten. Hier weisen unsere SIGRAFINE EK60 Graphite einen außergewöhnlichen Wert auf, der deutlich unter demjenigen anderer Werkstoffe liegt: $\mu = 0,069$ (zum Vergleich: $\mu = 0,15 - 0,7$ bei Stahl auf Stahl). Das hat in vielen mechanischen Anwendungen, etwa bei Flügelzellen-pumpen, entscheidende Vorteile: Verwendbarkeit im Trockenlauf, reduzierter Energieverbrauch, Schonung der Umwelt durch Verzicht auf Schmierstoffe, Geräuschverringerung ... So erweisen sich unsere Spezialgraphite als hervorragende Bewegungsermöglichlicher.

,069



Unsere Spezialgraphite für den Maschinenbau

Selbstschmierend und beständig:
Profitieren Sie von den hervorragenden Material-
eigenschaften und der Qualität unserer Produkte für
unterschiedlichste Anwendungen im Maschinenbau.



Lager

Dichtringe

Typische Anwendungen

- Zentrifugalpumpen
- Drehdurchführungen
- Kompressoren
- Ofenanwendungen
- Prozesspumpen

- Gleitringdichtungen
- Zentrifugalpumpen
- Drehdurchführungen
- Kompressoren
- Wasserturbinen
- Ventilatoren und Gebläse

Produkte der SGL Carbon

- Zylinderlager
- Bundlager
- Axiallager

- Dichtringe/Packungsringe
- Labyrinthdichtungen
- Kolbenringe/Führungsringe
- Kolbenstangendichtungen
- Steuerscheiben / In einer Metallfassung eingeschrumpfte Dichtringe
- Kugelhahnventile/Dampfkopfringe
- Steuerringe und -segmente

Eingesetzte Materialien der SGL Carbon

- SIGRAFINE® gesenkgepresste, isostatische Kohlenstoffe und Graphite

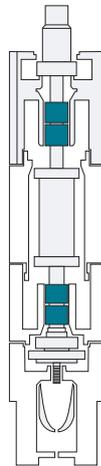
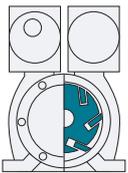
- SIGRAFINE® gesenkgepresste, isostatische Kohlenstoffe und Graphite

Ihre Vorteile

Beste Trockenlauf-Eigenschaften, hohe Energieeffizienz durch minimierte Reibung, extreme Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit sowie hohe mechanische Materialfestigkeit.

Auch für verschiedenste Anwendungsbereiche der Vakuumtechnik – von medizinischen Anwendungen bis hin zur Nahrungsmitteltechnik – bieten wir ein breites Portfolio an Produkten und Halbzeugen.

Nehmen Sie unsere anwendungstechnische Kompetenz in Anspruch. Wir beraten Sie gerne bei der Optimierung Ihrer Prozesse und finden zusammen mit Ihnen spezifische Lösungen für Ihre Anforderungen.

**Trennschieber und Rotoren**

- Prozesspumpen
- Vakuumpumpen
- Kompressoren
- Heizer

- Trennschieber
- Rotoren
- Endscheiben
- Gehäuse

- SIGRAFINE® gesenkgepresste, isostatische Kohlenstoffe und Graphite
- Kunstharzgebundener Graphit

Halbzeuge und Pulver

- Für alle mechanischen Anwendungen
- Füllmaterial für Kunststoff Compounds

- Halbzeuge
- Pulver

- SIGRAFINE® gesenkgepresste, isostatische Kohlenstoffe und Graphite
- Kunstharzgebundener Graphit
- Kohlenstoff- und Graphitpulver

Weitere Anwendungen

- Dichtungen
- Maschinenelemente und -steuerungen
- Medizinische Anwendungen
- Motoren

- Steuerscheiben
- Kolben
- Gleitelemente
- Elektroden
- Zahlreiche weitere Produkte

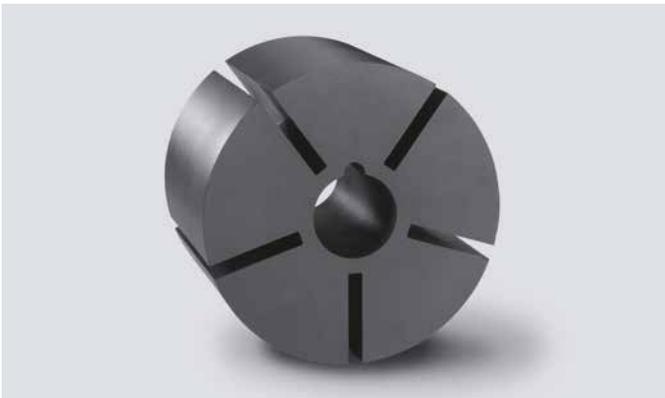
- SIGRAFINE® gesenkgepresste, isostatische Kohlenstoffe und Graphite
- Kunstharzgebundener Graphit

Anwendungen für den Maschinenbau

Ihre selbstschmierende Eigenschaft und extreme Beständigkeit machen unsere SIGRAFINE Graphitprodukte zu idealen Komponenten in einem breiten Anwendungsspektrum. Das reicht von Rotoren und Trennschiebern für Kompressoren über Kommutatoren, Gleitlager und Dichtungen für Kraftstoffpumpen bis hin zu Gleitlagern für Lebensmittelöfen.



SIGRAFINE® Spezialgraphite für trockenlaufende Kompressoren und Vakuumpumpen nach dem Flügelzellenprinzip



↑ Rotor für Vakuumpumpen, in PTS-Technologie hergestellt (vgl. Seite 11).

Umweltschonende Vakuumtechnik

Wenn es um umweltschonende Verfahren geht, kommt in zahlreichen Fertigungsprozessen unterschiedlicher Industriebereiche (z. B. Chemie und Pharmazie, Druck- und Papierindustrie, Lebensmittelverpackungen, Beschichtungen, Pick-and-place-Anwendungen) Vakuumtechnik zum Einsatz, die u.a. ölfreie Evakuierung in sensiblen Umgebungen ermöglicht.

Für Kompressoren und Vakuumpumpen in diesem Bereich fertigen wir Rotoren und Trennschieber aus pech- und kunstharzgebundenen Kohlenstoffmaterialien.

Beständigkeit, Lebensdauer, Effizienz

Dank ihrer Materialeigenschaften fördern unsere SIGRAFINE Werkstoffe die Energieeffizienz der Prozesse. Darüber hinaus tragen sie durch hohe Medienbeständigkeit und lange Lebensdauer zur Sicherheit und Wirtschaftlichkeit bei.

Anwendungsübersicht

Für trockenlaufende Kompressoren und Vakuumpumpen fertigen wir folgende Produkte:

- Endscheibe
- Dichtringe
- Trennschieber
- Rotoren
- Gehäuse
- Halbzeuge

Für die verschiedenen Anforderungen bieten wir eine Reihe von Werkstoffen und Imprägnierungen an.

SIGRAFINE® Spezialgraphite für Pumpen- anwendungen und Gleitringdichtungen



↑ Dichtungsring aus Kohlegraphit für Prozesspumpen.

Reduzierter Verschleiß – weniger Wartungsaufwand

Gleitringdichtungen aus Graphit und Kohlegraphit sind das am weitesten verbreitete System bei druckbelasteten Wellenabdichtungen. Sie haben die herkömmliche Stopfbuchspackung technologisch abgelöst und überzeugen durch geringere Leckage, Reibung und Verschleiß – und einen entsprechend geringeren Wartungsaufwand.

Breiter Einsatz – hohe Sicherheit

Die Einsatzbereiche von Gleitringdichtungen sind vielfältig und erstrecken sich von Pumpen und Zentrifugen bis zu Rührwerken und Mischern. Durch ihre hohe Materialqualität steigern unsere Dichtringe die Prozess- und Produktsicherheit Ihrer Anwendungen.

Dank unserer umfangreichen Anwendungskenntnis können wir Sie bei der Auswahl des geeigneten Werkstoffs eingehend beraten.

Anwendungsübersicht

Wir fertigen Dichtringe (D), Lager (L) und Trennschieber (T) für folgende Anwendungen:

- **Prozesspumpen** (D, L)
- **Kraftstoffpumpen** (L, T)
- **Umwälz- und Zirkulationspumpen** (D, L)
- **Unterwasserpumpen** (D, L)
- **Gleitringdichtungen** (D)
- **Sonderdichtungen** (D)
- **Drehdurchführungen** (D, L)

Für die verschiedenen Anforderungen bieten wir eine Reihe von Werkstoffen und Imprägnierungen an.

SIGRAFINE® Spezialgraphite für weitere Anwendungen



↑ Dampfkopfring für eine Drehdurchführung.



↑ Kalottenlager für Einsätze bis 400 °C.

Große Bandbreite – auch für besondere Rahmenbedingungen
Für viele weitere Industriebereiche bieten unsere Produkte ebenfalls ideale Lösungen – das umfasst so unterschiedliche Anwendungsbereiche wie Textilmaschinen, Nahrungsmittelföfen oder Förderbandketten. Besonders da, wo hohe Anforderungen gestellt werden – etwa an Temperaturbeständigkeit oder gesundheitliche Unbedenklichkeit im Sinne der Trinkwasser- und Lebensmittelindustrie –, weisen SIGRAFINE Spezialgraphite die geeigneten Eigenschaften auf.

Vorteil selbstschmierend

Gerade bei Anwendungen in der Medizin- und Lebensmitteltechnik und der Wasserversorgung, wo Verunreinigungen, etwa durch Schmierflüssigkeiten, absolut vermieden werden müssen, bringen Graphite aufgrund ihrer selbstschmierenden Eigenschaft einen entscheidenden Vorteil. Dies gilt ebenso für Anwendungen in hohem Temperaturbereich und bei schlechtschmierenden, korrosiven Medien.

Wir unterstützen Sie

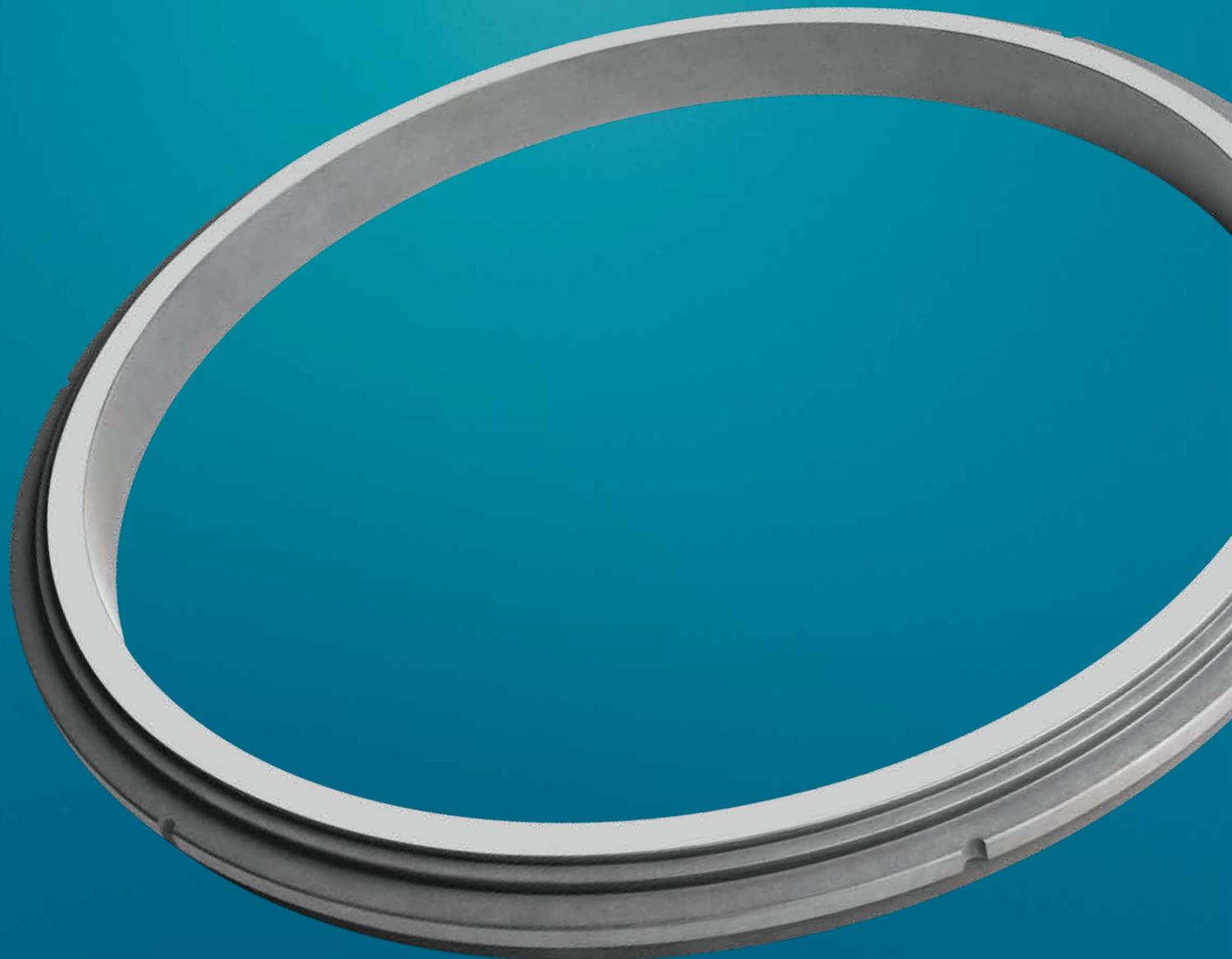
Wir bieten eine große Vielfalt von Sorten und Imprägnierungen mit unterschiedlichen Eigenschaften an. Gerne unterstützen wir Sie bei der Auswahl der geeigneten Werkstoffe für Ihre spezifischen Anforderungen. Fragen Sie uns einfach!

Übersicht über typische Anwendungen von SIGRAFINE® Spezialgraphite

| | Produkte | Vorteile gegenüber anderen Werkstoffen |
|--------------------------|--------------------------------|--|
| Gebälse | Rotor/Trennschieber | Geometrie, Gewicht, Verschleißfestigkeit, Selbstschmierung, geringere Geräusentwicklung |
| Förderbandketten | Gleitlager | Temperaturbeständig, verschleißfest, selbstschmierend |
| Fördererlemente | Gleitelemente | Extrem geringer Verschleiß |
| Nahrungsmittelföfen | Gleitlager | Gesundheitsunbedenklich, Temperaturbeständigkeit |
| Aquariumpumpen | Gleitlager | Gesundheitsunbedenklich, selbstschmierend, korrosionsfrei |
| Durchflusszähler | Gleitlager | Gesundheitsunbedenklich, selbstschmierend, korrosionsfrei |
| Zigarettenfertigung | Steuerringe und Segmente | Geringer Abrieb, gesundheitsunbedenklich |
| Textilmaschinen | Gleitelemente und Gleitlager | Extrem geringer Verschleiß, temperaturbeständig bei hohen Drehzahlen, verschleißfest, hohe Belastbarkeit |
| Maschinenelemente | Gleitlager und Sonderbauformen | Selbstschmierend, temperaturbeständig, formstabil, korrosionsfrei (inert) |
| Medizinische Anwendungen | Gleitlager | Extrem geringer Verschleiß, Temperaturbeständigkeit bei hohen Drehzahlen, hohe Belastbarkeit, geräuscharmer Lauf, gesundheitsunbedenklich, korrosionsfrei gegen Reinigungsmittel |
| Motoren/Aktuatoren | Gleitlager | Temperaturbeständig, lange Lebensdauer, hohe Belastbarkeit, geringe Einbaumaße, selbstschmierend, geräuscharm |

SIGRAFINE® Werkstoffe und ihre typischen Eigenschaften

Herausragende mechanische, thermische und chemische Eigenschaften machen unsere Spezialgraphite für zahlreiche Anwendungen des Maschinenbaus zur ersten Wahl – allen voran ihr selbstschmierendes Verhalten.



Ein Herstellungsverfahren, das Qualität erzeugt

Die hervorragenden Eigenschaften unserer SIGRAFINE Graphite und Kohlenstoffe – Gleitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Korrosions- und thermische Beständigkeit u.a. – verdanken sich dem dargestellten Produktionsverfahren. Sieben Phasen vom hochwertigen Rohstoff zum Produkt gewährleisten den regelmäßigen Aufbau der kristallinen Graphitstruktur; gezielte Veränderungen in den Prozessschritten und der Rezeptur erlauben es, das Verhalten des Werkstoffs nach Bedarf zu beeinflussen.

Erhöhte Wirtschaftlichkeit: PTS-Technologie

In vielen Bereichen können wir die Pressed-to-Size-Technologie (PTS) einsetzen: Endformnahe Pressungen machen es möglich, komplexe Werkstücke in großen Stückzahlen mit geringem Materialeinsatz herzustellen. Da die mechanische Endbearbeitung ganz oder weitgehend entfällt, ist dieses Verfahren besonders kosteneffizient.

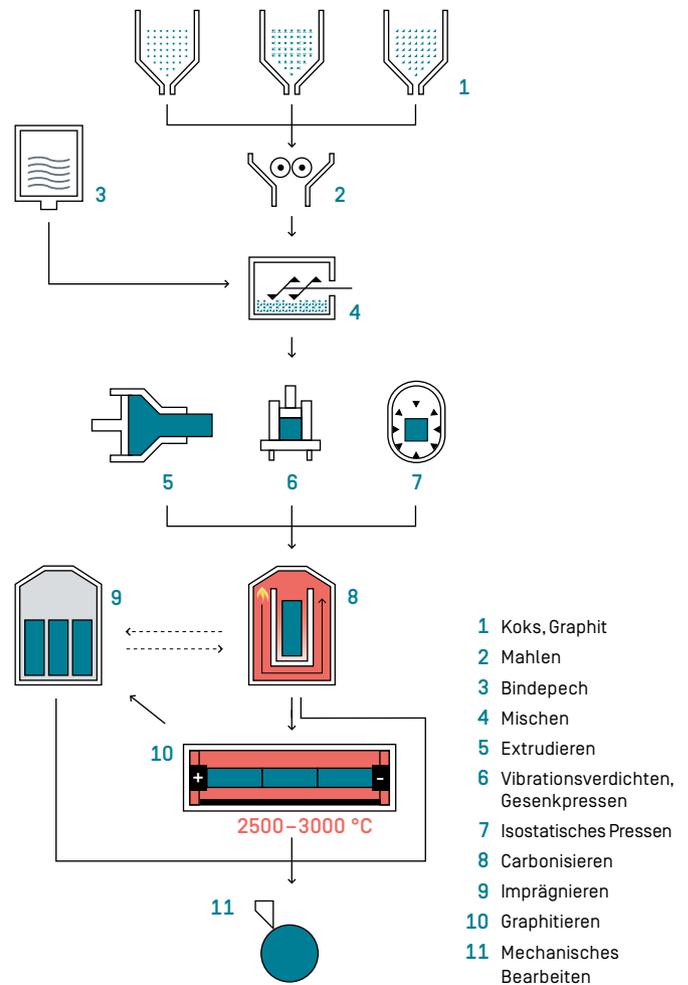
Optimierte Eigenschaften durch Imprägnierung

Metall-, Phosphat- und Kunstharzprägnierungen verbessern die physikalischen Eigenschaften und reduzieren den Verschleiß. Unsere SIGRAFINE Spezialgraphite imprägnieren wir mit Kunstharzen, mit Salzen und Salzlösungen sowie mit Metallen wie z. B. Antimon und Metalllegierungen wie z. B. Bronze.

All-Carbon – die universelle Alternative

Für Einsatzbereiche, in denen wegen des Gesundheits- und Umweltschutzes oder aus verfahrenstechnischen Gründen keine Imprägnierungen erlaubt sind, führen wir in unserem Portfolio Varianten aus verkoktem Kohlenstoff, die spezifische Vorteile aufweisen: Sie sind frei von Imprägniermitteln, haben eine verbesserte Medienbeständigkeit und zeichnen sich durch eine höhere Temperaturbeständigkeit als kunstharzprägnierte Werkstoffe aus. Hier kommt die selbstschmierende Eigenschaft von Kohlegraphit besonders zum Tragen.

Herstellungsprozess



Materialdaten unserer SIGRAFINE® Feinkorngraphite

| Typische Eigenschaften | Einheiten | Gesenkgepresste Kohlenstoffe und Graphite | | | | | Isostatischer Graphit |
|---|----------------------------------|---|------|------|------|--------------------|-----------------------|
| | | EK20 | EK23 | EK24 | EK40 | EK60 | V1626 |
| Dichte | g/cm ³ | 1,70 | 1,75 | 1,70 | 1,70 | 1,73 | 1,85 |
| Härte | Rockwell B HR _{5/100} | 105 | 105 | 105 | 95 | 80 | 90 |
| Biegefestigkeit | N/mm ² | 55 | 40 | 60 | 35 | 80 | 58 |
| Druckfestigkeit | N/mm ² | 155 | 100 | 180 | 100 | 120 | 150 |
| Elastizitätsmodul | GPa | 22 | 14 | 18 | 10 | 22 | 13 |
| Wärmeausdehnung (20 – 200 °C) | 10 ⁻⁶ K ⁻¹ | 3,0 | 5,0 | 4,1 | 4,5 | 11,0 ¹⁾ | 4,0 |
| Thermische Leitfähigkeit | Wm ⁻¹ K ⁻¹ | 12 | 13 | 14 | 25 | 6 | 73 |
| Thermische Beständigkeit in oxidierender Atmosphäre | °C | 350 | 350 | 350 | 500 | 180 ²⁾ | 600 |

¹⁾ von 20 – 150 °C ²⁾ Kurzzeitige maximale Anwendungstemperatur. Die physikalischen Daten können sich bei Dauerbelastung ändern.

Verschleißarm und langzeitstabil

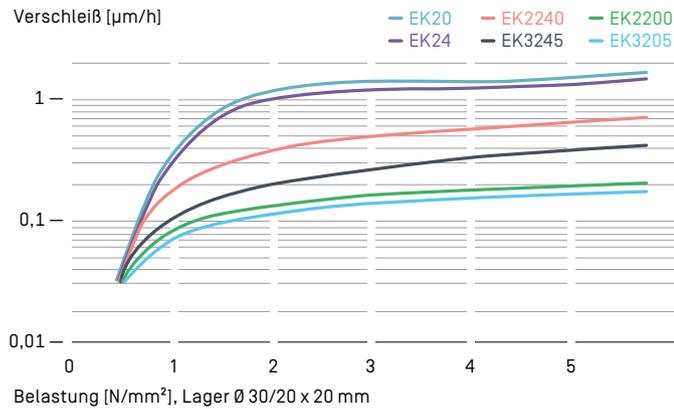
Unsere gesenkgepressten Kohlenstoffe und Graphite zeichnen sich durch geringen Materialverschleiß und entsprechende Lebensdauer aus. Dabei bieten wir eine Vielfalt von Sorten, mit der wir auf die unterschiedlichen Rahmenbedingungen reagieren können.

Anwendungskompetenz und Materialberatung

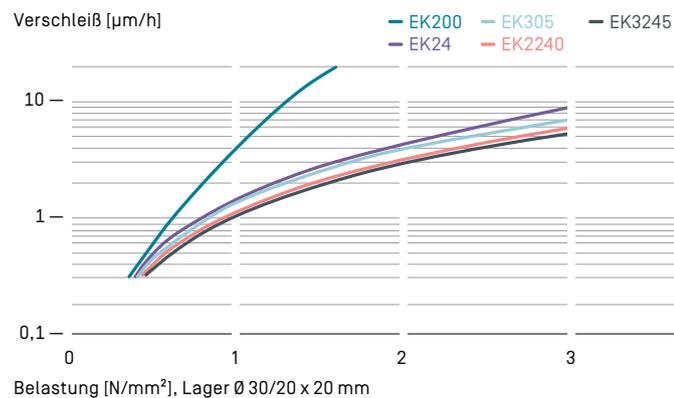
Zahlreiche Faktoren beeinflussen das Verschleißverhalten: Werkstoffpaarung, Gleitgeschwindigkeit, Belastung, Oberflächengüte der Laufflächen und die Betriebsbedingungen. Wir betrachten das tribologische System ganzheitlich und finden die Werkstofflösung, die am besten für Ihre spezifischen Anforderungen geeignet ist.

Große Vielfalt mit niedrigen Verschleißwerten

Verschleißverhalten einiger SIGRAFINE Materialsorten im Nasslauf

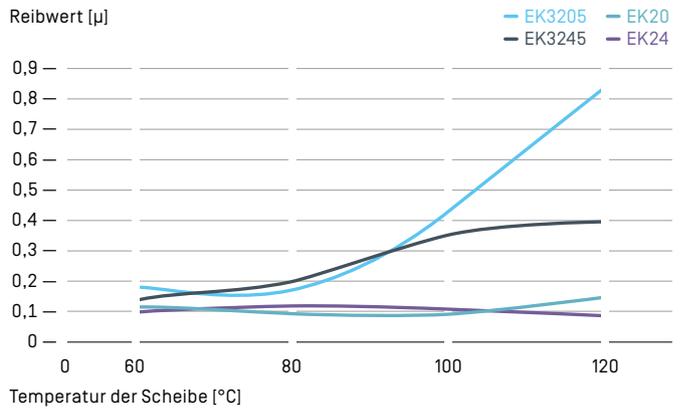


Verschleißverhalten einiger SIGRAFINE Materialsorten im Trockenlauf

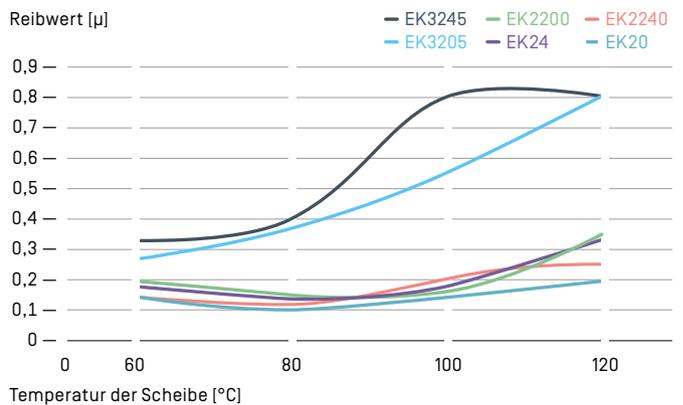


Vielfalt in der Reibwertentwicklung

Reibwert in Abhängigkeit der Temperatur bei SiC-Scheibe ($R_a = 0,2$)



Reibwert in Abhängigkeit der Temperatur bei Grauguss-20-Scheiben ($R_a = 0,3$)



Die Reibwerte wurden durch Stift-auf-Scheibe-Test ermittelt: bei 11 m/s, einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 36 % und 43 % und einer beheizten Scheibe.



↑Radiallager aus Kohlegraphit, hergestellt mit PTS-Technologie, für Unterwasserpumpen-Motoren.

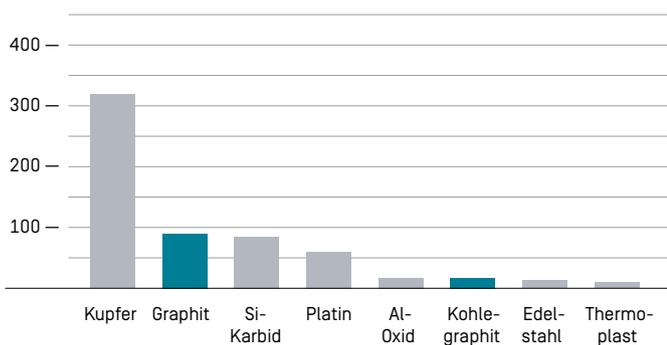
Wärmeleitfähigkeit – eine Schlüsseleigenschaft

SIGRAFINE Werkstoffe überzeugen auch in Sachen Wärmeleitfähigkeit. Diese ist bei Graphit meist ausgeprägter als bei den Umgebungskomponenten – das verhindert Überhitzung, vermeidet überhöhten Abrieb und verlängert die Lebensdauer des Systems.

Klar profiliertes Wärmeleitverhalten

Wärmeleitfähigkeit verschiedener Werkstoffe

Wärmeleitfähigkeit [Wm⁻¹K⁻¹]



Sicherheit durch Temperatur- und Thermoschockbeständigkeit

Von allen bekannten Werkstoffen hat Graphit die höchste Temperaturwechselbeständigkeit. Dank ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit tragen SIGRAFINE Werkstoffe aus Graphit und Kohlegraphit maßgeblich zur Prozesssicherheit bei.

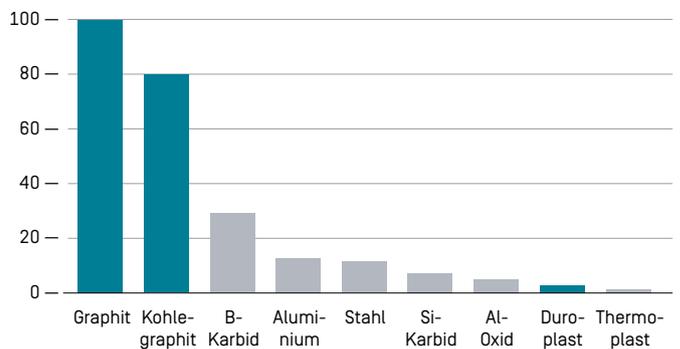
Einstellbares Ausdehnungsverhalten

Relevant ist auch eine gute physikalische Kompatibilität der eingesetzten Werkstoffe. Dazu ist es notwendig, dass sie den gleichen oder einen ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Durch gezielte Auswahl der Rezepturbestandteile können wir den Ausdehnungskoeffizient unserer SIGRAFINE Spezialgraphite auf die Werte des jeweiligen Partnermaterials gezielt einstellen.

Klare Spitzenreiter bei der Temperaturwechselbeständigkeit

Temperaturwechselbeständigkeit verschiedener Werkstoffe

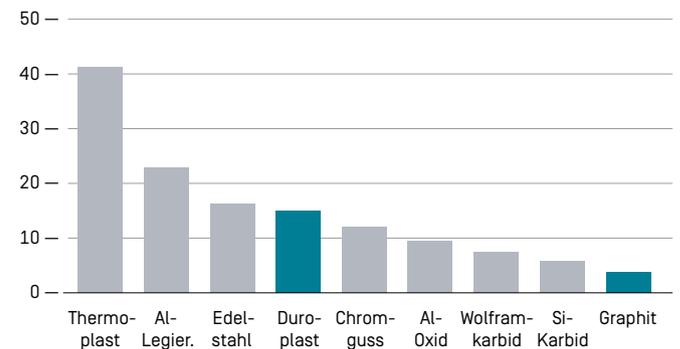
Temperaturwechselbeständigkeit [%]



Geringe Ausdehnung bei Hitze

Thermischer Ausdehnungskoeffizient verschiedener Materialien

Thermischer Ausdehnungskoeffizient [10⁻⁶ K⁻¹]



Gegenlaufpartner und Konstruktion

Durch die Wahl der passenden SIGRAFINE Sorte und Imprägnierung und durch adäquate Konstruktion wird eine optimale Systemleistung erreicht.



Gegenlaufpartner

Für Nass- und Trockenlauf

Unsere SIGRAFINE Werkstoffe eignen sich sowohl für den Nass- und Trockenlauf als auch für Mischreibung. Beim Trockenlauf sind die Anforderungen an die Oberflächengüte höher als beim Nasslauf, denn hier wirkt der Flüssigkeitsfilm ausgleichend und reibungsmindernd – selbst bei hydrodynamisch sehr ungünstigen Medien wie Wasser oder Benzin.

Individuell einstellbar für maximale Leistung

Die Wahl der Werkstoffsorte und Imprägnierung richtet sich nach dem Material des Gegenlaufpartners. Das minimiert den Verschleiß und steigert die Kosteneffizienz. So lässt sich z.B. der thermische Ausdehnungskoeffizient bei der Materialherstellung gezielt steuern, um Komponenten aus SIGRAFINE optimal auf den Gegenlaufpartner abzustimmen.

Wir beraten Sie

Auf unser umfassendes Know-how können Sie sich verlassen. Mit anwendungsspezifischer Materialberatung im Vorfeld helfen wir Ihnen, eine perfekte Passung der Partner zu erreichen und dadurch die Systemleistung signifikant zu erhöhen.



↑ Segment aus Kohlegraphit zur Maschinensteuerung.

Oberflächengüte metallischer Gegenlaufpartner

| | v < 0,5 m/s | v < 1 m/s | v < 3 m/s |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Belastung | p < 0,1 N/mm ² | p < 0,2 N/mm ² | p < 0,3 N/mm ² |
| Rz µm | ≈ 1 | 0,5 ... 0,8 | < 0,5 |

Empfohlene Gegenlaufpartner

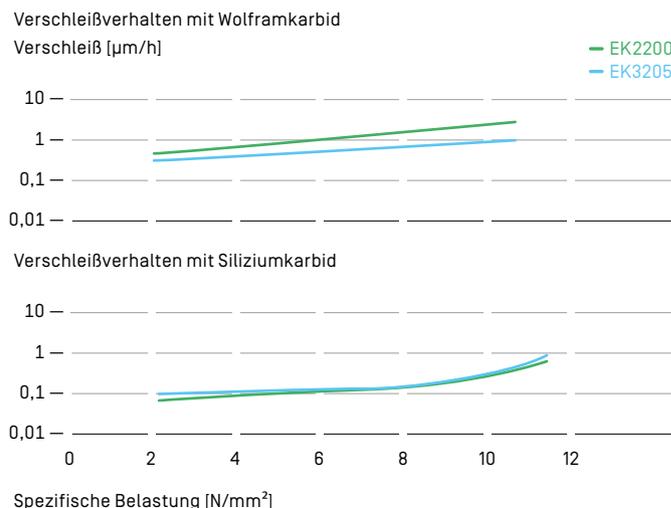
SIGRAFINE ist als Gegenlaufpartner besonders geeignet für harte Werkstoffe wie:

- Grauguss
- Stahl (hart), legiert und unlegiert sowie nitriert
- Hartmetall
- Aluminiumoxid
- Siliziumkarbid
- Glas
- DLC¹⁾-beschichtete Werkstoffe

Bedingt geeignet ist SIGRAFINE beispielsweise für weichen Stahl (legiert und unlegiert), Leichtmetall-Legierungen, Verchromte Werkstoffe, Buntmetall und Kohlenstoffwerkstoffe.

¹⁾ DLC = Diamond-Like-Carbon

Verschleißverhalten in Abhängigkeit vom Gleitpartner



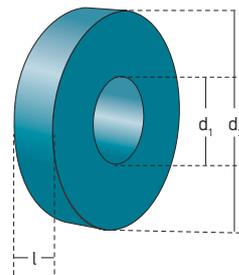
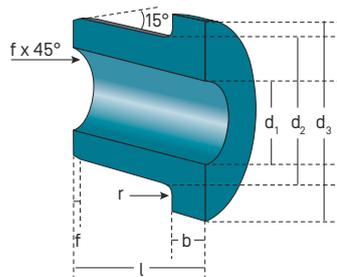
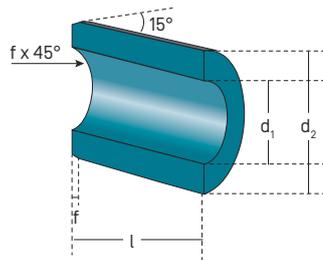
Verschleißverhalten bei Gleitpartnern aus karbidischen Werkstoffen, konstanter Gleitgeschwindigkeit von 9 m/s und steigender Belastung.

Bewährte Konstruktionen für mehr Sicherheit

Die folgenden Empfehlungen für Konstruktion und Berechnung basieren auf langjähriger Projekt- und Anwendungserfahrung. Unsere Ausführungsempfehlungen haben sich über die Jahre bewährt und helfen dabei, größtmögliche Prozesssicherheit zu erzielen, u.a. durch Minimierung des Bruchrisikos der Lager.



↑ Axiallager aus Kohlegraphit für Unterwassermotoren-Pumpen.



- d_1 = Lagerbohrung (mm)
- d_2 = Lageraußendurchmesser (mm)
- d_3 = Bunnndurchmesser (mm)
- s = Lagerwanddicke (mm)
- l = Lagerlänge bzw. -höhe (mm)
- F = Radial- oder Axiallast (N)
- p = Spez. Radial- oder Axiallast (N/mm²)
- b = Bunnndicke (mm)
- v = Gleitgeschwindigkeit (m/s)
- f = Kantenbruch (mm)

Einbauhinweise

| Montage durch | Empfohlene ISO-Toleranzfelder | | Max. Betriebstemperatur °C | |
|---------------|--|-----------|----------------------------|-----------------------|
| | d_1 | d_2 | | Gehäusebohrung |
| Kaltpresssitz | vor F7 nach H7 ... H8 | s6 | H7 | ca. 150 ¹⁾ |
| Schrumpfsitz | vor D8 nach E8 ... E9 ²⁾ | x8 ... z8 | H7 | ca. 300 ³⁾ |

¹⁾ Für Gehäusewerkstoffe mit thermischer Ausdehnung $\alpha > 12 \times 10^{-6}/K$ liegt die maximal zulässige Betriebstemperatur entsprechend niedriger. Zum Einpressen wird ein abgesetzter Dorn mit einer Toleranz h5 verwendet.

²⁾ Wir empfehlen, die Lagerbohrung nach dem Einschrumpfen auf Maß zu fertigen.

³⁾ Für höhere Temperaturen und Gehäusewerkstoffe mit thermischer Ausdehnung $\alpha > 12 \times 10^{-6}/K$ sind nach Rücksprache Sondertoleranzen und/oder Arretierungen vorzusehen.

Berechnungsrichtlinien und ergänzende Informationen

Zylinderlager und Bundlager – Berechnungsrichtlinien und ergänzende Informationen

| Trockenlauf und Mischreibung | | | |
|--|--|---|--|
| Lagerabmessung | $v \text{ (m/s)} \leq 1$ | projizierte Lagerfläche | $l \times d_1 \geq \frac{F}{0,3 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$ $l \leq 2 d_1$ |
| | $v \text{ (m/s)} \leq 0,1$ | projizierte Lagerfläche | $l \times d_1 \geq \frac{F}{1,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$ $l \leq 2 d_1$ |
| Lagerspiel | 0,3 ... 0,5 % | vom Wellendurchmesser bei Betriebstemperatur (Warmspiel) | |
| | 0,3 ... 0,5 % | vom Wellendurchmesser bei Betriebstemperatur (Kaltspiel) falls in ein Metallgehäuse eingeschrumpft | |
| Reibungskoeffizient | 0,10 ... 0,15 | für Mischreibung | |
| | 0,15 ... 0,25 | für Trockenlauf | |
| Naslauf | | | |
| Lagerabmessung ¹⁾ | $v \text{ (m/s)} \leq 20$ | projizierte Lagerfläche | $l \times d_1 \geq \frac{F}{0,3 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$ $l \leq 2 d_1$ |
| | $v \text{ (m/s)} \leq 15$ | projizierte Lagerfläche | $l \times d_1 \geq \frac{F}{0,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$ $l \leq 2 d_1$ |
| Lagerspiel ¹⁾ | 0,1 ... 0,3 % | vom Wellendurchmesser bei Betriebstemperatur (Warmspiel) | |
| | 0,1 ... 0,3 % | vom Wellendurchmesser bei Betriebstemperatur (Kaltspiel) falls in ein Metallgehäuse eingeschrumpft | |
| Reibungskoeffizient | 0,01 ... 0,05 | | |
| ¹⁾ Die Gesetze der Hydrodynamik sind zu beachten. | | | |
| Informationen für Nass- und Trockenlauf | | | |
| Toleranzen | Außendurchmesser | IT 6/IT 7 | |
| | Bohrung | IT 7/IT 8 | |
| Oberflächengüte | Außendurchmesser | Ra = 6,3 µm ... 3,2 µm | |
| | Bohrung | Ra = 3,2 µm ... 0,8 µm | |
| Gestaltung | Lager nicht auf Zug, Scheren oder Biegen beanspruchen | | |
| Einbau | Kaltpresssitz, Schrumpfsitz, Kleben | | |
| Gegenlaufpartner (Oberflächengüte) | In der Regel harte Werkstoffe, z. B. HRC > 50, Rz = 0,5 ... 0,8 µm | | |

Axiallager – Berechnungsrichtlinien und ergänzende Informationen

| | Trockenlauf und Mischreibung | | Naslauf | |
|------------------------------------|--|--|------------------------------------|--|
| Lagerfläche A (mm ²) | $v \text{ (m/s)} \leq 1$ | $A \geq \frac{F}{0,3 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$ | $v \text{ (m/s)} \leq 20$ | $A \geq \frac{F}{1,0 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$ |
| Reibungskoeffizient | 0,1 ... 0,25 | | 0,01 ... 0,05 | |
| Oberflächengüte | Gleitfläche feinstgeschliffen bis poliert | | Gleitfläche poliert | |
| Gestaltung | ein- oder mehrteilig | | ein- oder mehrteilig, Schmiernuten | |
| Einbau | Kaltpresssitz, Schrumpfsitz, Kleben, Schrauben und Formschluss | | | |
| Gegenlaufpartner (Oberflächengüte) | In der Regel harte Werkstoffe, z. B. HRC > 50; Rz = 0,5 ... 0,8 µm | | | |

Umsetzungsbeispiele

Beispiel: Axiallagerberechnung

Nasslauf

Lagerdimensionierung

Lagerbohrung $d_1 = 20 \text{ mm}$ (gegeben)

Lageraußen- \emptyset d_2 Durch Rückberechnung aus der benötigten Fläche

$$A = \frac{F}{1,0} = \frac{500}{1,0} = 500 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi (d_2^2 - d_1^2)}{4}$$

ergibt sich

$$d_2 = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi} + d_1^2}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{500 \times 4}{\pi} + 20^2}$$

$$d_2 = 32 \text{ mm}$$

Lageraußen- \emptyset

gewählt $d_2 = 35 \text{ mm}$

Lagerhöhe $l > 0,1 d_2$

gewählt $l = 5 \text{ mm}$

Gegebene Werte: Wellen- \emptyset 20 mm; Gleitgeschw. $v = 3 \text{ m/s}$; Belastung $F = 500 \text{ N}$; Medium Wasser; Temperatur 30°C

Beispiel: Zylinderlagerberechnung

Trockenlauf

Lagerdimensionierung

$$\text{Projizierte Lagerfläche} \quad l \times d_1 > \frac{F}{0,3} = \frac{150}{0,3} = 500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lagerbohrung} \quad d_1 > \frac{l}{2}$$

$$\text{gewählt} \quad d_1 = l$$

$$d_1 = \sqrt{500} = 22,36 \text{ mm}$$

$$\text{aufgerundet} \quad d_1 = 23 \text{ mm}$$

$$\text{Lagerlänge} \quad l = \frac{500}{23} = 21,7 \text{ mm}$$

$$\text{aufgerundet} \quad l = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Lageraußen-}\emptyset \quad d_2 = d_1 + 2s$$

$$s_{\min} = 0,15 \times d_1 = 3,45 \text{ mm}$$

$$23 + 2 \times 3,45 = 29,9 \text{ mm}$$

$$\text{aufgerundet} \quad d_2 = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Lagerabmessung} \quad \emptyset 30/23 \times 22 \text{ mm}$$

Lagerspiel

$$\text{Trockenlauf} \quad 0,3 \dots 0,5 \% \text{ vom Wellen-}\emptyset d$$

$$\text{Wellen-}\emptyset \quad d = 23 \text{ h6}$$

$$0,3 \% \times 23 = 0,069 \text{ mm}$$

$$\text{Lagerspiel (min.)} \quad \text{[werden zum Bohrungs-nennmaß addiert]}$$

Lagertoleranzen

$$\text{Lageraußen-}\emptyset \quad \text{gewählt s6 [Kaltpresssitz]}$$

$$\text{Lagerbohrung} \quad \text{gewählt F7}$$

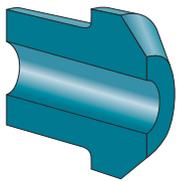
$$\text{Daraus ergibt sich:} \quad \emptyset 30 \text{ s6} / 23,069 \text{ F7} \times 22 \text{ mm}$$

Gegebene Werte: Gleitgeschw. $v = 0,5 \text{ m/s}$; Belastung $F = 150 \text{ N}$; Temperatur 60°C

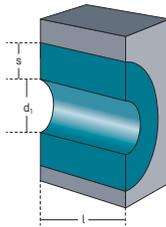


↑ Zylinderlager aus gesenkgepresstem Kohlenstoff.

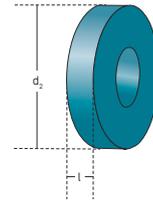
Weitere Konstruktionshinweise



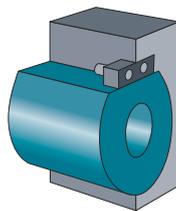
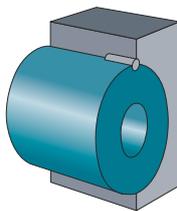
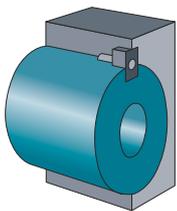
Scharfe Querschnittsübergänge innen und außen vermeiden. Scharfe Kanten brechen!



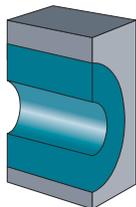
Zylinderstärke
 $l \leq 2d_1$
 $s = 0,15 \dots 0,2 \times d_1$;
 $s_{\min} = 3 \text{ mm}$



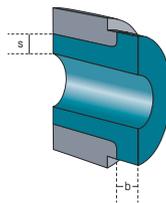
Höhe $l \geq 0,1 d_2$;
 möglichst nicht unter 3 mm



Verdrehsicherung außerhalb der Bohrung im unbelasteten Teil durch Blechlaschen oder mit glattem Stift. Stiftlöcher in Achsrichtung nur mit Fräser unter großer Sorgfalt herstellen, da sonst Bruchgefahr.



Zylinderlager nicht freitragend einbauen. Im Gehäuse oder durch zusätzliche Metallbüchse auf der ganzen Länge fassen.



Flanschstärke
 mindestens gleich Wandstärke;
 Übergangskante ausrunden;
 Anlagefläche für den Flansch bearbeiten; $b \geq s$



↑ Diverse Lager aus gesenkgepresstem Kohlenstoff.

Gemeinsam zum Erfolg

Wir stellen nicht einfach Produkte her, sondern bieten intelligente Lösungen mit nachhaltigem Nutzen für unsere Kunden an.

Aus der engen Zusammenarbeit und dem Verständnis der spezifischen Anforderungen entwickeln wir sowohl neue fortschrittliche Lösungen als auch Antworten auf konkreten Bedarf.

Auf diese Weise entstehen die meisten unserer Innovationen – wie zum Beispiel unsere kunstharzgebundenen Graphitwerkstoffe.





Rezept gegen Verschleiß

Die Langlebigkeit der Teile ist bei trockenlaufenden Kompressoren und Vakuumpumpen ein entscheidender Faktor für deren Wirtschaftlichkeit. Hier bieten unsere SIGRAFINE Trennschieber, Rotoren, Endscheiben und Gehäuse hervorragende Leistungen, die auf der selbstschmierenden Qualität von Graphit und seiner Stabilität basieren.

Die spezifischen Einsatzbedingungen bei einem unserer Kunden erforderten einen Werkstoff, der sich durch besonders niedrigen Verschleiß und zugleich besonders hoher Festigkeit auszeichnet. In enger Zusammenarbeit entwickelten wir durch Veränderung der Rezeptur eine neue Sorte unserer kunstharzgebundenen SIGRAFINE Spezialgraphite mit deutlich gesenktem Reibungskoeffizient und höheren Festigkeiten im Prozess.

Das neue Material reduziert die Verschleißraten von Trennschiebern in trockenlaufenden Kompressoren und Vakuumpumpen signifikant. Das verlängert die Lebensdauer der Aggregate erheblich – ein entscheidender Erfolgsfaktor.

Smart Solutions

Ob Materialien, Bauteile oder Fertigungsverfahren, wir stellen unsere Kunden in den Mittelpunkt unseres Denkens und Handelns und haben das große Ganze im Blick. Unsere Lösungen tragen die Zukunft bereits heute in sich.

Die folgenden Beispiele zeigen einen Ausschnitt unseres einzigartigen Leistungsspektrums.

Mobilität

- Leichtbaukomponenten und Strukturbauteile aus Faserverbundwerkstoffen für Automobil- und Flugzeugbau
- Graphitanodenmaterial für Lithium-Ionen-Batterien in Elektrofahrzeugen
- Carbon-Keramik-Bremsscheiben für Sportautos und Limousinen

Energie

- Hochtemperatur-Lösungen aus Spezialgraphiten und Fasermaterialien für die Photovoltaikindustrie
- Carbonfaser-Materialien für Rotorblätter
- Gasdiffusionslagen für Brennstoffzellen
- Systeme für effizienteren Wärmeaustausch und Wärmerückgewinnung
- Carbonfasern für Gasdruckbehälter

Digitalisierung

- Kohlenstoff-, Graphit-, CFC-Bauteile für Polysilizium und Einkristallziehen in der Halbleiterindustrie
- Hochpräzise, beschichtete Graphitträger zur Herstellung von LEDs

→ State of the Art-Grünfertigung mit der weltweit größten isostatischen Presse



SGL Carbon

Wir sind ein führendes Unternehmen für die Entwicklung und Herstellung von Produkten aus Kohlenstoff, Graphit, Carbonfasern und Faserverbundwerkstoffen. Als Partner unserer Kunden entwickeln wir gemeinsam mit diesen intelligente, richtungsweisende und nachhaltige Lösungen mit einem klaren und weitreichenden Nutzen.

Mit unserer tiefgreifenden Material-, Engineering- und Anwendungs-Kompetenz leisten wir einen wesentlichen Beitrag für die großen Zukunftsthemen unserer Zeit wie Mobilität, Energie und Digitalisierung.



Kontakt

Europa/Naher Osten/Afrika

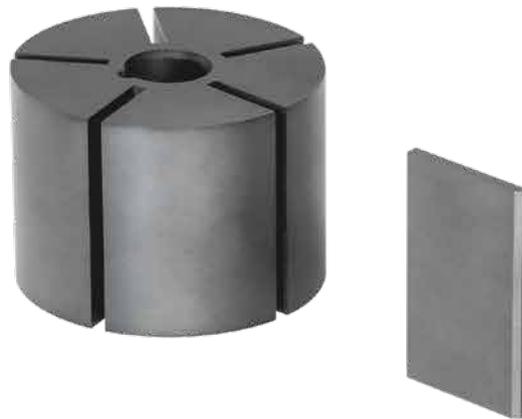
SGL CARBON GmbH
Drachenburgstraße 1
53170 Bonn/Germany
mechanical-europe@sglcarbon.com

Amerika

SGL CARBON LLC
900 Theresia Street
PE 15857 St. Marys/USA
mechanical-americas@sglcarbon.com

Asien/Pazifik

SGL CARBON Far East Ltd.
151 Huan Chen Dong Lu
Shanghai Fengpu Industrial Development Zone
201401 Fengxian/China
mechanical-asia@sglcarbon.com



® eingetragene Marken der SGL Carbon SE

Die Angaben in dieser Druckschrift entsprechen dem heutigen Stand unserer Kenntnisse und sollen über unsere Produkte und deren Anwendungsmöglichkeiten informieren. Sie haben somit nicht die Bedeutung, bestimmte Eigenschaften für einen konkreten Einsatzzweck zuzusichern. Etwaige bestehende gewerbliche Schutzrechte sind zu berücksichtigen. Eine einwandfreie Qualität gewährleisten wir im Rahmen unserer „Allgemeinen Verkaufsbedingungen“.

05 2018/1 E Printed in Germany



Graphite Materials & Systems
SGL CARBON GmbH
Söhnleinstraße 8
65201 Wiesbaden/Germany
www.sglcarbon.com/gms