

Stromisolierende Lager vermeiden Stromdurchgangsschäden

Technische Produktinformation

Stromdurchgangsschäden und ihre Folgen · Stromisolierende Lager als Prävention

Stromdurchgangsschäden und ihre Folgen

Beim Einsatz von Wälzlagern in:

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

kann es zu Stromdurchgang kommen.

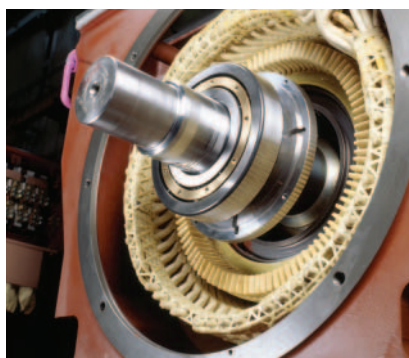
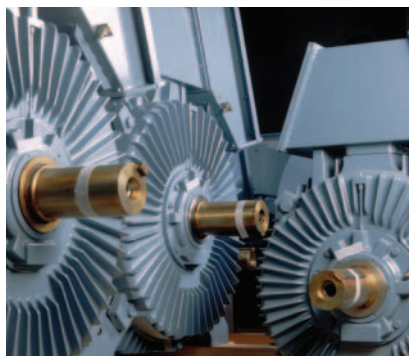
Dieser führt unter ungünstigen Bedingungen zu Schäden an Laufbahnen und Wälzkörpern und damit zum vorzeitigen und unerwarteten Ausfall eines Motors oder Generators.

Neben dem Instandsetzungsaufwand bedeutet dies zusätzliche Kosten durch den Maschinen- bzw. Produktionsausfall.

Wesentlich wirtschaftlicher ist es, schon bei der Planung den Einsatz von elektrisch isolierten 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.

Generell zeigen stromisolierende Lager (keramikbeschichtet oder in Hybridausführung) gegenüber Standardlagern einen deutlich höheren Widerstand gegen Stromdurchgang.



Stromisolierende Lager als Prävention

In aller Regel ist es schwierig, die durch das Aggregat bedingten Ursachen für Lager-**Spannungen** 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

Sie führt zu einem Kreisstrom, der sich über Lager 1, Gehäuse und Lager 2 schließt. 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.

Spannung zwischen Welle und Gehäuse

Ströme fließen dann in gleicher Richtung durch jedes der beiden Lager. Als Ursache kommt vor allem die Gleichtaktspannung von Umrichtern in Betracht. Hier könnte es notwendig sein, dass beide Lager isoliert werden. Entscheidend für die Wahl der Stromisolierung ist das Zeitverhalten der anliegenden Spannungen.

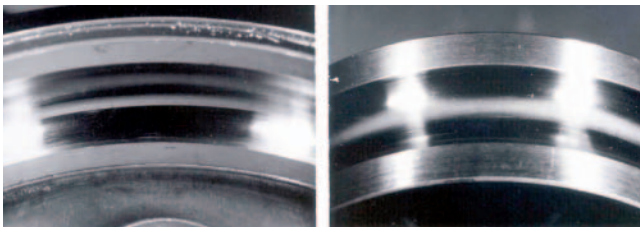
Stromisolierende Lager als Prävention · Typische Lagerschäden bei Stromdurchgang

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.

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

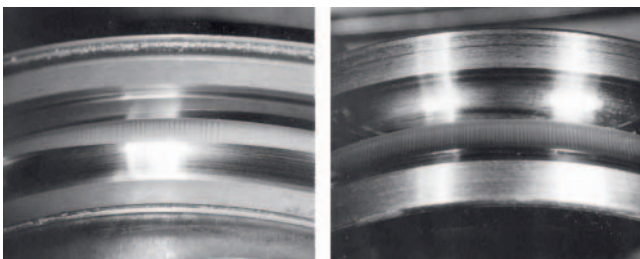
Typische Lagerschäden bei Stromdurchgang

Unabhängig davon, ob ein Lager einem Gleichstrom oder einem Wechselstrom (bis zu Frequenzen im MHz-Bereich) ausgesetzt war, treten stets dieselben Oberflächenveränderungen auf: Gleichförmig matte und graue Spuren in den Laufbahnen (Bild 1) und an den Wälzkörperoberflächen. Dieses Erscheinungsbild ist unspezifisch und kann auch durch andere Einflüsse verursacht sein (z. B. Schmieröl mit Abrasivstoffen).



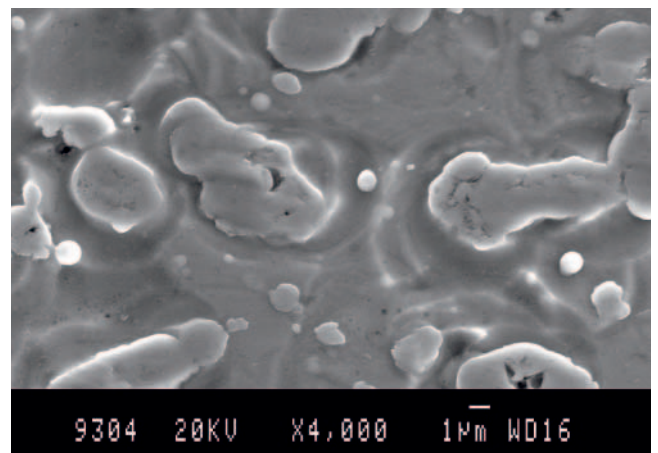
1: Matte und graue Laufspuren
links Laufbahn Außenring, rechts Laufbahn Innenring

Die sog. Riffel sind in Rollrichtung periodische Muster von Oberflächenbereichen unterschiedlicher Tiefe (Bild 2). Wo sie auftreten, wird man in der Regel auf Stromdurchgang schließen.



2: Riffelbildung
links Laufbahn Außenring, rechts Laufbahn Innenring

Erst im Rasterelektronenmikroskop (Bild 3) ist zu erkennen, dass beide Schadensstrukturen (Bild 1, 2) durch Schmelzkrater und Schweißperlen von μm -Größe charakterisiert sind, die dicht an dicht die überwälzten Oberflächen bedecken. Damit ist Stromdurchgang nachgewiesen.



3: REM-Aufnahme von der Schadensstruktur

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** (Bild 2) verantwortlich. Zu diesen periodischen Strukturen in Laufbahnen und Rollen kommt es durch das Zusammenwirken von fortdauerndem Stromfluss und den Schwingungseigenschaften der Lagerkomponenten.

Typische Lagerschäden bei Stromdurchgang · Keramikbeschichtete Lager

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.

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- bzw. -außenring. Diese hängt ab von der Lagertypen und den Betriebsbedingungen. Bei Stromdichten unterhalb von ca. $0,1 A_{\text{eff}}/\text{mm}^2$ besteht nach heutigem Kenntnisstand keine Gefahr der Riffelbildung. Bei Werten um und über $1 A_{\text{eff}}/\text{mm}^2$ 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 Infrarot-Spektrum 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



4: Keramikbeschichtete Rillenkugellager

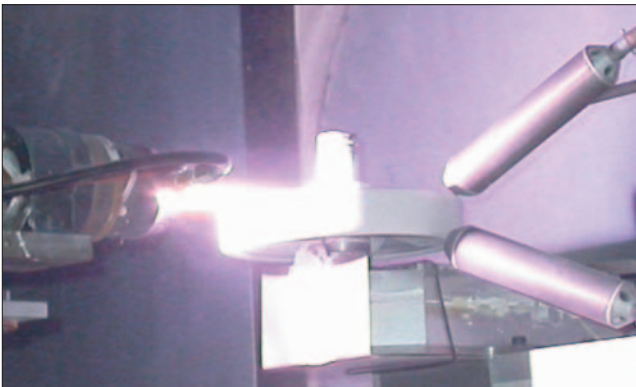
Vorteile beschichteter FAG-Lager

- Hohen Isolationsschutz bieten die Beschichtungen aus Oxidkeramik (**J20..**). Diese werden im Plasmaspritzverfahren (Bild 5) auf die Lagerflächen aufgebracht.
- Durch eine spezielle Versiegelung wirkt die **J20AA-Beschichtung** selbst in feuchter Umgebung isolierend. Die Oxidkeramiksicht ist sehr hart, verschleißfest und ein guter Wärmeleiter.
- Die Außenabmessungen der stromisolierten Wälzlager entsprechen den Abmessungen nach DIN 616 (ISO 15). Stromisolierte Lager sind also mit Standardlagern austauschbar.
- Für besondere Anwendungen, z.B. bei drehendem Außenring, wird die Beschichtung des Innenrings nach **J20C** empfohlen.
- Erhältlich sind beschichtete Rillenkugellager ab Baureihe 62 neben der offenen Ausführung auch mit ein- oder beidseitiger Lippendichtung. Somit kann der Anwender hier ebenfalls die Vorteile einer Lebensdauerschmierung nutzen.

Beschichtungsverfahren · Elektrischer Widerstand

Das Beschichtungsverfahren

Beim Plasma-Spritzverfahren (Bild 5) wird zwischen zwei Elektroden ein Lichtbogen erzeugt und eingeleitetes Edelgas ionisiert. Den dabei aufgebauten Plasma-Freistrahlnutzt man als Trägerstrahl für das zugeführte Aluminiumoxidpulver. Dieses schmilzt und wird mit hoher Geschwindigkeit auf Außen- oder Innenring gespritzt. Die so aufgetragene Oxidschicht haftet ausgezeichnet auf dem Grundmaterial. Sie wird anschließend versiegelt und auf Maß geschliffen.



5: Plasma-Spritzverfahren

Elektrischer Widerstand

Die Beschichtungen durchlaufen eine 100-prozentige Qualitätsprüfung und garantieren eine Durchschlagfestigkeit von mindestens 1000 VDC (J20AA, J20C) bzw. 500 VDC (J20B).

Unterhalb dieser Spannung lässt die Isolierschicht nur sehr geringe Stromflüsse durch das Lager zu. Dabei sind zwei Mechanismen zu unterscheiden:

Gleichspannungswiderstand

Er beträgt bei Zimmertemperatur typisch 1...10 GOhm abhängig von der Lagergröße. Mit steigender Temperatur fällt er exponentiell ab, typisch um etwa 40–50% pro 10 K. Dennoch wirkt auch bei Betriebstemperaturen von 60 oder 80°C ein Widerstand von mehreren MOhm, 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.

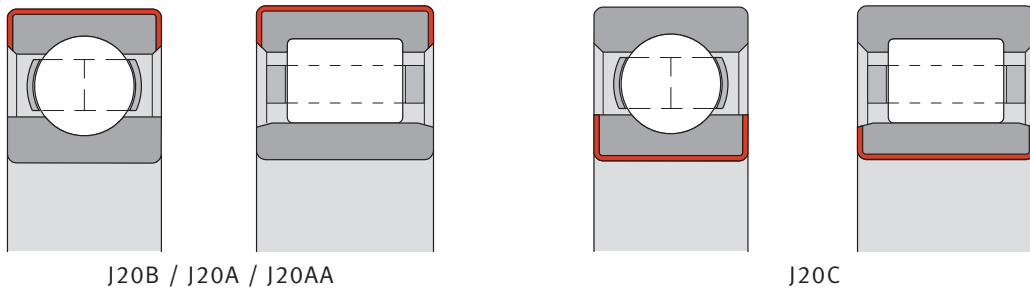
Wechselspannungswiderstand

Die isolierte Einheit stellt eine Kapazität C dar, welche Ladungen akkumulieren kann. Unter dem Einfluss einer Wechselspannung führt das zu einem Wechselstrom durch den Wälzkörper-/Laufbahn-Kontakt. 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 $Z = 1/\omega C$ als kapazitiven Widerstand des Lagers. Die Kapazität eines Lagers mit Oxidkeramik beträgt typisch 2...20 nF, je nach Lagergröße. Sein kapazitiver Widerstand liegt damit bei einer Frequenz von 50 Hz im Bereich 0,15...1,5 MOhm, 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 ca. 1 V nur sehr gering ist (1 Ohm und weniger).

Beschichtungsarten · Größenbereiche



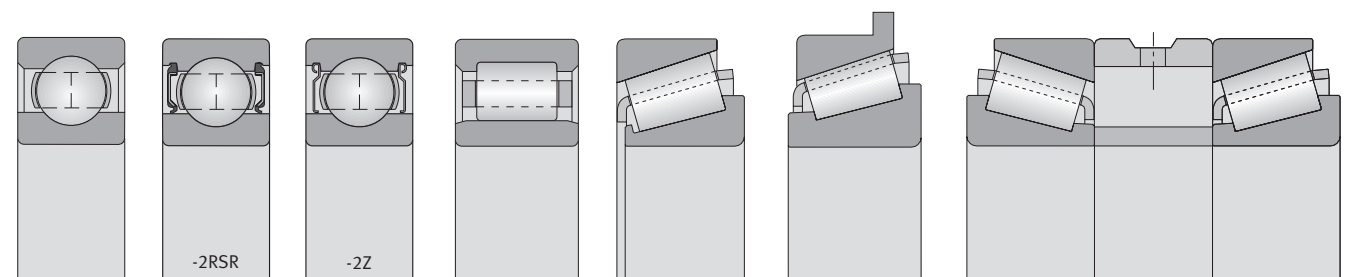
Beschichtungsarten · Größenbereiche

| | J20B | J20A *) | J20AA | J20C |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Durchschlagsspannung | 500 VDC | 1000 VDC | 1000 VDC | 1000 VDC |
| Einsatzumgebung | trocken | trocken | trocken/feucht | trocken/feucht |
| Schichtdicke | <100 µm | >200 µm | ≈200 µm | ≈200 µm |
| Mögliche Abmessungen | 70...1400 mm Außendurchmesser | 70...1400 mm Außendurchmesser | 70...500 mm Außendurchmesser | 70...340 mm Innenringbohrung |

*) Bevorzugter Einsatz ab 500 mm Außendurchmesser.

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

Lagerausführungen mit Keramikbeschichtung:



nur mit J20C-Beschichtung

Auf Wunsch können nach Rücksprache mit der entsprechenden Fachabteilung weitere Lagerausführungen beschichtet werden.

Bevorzugte FAG-Wälzlager mit Keramikbeschichtung, Seite 6...8.

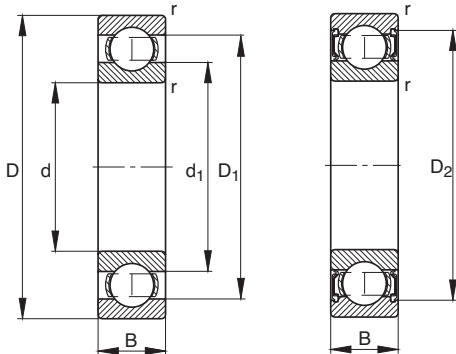
Bestellbeispiele:

6220-2RSR-J20AA-C3 Rillenkugellager mit beschichtetem Außenring, beidseitig abgedichtet und Radialluft C3.

NU214-E-M1-F1-J20B-C4 Zylinderrollenlager mit beschichtetem Außenring und Radialluft C4.

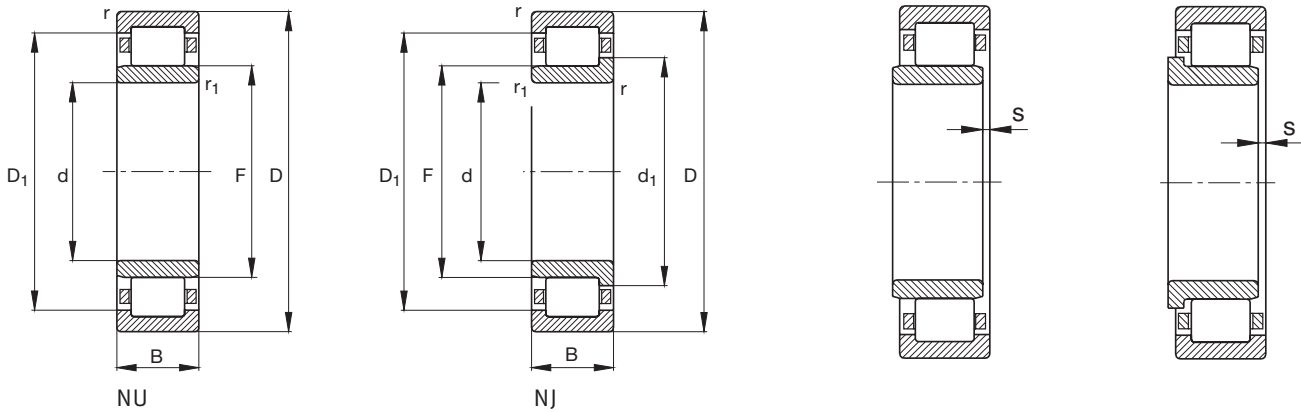
6330-J20C Rillenkugellager mit beschichtetem Innenring

Kugellager mit Keramikbeschichtung



| Kugellager mit Keramikbeschichtung d 60–180 mm | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-----------|-----|----|-----|-------|-------|-------|---------------|-------------------|---|----------------------------------|------------------------------|
| Kurzzeichen | Masse | Abmessung | | | | | | | Tragzahl | | Ermüdungs- grenz- belastung C_{ur} | Grenz- dreh- zahl n_G | Bezugs- drehzahl n_B |
| | | d | D | B | r | D_1 | D_2 | d_1 | dyn. C_r | stat. C_{0r} | | | |
| FAG | kg | mm | | | | | | | kN | kN | kN | min^{-1} | min^{-1} |
| 6212-M-J20B-C4 | 0,98 | 60 | 110 | 22 | 1,5 | 95,6 | | 76,1 | 52 | 36 | 2,24 | 14 000 | 6 800 |
| 6213-J20B-C4 | 1 | 65 | 120 | 23 | 1,5 | 103,1 | | 82,3 | 60 | 41,5 | 2,55 | 13 000 | 6 300 |
| 6313-M-J20AA-C5 | 2,55 | 65 | 140 | 33 | 2,1 | 117,5 | | 88,6 | 93 | 60 | 3,95 | 11 000 | 6 400 |
| 6214-2RSR-J20AA-C3 | 1,11 | 70 | 125 | 24 | 1,5 | | 110,7 | 86,8 | 62 | 44 | 2,9 | 12 000 | 6 100 |
| 6215-M-J2B-C4 | 1,42 | 75 | 130 | 25 | 1,5 | 112,8 | | 92,5 | 65,5 | 49 | 3,35 | 11 000 | 5 900 |
| 6215-M-P6-J20AA-R85-105 | 1,42 | 75 | 130 | 25 | 1,5 | 112,8 | | 92,5 | 65,5 | 49 | 3,35 | 11 000 | 5 900 |
| 6315-M-J20AA-C3 | 3,74 | 75 | 160 | 37 | 2,1 | 133,2 | | 101,8 | 114 | 76,5 | 4,65 | 9 500 | 5 800 |
| 6016-M-J20AA | 0,997 | 80 | 125 | 22 | 1,1 | 111 | | 94 | 47,5 | 40 | 2,34 | 12 000 | 6 500 |
| 6216-J20AA-C3 | 1,46 | 80 | 140 | 26 | 2 | 121,3 | | 98,8 | 72 | 54 | 3,45 | 11 000 | 5 500 |
| 6316-J20AA-C3 | 3,75 | 80 | 170 | 39 | 2,1 | 141,8 | | 108,6 | 122 | 86,5 | 5,2 | 9 000 | 5 500 |
| 6316-M-J20B-C4 | 4,44 | 80 | 170 | 39 | 2,1 | 141,8 | | 108,6 | 122 | 86,5 | 5,2 | 9 000 | 5 500 |
| F-808916.6316-J20AA | 3,69 | 80 | 170 | 39 | 2,1 | 141,8 | | 108,6 | 122 | 86,5 | 5,2 | 9 000 | 5 500 |
| 6317-M-J20AA-C3 | 5,05 | 85 | 180 | 41 | 3 | 151,6 | | 114,4 | 132 | 96,5 | 5,8 | 8 000 | 5 300 |
| 6218-J20AA-C3 | 2,21 | 90 | 160 | 30 | 2 | 139,4 | | 112,3 | 96,5 | 72 | 4,2 | 9 000 | 5 100 |
| 6318-M-J20AA-C3 | 6,14 | 90 | 190 | 43 | 3 | 157,1 | | 123,8 | 134 | 102 | 5,8 | 8 000 | 5 100 |
| 6319-M-J20AA-C4 | 7,05 | 95 | 200 | 45 | 3 | 166,9 | | 129,1 | 146 | 114 | 6,4 | 7 500 | 4 950 |
| 6220-J20C-C3 | 3,3 | 100 | 180 | 34 | 2,1 | 154,8 | | 124,7 | 122 | 93 | 5,4 | 8 000 | 4 800 |
| 6220-M-J20AA-R95-120 | 3,9 | 100 | 180 | 34 | 2,1 | 154,8 | | 124,7 | 122 | 93 | 5,4 | 8 000 | 4 800 |
| 6320-M-J20AA-C3 | 8,64 | 100 | 215 | 47 | 3 | 179 | | 138,6 | 163 | 134 | 7,4 | 7 000 | 4 650 |
| 16021-M-J20AA-C5 | 1,42 | 105 | 160 | 18 | 1 | 141,2 | | 124,2 | 54 | 54 | 2,39 | 9 500 | 3 950 |
| 6322-M-J20AA-C3 | 11,7 | 110 | 240 | 50 | 3 | 197,4 | | 153,4 | 190 | 166 | 8,6 | 6 300 | 4 150 |
| 6324-M-J20AA-C3 | 15 | 120 | 260 | 55 | 3 | 214,9 | | 165,1 | 212 | 190 | 9 | 6 000 | 3 850 |
| 6326-M-J20AA-C3 | 18,3 | 130 | 280 | 58 | 4 | 231,2 | | 178,9 | 228 | 216 | 9,8 | 5 600 | 3 500 |
| 6230-J20AA | 10,3 | 150 | 270 | 45 | 3 | 229,1 | | 191,6 | 176 | 170 | 7,8 | 5 600 | 3 350 |
| 6336-M-J20AA-C4 | 43 | 180 | 380 | 75 | 4 | 317 | | 245,2 | 355 | 405 | 16,3 | 3 800 | 2 440 |

Zylinderrollenlager mit Keramikbeschichtung

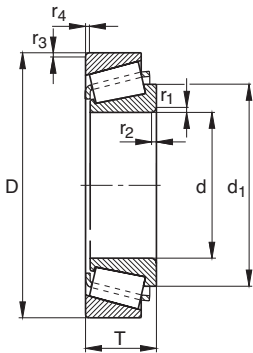


Zylinderrollenlager mit Keramikbeschichtung d 60–140 mm

| Kurzzeichen | Masse m | Abmessung | | | | | | | | | Tragzahl | | Ermüdungs- grenz- belastung C_{ur} | Grenz- dreh- zahl n_G | Bezugs- drehzahl n_B |
|-------------------------------|------------|------------|-----|----|-----|-------|----------|-------|-------|-------|---------------|-------------------|---|----------------------------------|------------------------------|
| | | d | D | B | r | r_1 | $s^{1)}$ | F | D_1 | d_1 | dyn. C_r | stat. C_{or} | | | |
| FAG | kg | mm | | | min | min | | | ≈ | ≈ | kN | kN | kN | min ⁻¹ | min ⁻¹ |
| NU312-E-M1-F1-J20B-C4 | 2,14 | 60 | 130 | 31 | 2,1 | 2,1 | 1,8 | 77 | 109,6 | 84,4 | 177 | 157 | 26,5 | 5 000 | 5 300 |
| NU214-E-M1-F1-J20B-C4 | 1,29 | 70 | 125 | 24 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 83,5 | 109,4 | | 140 | 137 | 19 | 5 300 | 4 750 |
| NU314-E-M1-F1-J20B-C4 | 3,16 | 70 | 150 | 35 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 89 | 126,8 | | 242 | 222 | 30 | 4 500 | 4 550 |
| NU215-E-TVP2-J20AA-C3 | 1,27 | 75 | 130 | 25 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 88,5 | 114,4 | | 154 | 156 | 21,7 | 5 300 | 4 500 |
| NU215-E-M1-F1-J20B-C4 | 1,41 | 75 | 130 | 25 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 88,5 | 114,4 | | 154 | 156 | 21,7 | 5 300 | 4 500 |
| NU216-E-M1-F1-J20B-C4 | 1,71 | 80 | 140 | 26 | 2 | 2 | 1,3 | 95,3 | 122,9 | | 165 | 167 | 22,6 | 4 800 | 4 250 |
| NJ316-E-M1-F1-J20B-C4 | 4,48 | 80 | 170 | 39 | 2,1 | 2,1 | 0,7 | 101 | 143,9 | 110,4 | 300 | 275 | 46 | 3 800 | 4 150 |
| NU218-E-TVP2-J20AA-C3 | 2,36 | 90 | 160 | 30 | 2 | 2 | 1,5 | 107 | 139,7 | | 215 | 217 | 28,5 | 4 300 | 3 950 |
| NUP218-E-TVP2-J20AA-C3 | 2,46 | 90 | 160 | 30 | 2 | 2 | - | 107 | 139,7 | 114,3 | 215 | 217 | 35 | 4 300 | 3 950 |
| NJ219-E-TVP2-J20AA | 2,94 | 95 | 170 | 32 | 2,1 | 2,1 | - | 112,5 | 148,6 | 120,5 | 260 | 265 | 41,5 | 3 800 | 3 700 |
| NU219-E-M1-F1-J20B-C4 | 3,25 | 95 | 170 | 32 | 2,1 | 2,1 | 0,7 | 112,5 | 148,6 | | 260 | 265 | 34 | 3 800 | 3 700 |
| NU220-E-TVP2-J20AA-C3 | 3,49 | 100 | 180 | 34 | 2,1 | 2,1 | 1,5 | 119 | 156,9 | | 295 | 305 | 38,5 | 3 800 | 3 500 |
| NU320-E-M1-F1-J20AA-C4 | 8,77 | 100 | 215 | 47 | 3 | 3 | 1,2 | 127,5 | 182 | | 450 | 425 | 53 | 3 200 | 3 400 |
| NU224-E-TVP2-J20AA-C3 | 5,8 | 120 | 215 | 40 | 2,1 | 2,1 | 1,4 | 143,5 | 187,8 | | 390 | 415 | 52 | 3 200 | 3 100 |
| F-809035.NU228-E-J20AA | 9,39 | 140 | 250 | 42 | 3 | 3 | 2 | 169 | 216,7 | | 460 | 510 | 59 | 4 800 | 2 600 |

¹⁾ axialer Verschiebeweg

Kegelrollenlager mit Keramikbeschichtung



Kegelrollenlager mit Keramikbeschichtung d 89,945–254 mm

| Kurzzeichen | Masse | Abmessung | | | | | | Tragzahl | | Ermüdungs- grenz- belastung C_{ur} | Grenz- dreh- zahl n_G |
|-------------------------------------|-------|----------------|---------|--------------------|------------------|------------------|------------|---------------|-------------------|---|----------------------------------|
| | | d | D | T/2B ¹⁾ | $r_{1,2}$ min | $r_{3,4}$ min | d_1 ≈ | dyn. C_r | stat. C_{0r} | | |
| FAG | kg | mm | | | | | | kN | kN | kN | min ⁻¹ |
| F-803477.TR1-J20B | 2,64 | 89,945 | 146,975 | 40 | 3,6 | 1,5 | 119 | 232 | 355 | 50 | 4 800 |
| F-804565.30220-A-J20B | 3,7 | 100 | 180 | 37 | 3 | 2,5 | 135 | 231 | 290 | 32 | 4 300 |
| F-803478.TR1-J20B | 9,4 | 117,475 | 212,725 | 63,5 | 8,1 | 3,3 | 162,2 | 490 | 720 | 93 | 3 000 |
| F-803889.32224-A-J20B | 9,15 | 120 | 215 | 61,5 | 3 | 2,5 | 175,2 | 445 | 650 | 84 | 3 000 |
| F-809028.TR1-J20B | 10,2 | 130 | 225 | 67 | 4 | 3 | 174,6 | 480 | 710 | 94 | 2 800 |
| F-804550.01.TR2S-J20B ¹⁾ | 6,8 | 140 | 190 | 99 | 2 | 1,5 | 150,1 | 365 | 780 | 74 | 3 400 |
| Z-577634.01.TR2S-J20B ¹⁾ | 13,5 | 140 | 210 | 130 | 2,5 | 2 | 175,8 | 585 | 1 180 | 75 | 2 800 |
| Z-580065.30228-A-J20B | 8,6 | 140 | 250 | 45,75 | 4 | 3 | 187 | 390 | 520 | 60 | 2 600 |
| K36990-36920-J20B | 3,18 | 177,8 | 227,012 | 30,162 | 1,5 | 1,5 | 203,8 | 186 | 400 | 30 | 2 600 |
| F-809055.TR1-J20AA ²⁾ | 9,34 | 198,298 | 282,575 | 46,038 | 3,6 | 3,3 | 249 | 345 | 750 | 87 | 2 200 |
| Z-566566.TR1-J20AA | 9,28 | 199,949 | 282,575 | 46,038 | 3,6 | 3,3 | 249 | 345 | 750 | 87 | 2 200 |
| F-807411.TR1-J20B | 8,23 | 240 | 320 | 42 | 3 | 3 | 278 | 380 | 670 | 73 | 2 000 |
| F-809146.TR1-J20AA | 18,6 | 240 | 336,55 | 65,088 | 6,4 | 3,3 | 284 | 640 | 1 250 | 137 | 1 800 |
| F-808428.TR1-J20AA | 17,2 | 240,5 | 336,55 | 65,088 | 6,4 | 3,3 | 284 | 640 | 1 250 | 137 | 1 800 |
| F-808428.TR1-J20B | 17,2 | 240,5 | 336,55 | 65,088 | 6,4 | 3,3 | 284 | 640 | 1 250 | 137 | 1 800 |
| Z-547733.TR1-J20AA | 22,3 | 254 | 358,775 | 71,438 | 3,3 | 1,5 | 302,8 | 720 | 1 370 | 148 | 1 700 |
| Z-547733.02.TR1-J20AA | 22,3 | 254 | 358,775 | 71,438 | 3,3 | 1,5 | 302,8 | 720 | 1 370 | 148 | 1 700 |

¹⁾ Gesamtbreite für zusammengepasste Kegelrollenlager.

¹⁾ Kegelrollenlager in O-Anordnung zusammengepasst (Distanzring zwischen den Innen- und den Außenringen).

²⁾ Flansch am Außenring.

Hybridlager

Als Alternative zu den beschichteten Wälzlagern bieten sich FAG-Hybridlager an; deren Ringe sind aus Wälzlagerstahl, die Wälzkörper aus Keramik. Hybridlager haben das Vorsetzzeichen HC.

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

Neben Kugellagern (Bild 6) gibt es auch Zylinderrollenlager (Bild 7) in Hybridausführung.

Vorteile der FAG-Hybridlager

- Höchster Widerstand gegen Stromdurchgang
Ihr Gleichspannungswiderstand liegt auch bei höheren Temperaturen im GOhm-Bereich. Ein typischer Wert für die Kapazität liegt bei 40 pF und damit um den Faktor 100 niedriger als bei keramisch beschichteten Lagern.
- Höhere Drehzahlen bei geringerer Reibung und damit niedrigere Temperaturen
- Bessere Notlaufeigenschaften

Gegenüber den Standardlagern mit „for-life-Schmierung“ haben Hybridlager eine höhere Fettgebrauchsdauer (s. TI WL 43-1210).

Bei kleineren Wälzlagern sind die Hybridausführungen wirtschaftlicher als keramisch beschichtete Lager.

Bestellbeispiele:

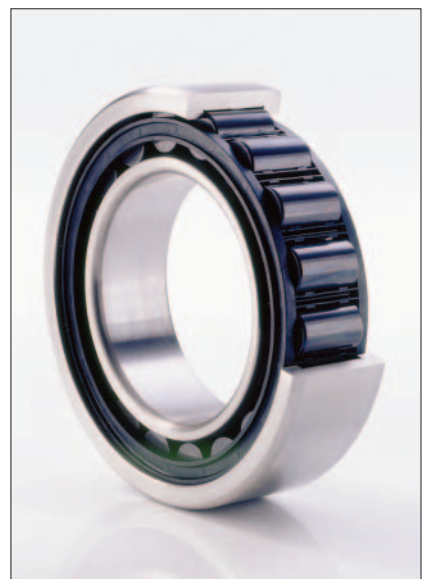
HC6214-M-P6-C3 Rillenkugellager mit Keramikugeln; Messing-Massivkäfig; erhöhte Genauigkeit P6 und Lagerluft C3.

HCN1020-K-M1-SP Zylinderrollenlager mit Keramikrollen; kegelige Bohrung; Messing-Massivkäfig; erhöhte Genauigkeit SP

Für die geeigneten und wirtschaftlichsten Ausführungen unterstützen Sie gerne unsere Außendienst-Ingenieure.



6: Rillenkugellager mit Keramikwälzkörpern

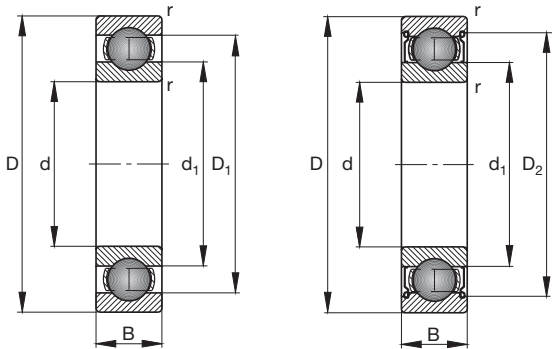


7: Zylinderrollenlager mit Keramikwälzkörpern

Werkstoffkennwerte Keramik/Wälzlagerstahl

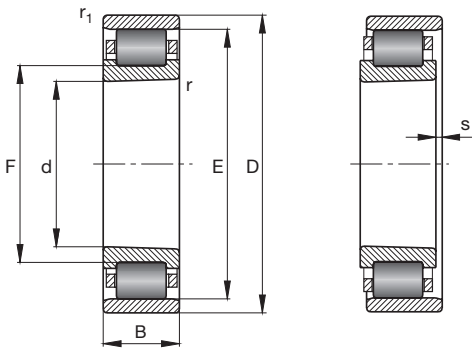
| Vergleichs-Kennwerte | Einheit | Keramik (Siliziumnitrid Si_3N_4) | Stahl (100Cr6) |
|---------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------|
| Spezifischer elektr. Widerstand | $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ | 10^{17} | 10^{-1} |
| Dichte | g/cm^3 | 3,2 | 7,8 |
| Therm. Ausdehnungskoeffizient | $10^{-6}/\text{K}$ | 3,2 | 11,5 |
| E-Modul | MPa | 315 000 | 210 000 |
| Poissonsche Zahl | – | 0,26 | 0,3 |
| Härte | HV10 | 1 600...800 | 700...150 |

Hybridlager - Tabelle



Hybridrillenkugellager d 15–70 mm

| Kurzzeichen | Masse | Abmessung | | | | | | | Tragzahl | | Ermüdungs-grenz-belastung C_{ur} | Grenz-drehzahl n_G |
|-------------|-------|-----------|-----|----|-----|-------|-------|-------|---------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | d | D | B | r | D_1 | D_2 | d_1 | dyn. C_r | stat. C_{0r} | | |
| FAG | kg | mm | | | | | | | kN | kN | kN | min^{-1} |
| HC6002-2Z | 0,031 | 15 | 32 | 9 | 0,3 | | 28,4 | 20,5 | 4 150 | 2 000 | 102 | 30 000 |
| HC6003 | 0,038 | 17 | 35 | 10 | 0,3 | 29,5 | | 22,7 | 6 000 | 3 250 | 157 | 21 000 |
| HC6212-C4 | 0,694 | 60 | 110 | 22 | 1,5 | 95,6 | | 76,1 | 40 500 | 31 000 | 1 590 | 14 000 |
| HC6014 | 0,614 | 70 | 110 | 20 | 1,1 | 9,3 | | 82,8 | 29 000 | 25 500 | 1 850 | 10 000 |
| HC6214-M | 1,23 | 70 | 125 | 24 | 1,5 | 108 | | 87,1 | 48 000 | 39 000 | 2 050 | 12 000 |



Kegel 1:12

Hybridzylinderrollenlager d 30–45 mm

| Kurzzeichen | Masse | Abmessung | | | | | | | Tragzahl | | Ermüdungs-grenz-belastung C_{ur} | Grenz-drehzahl n_G |
|-----------------|-------|-----------|----|----|-------|----------|------|---------------|-------------------|-------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | d | D | B | r_1 | $s^{1)}$ | E | dyn. C_r | stat. C_{0r} | | | |
| FAG | kg | mm | | | | | | | kN | kN | kN | min^{-1} |
| HCN1006-K-M1-SP | 0,115 | 30 | 55 | 13 | 0,6 | 1,9 | 48,5 | 16 000 | 17 000 | 2 330 | 36 000 | |
| HCN1007-K-M1-SP | 0,149 | 35 | 62 | 14 | 0,6 | 2 | 55 | 19 000 | 20 400 | 2 700 | 28 000 | |
| HCN1008-K-M1-SP | 0,182 | 40 | 68 | 15 | 0,6 | 2,1 | 61 | 23 600 | 27 000 | 3 700 | 28 000 | |

¹⁾ axialer Verschiebeweg

Einbaubeispiele

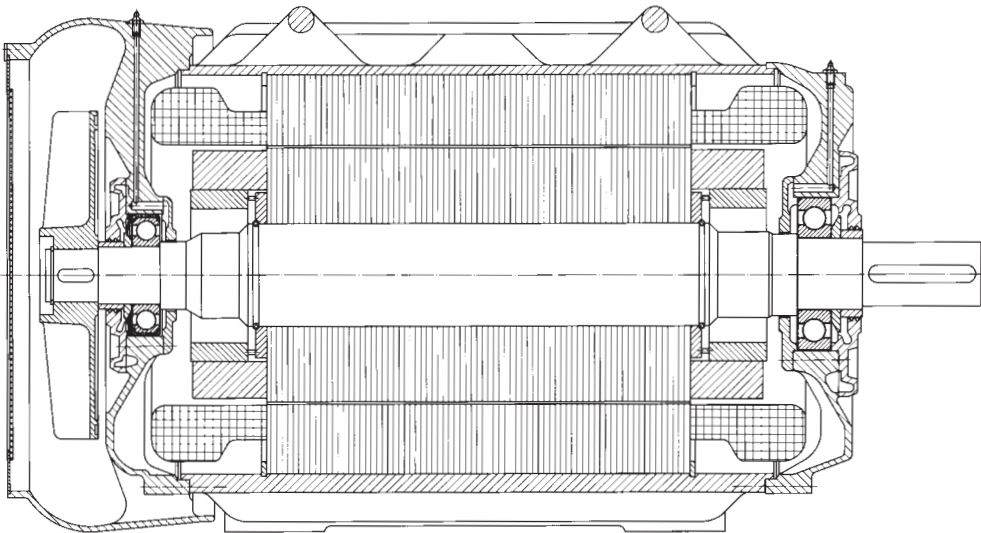
1. Drehstrommotor

Rillenkugellager mit J20AA-Beschichtung

Technische Daten:

Umrichtergespeister Drehstrommotor
Leistung 375 kW
Ausführung vierpolig

Eingebaut ist auf der Belüftungsseite ein stromisoliertes Rillenkugellager **6316-J20AA-C3** und auf der Antriebsseite ein Rillenkugellager **6320-C3**. Beide Lager werden mit Fett geschmiert. Es ist eine Nachschmiereinrichtung vorgesehen.



2. Radsatzlagerung

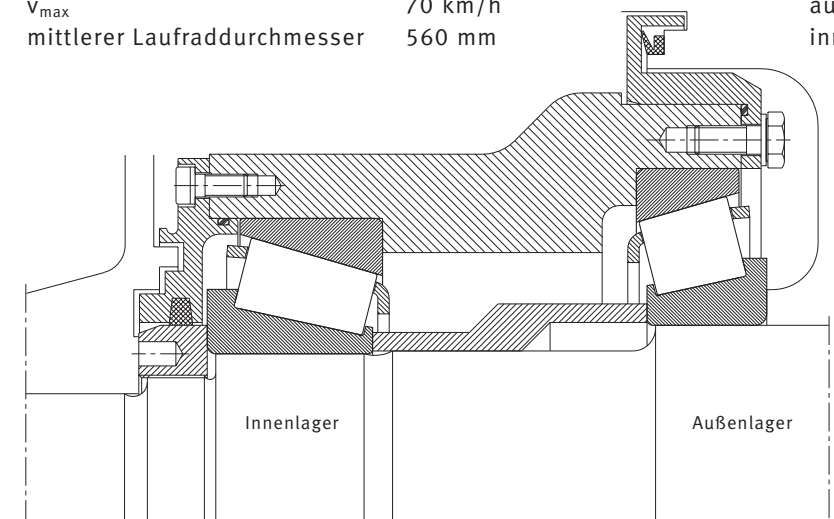
Kegelrollenlager mit J20B-Beschichtung

Losradlagerung im Niederflur-Gelenktriebswagen Combino-Meterspur / Freiburg

Technische Daten:

v_{max} 70 km/h
mittlerer Laufraddurchmesser 560 mm

Eingebaut sind Kegelrollenlager (O-Anordnung):
außen **Z-580065.30228-A-J20B**
innen **F-803889.32224-A-J20B**



Einbaubeispiele

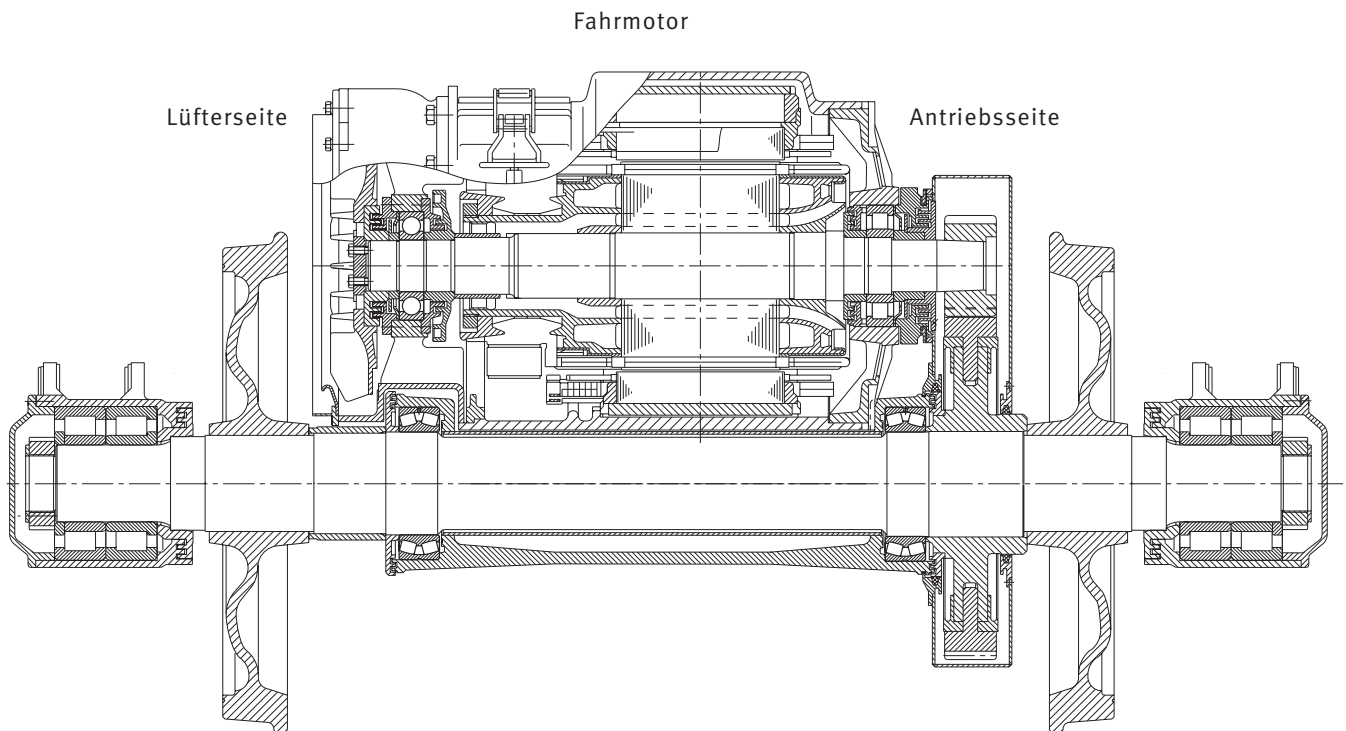
3. Fahrmotorlagerung eines elektrischen Triebwagens

Rillenkugellager und Zylinderrollenlager in J20AA-Beschichtung

Drehstrommotor mit einer Leistung von 500 kW

Eingebaut sind auf der Rotorwelle ein Rillenkugellager **6316-J20AA-C3** (Lüfterseite) und ein Zylinderrollenlager **NU320-E-M1-F1-J20AA-C4** (Antriebsseite).

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



Schaeffler KG

Georg-Schäfer-Straße 30

97421 Schweinfurt

Internet www.fag.de

E-Mail faginfo@schaeffler.com

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 KG · 2007, März

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

TPI WL 43-1189/2 DA