



## Stromisolierende Lager

Wälzlager zur Vermeidung von Stromdurchgangsschäden

Technische Produktinformation



# 1 Vorwort

Stromdurchgang kann beim Einsatz von Wälzlagern in folgenden Bereichen auftreten:

- Radsätzen, Getrieben und Fahrmotoren im Bereich Schienenfahrzeuge
- Gleichstrommotoren und Wechselstrommotoren im Bereich Antriebstechnik
- Generatoren im Bereich Windenergie

Stromdurchgang führt unter ungünstigen Bedingungen zu Schäden an Laufbahnen, Wälzkörpern und zur Zersetzung des Schmiermittels. Dadurch können Motoren und Generatoren vorzeitig und unerwartet ausfallen. Neben dem Instandsetzungsaufwand sind zusätzliche Kosten durch den Maschinenausfall oder kompletten Produktionsausfall die Folge.

Wirtschaftlicher ist es, elektrisch isolierende Lager bereits bei der Auslegung zu berücksichtigen. Reduzierte Wartungskosten und höhere Maschinenverfügbarkeit steigern den Kundennutzen.

Im Folgenden finden Sie anwendungsspezifische Empfehlungen sowie Information dazu, ob ein oder beide Lager isoliert werden sollten und welche Isolierung geeignet ist.

# Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort .....	3
2	Technische Grundlagen .....	5
2.1	Ursachen und Abhilfemaßnahmen von Wälzlagerströmen .....	5
2.2	Typische Lagerschäden bei Stromdurchgang .....	7
2.2.1	Spuren in Laufbahnen und an Wälzkörpern.....	7
2.2.2	Riffelbildung.....	7
2.2.3	Entstehung von Lagerschäden.....	8
2.2.4	Einfluss auf den Schmierstoff .....	8
3	Stromisolierende Wälzlager .....	9
3.1	Elektrisches Verhalten von Wälzlagern.....	9
3.1.1	Elektrisches Verhalten eines unbeschichteten Wälzlagers .....	9
3.1.2	Elektrisches Verhalten eines stromisolierenden Wälzlagers.....	9
3.2	Keramikbeschichtete Lager.....	11
3.2.1	Beschichtungsarten .....	11
3.2.2	Beschichtungsverfahren .....	12
3.2.3	Gesteigerte Isolationsperformance mit der neuen Beschichtung J20G .....	13
3.2.4	Beschichtungskennwerte.....	14
3.2.5	Lagerausführungen mit Keramikbeschichtungen.....	18
3.2.6	Bestellbeispiele.....	18
3.3	Hybridlager .....	20
3.4	Standard-Einsatzempfehlung .....	22

## 2 Technische Grundlagen

### 2.1 Ursachen und Abhilfemaßnahmen von Wälzlagerströmen

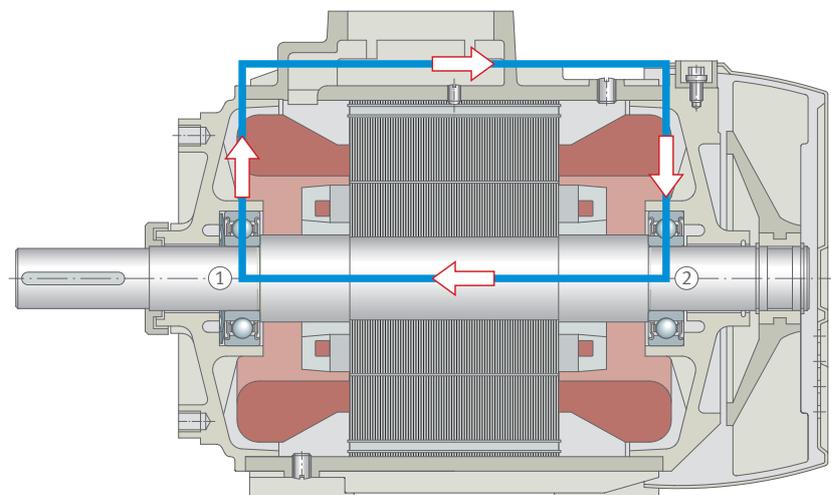
Abhängig von Motor, Frequenzumrichter und Betriebsbedingungen treten im Elektromotor hauptsächlich 3 verschiedene Arten von ungewollten elektrischen Strömen auf. Je nach Ursache oder Stromart werden auch die Abhilfemaßnahmen gewählt. Bewährt haben sich z. B. Ableitelemente, verbesserte Erdung und eine Isolation an den Wälzlagern.

#### Zirkularströme

Bei sehr großen Motoren oder Generatoren mit geringer Polzahl bedingen magnetische Asymmetrien eine niederfrequente Wellenspannung. Bei Motoren ab Achshöhe 100 mm, die mit Frequenzumrichtern betrieben werden, führen die hochfrequenten Ströme, die über die Nutisolation des Stators abfließen, zu einer hochfrequenten Wellenspannung.

Ohne isolierte Lager führen niederfrequente Wellenspannung und hochfrequente Wellenspannung zu den sogenannten Zirkularströmen. Eine effektive und einfach zu realisierende Abhilfemaßnahme stellen die Wälzlager von Schaeffler mit Keramikoxidbeschichtung (Insutect A) und die Hybridwälzlager dar. Besonders häufig wird für das Lager der Belüftungsseite ein mit Insutect A beschichtetes Wälzlager zur Isolation gewählt.

1 Induzierte Spannung längs der Welle



001A9C1A

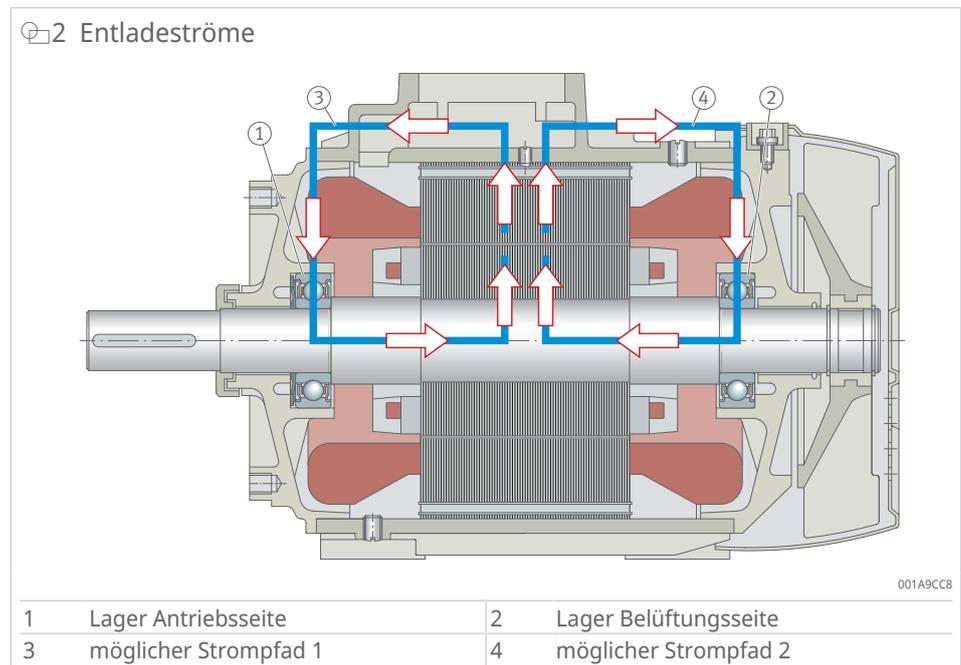
1 Lager Antriebsseite

2 Lager Belüftungsseite

#### Entladeströme (EDM)

Bei Elektromotoren, die mit Frequenzumrichtern betrieben werden, tritt ungewollt die sogenannte Gleichtaktspannung auf. Diese Spannung, die zwischen Welle und Gehäuse anliegt, kann insbesondere bei kleinen Elektromotoren bis Achshöhe 315 mm zu den sogenannten EDM-Strömen führen, die separat durch jedes der beiden Lager fließen können.

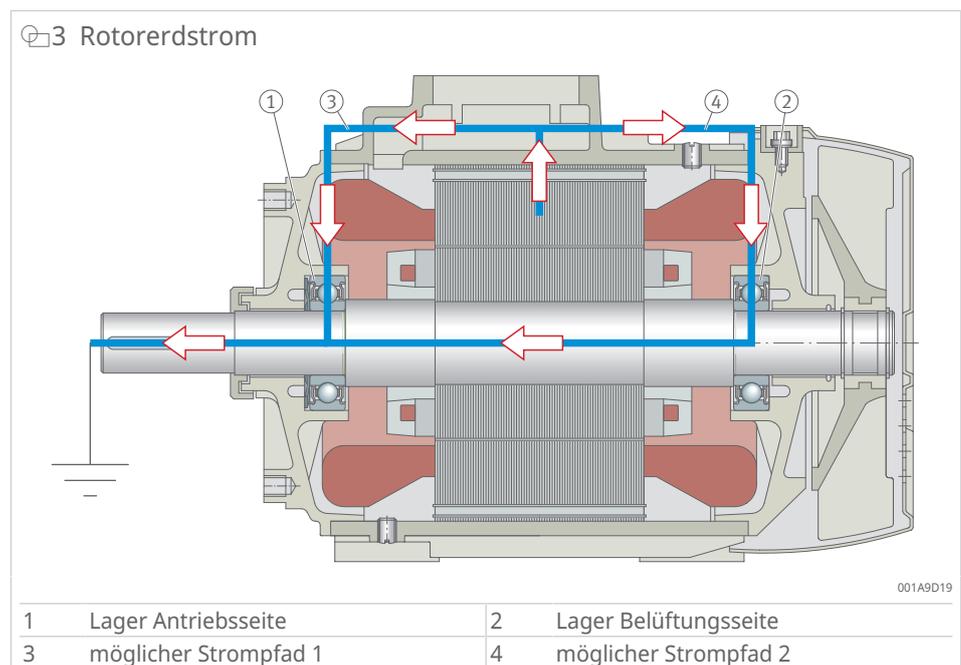
Als Abhilfemaßnahmen gegen EDM-Ströme haben sich 2 Hybridlager mit Wälzkörpern aus Keramik und/oder Ableitlösungen bewährt. Alternativ kann auch eine Insutect A-Beschichtung eine Lösung sein. Dabei muss eine geeignete Schichtstärke ausgewählt werden. Welche Lösung die bessere ist, hängt vom Motor sowie von den Umbauteilen ab.



### Rotorerdströme

Insbesondere bei größeren stationären elektrischen Maschinen kann bei schlechten Erdungsverhältnissen ein Strom auftreten, der ausgehend vom Gehäuse über die Lager zur Welle und über das angetriebene oder antreibende Aggregat fließt.

Als Abhilfemaßnahmen für diese Art der Ströme eignen sich z. B. eine Erdung, die sich für hochfrequente Ströme eignet, eine isolierte Kupplung oder die Isolation der Wälzlager auf der Antriebsseite und Belüftungsseite.



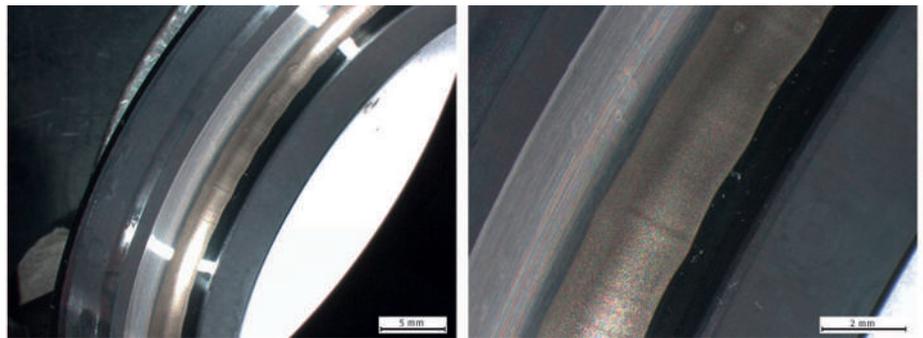
## 2.2 Typische Lagerschäden bei Stromdurchgang

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

### 2.2.1 Spuren in Laufbahnen und an Wälzkörpern

Häufig entstehen durch Stromdurchgang gleichförmig matte und graue Spuren in den Laufbahnen und an den Wälzkörperoberflächen. Auch andere Einflüsse können diese Spuren verursachen, z. B. mit Abrasivstoffen verunreinigter Schmierstoff.

4 Spuren in Laufbahnen

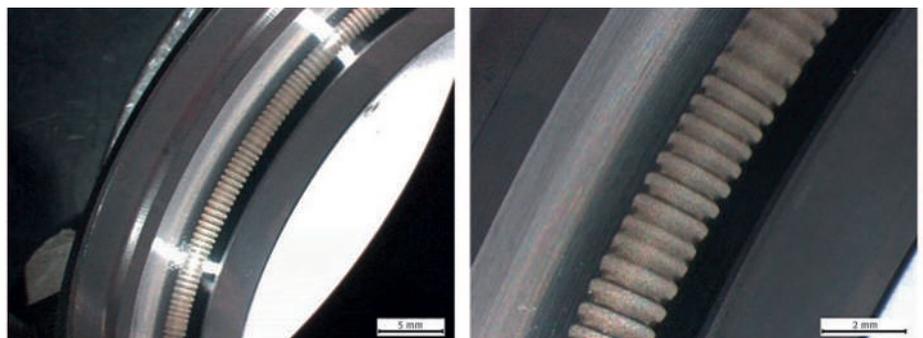


001A9DCC

### 2.2.2 Riffelbildung

Riffel sind periodische Muster von Oberflächenbereichen unterschiedlicher Tiefe, die in Rollrichtung verlaufen. Die Ursache von Riffeln ist oft Stromdurchgang.

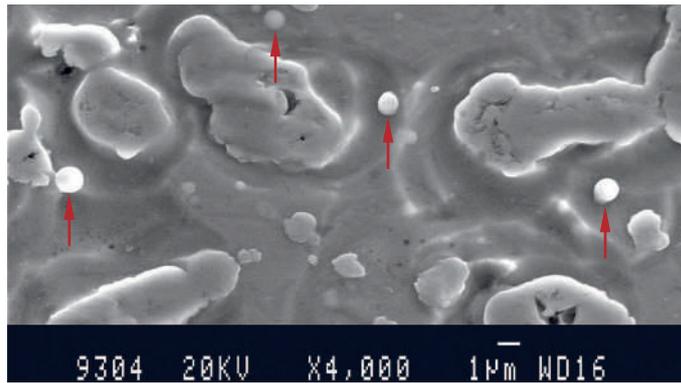
5 Riffel



001A9E0C

Das Rasterelektronenmikroskop (REM) macht sichtbar, dass beide Schadensstrukturen aus Schmelzkratern und Schweißperlen im Bereich  $\mu\text{m}$  bestehen. Die Schadenstrukturen überdecken die überrollte Laufbahn dicht an dicht. Damit ist Stromdurchgang durch das Lager nachgewiesen.

☒6 Schadensstrukturen unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM)



00169B94

### 2.2.3 Entstehung von Lagerschäden

Die Schmelzkrater und Schmelzperlen entstehen bei elektrischen Entladungen zwischen vorhandenen Mikrospitzen der Laufbahn und der Wälzkörperoberflächen. Bei voll ausgebildetem Schmierfilm durchschlägt der Funke den Schmierfilm an einer Engstelle, wobei die Fußpunkte der Funken kurzzeitig aufschmelzen.

Bei metallischem Kontakt im Mischreibungsbereich verschmelzen die beteiligten Oberflächen. Die Verschmelzung bricht aufgrund der Lagerrotation sofort wieder auf. Dabei löst sich Material aus den Oberflächen, das sofort zu Schmelzperlen erstarrt. Die Schmelzperlen gehen zum Teil ins Schmiermittel über und lagern sich auf den Metalloberflächen ab. Fortdauerndes Überrollen kann die Krater und Schmelzperlen abflachen und glätten. Bei andauerndem Stromfluss schmelzen die beteiligten Oberflächenschichten im Lauf der Zeit auf diese Weise vielfach auf.

Für die meisten Lagerausfälle ist die Riffelbildung verantwortlich ➤7 | ☒5. Die gängige Entstehungstheorie lautet wie folgt:

Jeder hinreichend große Schmelzkrater verursacht bei der Überrollung eine radiale Bewegung des Wälzkörpers. Die Parameter der radialen Bewegung hängen ab von Innengeometrie, Drehzahl und Belastung des Lagers. Beim Zurückschwingen des Wälzkörpers verringert sich die Schmierfilmdicke. In diesem Bereich finden vermehrt neue Stromübergänge statt. Ein sich selbst strukturierender Prozess ist angestoßen, der die periodischen Strukturen in der Laufbahn erzeugt. Nach einiger Zeit können Riffel die Laufbahn des Rings in der Lastzone oder über den vollen Umfang der Laufbahn bedecken. Die Riffel führen zu weiter verstärkten Lagerschwingungen und schließlich zum Ausfall des Lagers.

### 2.2.4 Einfluss auf den Schmierstoff

Der Stromdurchgang beeinflusst auch den Schmierstoff negativ. Das Grundöl und die Additive werden geschädigt. Durch das vorzeitige Altern und das Anreichern mit Eisenpartikeln verschlechtern sich die Schmiereigenschaften und das Geräuschverhalten des Lagers merklich.

### 3 Stromisolierende Wälzlager

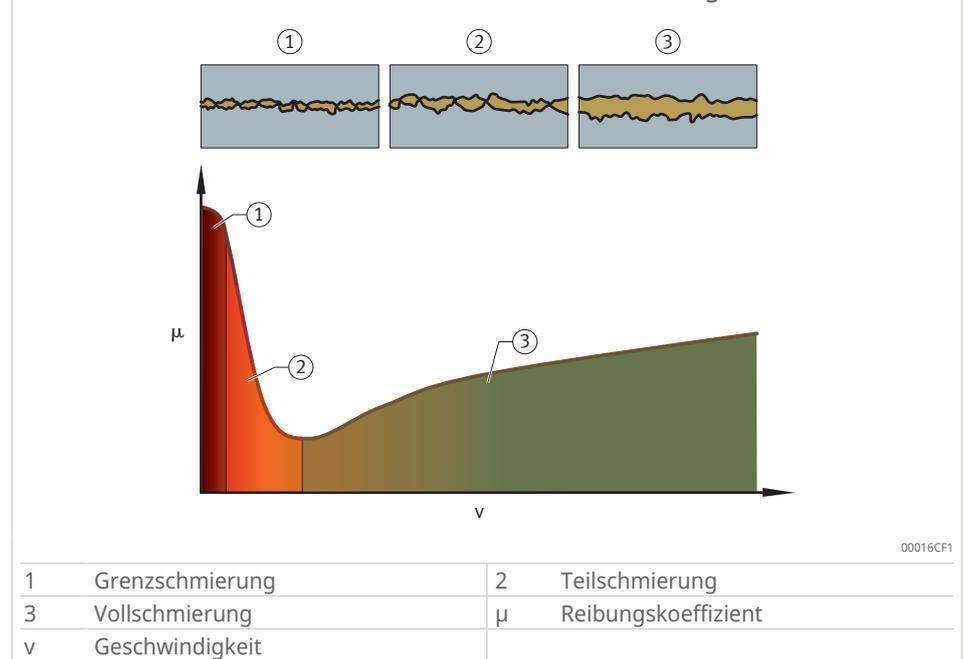
Zu den stromisolierenden Lagern gehören Wälzlager, die mit einer Keramikbeschichtung am Innenring oder Außenring ausgestattet sind. Diese Keramikschicht hat die Aufgabe, den Stromdurchgang durch das Lager zu reduzieren oder zu eliminieren.

Zudem gibt es die sogenannten Hybridlager, die Wälzkörper aus Keramik besitzen. Hier verhindern die Wälzkörper den Stromdurchgang.

#### 3.1 Elektrisches Verhalten von Wälzlagern

##### 3.1.1 Elektrisches Verhalten eines unbeschichteten Wälzlagers

7 Elektrisches Verhalten eines unbeschichteten Wälzlagers



Das elektrische Verhalten eines Wälzlagers ist abhängig vom Schmierzustand. Wenn überwiegend Festkörperkontakt und nur partiell Flüssigkeitsreibung vorliegt, spricht man von Grenzschmierung (Bereich 1). Bei diesem Schmierzustand kann das Wälzlager als ohmscher Widerstand betrachtet werden.

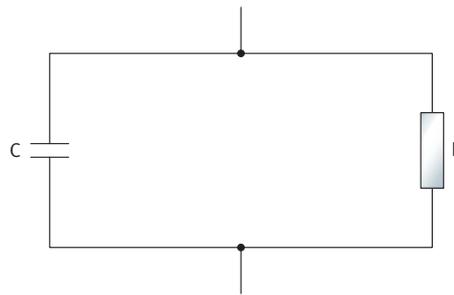
Sind die Oberflächen der relativ zueinander bewegten Wälzkontaktoberflächen nahezu vollständig durch einen Schmierfilm getrennt, spricht man von Vollschmierung (Bereich 3). Bei der Vollschmierung verhält sich das Wälzlager kapazitiv.

Bei der Mischreibung oder Teilschmierung (Bereich 2) liegt zwar ein ausgeprägter Schmierfilm vor, die Wälzkontaktoberflächen kommen aber weiterhin in Kontakt. Das Wälzlager verhält sich hier gleichzeitig wie ein ohmscher als auch wie ein kapazitiver Widerstand.

##### 3.1.2 Elektrisches Verhalten eines stromisolierenden Wälzlagers

Ein stromisolierendes Lager kann als Parallelschaltung aus Widerstand und Kapazität aufgefasst werden.

### 8 Parallelschaltung Widerstand und Kondensator



000171F1

C	F	elektrische Kapazität
R	$\Omega$	elektrischer Widerstand

Für eine gute Isolierung sollte der ohmsche Widerstand möglichst hoch, die Kapazität möglichst niedrig sein.

Entscheidend für die Wahl der Stromisolierung ist die Art der anliegenden Spannungen. Bei Gleichspannung und Wechselspannung mit 50 Hz oder 60 Hz ist der ohmsche Widerstand ausschlaggebend. Bei höherfrequenter Wechselspannung ist der kapazitive Widerstand des Lagers ausschlaggebend. Diese hochfrequenten Wechselströme treten meist in Elektromotoren auf, die mit Frequenzumrichtern betrieben werden. Dabei typisch sind Frequenzen von mehreren 100 kHz bis zu mehreren MHz.

2 Arten des elektrischen Widerstands sind von Bedeutung:

- Gleichspannungswiderstand  
Der Gleichspannungswiderstand von Lagern mit der Insutect A-Beschichtung beträgt bei Zimmertemperatur mindestens 50 M $\Omega$ , bezogen auf die Beschichtung J20AB. Damit sind nach dem ohmschen Gesetz  $I = U/R$  bei Spannungen bis 1000 V nur Ströme deutlich unter 20  $\mu\text{A}$  möglich. Ströme unter 20  $\mu\text{A}$  sind für Lager unkritisch.
- Wechselspannungswiderstand  
Bei immer mehr Anwendungen werden Frequenzumrichter eingesetzt, die ungewollte und hochfrequente Ströme im Bereich von mehreren 100 kHz bis zu mehreren MHz erzeugen. In diesem Frequenzbereich spielt der ohmsche Widerstand eine untergeordnete Rolle. Entscheidend ist hierbei die kapazitive Impedanz der Lagerisolierung. Die kapazitive Impedanz der Lagerisolierung soll möglichst hoch sein und wird hauptsächlich durch die Frequenz des Lagerstroms und die Kapazität des Lagers bestimmt.

### 11 Impedanz abhängig von Frequenz und Kapazität

$$Z = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

C	F	elektrische Kapazität
f	Hz	Frequenz
Z	$\Omega$	Impedanz

Die Kapazität eines Wälzlagers mit Insutect A-Beschichtung kann mit folgender Formel berechnet werden:

f12 Kapazität aus Fläche und Schichtdicke

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \left( \frac{A}{s} \right)$$

$\epsilon_0$	As/Vm	elektrische Feldkonstante
$\epsilon_r$	-	Permittivitätszahl, stoffabhängig
A	mm <sup>2</sup>	Fläche beschichtet
C	F	elektrische Kapazität
s	mm	Schichtdicke

Eine hohe Schichtdicke und eine kleine beschichtete Oberfläche führen demnach zu einer niedrigen Kapazität und damit zu einer hohen Impedanz.

Als Beurteilungskriterium für die Gefährlichkeit von Stromdurchgang hat sich in der Praxis die rechnerische Stromdichte  $J_S$  bewährt, also die effektive Stromstärke dividiert durch die gesamte Kontaktfläche der Wälzkörper mit dem Lagerinnenring oder Lageraußenring. Die rechnerische Stromdichte hängt ab von der Lagertypen und den Betriebsbedingungen. Bei Stromdichten mit effektiven Stromstärken oberhalb von etwa 0,1 A/mm<sup>2</sup> besteht die Gefahr von Stromschäden ▶ 7 | 2.2. Zusätzlich können auch bei geringerer Stromdichte White Etching Cracks (WECs) auftreten. Die WECs entstehen durch die Wechselwirkung gewisser Schmierstoffe und einer Zusatzbelastung z. B. Stromdurchgang.

f13 Stromdichte

$$J_S = \frac{I}{A_{\text{eff}}} \left[ \text{A/mm}^2 \right]$$

$A_{\text{eff}}$	mm <sup>2</sup>	effektive Kontaktfläche
I	A	Stromstärke
$J_S$	A/mm <sup>2</sup>	effektive Stromdichte

## 3.2 Keramikbeschichtete Lager

Keramikbeschichtete Lager sind Standardlager, bei denen der Innenring oder Außenring mit der Keramikbeschichtung Insutect A versehen ist.

### 3.2.1 Beschichtungsarten

9 Rillenkugellager mit Keramikbeschichtung am Außenring



001A9C4F

☞ 10 Zylinderrollenlager mit Keramikbeschichtung am Außenring



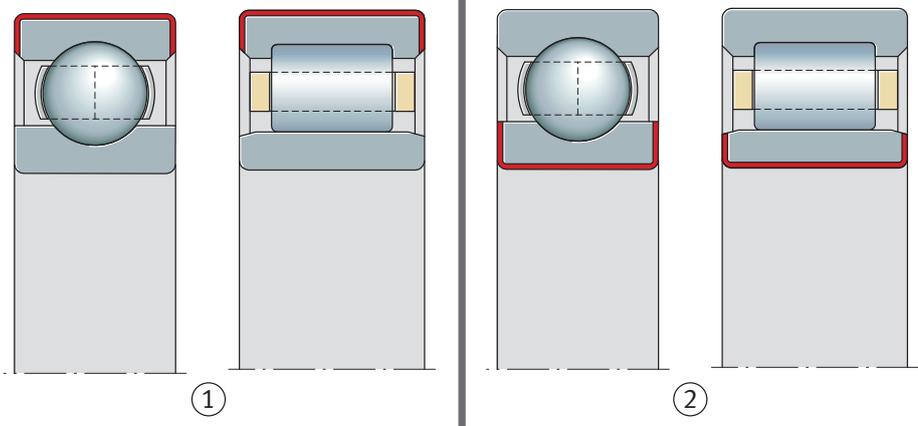
001A9C2F

Mit Insutect A beschichtete Lager besitzen einen hohen elektrischen Isolationschutz. Lager mit Oxidkeramik-Beschichtung sind mit dem Nachsetzzeichen J20 und einer zusätzlichen Buchstabenkombination GA, GB oder GI gekennzeichnet. Bisher wurden die Kennzeichen AB, AA oder C verwendet. Die Oxidkeramikschiicht ist sehr hart, verschleißfest und ein guter Wärmeleiter.

Die Außenabmessungen der stromisolierten Wälzlager entsprechen den Abmessungen nach DIN 616 (ISO 15). Stromisolierte Lager sind dadurch mit Standardlagern austauschbar.

Die verschiedenen Beschichtungsarten der Lager sind im Querschnitt abgebildet.

☞ 11 Beschichtungsarten



000170AC

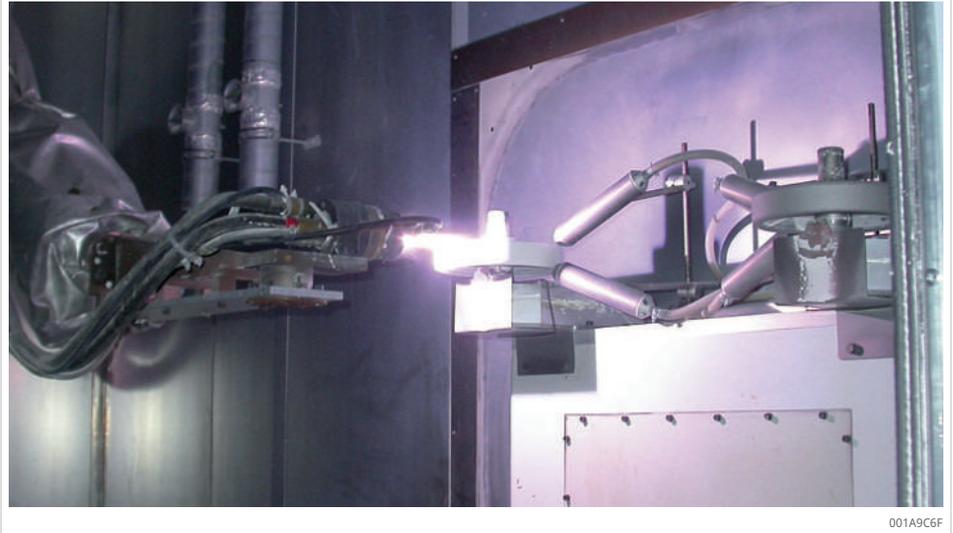
1 Außenringbeschichtung: J20GA, J20GB

2 Innenringbeschichtung: J20GI

### 3.2.2 Beschichtungsverfahren

Die Lager werden mit dem Plasmaspritzverfahren beschichtet. Beim Plasmaspritzverfahren wird zwischen 2 Elektroden ein Lichtbogen erzeugt und damit ein eingeleitetes Edelgas ionisiert. Der aufgebaute Plasmafreistrahle wird als Trägerstrahl für das zugeführte Aluminiumoxidpulver verwendet. Das Aluminiumoxidpulver schmilzt und wird mit hoher Geschwindigkeit auf Außenring oder Innenring gespritzt. Bevor die Oxidschicht aufgetragen wird, wird das Grundmaterial aufgeraut. Anschließend wird die Oxidschicht versiegelt.

12 Plasmaspritzverfahren

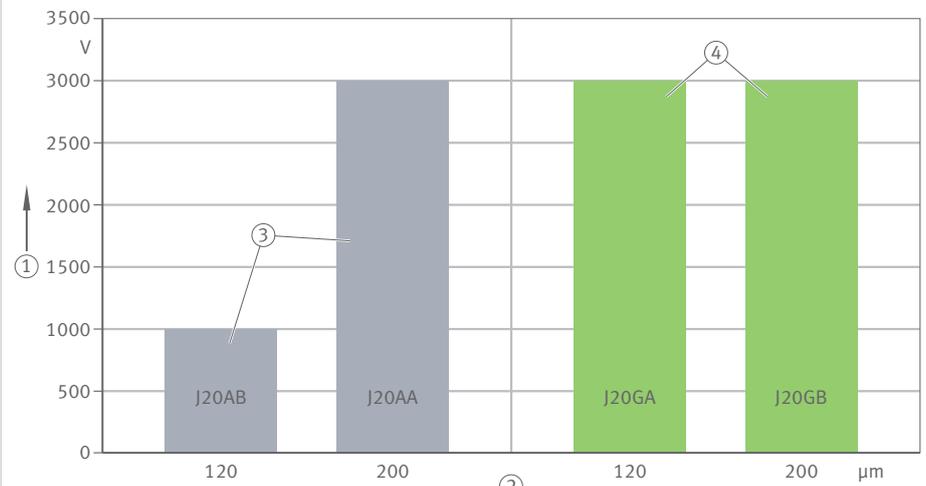


001A9C6F

### 3.2.3 Gesteigerte Isolationsperformance mit der neuen Beschichtung J20G

Durch systematische Weiterentwicklung wurden die Isolationseigenschaften der Wälzlager mit Keramikbeschichtung Insutect A verbessert. Neben der Verbesserung der elektrischen Eigenschaften in trockener Umgebung wurde die Leistungsfähigkeit bei feuchten Betriebsbedingungen deutlich gesteigert. Einen Vergleich zu Werten der bisherigen Beschichtung zeigen die folgenden Abbildungen.

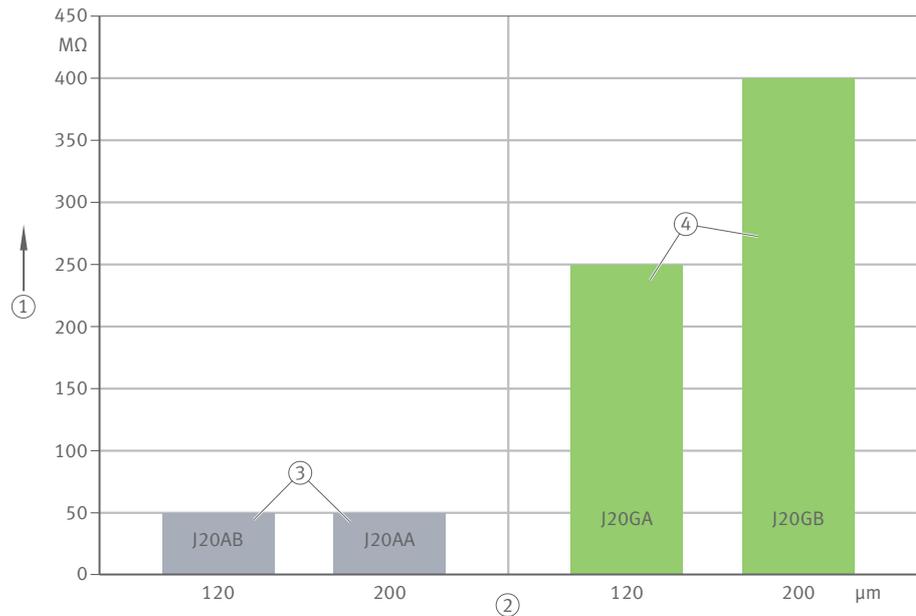
13 Durchschlagsfestigkeit in trockener und feuchter Umgebung



001A9D9B

1	Durchschlagsspannung	2	Schichtstärke
3	aktuelle Beschichtung	4	neue Beschichtung

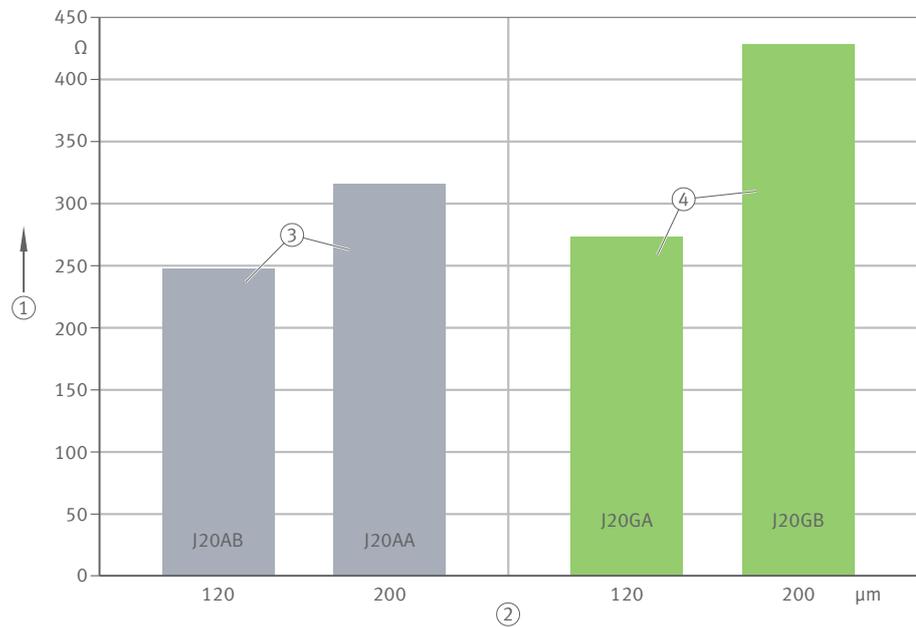
14 Ohmscher Widerstand in trockener Umgebung



001A9DAB

1	Ohmscher Widerstand	2	Schichtstärke
3	aktuelle Beschichtung	4	neue Beschichtung

15 Impedanz in trockener und feuchter Umgebung, Lagertyp 6314, f = 100 kHz



001A9DDB

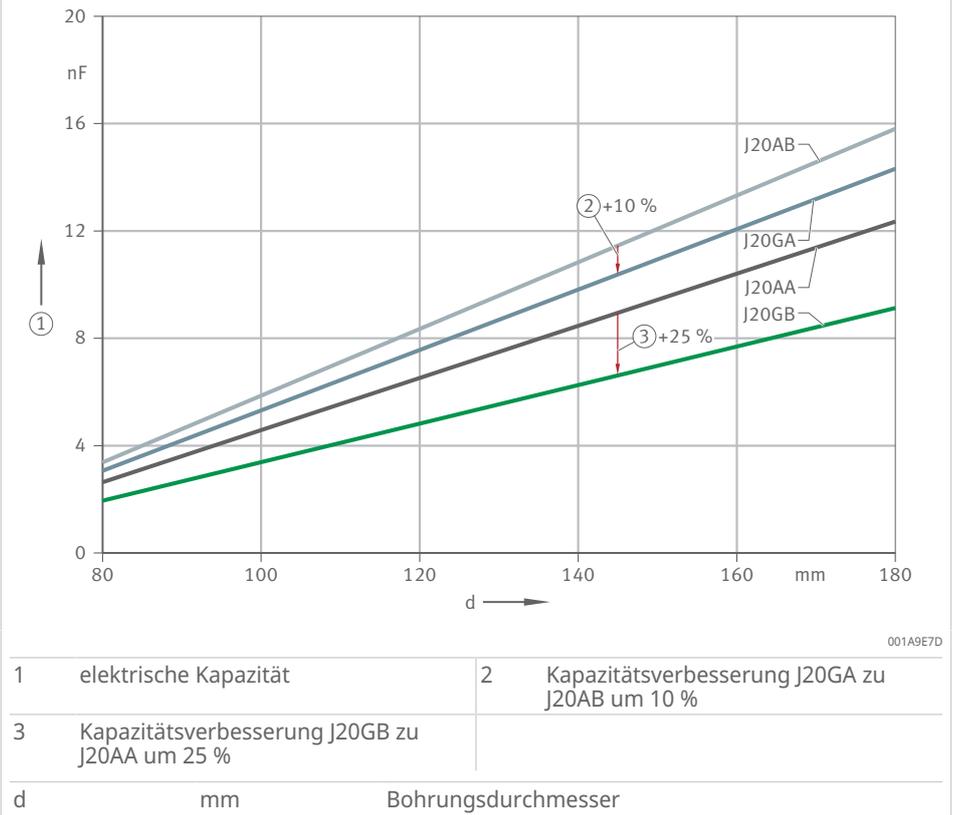
1	Impedanz	2	Schichtstärke
3	aktuelle Beschichtung	4	neue Beschichtung

### 3.2.4 Beschichtungskennwerte

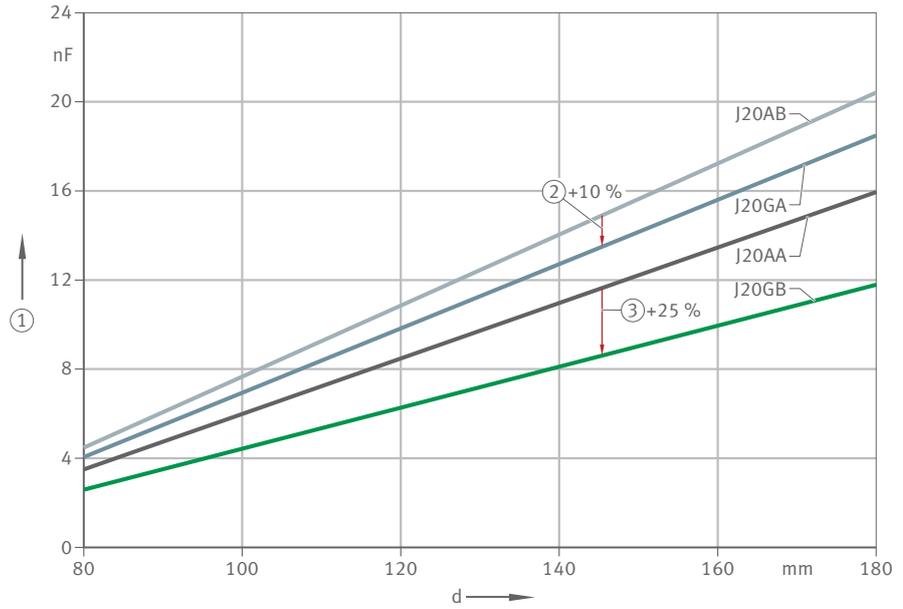
Immer häufiger werden elektrische Simulationen und Berechnungen genutzt, um die richtige Isolationslösung zu finden. Dafür sind die elektrischen Eigenschaften der Wälzlager von Bedeutung. Die elektrische Isolierwirkung des Schmierfilms kann nur in Abhängigkeit von den genauen Betriebsparametern

ermittelt werden. Schaeffler steht Ihnen dazu mit kompetenten Lösungen zur Verfügung. Bei der elektrischen Eigenschaft der Isolationsschicht der Insutect A-Lager ist die Impedanz oder Kapazität entscheidend. Einen Anhaltswert für die Kapazität von Rillenkugellagern der Lagerreihen 60, 62 und 63 finden Sie in den folgenden Abbildungen. Eine möglichst niedrige Kapazität ist notwendig, um den Stromdurchgang durch das Lager bestmöglich zu reduzieren. Die gezeigten Werte können bei gleichen Außenabmessungen auch für weitere Bauformen in erster Annäherung verwendet werden, z. B. bei Zylinderrollenlagern im gleichen Abmessungsbereich. Die Werte für die Kapazität sind auch für den Einsatz in feuchten Umgebungen gültig, z. B. 90 % relative Luftfeuchte.

16 Anhaltswerte für die Wälzlagerkapazität der Lagerreihe 60



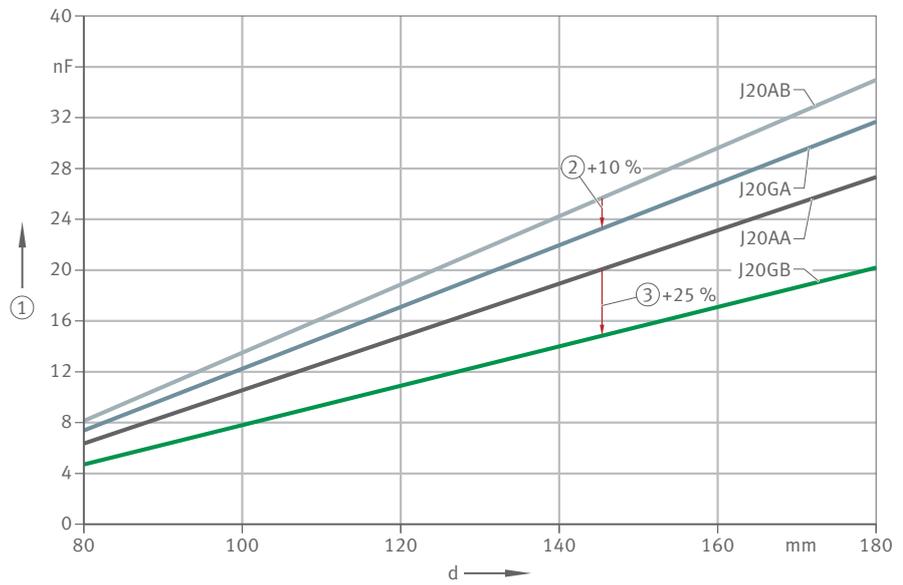
17 Anhaltswerte für die Wälzlagerkapazität der Lagerreihe 62



001A9E8D

1 elektrische Kapazität	2 Kapazitätsverbesserung J20GA zu J20AB um 10 %
3 Kapazitätsverbesserung J20GB zu J20AA um 25 %	
d mm	Bohrungsdurchmesser

18 Anhaltswerte für die Wälzlagerkapazität der Lagerreihe 63



001A9E9D

1 elektrische Kapazität	2 Kapazitätsverbesserung J20GA zu J20AB um 10 %
3 Kapazitätsverbesserung J20GB zu J20AA um 25 %	
d mm	Bohrungsdurchmesser

 1 Kennwerte zu Beschichtungsarten nach Insutect A J20G

Kennwert	Einheit	J20GA	J20GB	J20GI
Lagerbeschichtung	-	Außenring	Außenring	Innenring
Schichtdicke	µm	120	200	120
Einsatzumgebung	-	trocken, feucht	trocken, feucht	trocken, feucht
Spannungsfestigkeit	DCV	3000	3000	3000
Ohmscher Widerstand	MΩ	250	400	250
Impedanz, 6314, f = 100 kHz	Ω	273	428	583
mögliche Innendurchmesser	mm	-	-	≥ 70
mögliche Außendurchmesser	mm	70 ... 800	70 ... 800	... 800

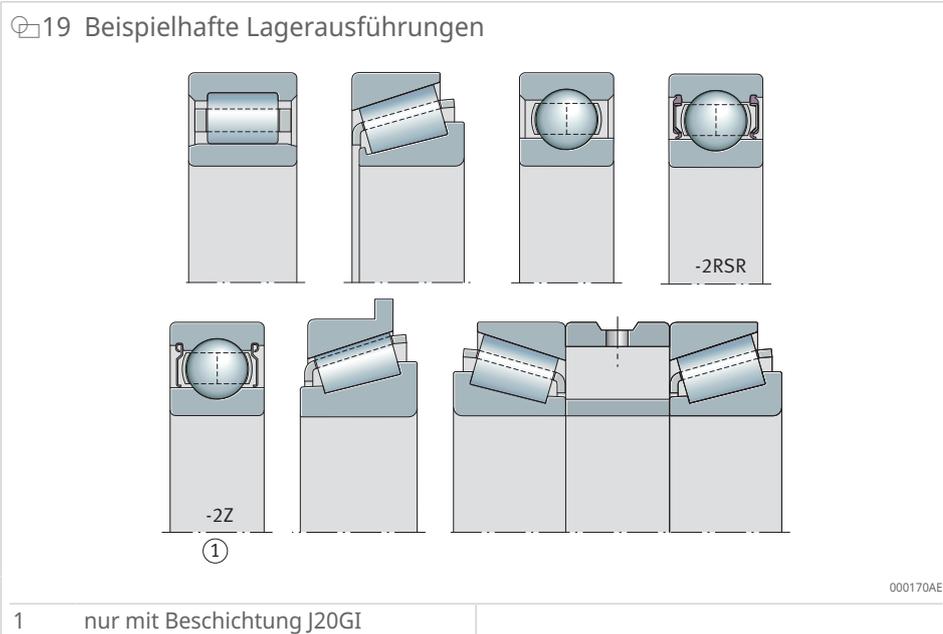
Die Lagerfläche der beschichteten Ringe sind zylindrisch. Im Falle von Nuten oder Schmierbohrungen wird empfohlen, den Kontakt zu der zuständigen Anwendungstechnik von Schaeffler zu suchen.

Die beschichteten Ringe werden einer 100 % Isolationsprüfung unterzogen.

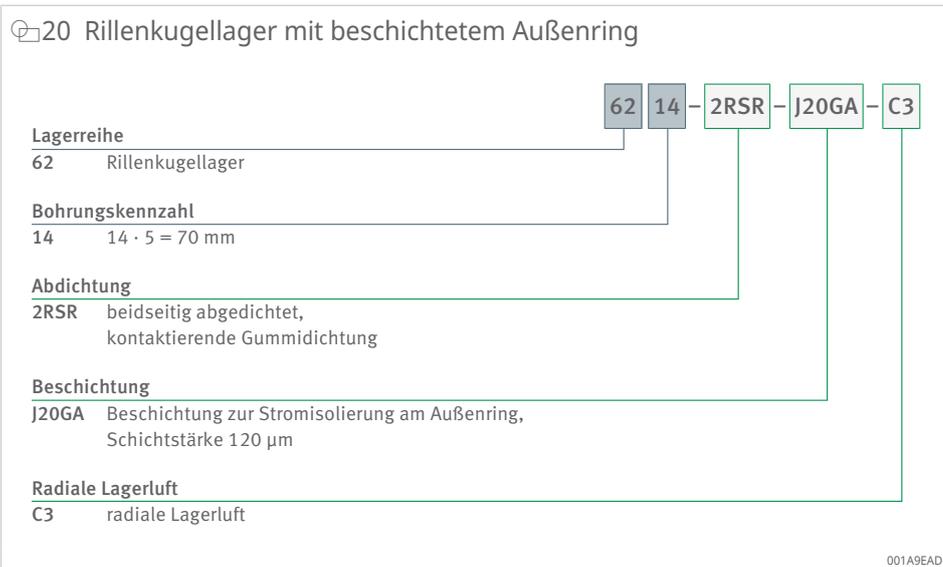
### 3.2.5 Lagerausführungen mit Keramikbeschichtungen

Die verfügbaren Lagerausführungen mit Keramikbeschichtungen sind im Querschnitt abgebildet.

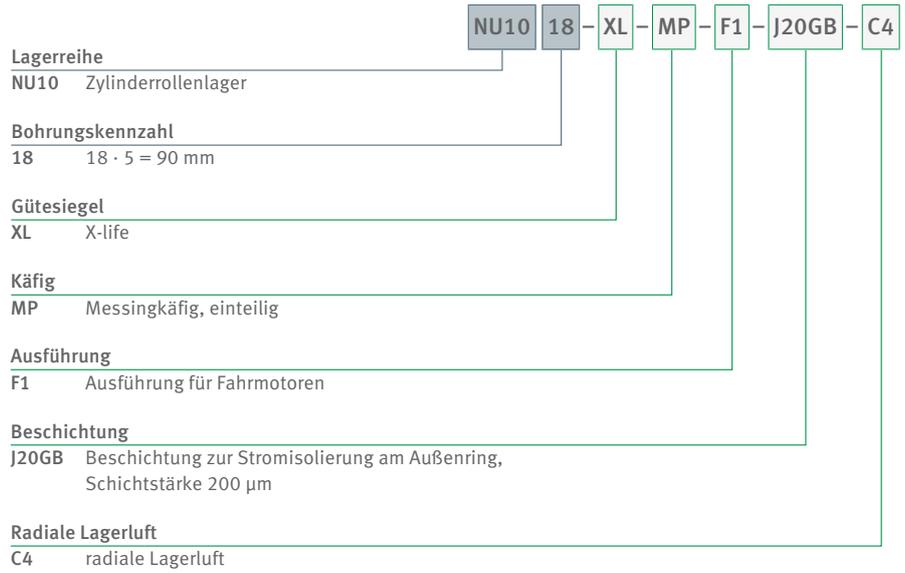
3



### 3.2.6 Bestellbeispiele

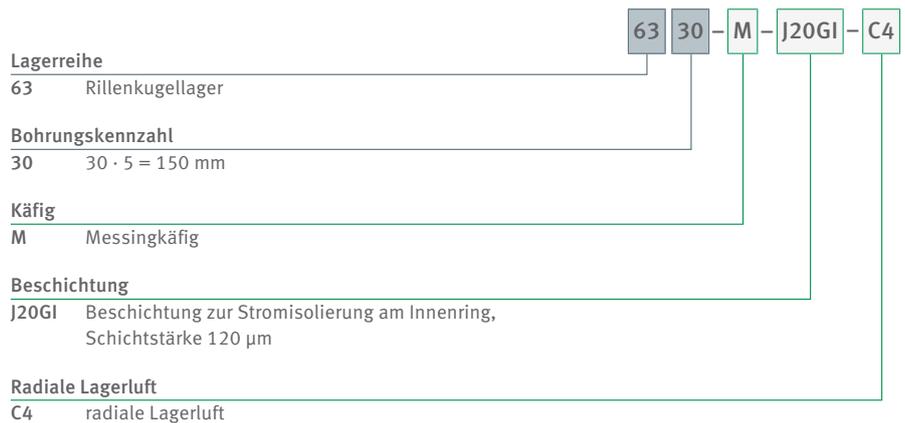


21 Zylinderrollenlager mit beschichtetem Außenring



001A9EC3

22 Rillenkugellager mit beschichtetem Innenring



001A9ED3

### 3.3 Hybridlager

Als Alternative zu den Insutect A-Lagern bieten sich die FAG-Hybridlager an. Die Ringe der Hybridlager sind aus Wälzlagerstahl gefertigt. Die Wälzkörper sind aus Keramik gefertigt. Das Vorsetzzeichen HC kennzeichnet die Hybridlager. Die Wälzkörper sind sehr verschleißfest und übernehmen die Funktion der Stromisolierung. Hybridlager sind in der Ausführung als Kugellager und als Zylinderrollenlager lieferbar.

23 Hybrid-Kugellager



0019D336

24 Hybrid-Zylinderrollenlager



001A9EE3

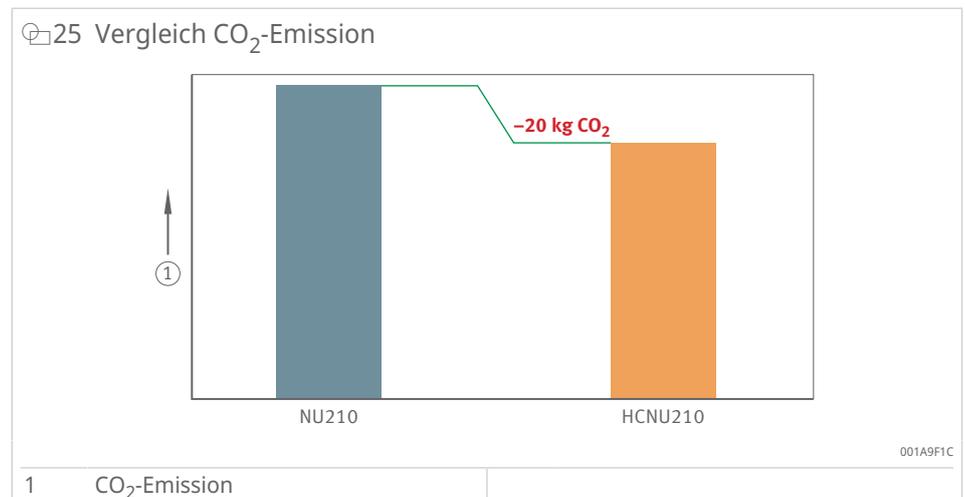
## Vorteile der Hybridlager

Hybridlager haben Vorteile gegenüber keramikbeschichteten Lagern:

Hybridlager bieten höchsten Widerstand gegen Stromdurchgang. Ihr Gleichspannungswiderstand liegt auch bei höheren Temperaturen im GHz-Bereich. Ein typischer Wert für die Kapazität liegt bei 40 pF und damit um den Faktor 100 niedriger als bei keramikbeschichteten Lagern.

Hybridlager ermöglichen höhere Drehzahlen bei geringerer Reibung und damit niedrigere Temperaturen im Betrieb. Geringes Gewicht der Wälzkörper führt zu geringerer Reibung. Weniger Reibung reduziert die CO<sub>2</sub>-Emission in der Anwendung. Der Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emission eines Standard-Zylinderrollenlagers und eines Hybrid-Zylinderrollenlagers im Antrieb eines Hochgeschwindigkeitszugs über eine Betriebsdauer von einem Jahr bei ca. 600000 km zeigt, dass es eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 20 kg gibt.

Hybridlager verfügen über bessere Notlaufeigenschaften als Standardlager.



## Weitere Eigenschaften

Im Vergleich zu Standardlagern besitzen Hybridlager folgende Eigenschaften:

- vergleichbare dynamische Tragzahlen  $C_r$  nach ISO 20056-1
- vergleichbare statische Tragzahlen  $C_{0r}$  nach ISO 20056-2
- 20 % höhere Grenzdrehzahlen  $n_G$ .

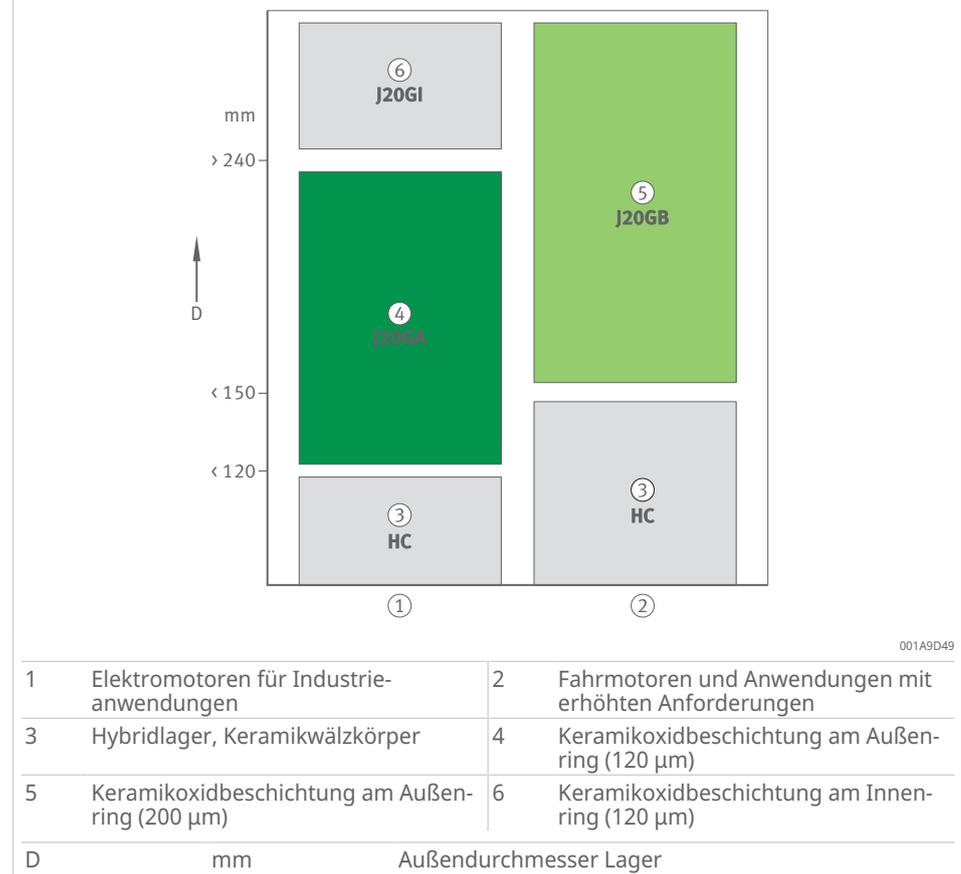
Hybridlager haben gleiche Abmessungen und sind deshalb nachrüstbar. Darüber hinaus bieten Hybridlager eine doppelt so hohe Fettgebrauchsdauer im Vergleich zu Standardlagern. Betrachtet man die Lebensdauerkosten eines Lagers, hebt sich das Hybridlager gegenüber dem Standardlager ab. Der Einsatz von Hybridlagern kann die produktspezifischen Lebenszykluskosten um bis zu 20 % optimieren.

Gerne beraten Sie unsere Vertriebsingenieure bei der Auswahl der wirtschaftlich und technisch besten Lösung.

### 3.4 Standard-Einsatzempfehlung

Abhilfemaßnahmen, die Stromdurchgangsschäden bei einem konkreten Elektromotor oder Generator am besten verhindern, hängen von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab, z. B. Betriebsbedingungen, Motortyp oder Art des Frequenzumrichters. Eine erste Einsatzempfehlung für stromisolierende Lager ist nur aufgrund von Erfahrungswerten möglich.

☞ 26 Einsatzempfehlung für stromisolierende Lager



Schnell schaltende Frequenzumrichter werden bei verschiedenen Anwendungen immer öfter eingesetzt. Dadurch werden Wälzlager elektrisch höher belastet. Schaeffler empfiehlt für diese Anwendungen entweder Hybridlager oder Beschichtungen mit höherer Schichtstärke. Wälzlager mit einer Stromisolationsschicht bis zu einer Schichtstärke von 700  $\mu$ m sind bereits von Schaeffler entwickelt und auf Anfrage verfügbar.



**Schaeffler Technologies**  
**AG & Co. KG**  
Georg-Schäfer-Straße 30  
97421 Schweinfurt  
Deutschland  
[www.schaeffler.de](http://www.schaeffler.de)  
[info.de@schaeffler.com](mailto:info.de@schaeffler.com)

In Deutschland:  
Telefon 0180 5003872  
Aus anderen Ländern:  
Telefon +49 9721 91-0

Alle Angaben wurden von uns sorgfältig erstellt und geprüft, jedoch können wir keine vollständige Fehlerfreiheit garantieren. Korrekturen bleiben vorbehalten. Bitte prüfen Sie daher stets, ob aktuellere Informationen oder Änderungshinweise verfügbar sind. Diese Publikation ersetzt alle abweichenden Angaben aus älteren Publikationen. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.  
© Schaeffler Technologies AG Co. KG  
TPI 206 / 03 / de-DE / DE / 2024-05