



# Hybridlager

Hohe Zuverlässigkeit im Betrieb auch unter schwierigen Bedingungen





Hybridlager haben Ringe aus Wälzlagerstahl und Wälzkörper aus Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) in Wälzlagerqualität.

SKF Hybridlager sind in ihren Hauptabmessungen und Toleranzen mit vergleichbaren Ganzstahllagern identisch und können die Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit von Maschinen und Anlagen erheblich verbessern. Dies gilt besonders für Anwendungsfälle in denen Wälzlager sehr ungünstigen Betriebsbedingungen ausgesetzt sind, sei es durch Verschmutzung, Mangelschmierung, hohe Vibrationen/Stoßbelastungen oder elektrische Streuströme. Typische Anwendungsfälle sind:

- Pumpen
- Kompressoren
- Elektroantriebe
- Generatoren
- Getriebe
- Werkzeugmaschinen-spindeln

## Was sind nun die Vorteile von Keramikwälzkörpern?

Für Hybridlager kommt Siliziumnitrid zum Einsatz, ein keramischer Werkstoff mit einem gleichmäßigen und feinen Mikrogefüge hoher Reinheit und erstaunlich hoher Härte und Zähigkeit. Der Werkstoff hat elektrisch isolierende Eigenschaften und ist chemisch inert gepaart mit hervorragender Formbeständigkeit selbst unter hohen Betriebstemperaturen.

Diese Merkmale sorgen für eine überraschende Eignung als Wälzlagerwerkstoff.

### Eigenschaften und Vorteile

- **Elektrische Isolation**  
Siliziumnitrid ist ein ausgezeichneter elektrischer Isolator.
- **Hohe Drehzahleignung**
  - Geringe Dichte: Siliziumnitrid hat eine um 60% niedrigere Dichte als Stahl, die Wälzkörper sind somit erheblich leichter. Durch die niedrigeren Massenkräfte werden höhere Drehzahlen ermöglicht und das Lager hat ein besseres Beschleunigungs- und Verzögerungsverhalten.
  - Geringe Reibung: Der niedrigere Reibwert gibt Siliziumnitrid eine Reihe von Vorteilen gegenüber Ganzstahllagern: Höhere Verschleißfestigkeit, höhere Drehzahlen, niedrigere Betriebstemperaturen und höhere Gebrauchsdauer, sowie besseres Verhalten bei Mangelschmierung. Hybridlager können den Schmierstoff optimal nutzen, laufen leiser und erzeugen weniger Reibungswärme.
  - Höherer Elastizitätsmodul: Der Keramikwerkstoff hat einen um 50% höheren Elastizitätsmodul als Stahl. Dadurch erhöht sich bei Verwendung von Keramikwälzkörpern die Lagersteifigkeit.

- Niedriger Längenausdehnungskoeffizient: Die Wärmeausdehnung des Keramikwerkstoffs beträgt lediglich 29% der Ausdehnung von Stahl. Dadurch sind die Wälzkörper weniger empfindlich gegenüber Temperaturgradienten und die Betriebslagerluft kann sehr genau eingestellt werden.

- **Längere Lagergebrauchsdauer**

Hybridlager können die Lagergebrauchsdauer in Anwendungen verlängern, in denen Mangelschmierung aufgrund folgender Ursachen auftritt:

- hohe Temperaturen
- senkrechte Welle
- Außenringrotation
- Luftströme

Siliziumnitrid und Stahl sind eine ausgezeichnete Werkstoffkombination. Der Reibungsbeiwert zwischen Siliziumnitrid/Stahl ist niedriger als bei Stahl/Stahl. Zwischen Siliziumnitrid und Stahl wirkt nur eine geringe Haftung, erfolgt keine Kaltverschweißung und gibt es kein Anschmierisiko. Daher erzeugen Hybridlager auch bei sehr dünnem Schmierfilm weniger Reibungswärme.

- **Längere Fettgebrauchsdauer**

Hybridlager erzeugen weniger Reibungswärme als vergleichbare Ganzstahllager; das gilt insbesondere bei hohen Drehzahlen. Durch die niedrigen Betriebstemperaturen verlängern sich die Fettgebrauchsdauer und die Nachschmierfristen. Je nach Anwendungsfall und Betriebsbedingungen kann sich die Fettgebrauchsdauer verdoppeln (unter bestimmten Bedingungen sogar verzehnfachen).

- **Beständigkeit gegen Verschleiß aufgrund von Verunreinigung**

Siliziumnitrid ist ein sehr hartes Material. Es ist härter als die meisten Verunreinigungen denen Lager in der Praxis ausgesetzt sind. Die Keramikwälzkörper „zermahnen“ daher die Schmutzpartikel oder drücken sie in die Stahllaufbahn. Das führt kurzzeitig zu Eindrückungen welche jedoch schnell vom nachfolgenden Wälzkörper überrollt und wieder abgeflacht werden.

### Vergleich der Werkstoffeigenschaften

Werkstoffeigenschaften	Wälzlagerstahl	Siliziumnitrid in Wälzlagerqualität
Druckfestigkeit [MPa]	~2 300	3 000
Zugfestigkeit [MPa]	~1 900	800
Elastizitätsmodul [kN/mm <sup>2</sup> ]	210	310
Härte HV10 [kg/mm <sup>2</sup> ]	700	1 600
Elektrischer Widerstand [ $\Omega\text{m}$ ]	$0,4 \times 10^{-6}$ (Leiter)	$10^{12}$ (Isolator)
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	7,9	3,2
Längenausdehnungskoeffizient [ $10^{-6}/\text{K}$ ]	11,7	3



- **Beständigkeit gegen Verschleiß aufgrund von Schwingungen**

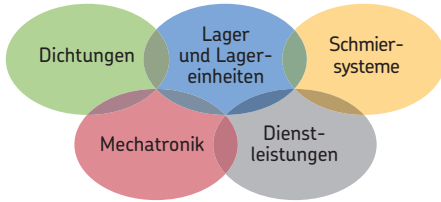
Wälzkörper aus Siliziumnitrid auf Stahllaufbahnen weisen eine hohe Festigkeit gegen korrosionsbedingten Verschleiß auf und sind beständig gegen Stillstandsschwingungen und die dadurch verursachten Stillstandsmarken.



Die untenstehende Tabelle gibt eine Übersicht über Branchen und Anwendungsfälle, in denen Hybridlager oft zum Einsatz kommen.

Industriebranche	Verhindert Stromdurchgang	Ermöglicht höhere Drehzahlen	Längere Lager- und Fettgebrauchsdauer und Instandhaltungsintervalle	Beständigkeit gegen Verschleiß aufgrund fester Schmutzpartikel	Beständigkeit gegen Verschleiß aufgrund von Schwingungen (keine Stillstandsmarken)	Korrosionsfestigkeit*
<b>Schienenfahrzeuge</b>						
Fahrmotoren	X	X	X		X	
<b>Off-Highway</b>						
Fahrmotoren	X		X			
<b>Rennsport</b>						
Getriebe		X	X	X	X	
Motoren		X	X	X	X	
Radlager					X	
<b>Elektrotechnik</b>						
Elektromotoren	X	X	X		X	
<b>Elektrofahrzeuge</b>						
Elektromotoren	X	X	X		X	
<b>Werkzeugmaschinen</b>						
Spindeln		X	X			
<b>Windenergie</b>						
Generatoren	X		X		X	
<b>Öl- und Gas, Kohlenwasserstoffverarbeitung, Strömungsmaschinen</b>						
Ölgeflutete Schraubenverdichter		X	X	X		X
Tiefseepumpen		X	X	X		X
Kryogenische Pumpen	X		X	X		X
Prozessgeschmierte Elektroantriebe	X		X	X		X
Polyäthylen-Reaktoren			X	X		X

\* In Kombination mit Wälzlagergehäusen aus stickstoffreichem, extrem zähem, rostfreiem Edstahl.



### The Power of Knowledge Engineering

In der über einhundertjährigen Firmengeschichte hat sich SKF auf fünf Kompetenzplattformen und ein breites Anwendungswissen spezialisiert. Auf dieser Basis liefern wir weltweit innovative Lösungen an Erstausrüster und sonstige Hersteller in praktisch allen Industriebranchen. Unsere fünf Kompetenzplattformen sind: Lager und Lagereinheiten, Dichtungen, Schmier-systeme, Mechatronik (verknüpft mechanische und elektronische Komponenten, um die Leistungsfähigkeit klassischer Systeme zu verbessern) sowie umfassende Dienstleistungen, von 3-D Computersimulationen über moderne Zustandsüberwachungssysteme für hohe Zuverlässigkeit bis hin zum Anlagenmanagement. SKF ist ein weltweit führendes Unternehmen und garantiert ihren Kunden einheitliche Qualitätsstandards und globale Produktverfügbarkeit.

© SKF ist eine eingetragene Marke der SKF Gruppe.

© SKF Gruppe 2012

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen schriftlichen Genehmigung gestattet. Die Angaben in dieser Druckschrift wurden mit größter Sorgfalt auf ihre Richtigkeit hin überprüft. Trotzdem kann keine Haftung für Verluste oder Schäden irgendwelcher Art übernommen werden, die sich mittelbar oder unmittelbar aus der Verwendung der hier enthaltenen Informationen ergeben.

PUB BU/S9 12507 DE · Juli 2012

Bestimmte Aufnahmen mit freundlicher Genehmigung von Shutterstock.com

