

SCHAEFFLER



Stromisolierende Lager

Wälzlager zur Vermeidung
von Stromdurchgangsschäden

FAG

Vorwort

Stromdurchgangsschäden und ihre Folgen

Stromdurchgang kann auftreten beim Einsatz von Wälzlagern in:

- Radsätzen und Fahrmotoren (Schienenfahrzeuge)
- Gleich- und Wechselstrommotoren (Antriebstechnik)
- Generatoren (Windenergie).

Dieser führt unter ungünstigen Bedingungen zu Schäden an Laufbahnen und Wälzkörpern sowie zur Zersetzung des Schmiermittels und damit zum vorzeitigen und unerwarteten Ausfall eines Motors oder Generators. Neben dem Instandsetzungsaufwand bedeutet dies zusätzliche Kosten durch den Maschinen- beziehungsweise Produktionsausfall.

Wesentlich wirtschaftlicher ist es, schon bei der Planung den Einsatz von elektrisch isolierenden Lagern vorzusehen. Damit steigt durch reduzierte Wartungskosten und eine höhere Maschinenverfügbarkeit der Kundennutzen.

Meist reicht es aus, den Stromkreis zwischen Gehäuse und Welle zu unterbrechen, um, je nach Einbaufall, an einer oder an beiden Lagerstellen stromisolierende Lager einzusetzen, *Bild 1*.



Bild 1
Anwendungsbeispiele

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Merkmale	
Stromisolierende Lager als Prävention	4
Konstruktions- und Sicherheitshinweise	
Typische Lagerschäden bei Stromdurchgang.....	6
Keramikbeschichtete Lager.....	8
Hybridlager	15
Anwendungsbeispiele	
Drehstrommotor.....	17
Radsatzlagerung	18
Fahrmotorlagerung.....	19
Windkraftgenerator	20

Stromisolierende Lager

Merkmale

Zu den stromisolierenden Lagern gehören alle Wälzlager, die gegen Stromdurchgang isolieren.

Beschichtete Lager, bei denen entweder der Innenring oder der Außenring mit einer Keramikbeschichtung versehen ist, sind stromisolierte Lager. Die Keramikschicht isoliert gegen Stromdurchgang.

Hybridlager, bei denen die Wälzkörper aus Keramik gefertigt sind, wirken auch stromisolierend. Hier verhindern die Wälzkörper den Stromdurchgang.

Stromisolierende Lager als Prävention

Generell ist es schwierig, die Ursachen für elektrische Spannungen am Wälzlager zu beseitigen. Dennoch können Lagerschäden vermieden werden, wenn es gelingt, den Stromfluss zu unterbinden oder deutlich zu reduzieren. Dafür stehen heute stromisolierende Wälzlager in vielen Ausführungen zur Verfügung. Welche Bauteile isoliert werden sollten, hängt von der Art der auftretenden Spannungen ab.

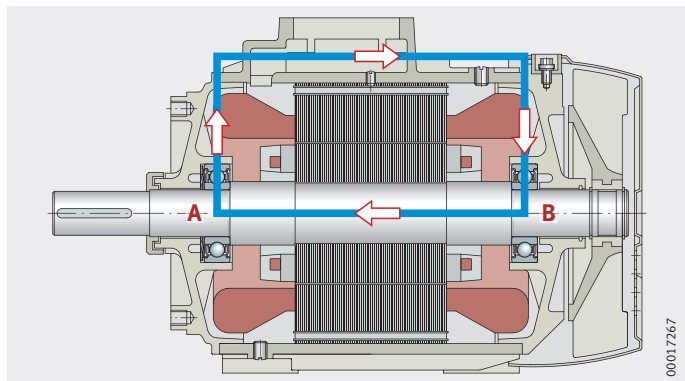
Induzierte Spannung längs der Welle

Eine induzierte Spannung längs der Welle führt zu einem Kreisstrom, der sich über Lager 1, Gehäuse und Lager 2 schließt, *Bild 1*.

Eine Ursache solcher Wellenspannungen ist häufig die asymmetrische Verteilung des Magnetflusses im Motor, speziell zu beobachten an Motoren mit einer geringen Zahl von Polpaaren. In diesem Fall reicht es aus, durch Isolation eines der beiden Lager den Stromfluss zu unterbrechen. In der Regel wird das Lager der Nichtantriebsseite isoliert.

A = Lager 1
B = Lager 2

Bild 1
Induzierte Spannung
längs der Welle



00017267

Spannung zwischen Welle und Gehäuse

Beim Auftreten einer Spannung zwischen Welle und Gehäuse fließen die Ströme in gleicher Richtung durch jedes der beiden Lager. Als Ursache kommt vor allem die Gleichtaktspannung von Umrichtern in Betracht. Hier ist zu empfehlen, dass beide Lager isoliert werden, *Bild 2*.

Entscheidend für die Wahl der Stromisolierung ist das Zeitverhalten der anliegenden Spannungen. Bei Gleichspannung und langsam veränderlicher Wechselspannung kommt es auf den ohmschen Widerstand, bei höherfrequenter Wechselspannung (im Umrichterbetrieb häufig zu beobachten!) auf den kapazitiven Widerstand des Lagers an.

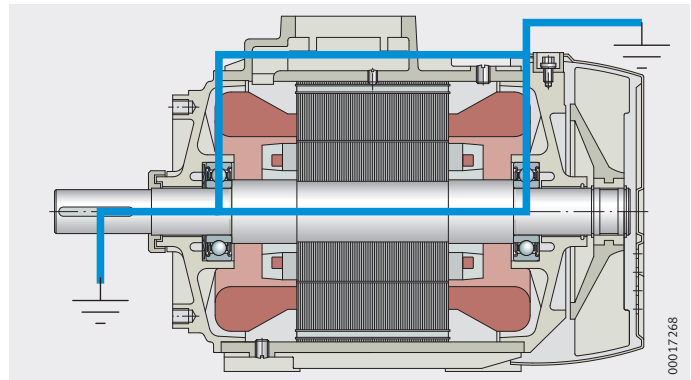


Bild 2
Spannung zwischen Welle und Gehäuse

Stromisolierende Lager

Konstruktions- und Sicherheitshinweise Typische Lagerschäden bei Stromdurchgang

Unabhängig davon, ob ein Lager einem Gleichstrom oder einem Wechselstrom (bis zu Frequenzen im MHz-Bereich) ausgesetzt war, treten stets dieselben Oberflächenveränderungen auf.

Spuren in Laufbahnen und an Wälzkörpern

Häufig sind gleichförmig matte und graue Spuren in den Laufbahnen und an den Wälzkörperoberflächen zu sehen. Dieses Erscheinungsbild ist unspezifisch und kann auch durch andere Einflüsse verursacht sein, zum Beispiel Schmieröl mit Abrasivstoffen, *Bild 3*.

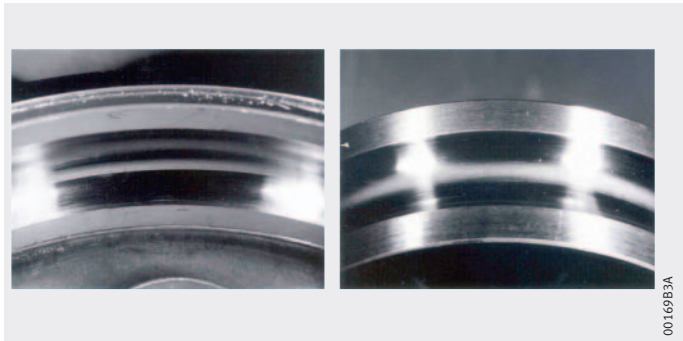


Bild 3
Spuren in Laufbahnen und
an Wälzkörpern

Riffelbildung

Die so genannten Riffel sind in Rollrichtung verlaufende, periodische Muster von Oberflächenbereichen unterschiedlicher Tiefe. Dieses Oberflächenmuster ist in den meisten Fällen auf Stromdurchgang zurückzuführen, *Bild 4*.

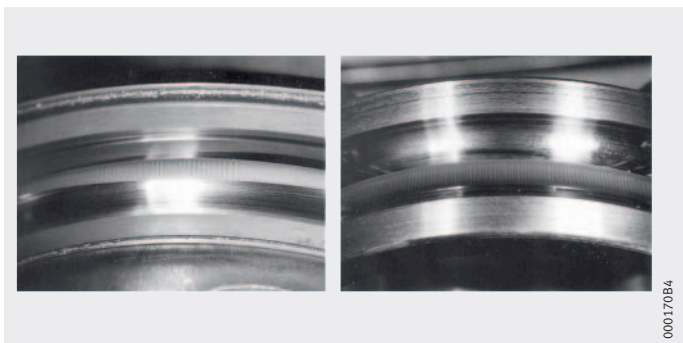


Bild 4
Riffel

Schadensstrukturen

Erst im Rasterelektronenmikroskop (REM) ist zu erkennen, dass beide Schadensstrukturen durch Schmelzkrater und Schweißperlen von μm -Größe charakterisiert sind, die dicht an dicht die überwälzten Oberflächen bedecken, *Bild 3* und *Bild 4*, Seite 6. Damit ist Stromdurchgang nachgewiesen, *Bild 5*.

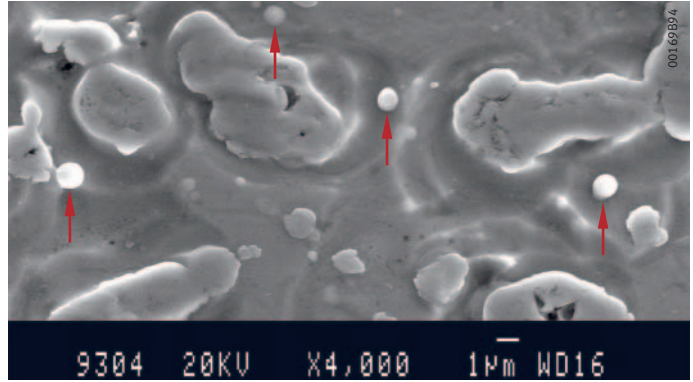


Bild 5
Schadensstrukturen unter dem
Rasterelektronenmikroskop (REM)

Entstehung von Lagerschäden

Die Schmelzkrater und Schweißperlen entstehen bei elektrischen Entladungen zwischen stets vorhandenen Mikrospitzen in Laufbahnen und Wälzkörperoberflächen. Bei voll ausgebildetem Schmierfilm durchschlägt der Funke diesen an einer Engstelle, wobei deren Fußpunkte kurzzeitig aufschmelzen.

Im Mischreibungsbereich (metallischer Kontakt) kommt es zu einer Verschmelzung der beteiligten Oberflächen, die aufgrund der Lagerrotation sofort wieder aufbricht. In beiden Fällen wird darüber hinaus Material aus den Oberflächen herausgelöst, das sofort zu Schmelzperlen erstarrt. Zum Teil gehen diese ins Schmiermittel über, zum Teil lagern sie sich auf den Metalloberflächen ab. Durch fortdauernde Überwälzung können Krater und Schmelzperlen abgeflacht und geglättet werden. Bei andauerndem Stromfluss werden die beteiligten (dünnen) Oberflächenschichten im Lauf der Zeit so vielfach umgeschmolzen.

Für die meisten Lagerausfälle ist jedoch die Riffelbildung verantwortlich, *Bild 4*, Seite 6. Zu diesen periodischen Strukturen in Laufbahnen und Rollen kommt es durch das Zusammenwirken von fortdauerndem Stromfluss und den Schwingungseigenschaften der Lagerkomponenten. Jeder hinreichend große Schmelzkrater regt bei der Überrollung den Wälzkörper zu einer radialen Bewegung an, deren Parameter von Innengeometrie, Drehzahl und Belastung des Lagers abhängen. Beim Zurückschwingen des Wälzkörpers verringert sich die Schmierfilmdicke, so dass in diesem Bereich vermehrt neue Stromübergänge stattfinden, ein sich selbst strukturierender Prozess ist angestoßen. Nach einiger Zeit kann die Laufbahn des Rings über ihren vollen Umfang mit Riffeln bedeckt sein. Sie führen zu weiter verstärkten Lagerschwingungen und schließlich zum Ausfall des Lagers.

Stromisolierende Lager

Als Beurteilungskriterium für die Gefährlichkeit von Stromdurchgang hat sich in der Praxis die rechnerische Stromdichte bewährt, also die effektive Stromstärke dividiert durch die gesamte Kontaktfläche der Wälzkörper mit dem Lagerinnen- beziehungsweise Lageraußenring. Diese hängt ab von der Lagertype und den Betriebsbedingungen. Bei Stromdichten mit effektiven Stromstärken unterhalb von etwa $0,1 \text{ A mm}^{-2}$ besteht nach heutigem Kenntnisstand keine Gefahr von Stromdurchgangsschäden. Bei effektiven Stromstärken um und über 1 A mm^{-2} ist dagegen häufig mit diesem Schadensbild zu rechnen.

Einfluss auf den Schmierstoff

Beim Stromdurchgang wird auch der Schmierstoff negativ beeinflusst. Das Grundöl und die Additive werden oxidiert und gecrackt. Dies lässt sich im Infrarotspektrum deutlich nachweisen. Durch das vorzeitige Altern und das Anreichern mit Eisenpartikeln verschlechtern sich die Schmiereigenschaften, was dazu führen kann, dass das Lager heiß läuft.

Keramikbeschichtete Lager

Keramikbeschichtete Lager sind Standardlager, bei denen der Innen- oder Außenring mit der Keramikbeschichtung Insutect versehen ist, *Bild 6* und *Bild 7*.

Bild 6
Keramikbeschichtetes
Rillenkugellager

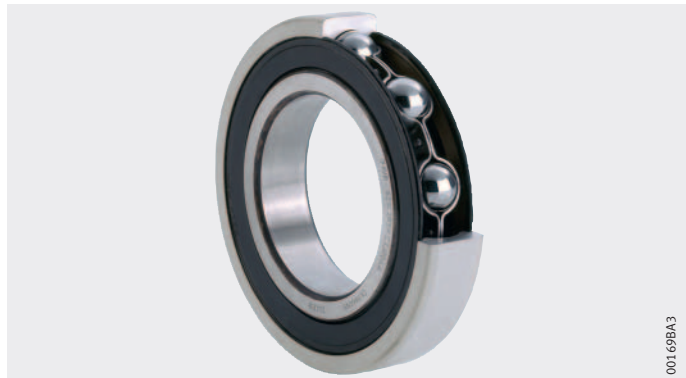
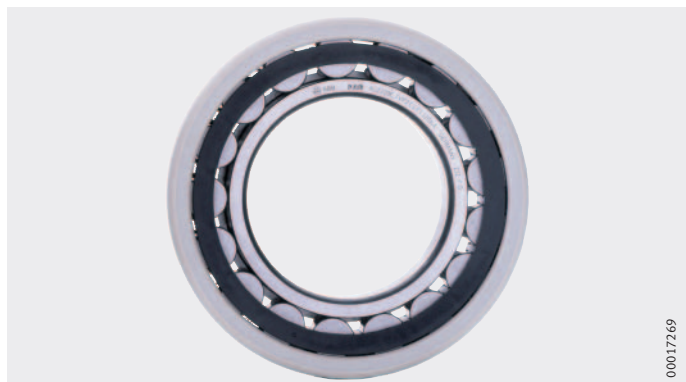


Bild 7
Keramikbeschichtetes
Zylinderrollenlager

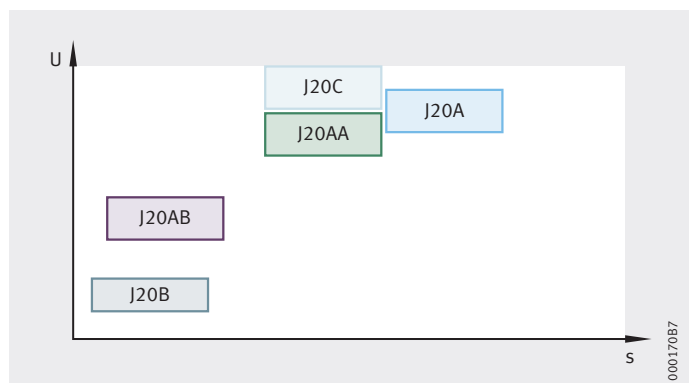


Insutect-beschichtete FAG-Lager besitzen folgende Vorteile:

- Hoher Isolationsschutz:
 - Die mit Oxidkeramik beschichteten Lager sind über das Suffix (J20) gekennzeichnet. Diese Schichten werden im Plasmaspritzverfahren auf die Lagerflächen aufgebracht, *Bild 9*, Seite 10. Die Oxidkeramikschrift ist sehr hart, verschleißfest und ein guter Wärmeleiter.
- Die Isolierung J20AB schützt hervorragend gegenüber Stromdurchgang durch induzierte Spannungen längs der Welle. Durch eine spezielle Versiegelung wirkt die J20AB-Beschichtung selbst in feuchter Umgebung isolierend.
- Die am Außenring aufgebrachte Isolierung J20AA ist doppelt so dick wie die J20AB-Schicht. Dadurch bietet sie einen Zusatz an Sicherheit auch bei hochfrequenten Strömen.
- Genauso stark wie die J20AA-Isolierung ist die Isolierung J20C. Allerdings ist hier der Innenring beschichtet. Aufgrund der kleineren beschichteten Oberfläche schützt sie noch besser gegen hochfrequente Ströme. Sie ist besonders geeignet bei Anwendungen mit hochfrequenten Strömen und drehendem Außenring.
- Die Insutect-Familie wird durch die Isolierungen J20B und J20A komplettiert, die in Sonderfällen eingesetzt werden, bei denen ein einfacherer Schutz (J20B) beziehungsweise ein spezieller Schutz vor allem bei großen Durchmessern (J20A) gefordert sind, *Bild 8*.
- Die Außenabmessungen der stromisolierten Wälzlager entsprechen den Abmessungen nach DIN 616 (ISO 15). Stromisolierte Lager sind also mit Standardlagern austauschbar.
- Erhältlich sind beschichtete Rillenkugellager ab Baureihe 62. Neben der offenen Ausführung sind die Varianten mit ein- oder beidseitiger Lippendichtung lieferbar. So kann der Anwender das for-life-geschmierte Lager noch länger nutzen. Daneben sind eine Reihe von Sonderformen möglich.

U = Durchschlagsspannung
s = Schichtstärke

Bild 8
Übersicht Beschichtungen



Stromisolierende Lager

Das Beschichtungsverfahren

Beim Plasmaspritzverfahren wird zwischen zwei Elektroden ein Lichtbogen erzeugt und eingeleitetes Edelgas ionisiert. Den dabei aufgebauten Plasmafreistrahle nutzt man als Trägerstrahl für das zugeführte Aluminiumoxidpulver. Dieses schmilzt und wird mit hoher Geschwindigkeit auf Außen- oder Innenring gespritzt, *Bild 9*. Die so aufgetragene Oxidschicht haftet ausgezeichnet auf dem Grundmaterial, das zuvor aufgeraut werden muss. Anschließend wird die Oxidschicht versiegelt.

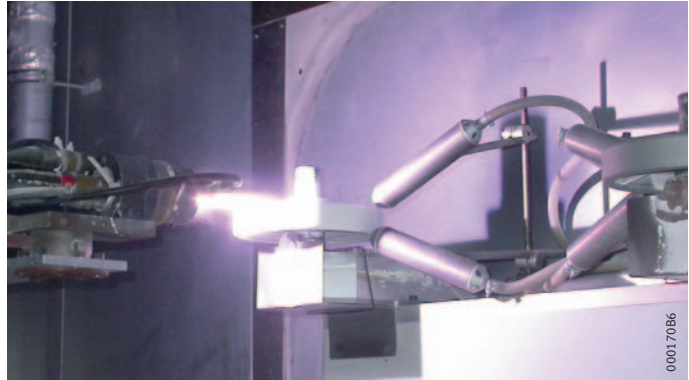


Bild 9
Plasmaspritzverfahren

Durchschlagsfestigkeit

Die Beschichtungen durchlaufen eine hundertprozentige Qualitätsprüfung und garantieren eine Durchschlagsfestigkeit von mindestens:

- J20AB als Isolierung bis 1 000 VDC
- J20AA, J20C als Isolierung bis 3 000 VDC
- J20B als Isolierung bis 500 VDC.

Unterhalb dieser Spannung lässt die Isolierschicht nur sehr geringe Stromflüsse durch das Lager zu.

Grundsätzlich kann ein stromisolierendes Lager als Parallelschaltung aus Widerstand und Kapazität aufgefasst werden, *Bild 10*. Für gute Isolierung sollte der ohmsche Widerstand möglichst hoch, die Kapazität möglichst niedrig sein.

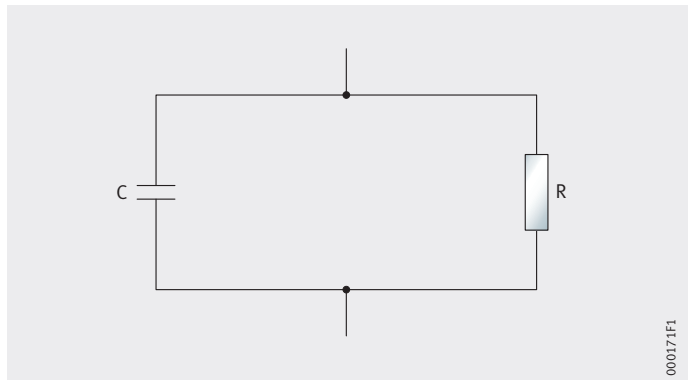


Bild 10
Parallelschaltung
Widerstand und Kapazität

Dabei sind zwei Mechanismen zu unterscheiden:

■ Gleichspannungswiderstand:

- Er beträgt bei Zimmertemperatur typisch 1 GΩ bis 10 GΩ, abhängig von der Lagergröße. Mit steigender Temperatur fällt er exponentiell ab, typisch um etwa 40% bis 50% pro 10 K. Dennoch wirkt auch bei Betriebstemperaturen von +60 °C oder +80 °C ein Widerstand von mehreren MΩ, was nach dem ohmschen Gesetz $I = U/R$ bei Spannungen bis 1000 V nur Ströme deutlich unter 1 mA bedingt, die für Lager unkritisch sind.

■ Wechsellspannungswiderstand:

- Die isolierte Einheit stellt eine Kapazität C dar, welche Ladungen akkumulieren kann. Unter dem Einfluss einer Wechsellspannung führt das zu einem Wechselstrom durch den direkten Kontakt zwischen Wälzkörper und Laufbahn. Für die Effektivwerte von Strom und Spannung gilt im Falle harmonischen Zeitverlaufs mit Kreisfrequenz ω die Formel $I = U \cdot \omega \cdot C$.
- Analog zum ohmschen Gesetz bezeichnet man $Z = 1/(\omega \cdot C)$ als kapazitiven Widerstand des Lagers. Die Kapazität eines Lagers mit Oxidkeramik beträgt typisch 2 nF bis 20 nF, je nach Lagergröße. Sein kapazitiver Widerstand liegt damit bei einer Frequenz von 50 Hz im Bereich 0,15 MΩ bis 1,5 MΩ, also deutlich niedriger als sein Gleichspannungswiderstand. Bei höheren Frequenzen geht dieser Wert weiter zurück. Er wird dennoch in den meisten Fällen deutlich höher sein als der Widerstand des nicht isolierten Lagers, der ab Spannungen von ungefähr 1 V nur sehr gering ist (1 Ω und weniger).

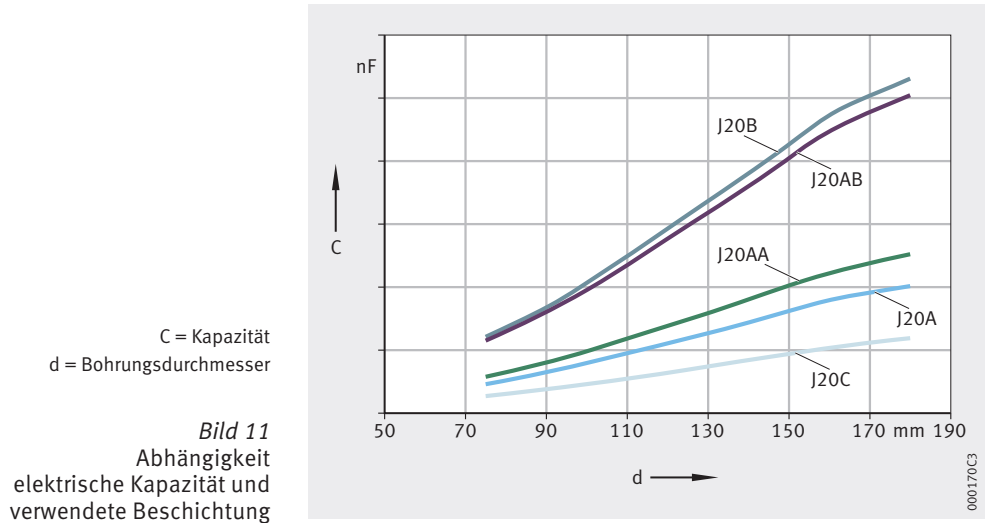
Bei gleicher Spannung und gleicher Frequenz bestimmt die Kapazität des Systems den Stromfluss. Eine hohe Schichtdicke s und eine geringe beschichtete Kontaktfläche A zum Lager führen zu einer niedrigen Kapazität und damit zu einer niedrigeren Stromdichte, siehe Gleichung.

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \left(\frac{A}{s} \right)$$

C	F
Kapazität der Lagerung	
ε_0	$FV^{-1}m^{-1}$
Dielektrizitätskonstante	
ε_r	$FV^{-1}m^{-1}$
Relative Dielektrizitätszahl, stoffabhängig	
A	m^2
Kontaktfläche zum Lager	
s	μm
Schichtdicke.	

Stromisolierende Lager

Die Abhängigkeit der elektrischen Kapazität eines Lagers von Innendurchmesser sowie verwendeter Beschichtung ist im Diagramm dargestellt, *Bild 11*.

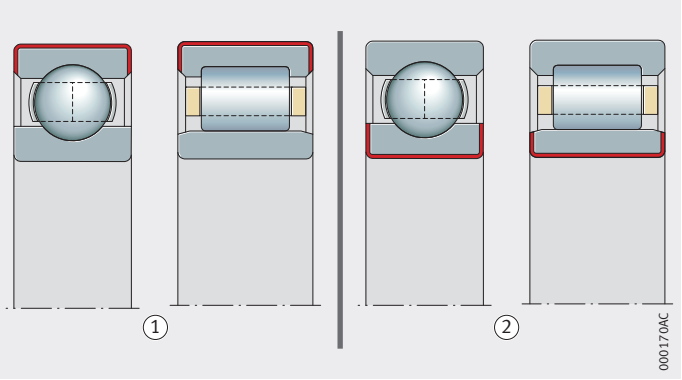


Beschichtungsarten und Größenbereiche

Die verschiedenen Beschichtungsarten der Lager sind im Querschnitt abgebildet, *Bild 12*. Die Kennwerte und Größenbereiche der Beschichtungsarten sind gegenübergestellt, siehe Tabelle.

- ① Außenbeschichtung J20B, J20B, J20AB, J20AA
- ② Innenbeschichtung J20C

Bild 12
Beschichtungsarten



Kennwerte Beschichtungsarten

Kennwert	J20AB	J20AA	J20C
Durchschlags- spannung	1 000 VDC	3 000 VDC	3 000 VDC
Einsatz- umgebung	trocken, feucht	trocken, feucht	trocken, feucht
Schichtdicke	100 µm	200 µm	200 µm
Mögliche Abmessungen	70 mm – 1 400 mm Außendurchmesser	70 mm – 500 mm Außendurchmesser	70 mm – 340 mm Innenringbohrung

Kennwerte Beschichtungsarten Fortsetzung

Kennwert	J20B	J20A
Durchschlags- spannung	500 VDC	1 000 VDC
Einsatz- umgebung	trocken	trocken
Schichtdicke	≤ 100 µm	> 300 µm
Mögliche Abmessungen	70 mm – 1 400 mm Außendurchmesser	70 mm – 1 400 mm Außendurchmesser ¹⁾

¹⁾ Bevorzugter Einsatz ab 500 mm Außendurchmesser.

Die Lagerflächen der zu beschichtenden Ringe müssen zylindrisch sein und dürfen nicht durch Schmierbohrungen oder Nuten unterbrochen sein.

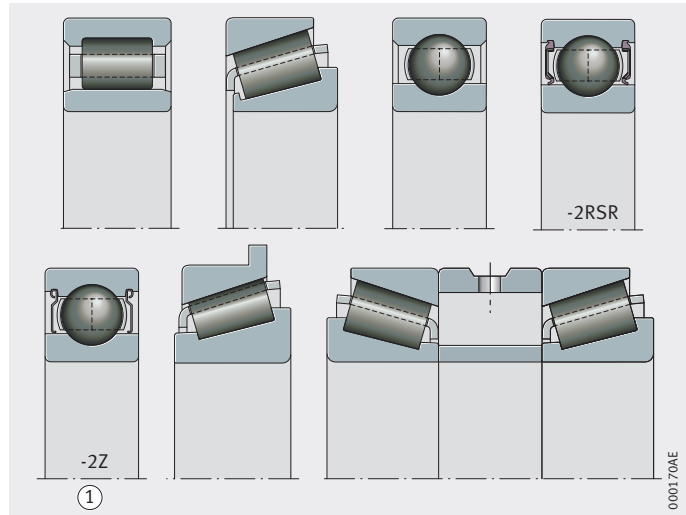
Stromisolierende Lager

Lagerausführungen
mit Keramikbeschichtung

Die verfügbaren Lagerausführungen mit Keramikbeschichtungen
sind im Querschnitt abgebildet, *Bild 13*.

① Nur mit J20C-Beschichtung

Bild 13
Lagerausführungen



Weitere Lagerausführungen können auf Anfrage beschichtet werden.

Bestellbeispiel	■ Rillenkugellager mit beschichtetem Außenring, beidseitig abgedichtet
	■ Radialluft C3
Bestellbezeichnung	6220-2RSR-J20AA-C3
Bestellbeispiel	■ Zylinderrollenlager mit beschichtetem Außenring
	■ Radialluft C4
Bestellbezeichnung	NU214-E-M1-F1-J20B-C4
Bestellbeispiel	■ Rillenkugellager mit beschichtetem Innenring
	■ Radialluft C3
Bestellbezeichnung	6220-2RSR-J20AA-C3

Hybridlager

Als Alternative zu den Insutect-Lagern bieten sich die FAG-Hybridlager an. Die Ringe der Hybridlager sind aus Wälzlagerstahl und die Wälzkörper sind aus Keramik gefertigt.

Die Hybridlager sind durch das Vorsetzzeichen HC gekennzeichnet.

Die Wälzkörper sind absolut verschleißfest und übernehmen die Funktion der Stromisolierung.

Hybridlager sind in der Ausführung als Kugellager und als Zylinderrollenlager lieferbar, *Bild 14* und *Bild 15*.

Bild 14
Hybrid-Kugellager

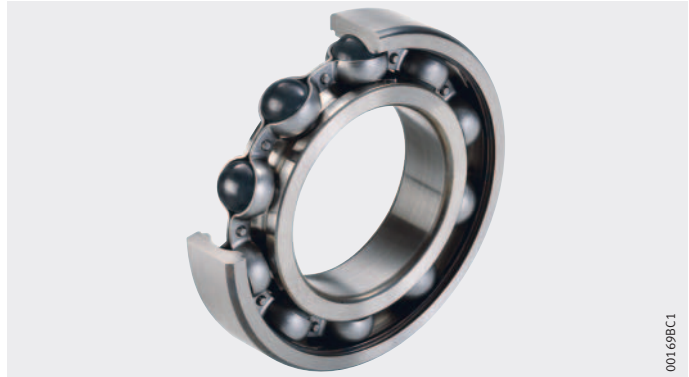
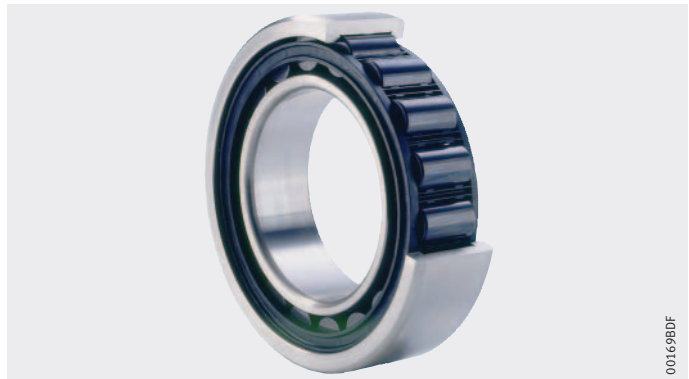


Bild 15
Hybrid-Zylinderrollenlager



Stromisolierende Lager

- Vorteile der Hybridlager**
- Hybridlager haben Vorteile gegenüber keramikbeschichteten Lagern:
- Hybridlager bieten höchsten Widerstand gegen Stromdurchgang. Ihr Gleichspannungswiderstand liegt auch bei höheren Temperaturen im GΩ-Bereich. Ein typischer Wert für die Kapazität liegt bei 40 pF und damit um den Faktor 100 niedriger als bei keramisch beschichteten Lagern.
 - Hybridlager ermöglichen höhere Drehzahlen bei geringerer Reibung und damit niedrigere Temperaturen im Betrieb.
 - Hybridlager verfügen über bessere Notlaufeigenschaften als Standardlager.

- Weitere Eigenschaften**
- Im Vergleich zu Stahlkugellagern besitzen Hybridkugellager:
- Identische dynamische Tragzahlen C_r
 - 30% niedrigere statische Tragzahlen C_{0r}
 - 20% höhere Grenzdrehzahlen n_G .
- Darüber hinaus bieten Hybridlager eine höhere Fettgebrauchsdauer als Standardlager mit for-life-Schmierung, siehe TPI WL 43-1210, FAG Hybrid-Rillenkugellager.
- Bei kleineren Wälzlager sind die Hybridausführungen wirtschaftlicher als keramisch beschichtete Lager.

- Bestellbeispiel**
- Rillenkugellager mit Keramikugeln
 - Messing-Massivkäfig
 - Erhöhte Genauigkeit P6
 - Lagerluft C3.

Bestellbezeichnung

HC6214-M-P6-C3

- Bestellbeispiel**
- Zylinderrollenlager mit Keramikrollen
 - Kegelige Bohrung
 - Messing-Massivkäfig
 - Erhöhte Genauigkeit SP.

Bestellbezeichnung

HCN1020-K-M1-SP

Werkstoffkennwerte von Keramik und Stahl

Keramik und Stahl besitzen unterschiedliche Werkstoffkennwerte. Werkstoffkennwerte siehe Tabelle.

Werkstoffkennwerte

Werkstoffkennwert	Einheit	Keramik (Siliziumnitrid Si_3N_4)	Stahl (100Cr6)
Spezifischer elektrischer Widerstand	$\Omega \cdot \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$	10^{17}	10^{-1}
Dichte	g/cm^3	3,2	7,8
Thermischer Ausdehnungskoeffizient	10^{-6}K^{-1}	3,2	11,5
E-Modul	MPa	315 000	210 000
Härte	HV 10	1 600 – 800	700 – 150

Drehstrommotor

In stromrichtungsgespeisten Drehstrommotoren werden Rillenkugellager mit J20AB-Beschichtung zur Vermeidung von Stromdurchgangsschäden eingesetzt.

Technische Daten

Kenngroße	Wert
Leistung	375 kW
Ausführung	vierpolig

Anforderung

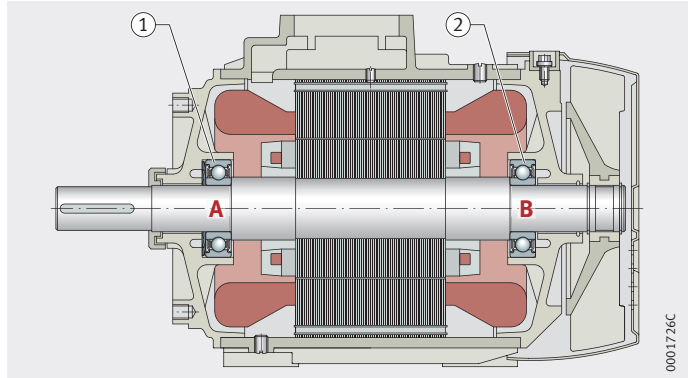
Vermeidung von Lagerschäden durch induzierte Spannung aufgrund von Stromdurchgang.

Konstruktionslösung

Auf der Belüftungsseite eines stromrichtergespeisten Drehstrommotors sind ein stromisoliertes Rillenkugellager FAG 6316-J20AB-C3 und auf der Antriebsseite ein Rillenkugellager FAG 6320-C3 eingebaut, *Bild 1*. Durch das stromisolierte Rillenkugellager erfolgt die Unterbrechung des Stromflusses, der durch die induzierte Spannung längs der Welle erzeugt wird. Beide Lager werden mit Fett geschmiert. Eine Nachschmiereinrichtung ist vorgesehen.

A = Antriebsseite
B = Lüfterseite

Bild 1
Drehstrommotor



Verwendete Produkte

- ① FAG 6320-C3
- ② FAG 6316-J20AB-C3

Radsatzlagerung

In Radsatzlagerungen von Niederflur-Gelenktriebwagen werden Kegelrollenlager mit J20B-Beschichtung zur Vermeidung von Stromdurchgangsschäden eingesetzt.

Technische Daten

Kenngroße	Wert
$v_{\max}$	70 km/h
Mittlerer Laufraddurchmesser	560 mm

Anforderung

Vermeidung von Lagerschäden durch induzierte Spannung aufgrund von Stromdurchgang.

Konstruktionslösung

Die Kegelrollenlager werden als Losradlager im Niederflur-Gelenktriebwagen eingesetzt, *Bild 1*.

In der Losradlagerung sind die Kegelrollenlager in O-Anordnung eingebaut:

- Außen Kegelrollenlager FAG 580065.30228-A-J20B
- Innen Kegelrollenlager FAG Z-803889.32224-A-J20B.

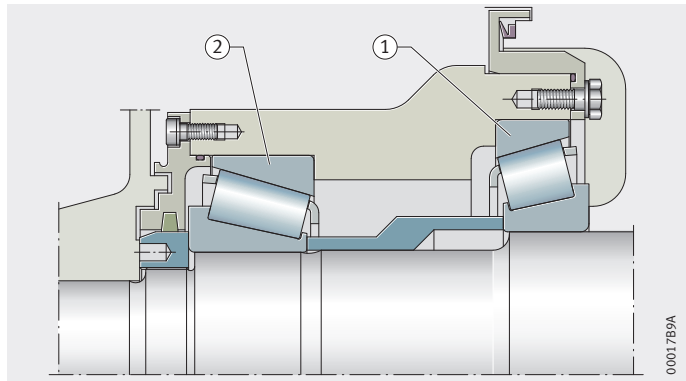


Bild 1
Radsatzlagerung

Verwendete Produkte

- ① FAG 580065.30228-A-J20B
- ② FAG Z-803889.32224-A-J20B

Fahrmotorlagerung eines elektrischen Triebwagens

In Drehstrommotoren mit einer Leistung von 500 kW werden Rillenkugellager und Zylinderrollenlager mit J20AA-Beschichtung zur Vermeidung von Stromdurchgangsschäden eingesetzt.

Anforderung

Vermeidung von Lagerschäden durch induzierte Spannung aufgrund von Stromdurchgang.

Konstruktionslösung

Im Drehstrommotor sind auf der Rotorwelle ein Rillenkugellager FAG 6316-J20AA-C3 (Lüfterseite) und ein Zylinderrollenlager FAG NU320-E-M1-F1-J20AA-C4 (Antriebsseite) eingebaut. Das Zylinderrollenlager ist wie das Rillenkugellager mit der Premiumschicht J20AA beschichtet, *Bild 1*.

Beide Lager werden mit Fett geschmiert und sind durch Labyrinthabdichtungen vor Schmutz und Umwelteinflüssen geschützt. Eine Nachschmiermöglichkeit (Nachschmiereinrichtung) ist vorhanden.

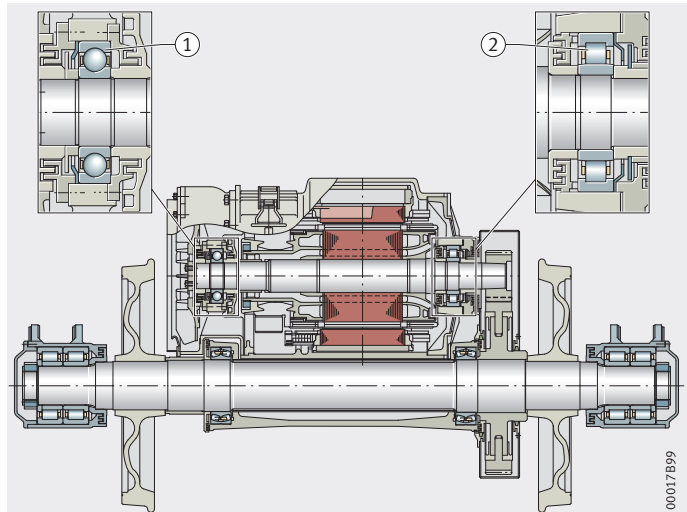


Bild 1
Fahrmotorlagerung

Verwendete Produkte

- ① FAG 6316-J20AA-C3
- ② FAG NU320-E-M1-F1-J20AA-C4

Windkraftgenerator

In Windkraftgeneratoren werden Rillenkugellager mit J20C-Beschichtung zur Vermeidung von Stromdurchgangsschäden eingesetzt.

Anforderung

Vermeidung von Lagerschäden durch induzierte Spannung aufgrund von Stromdurchgang.

Konstruktionslösung

Zwei Rillenkugellager FAG 6332-M-J20C-C3 sind in diesem Windkraftgenerator eingebaut. Aufgrund der Spannungsumformung würde ein hochfrequenter Strom über beide Lager fließen. Höchstmöglichen Schutz gegen den Stromdurchfluss bietet bei diesen Rillenkugellagern die 200- μm -Schicht auf dem Innenring, Bild 1.

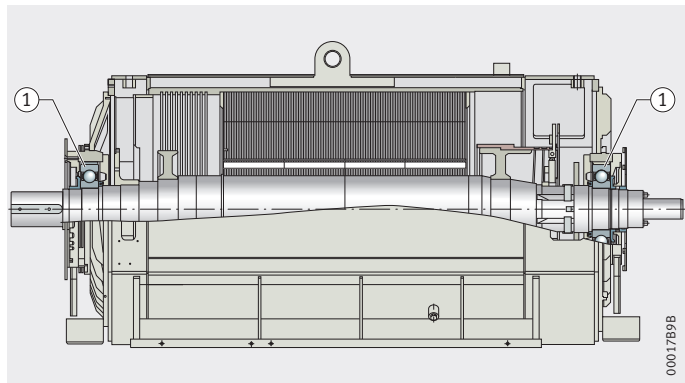


Bild 1
Windkraftgenerator

Verwendete Produkte

① FAG 6332-M-J20C-C3

**Schaeffler Technologies
AG & Co. KG**

Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt
Deutschland
Internet www.schaeffler.de
E-Mail info.de@schaeffler.com

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9721 91-0
Telefax +49 9721 91-3435

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt
und überprüft. Für eventuelle Fehler oder
Unvollständigkeiten können wir jedoch
keine Haftung übernehmen.
Technische Änderungen behalten wir
uns vor.

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG
Ausgabe: 2019, November

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit
unserer Genehmigung.

TPI 206 D-D