MOTION & CONTROL™
NSK

WÄLZLAGER-DOKTOR

WARTUNG VON WÄLZLAGERN

Partnerschaft basiert auf Vertrauen – und Vertrauen auf Qualität

Als einer der weltweit führenden Hersteller von Wälzlagern, lineartechnischen Komponenten sowie Lenksystemen sind wir auf allen Kontinenten vertreten – mit Werken, Vertriebsniederlassungen und Technologiezentren. Denn unsere Kunden schätzen kurze Entscheidungswege, prompte Lieferungen und Service vor Ort.

Das Unternehmen NSK

Bereits 1916 startete NSK seine Geschäfte als erster japanischer Hersteller von Wälzlagern. Seitdem haben wir nicht nur unsere Produktpalette, sondern auch unsere Serviceleistungen für verschiedene Industriebereiche kontinuierlich ausgebaut und verbessert.
So entwickeln wir Technologien in den Bereichen Wälzlager, Linearsysteme, Komponenten für die Automobilindustrie und mechatronische Systeme. Unsere Forschungs- und Entwicklungszentren in Europa, Amerika und Asien sind innerhalb unseres globalen Technologienetzwerkes verbunden. Dabei konzentrieren wir uns nicht nur auf die Entwicklung neuer Technologien, sondern auf die kontinuierliche Optimierung der Qualität – auf jeder Prozessstufe.
Zu den Aktivitäten gehören u. a. Produktdesign, Simulationsanwendungen auf verschiedenen Analysesystemen oder die Entwicklung verschiedener Wälzlager-Stähle und Schmierstoffe.

Total Quality by NSK: Wir bündeln unsere Kompetenzen in den NSK Technologiezentren. Nur ein Beispiel, wie wir unserem hohen Qualitätsanspruch gerecht werden.

NSK gehört zu den Unternehmen, die bei Patentanmeldungen für Maschinenbauteile führend sind und hier eine lange Tradition haben. In unseren weltweiten Forschungszentren konzentrieren wir uns nicht nur auf die Entwicklung neuer Technologien, sondern auf die kontinuierliche Optimierung der Qualität – auf Basis der integrierten Technologie-Plattform aus Tribologie, Werkstofftechnik, Analyse und Mechatronik.
Mehr über NSK auf www.nskeurope.de oder rufen Sie uns an: +49 (0) 2102 481-0

Neuer Wälzlager-Doktor

Inhalt

Einleitung ... **6**

Handhabung und Wartung von Lagern ... **7**
- Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung ... 7
- Montage ... 8
- Funktionsprüfung ... 8

Leistungsfaktoren für Lager ... **10**
- Lagergeräusche ... 10
- Lagerschwingungen ... 10
- Lagertemperatur ... 10
- Einfluss der Schmierung ... 10
- Auswahl des Schmierstoffs ... 11
- Nachschmieren und Schmierstoffwechsel ... 12

Überprüfung von Lagern ... **14**

Laufspuren und aufgebrachte Belastungen ... **16**

Lagerschäden und Gegenmaßnahmen ... **18**
- Abblätterungen ... 19
- Aufrauung ... 21
- Riefenbildung ... 22
- Anschmierungen ... 24
- Brüche ... 26
- Risse ... 27
- Käfigschäden ... 29
- Eindrücke ... 31
- Pitting ... 32
- Verschleiß ... 33
- Passungsrost ... 34
- Stillstandsmarkierungen ... 35
- Kriechen der Lagerringe ... 36
- Blockieren ... 37
- Elektrokorrosion ... 38
- Rost und Korrosion ... 39
- Schäden durch unsachgemäße Montage ... 40
- Verfärbung ... 41

Anhang: Lagerdiagnosetabelle ... **42**

Einleitung

Kommt es während des Maschinenbetriebs zu einem Wälzlagerschaden, kann die gesamte Maschine/Ausrüstung blockieren oder ausfallen. Da ein vorzeitiger oder unerwarteter Ausfall von Lagern Probleme verursacht, ist es wichtig, Ausfälle nach Möglichkeit bereits im Vorfeld zu erkennen, damit entsprechende Maßnahmen ergriffen werden können.

In der Regel lässt sich die Ursache des Problems durch eine Überprüfung des Lagers oder des Gehäuses ermitteln. Häufige Ursachen sind Mangelschmierung, unsachgemäße Handhabung, die Auswahl des falschen Lagers oder eine unzureichende Analyse von Welle und Gehäuse. Durch die Prüfung des Lagerbetriebs bereits vor einem möglichen Ausfall, die Kontrolle der Schmierungsbedingungen und des Einbauzustands sowie die gründliche Analyse des beschädigten Lagers lässt sich die Ursache in der Regel ermitteln.

Beschädigungen und Ausfälle von Lagern können plötzlich und unerwartet eintreten. Diese vorzeitigen Ausfälle sind von Ermüdungsbrüchen durch Abblätterungen zu unterscheiden. Das Versagen von Lagern lässt sich in zwei Kategorien unterteilen: vorzeitiger Ausfall und normale Wälzermüdung.

Handhabung und Wartung von Lagern

Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung
Wälzlager sind hochpräzise Maschinenteile und müssen mit entsprechender Sorgfalt gehandhabt werden. Auch bei Verwendung hochwertiger Lager können deren erwartete Lebensdauer und Leistung bei unsachgemäßer Handhabung nicht erreicht werden. Dies sind die wichtigsten Vorsichtsmaßnahmen:

(1) Lager und Umgebung sauber halten:
Selbst Staub- und Schmutzpartikel, die mit bloßem Auge gar nicht zu sehen sind, haben schädliche Auswirkungen auf Lager. Um das Eindringen von Fremdkörpern in die Lager zu verhindern, ist eine saubere Umgebung unbedingt notwendig.

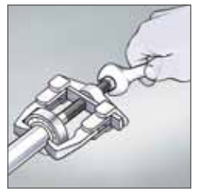
(2) Vorsicht bei der Handhabung:
Durch starke Stöße können Kratzer und andere Schäden am Lager entstehen, die zu einem Ausfall führen können. Starke Schläge können Druckstellen, Brüche oder Risse verursachen.

(3) Geeignetes Werkzeug verwenden:
Verwenden Sie für die Handhabung von Lagern stets geeignete Werkzeuge und kein Universalwerkzeug.

(4) Lager vor Korrosion schützen:
Handschweiß und andere Verunreinigungen können zu Korrosion führen. Handhaben Sie Lager nur mit sauberen Händen. Tragen Sie nach Möglichkeit Handschuhe.

Halten Sie die Lager und deren Umgebung sauber!

Vorsicht bei der Handhabung!



Verwenden Sie geeignetes Werkzeug!

Schützen Sie die Lager vor Korrosion!

Handhabung und Wartung von Lagern

Montage

Die Montage des Lagers erfordert volle Aufmerksamkeit. Die Qualität des Lagereinbaus ist entscheidend für Laufgenauigkeit, Lebensdauer und Leistung des Lagers. Befolgen Sie bei der Montage die folgenden Schritte:

- Lager und angrenzende Teile reinigen.
- Abmessungen und Bearbeitung angrenzender Teile prüfen.
- Montageanweisungen befolgen.
- Lager auf ordnungsgemäße Montage prüfen.
- Korrekte Menge des geeigneten Schmiermittels einbringen.

Da die meisten Lager mit der Welle drehen, werden Innenring und Welle in der Regel mit Festsitz, Außenring und Gehäuse hingegen mit loser Passung montiert.

Funktionsprüfung

Nach erfolgter Montage sollte in einem Testlauf geprüft werden, ob das Lager korrekt eingebaut wurde. In **Tabelle 1** sind die unterschiedlichen Funktionsprüfungsmethoden aufgeführt. Falls Unregelmäßigkeiten auftreten, brechen Sie die Prüfung sofort ab. In **Tabelle 2** finden Sie die geeigneten Gegenmaßnahmen für die jeweiligen Abweichungen.

Für eine lange Lebensdauer ist es erforderlich, das Lager regelmäßig zu überprüfen und zu warten und die Betriebsbedingungen zu kontrollieren. Folgende Prüfverfahren werden zu diesem Zweck angewandt:

(1) Prüfung unter Betriebsbedingungen

Um die Wechselintervalle der Lager und die Schmierintervalle zu ermitteln, überprüfen Sie die Schmiermitteleigenschaften unter Berücksichtigung von Faktoren wie Betriebstemperatur, Schwingungen und Lagergeräusche. (Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt „Leistungsfaktoren für Lager“.)

(2) Prüfung des Lagers

Nutzen Sie planmäßige Wartungen der Anlage oder den Austausch von Teilen zur gründlichen Untersuchung des Lagers. Überprüfen Sie den Zustand der Laufbahnen, um festzustellen, ob Schäden vorliegen. Prüfen Sie, ob das Lager erneut verwendet werden kann oder ob es ausgetauscht werden muss. (Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt „Überprüfung von Lagern“.)

Tabelle 1 Prüfverfahren

Maschinengröße	Vorgehensweise	Prüfungen des Lagerzustands
Kleine Maschine	Manueller Betrieb. Das Lager von Hand drehen. Wenn keine Probleme auftreten, die Maschine einschalten.	› Stick-Slip-Effekte (Fremdkörper, Risse, Eindrücke) › Ungleichmäßiges Drehmoment (Einbaufehler) › Übermäßiges Drehmoment (Montagefehler oder unzureichende radiale Lagerluft)
	Lastbetrieb. Mit geringer Drehzahl und ohne Last beginnen. Dann allmählich Drehzahl und Last bis zur zulässigen Belastung erhöhen.	Auf unregelmäßige Geräusche prüfen. Auf erhöhte Lagertemperatur prüfen. Schmiermittelaustritt. Verfärbung.
Große Maschine	Betrieb im Leerlauf. Maschine einschalten und langsam drehen lassen. Maschine ausschalten und Lager auslaufen lassen. Wenn die Prüfung keine Unregelmäßigkeiten ergibt, weiter mit der Prüfung bei Drehung unter Last.	Schwingungen, Geräusche etc.
	Lastbetrieb. Die Prüfung bei Lastbetrieb so durchführen wie bei kleinen Maschinen.	Die gleichen Punkte wie bei kleinen Maschinen prüfen.

Tabelle 2 Ursachen und Gegenmaßnahmen bei Unregelmäßigkeiten im Betrieb

Unregelmäßigkeiten		Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Geräuschentwicklung	Lautes, metallisches Geräusch	Übermäßige Belastung	Passung, Lagerluft, Vorspannung, Position der Gehäuseschulter etc. korrigieren.
		Fehlerhafter Einbau	Bearbeitungsgenauigkeit und Ausrichtung von Welle und Gehäuse korrigieren, Genauigkeit des Montageprozesses prüfen
		Mangelschmierung oder ungeeignete Schmierung	Nachschmieren bzw. geeignetes Schmiermittel wählen.
		Kontakt umlaufender Teile	Labyrinthdichtung etc. korrigieren.
	Lautes, gleichmäßiges Geräusch	Risse, Korrosion oder Riefen an den Laufbahnen	Lager ersetzen bzw. reinigen, Abdichtung verbessern und sauberes Schmiermittel verwenden.
		Brinellwirkung	Lager ersetzen und mit Sorgfalt handhaben.
		Abblätterung auf der Laufbahn	Lager ersetzen
	Unregelmäßige Geräusche	Übermäßige Lagerluft	Passung, Lagerluft und Vorspannung korrigieren.
		Eindringen von Fremdkörpern	Lager ersetzen bzw. reinigen, Abdichtung verbessern und sauberes Schmiermittel verwenden.
		Risse oder Abblätterungen an den Kugeln	Lager ersetzen
Übermäßiger Temperaturanstieg		Überschüssiges Schmiermittel	Schmiermittelmenge reduzieren, steiferes Fett verwenden.
		Mangelschmierung oder ungeeignete Schmierung	Nachschmieren bzw. besser geeignetes Schmiermittel wählen.
		Übermäßige Belastung	Passung, Lagerluft, Vorspannung, Position der Gehäuseschulter korrigieren.
		Fehlerhafter Einbau	Bearbeitungsgenauigkeit und Ausrichtung von Welle und Gehäuse korrigieren, Genauigkeit des Einbaus bzw. des Montageprozesses prüfen.
		Kriechen an den Passungsflächen, übermäßiger Reibungsschluss der Dichtungen	Dichtungen korrigieren, Lager ersetzen, Passung oder Einbaulage korrigieren.
Schwingungen (Axialschlag)		Brinellwirkung	Lager ersetzen und mit Sorgfalt handhaben.
		Abblätterung	Lager ersetzen
		Fehlerhafter Einbau	Rechtwinkligkeit von Wellen- und Gehäuseschulter oder Distanzstückseite korrigieren.
		Eindringen von Fremdkörpern	Lager ersetzen bzw. reinigen, Dichtungen korrigieren.
Leckage oder Farbveränderung des Schmiermittels		Übermäßige Schmierung. Eindringen von Fremdkörpern oder Abrasionssplittern.	Schmiermittelmenge reduzieren, steiferes Fett verwenden. Lager oder Schmiermittel ersetzen. Gehäuse und anliegende Teile reinigen.

Leistungsfaktoren für Lager

Die wesentlichen Leistungsfaktoren beim Lagerbetrieb sind Geräusche, Schwingungen, Temperatur und Schmierungszustand. Bei Unregelmäßigkeiten im Betrieb siehe Tabelle 2.

Lagergeräusche

Während des Betriebs können Lautstärke und Merkmale von Lagerlaufgeräuschen mit Instrumenten zur Geräuschermittlung (Stethoskop, NSK Bearing Monitor etc.) analysiert werden. Die Art des Lagerschadens – z.B. kleine Abblätterungen – lässt sich anhand der ungewöhnlichen, charakteristischen Geräusche eingrenzen.

Lagerschwingungen

Unregelmäßigkeiten bei Lagern können durch Schwingungsmessungen an der laufenden Maschine analysiert werden. Mit einem Frequenzspektrum-Analysator lassen sich die Stärke der Schwingung und die Frequenzverteilung messen. Anhand der Testergebnisse kann die Ursache der Abweichung eingegrenzt werden. Die Messdaten können je nach Betriebsbedingungen des Lagers und Position des Schwingungsaufnehmers abweichen. Für jede untersuchte Maschine müssen daher Auswertungsstandards festgelegt werden. Sinnvoll ist auch die Überwachung auf Unregelmäßigkeiten im Schwingungsmuster während des Betriebs.

Lagertemperatur

Grundsätzlich kann die Lagertemperatur über die Oberflächentemperatur des Gehäuses abgeschätzt werden. Empfehlenswerter ist jedoch die direkte Messung der Außenringtemperatur mit einer durch eine Ölbohrung eingeführten Sonde. Nach Inbetriebnahme steigt die Lagertemperatur für gewöhnlich allmählich an und erreicht nach ein bis zwei Stunden ein konstantes Niveau.
Die Beharrungstemperatur des Lagers hängt von der Last, der Drehzahl und den Wärmeableitungseigenschaften der Maschine ab. Unzureichende Schmierung und unsachgemäße Montage können zu einem plötzlichen Anstieg der Lagertemperatur führen. Unterbrechen Sie in diesem Fall den Maschinenbetrieb und ergreifen Sie geeignete Maßnahmen.

Einfluss der Schmierung

Die Schmierung dient in erster Linie der Reduzierung von Reibung und Verschleiß in den Lagern, um diese vor einem vorzeitigen Ausfall zu schützen. Die Schmierung hat die folgenden positiven Effekte:

- **Reduzierung von Reibung und Verschleiß**
  Durch einen Ölfilm wird der unmittelbare metallische Kontakt zwischen den Einzelteilen des Lagers – Lagerringe, Wälzkörper und Käfig – vermieden, wodurch Reibung und Verschleiß in den Kontaktbereichen verringert werden.
- **Verlängerung der Lebensdauer**
  Die Ermüdungslebensdauer von Lagern hängt in großem Maße von der Viskosität und der Dicke des Schmierfilms zwischen den Wälzkontaktflächen ab. Ein starker Schmierfilm verlängert die Lebensdauer; ist die Viskosität des Öls hingegen nicht ausreichend hoch, sind ein zu dünner Schmierfilm und eine verkürzte Lebensdauer die Folge.
- **Ableitung von Reibungswärme und Kühlung**
  Mit der Umlaufschmierung kann Reibungswärme oder von außen übertragene Wärme abgeleitet werden, um so einer Überhitzung des Lagers und einer Verschlechterung des Öls vorzubeugen.
- **Abdichtung und Rostverhütung**
  Eine angemessene Schmierung hilft auch, das Eindringen von Fremdkörpern in die Lager zu verhindern, und schützt vor Korrosion und Rost.

Tabelle 3 Vergleich zwischen Fett- und Ölschmierung

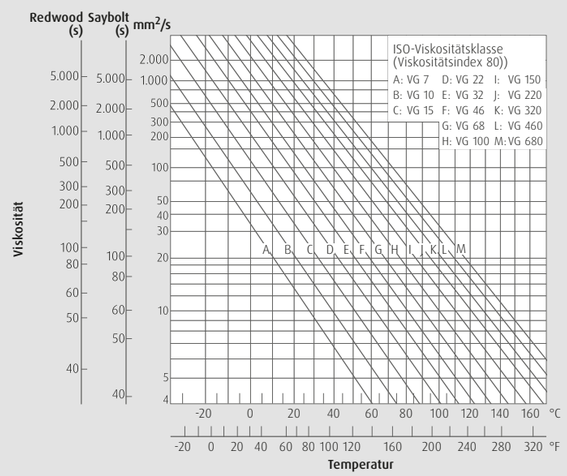
Merkmal	Fettschmierung	Ölschmierung
Gehäusekonstruktion und Abdichtung	Einfach	Kann schwierig sein. Sorgfältige Wartung erforderlich.
Drehzahl	Grenzdrehzahl beträgt 65 bis 80 % des Wertes bei Ölschmierung	Hohe Grenzdrehzahl
Kühleffekt	Gering	Wärmeableitung bei Druckumlaufschmierung möglich
Dünnflüssigkeit	Gering	Gut
Schmiermittelwechsel	Manchmal schwierig	Einfach
Entfernen von Fremdkörpern	Entfernung von Bauteilikeln aus dem Fett ist nicht möglich	Einfach
Externe Verunreinigungen durch Leckagen	Umliegende Bereiche selten durch Leckagen verunreinigt	Ohne angemessene Gegenmaßnahmen häufige Leckagen. Nicht geeignet, wenn externe Verunreinigung vermieden werden soll.

Tabelle 4 Erforderliche Viskosität nach Lagerarttype

Lagerart	Viskosität bei Betriebstemperatur
Kugellager, Zylinderrollenlager	Mindestens 13 mm^2/s
Kegelrollenlager, Pendelrollenlager	Mindestens 20 mm^2/s
Axial-Pendelrollenlager	Mindestens 32 mm^2/s

Anm.: 1 mm^2/s = 1 cSt (Zentistokes)

Abb. 1 Beziehung zwischen Ölviskosität und Temperatur



Auswahl des Schmierstoffs

Schmiermethoden für Lager lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: Fettschmierung und Ölschmierung. Um eine optimale Lagerleistung zu erzielen, wird die Schmiermethode verwendet, die den Betriebsbedingungen und dem Zweck der Anwendung am besten entspricht. **Tabelle 3** zeigt einen Vergleich zwischen Fettschmierung und Ölschmierung.

- **Fettschmierung**
  Fett ist ein Schmierstoff aus Grundöl, Verdicker und Zusätzen. Bei der Auswahl eines Schmierfetts müssen die Einsatzbedingungen des Lagers berücksichtigt werden. Zwischen den Produkten verschiedener Hersteller bestehen große Leistungsunterschiede, selbst wenn es sich um die gleiche Fettart handelt. Der Auswahl des Fetts kommt somit eine große Bedeutung zu. **Tabelle 5** (Seite 12) zeigt Beispiele von Anwendungen und Fettkonsistenzen.
- **Ölschmierung**
  Es gibt verschiedene Ölschmiermethoden: Ölbadschmierung, Tropfölschmierung, Tauchschmierung, Umlaufschmierung, Öleinspritzschmierung, Ölnebelschmierung und Öl-Luft-Schmierung. Ölschmierung ist bei Anwendungen mit höheren Drehzahlen und höheren Temperaturen besser geeignet als Fettschmierung. Besonders effektiv ist eine Ölschmierung in Fällen, in denen eine Wärmeableitung nach außen erforderlich ist. Wichtig ist die Auswahl eines Schmieröls, das bei der Betriebstemperatur des Lagers die geeignete Viskosität hat. In der Regel werden Öle mit niedriger Viskosität für Anwendungen mit hohen Drehzahlen verwendet, während hochviskose Öle bei Anwendungen mit hohen Belastungen eingesetzt werden. In Tabelle 4 sind die geeigneten Viskositätsbereiche für die jeweiligen Betriebstemperaturen unter normalen Anwendungsbedingungen aufgeführt. Zur Unterstützung bei der Auswahl veranschaulicht Abb. 1 den Zusammenhang zwischen Temperatur und erforderlicher Schmierölviskosität. In Tabelle 6 (Seite 13) sind Beispiele für die Auswahl von Schmierölen für unterschiedliche Einsatzbedingungen aufgeführt

Leistungsfaktoren für Lager

Nachschmieren und Schmierstoffwechsel

(1) Schmierintervall

Auch wenn Fett hoher Qualität eingesetzt wird, unterliegen seine Eigenschaften dem zeitlichen Verschleiß. Deshalb ist regelmäßiges Nachfüllen erforderlich. **Abb. 2 (1)** und **(2)** zeigen die Schmierintervalle für verschiedene Lagerarten mit unterschiedlichen Drehzahlen. Die Angaben in **Abb. 2 (1)** und **(2)** gelten für die Eigenschaften von hochwertigem Lithiumseifenfett auf Mineralölbasis, eine Lagertemperatur von 70 °C und normale Belastung (P/C = 0,1).

› **Temperatur**

Bei Lagertemperaturen oberhalb von 70 °C muss das Schmierintervall je 15 °C Temperaturanstieg um die Hälfte reduziert werden.

› **Fett**

Insbesondere bei Kugellagern kann das Schmierintervall je nach verwendeter Fettart verlängert werden. (So kann z. B. mit hochwertigem Lithiumseifenfett auf Synthetikölbasis das in Abb. 2 (1) gezeigte Schmierintervall etwa um das Zweifache verlängert werden. Bei Lagertemperaturen von weniger als 70 °C sind Lithiumseifenfette auf Mineral- oder Synthetikölbasis geeignet.)

› **Belastung**

Das Schmierintervall hängt von der Größe der Lagerbelastung ab (siehe **Abb. 2 (3)**). Das Schmierintervall ist mit dem Belastungsfaktor zu multiplizieren. Wenn P/C über 0,16 liegt, wenden Sie sich bitte an NSK.

(2) Ölwechselintervall

Das Ölwechselintervall hängt von den Betriebsbedingungen und der Ölmenge ab. Bei Betriebstemperaturen unter 50 °C und in sauberer Umgebung sollte das Öl einmal jährlich ausgetauscht werden. Beträgt die Öltemperatur mehr als 100 °C, ist mindestens alle drei Monate ein Wechsel erforderlich.

Tabelle 5
Beispiele von Anwendungen und Fettkonsistenzen

Konsistenz-kennzahl	Konsistenz (1/10 mm)	Anwendung	
0	355 bis 385	Zentralschmierung	Gefahr von Passungsrost
1	310 bis 340	Zentralschmierung, niedrige Temperaturen	Gefahr von Passungsrost
2	265 bis 295	Mehrzweckfett	Abgedichtete Kugellager
3	220 bis 250	Mehrzweckfett, hohe Temperaturen	Abgedichtete Kugellager
4	175 bis 205	Hohe Temperaturen	Bei Verwendung von Fett als Abdichtung

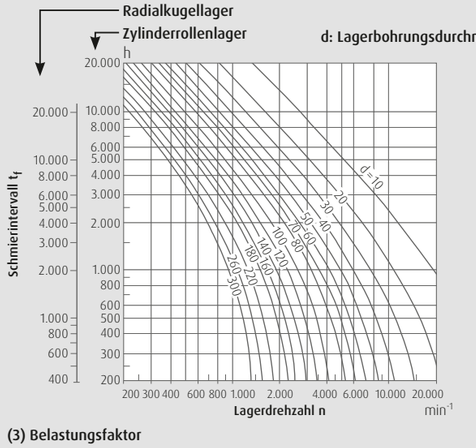
Tabelle 6 Auswahl von Schmierölen für unterschiedliche Lageranwendungen

Betriebstemperatur	Drehzahl	Leichte oder normale Belastung	Schwere Belastung oder Stoßbelastung
–30 bis 0 °C	Unter der Grenzdrehzahl	ISO VG 15, 22, 32 (Kältemaschinenöl)	—
0 bis 50 °C	Unter 50 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 32, 46, 68 (Lageröl, Turbinenöl)	ISO VG 46, 68, 100 (Lageröl, Turbinenöl)
	Zwischen 50 % und 100 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 15, 22, 32 (Lageröl, Turbinenöl)	ISO VG 22, 32, 46 (Lageröl, Turbinenöl)
	Über der Grenzdrehzahl	ISO VG 10, 15, 22 (Lageröl)	—
50 bis 80 °C	Unter 50 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 100, 150, 220 (Lageröl)	ISO VG 150, 220, 320 (Lageröl)
	Zwischen 50 % und 100 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 46, 68, 100 (Lageröl, Turbinenöl)	ISO VG 68, 100, 150 (Lageröl, Turbinenöl)
	Über der Grenzdrehzahl	ISO VG 32, 46, 68 (Lageröl, Turbinenöl)	—
80 bis 110 °C	Unter 50 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 320, 460 (Lageröl)	ISO VG 460, 680 (Lageröl, Getriebeöl)
	Zwischen 50 % und 100 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 150, 220 (Lageröl)	ISO VG 220, 320 (Getriebeöl)
	Über der Grenzdrehzahl	ISO VG 68, 100 (Lageröl, Turbinenöl)	—

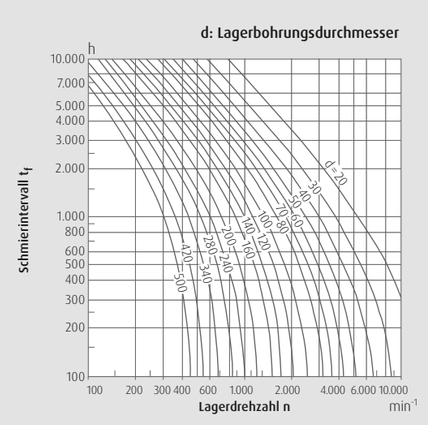
Anm.: 1. Für die Grenzdrehzahlen werden die Werte verwendet, die im Katalog „Wälzlager" (Nr. E1102) unter „Ölschmierung" aufgeführt sind.
2. Verwendete Öle: Kältemaschinenöl (JIS K 2211), Lageröl (JIS K 2239), Turbinenöl (JIS K 2213), Getriebeöl (JIS K 2219).
3. Wenn die Betriebstemperatur am oberen Ende des in der linken Spalte aufgeführten Bereichs liegt, empfiehlt sich die Verwendung eines hochviskosen Öls.

Abb. 2 Schmierintervalle

(1) Radialkugellager und Zylinderrollenlager



(2) Kegelrollenlager und Pendelrollenlager

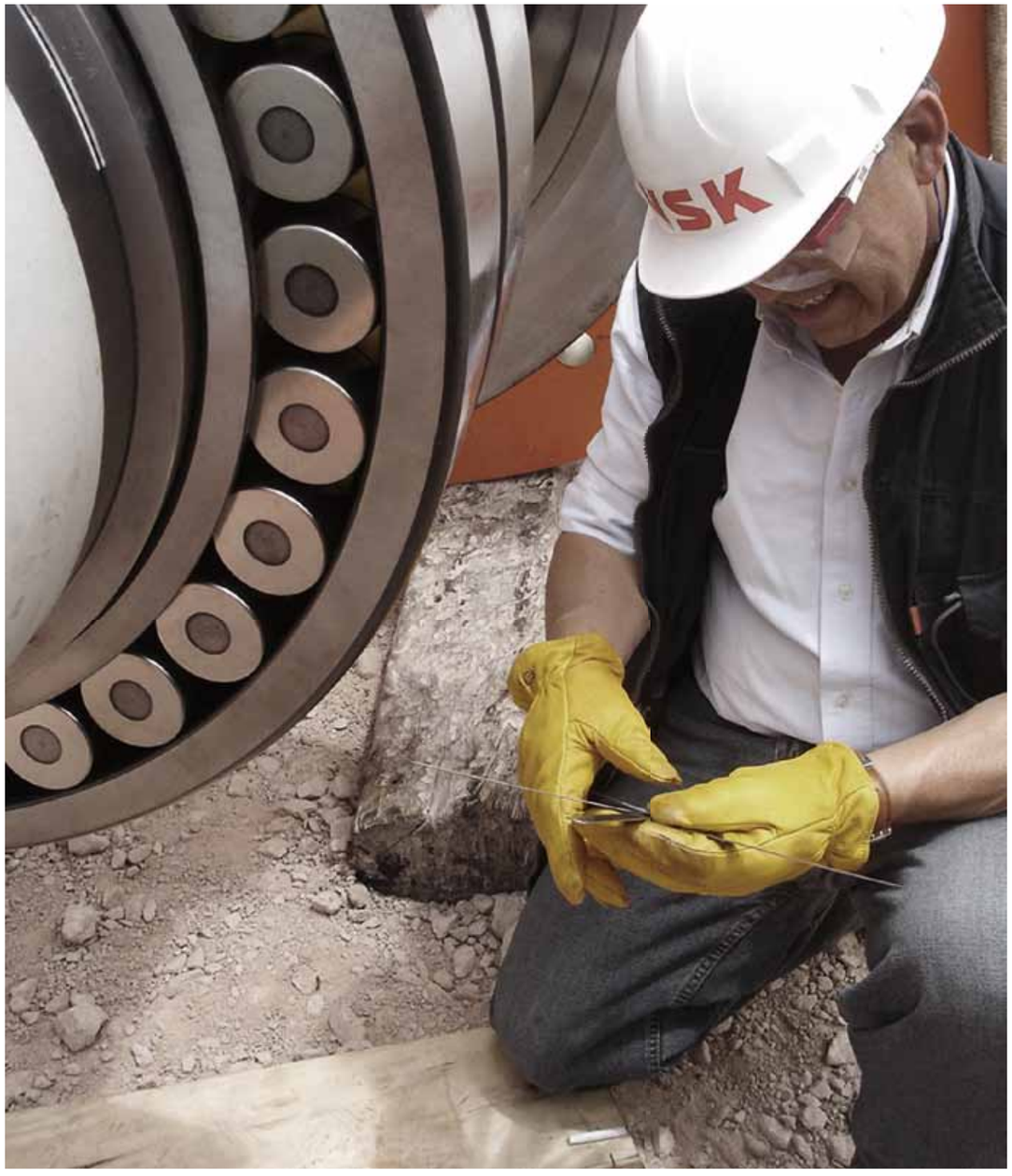


(3) Belastungsfaktor

P/C	≤0,06	0,1	0,13	0,16
Belastungsfaktor	1.5	1	0,65	0,45

Anm.:
P: Äquivalente Belastung
C: Dynamische Tragzahl

Überprüfung von Lagern



Erfolgt eine Prüfung eines Lagers im Rahmen einer planmäßigen Wartung der Anlage, einer Betriebskontrolle oder des Austauschs angrenzender Teile, sollte der Zustand des Lagers untersucht werden, um festzustellen, ob es weiter verwendet werden kann.

Die Ergebnisse der Überprüfung und das äußere Erscheinungsbild demontierter Lager sollten aufgezeichnet werden. Nachdem eine Schmierstoffprobe entnommen und die Restfettmenge gemessen wurde, erfolgt die Reinigung des Lagers. Außerdem sollte eine Überprüfung auf Abweichungen und Beschädigungen des Käfigs, der Passflächen, der Wälzkörper und der Laufbahnen vorgenommen werden. Hinweise zur Beurteilung von Laufspuren auf den Laufbahnen finden Sie auf Seite 16.

Bei der Entscheidung, ob ein Lager erneut verwendet werden kann, sind die folgenden Faktoren zu berücksichtigen: Ausmaß des Lagerverschleißes, Maschinenleistung, Relevanz der Anwendung, Betriebsbedingungen und Inspektionsintervall. Werden bei der Überprüfung des Lagers Beschädigungen oder Abweichungen festgestellt, versuchen Sie, die Ursache zu ermitteln und ergreifen Sie die erforderlichen Gegenmaßnahmen (siehe Seite 18 ff.). Wenn Sie bei der Untersuchung einen der nachfolgend beschriebenen Schäden feststellen, ist eine Wiederverwendung nicht möglich und das Lager muss ersetzt werden.

(1) Risse oder Ausbrüche im Käfig, in den Wälzkörpern oder im Laufbahnring.
(2) Abblätterung an den Wälzkörpern oder am Laufbahnring.
(3) Deutliche Riefen in den Wälzkörpern, Borden (am Bund) oder Laufbahnen.
(4) Deutlicher Käfigverschleiß oder lose Nieten.
(5) Risse oder Rost an den Wälzkörpern oder Laufbahnen.
(6) Deutliche Eindrücke in den Wälzkörpern oder Laufbahnen.
(7) Deutliches Kriechen an der Außenringmantelfläche oder in der Innenringbohrung.
(8) Verfärbungen durch Hitzeentwicklung.
(9) Starke Beschädigung der Deckscheibe oder Dichtung bei fettgeschmierten Lagern.

Laufspuren und aufgebrachte Belastungen

Im Betrieb berühren sich die Wälzkörper und Laufbahnen. Hierdurch entstehen Laufspuren bis hin zum Verschleiß. Laufspuren geben exakte Hinweise auf die Art der Belastung und bedürfen einer genauen Untersuchung.

Anhand klar definierter Laufspuren lässt sich bestimmen, ob ein Lager eine radiale, eine axiale oder eine Momentenbelastung trägt. Darüber hinaus kann auf die Rundheit der Lagerung geschlossen werden und es lässt sich feststellen, ob es unerwartete Belastungen oder größere Einbaufehler gegeben hat. Schließlich kann die mögliche Ursache für einen Lagerschaden ermittelt werden.

Abb. 3 zeigt Laufspuren, die unter verschiedenen Belastungsbedingungen an Rillenkugellagern entstanden sind. **Abb. 3 (a)** zeigt die häufigste Laufspur. Diese entsteht, wenn der Innenring unter reiner radialer Belastung dreht. **Abb. 3 (e)** bis **(h)** zeigen verschiedene Laufspuren, die meistens zu einem vorzeitigen Lagerschaden führen.

Abb. 4 zeigt ebenfalls verschiedene Laufspuren an einem Rollenlager:
Abb. 4 (i) zeigt die Laufspur an einem Zylinderrollenlageraußenring, die bei radialer Belastung des drehenden Innenrings entsteht. **Abb. 4 (j)** zeigt eine durch Wellendurchbiegung oder Schrägstellung von Innen- und Außenring entstandene Laufspur. Dieser Fluchtungsfehler führt zu leicht schattierten, matten Streifen in Wälzkörperbreite. Am Anfang und am Ende der Lastzone verlaufen die Spuren diagonal. **Abb. 4 (k)** zeigt bei einem zweireihigen Kegelrollenlager mit Last am drehenden Innenring die Laufspur, die bei radialer Belastung am Außenring entsteht. Auf **Abb. 4 (l)** ist die Laufspur am Außenring zu sehen, die bei axialer Belastung entsteht. **Abb. 4 (m)** zeigt die Laufspuren, die bei Radialbelastung und Fluchtungsfehler zwischen Innen- und Außenring entstehen.

Abb. 3 Typische Laufspuren an Rillenkugellagern

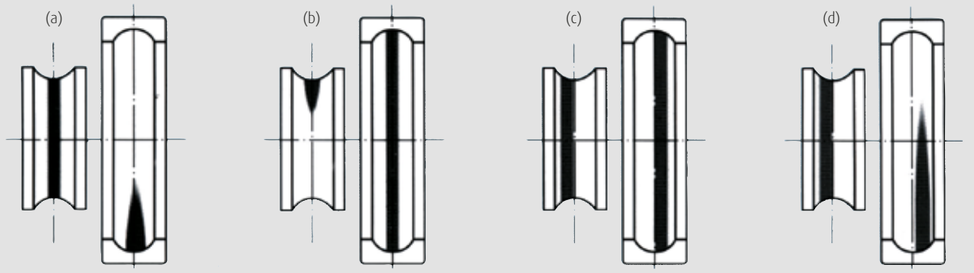
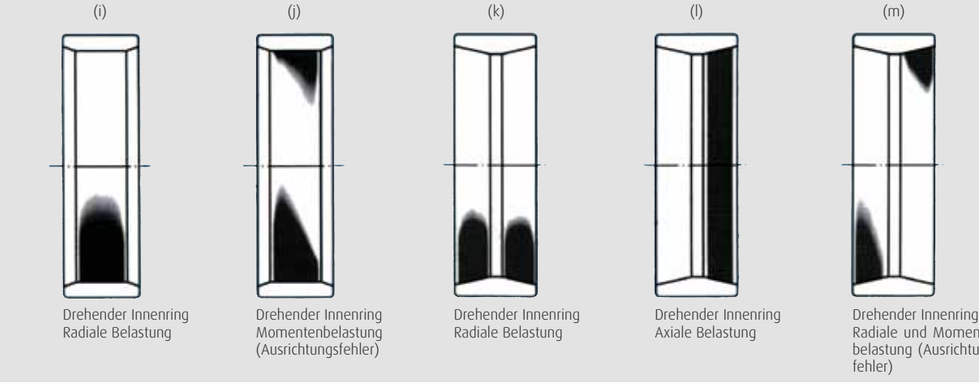


Abb. 4 Typische Laufspuren an Rollenlagern



Lagerschäden und Gegenmaßnahmen

Grundsätzlich gilt, dass ordnungsgemäß ausgewählte Wälzlager ihre vorgesehene Lebensdauer erreichen. Häufig kommt es jedoch durch vermeidbare Fehler zu einem vorzeitigen Lagerausfall. Diese vorzeitigen Ausfälle sind – anders als Ermüdungsbrüche – auf unsachgemäße Montage oder Handhabung, Mangelschmierung, Eindringen von Fremdkörpern oder übermäßige Wärmeentwicklung zurückzuführen.

Zu den Ursachen für vorzeitigen Ausfall zählen beispielsweise Riefen im Bord, die durch unzureichende oder unsachgemäße Schmierung, ein fehlerhaftes Schmiersystem, Eindringen von Fremdkörpern, Fehler beim Lagereinbau, übermäßige Wellendurchbiegung oder eine Kombination dieser Faktoren entstehen.

Wirkungsvolle Gegenmaßnahmen können nur ergriffen werden, wenn die Art des Ausfalls und die möglichen Ursachen genau untersucht werden. Dazu müssen alle Bedingungen bekannt sein, die sowohl vor als auch nach dem Ausfall herrschten, einschließlich Anwendung, Betriebsbedingungen und Umgebung. Durch eine erfolgreiche Gegenmaßnahme lassen sich ähnliche Ausfälle in Zukunft weitgehend vermeiden.

Beispiele für Lagerschäden und entsprechende Gegenmaßnahmen finden Sie auf den folgenden Seiten. Um die Ursache eines Lagerschadens zu ermitteln, ziehen Sie bitte diese Abschnitte zurate. Die Lagerdiagnosetabelle im Anhang ist hilfreich, wenn Sie sich einen schnellen Überblick verschaffen möchten.

Abblätterungen

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Zu Abblätterungen kommt es, wenn kleine Teile des Wälzlagerwerkstoffs aufgrund von Wälzermüdung von der Oberfläche der Laufbahn oder der Wälzkörper absplittern und auf diese Weise Bereiche mit einer rauen Struktur entstehen.	› Übermäßige Belastung › Fehlerhafter Einbau (Ausrichtungsfehler) › Momentenbelastung › Eindringen von Fremdkörpern oder von Wasser › Mangelschmierung › Falsches Lagerspiel › Unzureichende Maßhaltigkeit von Welle oder Gehäuse › Ungleichmäßige Gehäusesteifigkeit › Große Wellendurchbiegung › Fortschreitende Korrosion › Korrosionsnarben, Anschmierungen › Eindrücke (Brinellwirkung)	› Lageranordnung und Belastungsbedingungen überprüfen › Montageprozess verbessern › Dichtungssystem verbessern, bei Stillstand für Rostschutz sorgen › Schmiermittel mit der richtigen Viskosität verwenden, Schmiermethode verbessern › Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse prüfen › Lagerluft überprüfen

Foto 1.1
Bauteil: Innenring eines Schrägkugellagers
Symptom: Abblätterung entlang des halben Laufbahnumfangs
Ursache: Mangelschmierung durch Eintritt von Schneidflüssigkeit in das Lager

Foto 1.2
Bauteil: Innenring eines Schrägkugellagers
Symptom: Diagonale Abblätterung entlang der Laufbahn
Ursache: Fluchtungsfehler zwischen Welle und Gehäuse während des Einbaus

Foto 1.3
Bauteil: Innenring eines Rillenkugellagers
Symptom: Abblätterung der Laufbahn im Kugelabstand
Ursache: Eindrücke durch Stoßbelastung während des Einbaus

Foto 1.4
Bauteil: Innenring eines Schrägkugellagers
Symptom: Abblätterung der Laufbahn im Kugelabstand
Ursache: Eindrücke durch Stoßbelastung im Stillstand

Abblätterungen

Foto 1.5
Bauteil: Außenring zu Foto 1.4
Symptom: Abblätterung der Laufbahn im Kugelabstand
Ursache: Eindrücke durch Stoßbelastung im Stillstand

Foto 1.6
Bauteil: Kugeln zu Foto 1.4
Symptom: Abblätterung der Kugeloberfläche
Ursache: Eindrücke durch Stoßbelastung im Stillstand

Foto 1.7
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Abblätterung an nur einer Laufbahn am gesamten Umfang
Ursache: Übermäßige Axialbelastung

Foto 1.8
Bauteil: Außenring zu Foto 1.7
Symptom: Abblätterung an nur einer Laufbahn am gesamten Umfang
Ursache: Übermäßige Axialbelastung

Foto 1.9
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Abblätterung nur einer Reihe der Laufbahn
Ursache: Mangelschmierung

Foto 1.10
Bauteil: Rollen eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Vorzeitige Abblätterung in axialer Richtung auf der Mantelfläche
Ursache: Schürfmarken durch unsachgemäße Montage

Aufrauung

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Auf der Oberfläche entstehen zusammen mit leichten Verschleißerscheinungen matte oder trübe Flecken. Aus diesen matten Flecken bilden sich winzige Risse, die sich 5–10 µm ins Material erstrecken. Winzige Teile fallen ab und es kommt weitflächig zu kleineren Abblätterungen.	› Ungeeignetes Schmiermittel › Fremdkörper im Schmiermittel › Raue Oberfläche aufgrund von Mangelschmierung › Oberflächenrauheit der Wälzpartner	› Geeignetes Schmiermittel wählen › Dichtungssystem verbessern › Oberflächenbeschaffenheit der Wälzpartner verbessern

Foto 2.1
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Runde Aufrauung in der Mitte der Laufbahn
Ursache: Mangelschmierung

Foto 2.2
Bauteil: Vergrößerung des Musters auf Foto 2.1

Foto 2.3
Bauteil: Wälzkörper zu Foto 2.1
Symptom: Runde Aufrauung in der Mitte der Laufflächen
Ursache: Mangelschmierung

Foto 2.4
Bauteil: Außenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Aufrauungen nahe der Laufbahnschulter am gesamten Umfang
Ursache: Mangelschmierung

Riefenbildung

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Riefenbildung ist ein Oberflächenschaden, der durch zahlreiche kleine Fressspuren gekennzeichnet ist, die durch Gleitreibung aufgrund unsachgemäßer Schmierung oder durch erschwerte Betriebsbedingungen entstehen. Die umlaufenden Laufspuren erstrecken sich entlang der Laufbahn und der Mantelfläche des Wälzkörpers. Darüber hinaus treten kreisförmige Laufspuren an den Stirnflächen der Wälzkörper sowie an den Bordscheiben auf.	› Übermäßige Belastung, zu große Vorspannung › Mangelschmierung › Eindruck von Fremdkörpern in der Oberfläche › Schrägstellung von Innen- und Außenring › Wellendurchbiegung › Unzureichende Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse	› Belastungsgrad überprüfen › Vorspannung anpassen › Schmierung und Schmiermethode verbessern › Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse prüfen

Foto 3.1
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Riefen auf der Seite des großen Bords des Innenrings
Ursache: Rollenschlupf durch starke Beschleunigung und Verzögerung

Foto 3.2
Bauteil: Wälzkörper zu Foto 3.1
Symptom: Riefen an der Stirnfläche der Wälzkörper
Ursache: Rollenschlupf durch starke Beschleunigung und Verzögerung

Foto 3.3
Bauteil: Innenring eines Axial-Kegelrollenlagers
Symptom: Riefen im Innenringbord
Ursache: Verunreinigtes Schmiermittel durch Abrieb sowie gerissener Schmierfilm aufgrund übermäßiger Belastung

Foto 3.4
Bauteil: Rollen eines zweireihigen Zylinderrollenlagers
Symptom: Riefen in der Stirnfläche der Wälzkörper
Ursache: Mangelschmierung und übermäßige Axialbelastung

Foto 3.5
Bauteil: Innenring eines Axial-Pendelrollenlagers
Symptom: Riefen an der Bordseite des Innenrings
Ursache: Eindruck von Fremdkörpern in der Oberfläche und übermäßige Axialbelastung

Foto 3.6
Bauteil: Wälzkörper zu Foto 3.5
Symptom: Riefen in der Stirnfläche der Wälzkörper
Ursache: Eindruck von Fremdkörpern in der Oberfläche und übermäßige Axialbelastung

Foto 3.7
Bauteil: Käfig eines Rillenkugellagers
Symptom: Riefen in den Taschen des Stahlblechkäfigs
Ursache: Eindringen von Fremdkörpern

Anschmierungen

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Anschmierung ist ein Oberflächenschaden, der durch zahlreiche kleine Fressspuren zwischen den Lagerbauteilen gekennzeichnet ist, die durch einen gerissenen Schmierfilm und/oder Gleiten entstehen. Durch Schmelzen entstehen Aufrauungen der Oberfläche.	› Hohe Drehzahlen und geringe Lasten › Abrupte Beschleunigung/Verzögerung › Unsachgemäße Schmierung › Eindringen von Wasser	› Vorspannung anpassen › Lagerluft anpassen › Schmiermittel mit guten Schmierfilmeigenschaften verwenden › Schmiermethode verbessern

Foto 4.1
Bauteil: Innenring eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Anschmierungen am Umfang der Laufbahn
Ursache: Rollenschlupf durch zu hohe Fettfüllung

Foto 4.2
Bauteil: Außenring zu Foto 4.1
Symptom: Anschmierungen am Umfang der Laufbahn
Ursache: Rollenschlupf durch zu hohe Fettfüllung

Foto 4.3
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Anschmierungen am Umfang der Laufbahn
Ursache: Mangelschmierung

Foto 4.4
Bauteil: Außenring zu Foto 4.3
Symptom: Anschmierungen am Umfang der Laufbahn
Ursache: Mangelschmierung

Foto 4.5
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Teilweise Anschmierungen am Umfang der Laufbahn
Ursache: Mangelschmierung

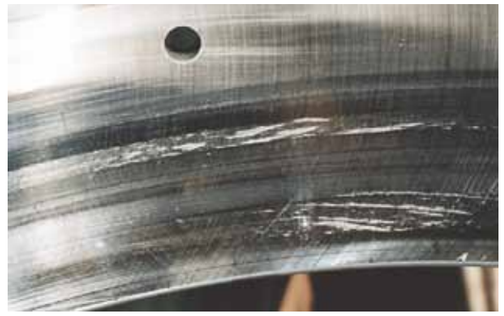


Foto 4.6
Bauteil: Außenring zu Foto 4.5
Symptom: Teilweise Anschmierungen am Umfang der Laufbahn
Ursache: Mangelschmierung

Foto 4.7
Bauteil: Wälzkörper zu Foto 4.5
Symptom: Anschmierungen an Laufflächen
Ursache: Mangelschmierung

Brüche

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Durch übermäßige Belastungen oder Stöße kann es zu Brüchen kommen. Diese Belastungen werden überwiegend punktuell eingeleitet und bewirken kleinste Ausbrüche, die dann zum Bruch führen.	› Stoßbelastung beim Einbau › Übermäßige Belastung › Unsachgemäße Handhabung (Bauteil wurde fallen gelassen o. Ä.)	› Montageprozess verbessern (Aufschrumpfen, Verwendung des richtigen Werkzeugs) › Belastungsbedingungen überprüfen › Für ausreichende Unterstützung des Lagerbords sorgen

Foto 5.1
Bauteil: Innenring eines zweireihigen Zylinderrollenlagers
Symptom: Ausbrüche am Mittelbord
Ursache: Übermäßige Belastung beim Einbau

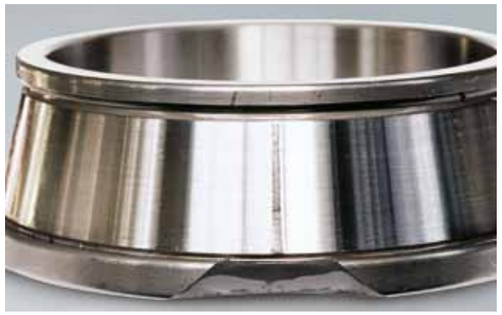


Foto 5.2
Bauteil: Innenring eines Kegelrollenlagers
Symptom: Bruch des Innenringbords
Ursache: Starke Stöße während des Einbaus

Foto 5.3
Bauteil: Innenring eines Axial-Pendelrollenlagers
Symptom: Bruch des großen Bords
Ursache: Wiederholte Stoßbelastung

Foto 5.4
Bauteil: Außenring eines Nadellagers
Symptom: Bruch des Außenringbords
Ursache: Schränken der Rolle aufgrund übermäßiger Belastung (Nadelrollen sind im Verhältnis zu ihrem Durchmesser sehr lang. Bei übermäßiger oder ungleichmäßiger Belastung schränken die Rollen und drücken gegen die Borde.)

Risse

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
In den Oberflächen des Lagers sind feine Risse entstanden. Bei fortgesetztem Betrieb entstehen größere Risse oder Brüche.	› Zu straffe Passung › Übermäßige Belastung, Stoßbelastung › Fortschreitende Abblätterung › Örtliche Überhitzung durch Kontaktreibung mit der angrenzenden Umgebungskonstruktion › Wärmeentwicklung aufgrund kriechender Ringe › Unzureichender Kegelwinkel der konischen Welle › Zylinderform der Welle nicht ausreichend › Übergangsradius an der Wellenschulter zu groß gewählt	› Übermaß korrigieren › Belastungsbedingungen überprüfen › Montageprozess verbessern › Welle mit geeigneter Form verwenden

Foto 6.1
Bauteil: Außenring eines zweireihigen Zylinderrollenlagers
Symptom: Brandrisse an der Stirnfläche
Ursache: Überhitzung durch Reibung zwischen Außenringfläche und Gegenstück

Foto 6.2
Bauteil: Wälzkörper eines Axial-Kegelrollenlagers
Symptom: Brandrisse an der großen Rollenstirnfläche
Ursache: Überhitzung durch Mangelschmierung im Gleitkontakt zwischen Wälzkörper und Bord

Foto 6.3
Bauteil: Außenring eines zweireihigen Zylinderrollenlagers
Symptom: Risse, ausgehend vom Schaden in der Laufbahn, die sich in Achs- und Umfangsrichtung ausbreiten
Ursache: Abblätterung in der Laufbahn durch Stoßbelastung

Foto 6.4
Bauteil: Drehender Außenring einer zweireihigen Stützrolle
Symptom: Risse in der Außenfläche
Ursache: Flächenverschleiß und Wärmeentwicklung durch blockierten Außenring

Risse

Foto 6.5
Bauteil: Laufbahn des Außenrings auf Foto 6.4
Symptom: Riss in der Außenfläche, der sich zur Laufbahn ausbreitet

Foto 6.6
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Axiale Risse in der Laufbahn
Ursache: Zu starke Passung durch Temperaturunterschiede zwischen Welle und Innenring

Foto 6.7
Bauteil: Querschnitt des gerissenen Innenrings auf Foto 6.6
Symptom: Riss entsteht unmittelbar unterhalb der Laufbahn

Foto 6.8
Bauteil: Rolle eines Pendelrollenlagers
Symptom: Axiale Risse in der Lauffläche

Käfigschäden

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Zu Käfigschäden zählen: › Verformung des Käfigs › Bruch und Verschleiß › Bruch der Käfigstege › Verformung der Käfigscheiben › Verschleiß der Käfigtaschen › Verschleiß der Führungsfläche	› Fehlerhafter Einbau (Fluchtungsfehler des Lagers) › Unsachgemäße Handhabung › Große Momentenbelastung › Stöße und starke Schwingungen › Zu hohe Drehzahl, abrupte Beschleunigung/ Verzögerung › Mangelschmierung › Temperaturanstieg	› Montageprozess überprüfen › Temperatur, Drehzahl und Belastungsbedingungen überprüfen › Schwingungen reduzieren › Andere Käfigbauform wählen › Andere Schmiermethode und/oder anderes Schmiermittel wählen

Foto 7.1
Bauteil: Stahlblechkäfig eines Rillenkugellagers
Symptom: Gebrochene Käfigtasche

Foto 7.2
Bauteil: Käfig eines Schrägkugellagers
Symptom: Gebrochene Stege des Massivkäfigs aus Gusseisen
Ursache: Übermäßige Belastung des Käfigs durch einen Fluchtungsfehler zwischen Innen- und Außenring

Foto 7.3
Bauteil: Käfig eines Schrägkugellagers
Symptom: Bruch des Messingmassivkäfigs

Foto 7.4
Bauteil: Käfig eines Kegelrollenlagers
Symptom: Stegbrüche des Stahlblechkäfigs

Käfigschäden

Foto 7.5
Bauteil: Käfig eines Schrägkugellagers
Symptom: Verformung des Stahlblechkäfigs
Ursache: Stoßbelastung aufgrund unsachgemäßer Handhabung

Foto 7.6
Bauteil: Käfig eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Verformte Käfigscheiben eines Messingmassivkäfigs
Ursache: Starke Stoßbelastung während der Montage

Foto 7.7
Bauteil: Käfig eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Verformung und Verschleiß des Messingmassivkäfigs

Foto 7.8
Bauteil: Käfig eines Schrägkugellagers
Symptom: Stufenförmige Abnutzung an der Mantelfläche und der Taschenfläche des Messingmassivkäfigs

Eindrücke

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Wenn sich Fremdkörper wie z. B. Metallteilchen im Bereich der Kontaktstellen befinden, kommt es zu Eindrücken in der Laufbahn oder im Wälzkörper. Eindrücke im Wälzkörperabstand können unter Stoßbelastung bei der Montage entstehen (Brinell-Eindrücke).	› Eindringen von Fremdkörpern (z. B. Metallteilchen) in die Oberfläche › Übermäßige Belastung › Stöße beim Transport oder Einbau	› Gehäuse reinigen › Dichtungssystem verbessern › Schmieröl filtern › Montageprozess und Handhabung verbessern

Foto 8.1
Bauteil: Innenring eines zweireihigen Kegelrollenlagers
Symptom: Aufgeraute Laufbahn
Ursache: Fremdkörper in die Oberfläche eingedrückt

Foto 8.2
Bauteil: Außenring eines zweireihigen Kegelrollenlagers
Symptom: Eindrücke in der Laufbahn
Ursache: Fremdkörper in die Oberfläche eingedrückt

Foto 8.3
Bauteil: Innenring eines Kegelrollenlagers
Symptom: Kleine und große Eindrücke in der gesamten Laufbahn
Ursache: Fremdkörper in die Oberfläche eingedrückt

Foto 8.4
Bauteil: Kegelrollen zu Foto 8.3
Symptom: Kleine und große Eindrücke entlang der Lauffläche
Ursache: Fremdkörper in die Oberfläche eingedrückt

Pitting

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Pittings finden sich an den Wälzkörpern sowie in der Laufbahn. Die raue Oberfläche weist eine matte Struktur auf.	› Fremdkörper im Schmierstoff › Hohe Luftfeuchtigkeit › Mangelschmierung	› Dichtungssystem verbessern › Geeignete Filterung des Schmierstoffs › Geeignete Schmierung verwenden

Foto 9.1
Bauteil: Außenring eines Schwenklagers
Symptom: Pitting an der Laufbahn
Ursache: Rostspuren in den Eindrücken

Foto 9.2
Bauteil: Kugel zu Foto 9.1
Symptom: Pitting auf der Wälzkörperfläche

Verschleiß

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Unter Verschleiß versteht man Oberflächenschäden durch Gleitreibung an der Laufbahnfläche, den Wälzkörpern, den Rollenstirnflächen, der Borde, den Käfigtaschen usw.	› Eindringen von Fremdkörpern › Rost und Elektrokorrosion › Mangelschmierung › Schlupf aufgrund unregelmäßiger Bewegung der Wälzkörper	› Dichtungssystem verbessern › Gehäuse reinigen › Geeignete Filterung des Schmieröls › Schmiermittel und Schmiermethode überprüfen › Ausrichtungsfehler vermeiden

Foto 10.1
Bauteil: Innenring eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Grübchen aufgrund von Elektrokorrosion, wellenförmiger Verschleiß der Laufbahn
Ursache: Elektrokorrosion

Foto 10.2
Bauteil: Außenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Abnutzung der Laufbahn mit einer welligen oder konkav-konvexen Struktur in der Lastzone
Ursache: Eindringen von Fremdkörpern bei wiederholten Schwingungen im Stillstand

Foto 10.3
Bauteil: Innenring eines zweireihigen Kegelrollenlagers
Symptom: Reibverschleiß der Laufbahn und stufenförmige Abnutzung der Bordseite
Ursache: Fortschreitendes Fressen durch übermäßige Belastung im Stillstand

Foto 10.4
Bauteil: Kegelrollen zu Foto 10.3
Symptom: Stufenförmige Abnutzung an den Stirnflächen der Rollen
Ursache: Fortschreitendes Fressen durch übermäßige Belastung im Stillstand

Passungsrost

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Durch wiederholte Mikrobewegungen zwischen Gleitflächen kommt es zu Verschleißerscheinungen. An der Passfläche und in der Berührungszone zwischen Laufbahnring und Wälzkörpern entstehen Fressspuren. Die resultierenden rotbraunen oder schwarzen Verschleißpartikel werden auch als Passungsrost bezeichnet.	› Mangelschmierung › Schwingung mit kleiner Amplitude › Unzureichendes Übermaß	› Geeignetes Schmiermittel verwenden › Vorspannung aufbringen › Festsitz kontrollieren › Schmierfilm auf die Passfläche auftragen

Foto 11.1
Bauteil: Innenring eines Rillenkugellagers
Symptom: Passungsrost auf der Bohrungsfläche
Ursache: Schwingung

Foto 11.2
Bauteil: Innenring eines Schrägkugellagers
Symptom: Starker Passungsrost am gesamten Umfang der Bohrungsfläche
Ursache: Unzureichende Passung

Foto 11.3
Bauteil: Außenring eines zweireihigen Zylinderrollenlagers
Symptom: Passungsrost an der Laufbahn im Wälzkörperabstand

Stillstandsmarkierungen

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Das Schadensbild der Stillstandsmarkierungen, eine Art des Fressschadens, ist durch muldenartige Flecken gekennzeichnet, die Brinell-Eindrücken ähneln. Zurückzuführen auf Verschleiß durch Schwingungen im Wälzkontakt.	› Schwingungen und Erschütterungen stehender Lager z. B. beim Transport › Oszillierende Bewegung mit kleiner Amplitude › Mangelschmierung	› Welle und Gehäuse für den Transport sichern › Innen- und Außenring beim Transport einzeln verpacken › Schwingungen durch Vorspannung reduzieren › Geeignetes Schmiermittel verwenden

Foto 12.1
Bauteil: Innenring eines Rillenkugellagers
Symptom: Stillstandsmarkierung an der Laufbahn
Ursache: Schwingungen von außen im Stillstand

Foto 12.2
Bauteil: Außenring zu Foto 12.1
Symptom: Stillstandsmarkierung an der Laufbahn
Ursache: Schwingungen von außen im Stillstand

Foto 12.3
Bauteil: Außenring eines Axial-Rillenkugellagers
Symptom: Stillstandsmarkierung an der Laufbahn im Wälzkörperabstand
Ursache: Kurze, sich wiederholende Schwingungen

Foto 12.4
Bauteil: Rollen eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Stillstandsmarkierung an der Lauffläche
Ursache: Schwingungen von außen im Stillstand

Kriechen der Lagerringe

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Wenn zwischen den Passflächen ein relativer Schlupf stattfindet und somit zwischen den Oberflächen Spiel entsteht, kommt es zu kriechenden Lagerringen. Kriechen verursacht glänzende Oberflächen, gelegentlich in Verbindung mit Riefenbildung und Verschleiß.	› Unzureichendes Übermaß oder lose Passung › Unzureichende Befestigung der Hülse	› Übermaß prüfen und Drehung verhindern › Hülse ordnungsgemäß befestigen › Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse untersuchen › Axiale Vorspannung aufbringen › Seitenfläche des Laufbahnrings spannen › Einkleben der Lager › Schmierfilm auf die Passfläche auftragen

Foto 13.1
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Kriechen in Verbindung mit Riefenbildung in der Bohrungsfläche
Ursache: Unzureichendes Übermaß

Foto 13.2
Bauteil: Außenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Kriechen entlang des gesamten Umfangs der Außenfläche
Ursache: Lose Passung zwischen Außenring und Gehäuse

Blockieren

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Durch eine plötzliche Überhitzung während des Betriebs kommt es zu Verfärbungen des Lagers. Laufbahnringe, Wälzkörper und Käfig werden weich, schmelzen und verformen sich mit zunehmender Schädigung.	› Mangelschmierung › Übermäßige Belastung (zu große Vorspannung) › Zu hohe Drehzahl › Zu geringe Lagerluft › Eindringen von Wasser und Fremdkörpern › Unzureichende Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse › Übermäßige Wellendurchbiegung	› Schmiermittel und Schmiermethode überprüfen › Eignung des gewählten Lagertyps erneut prüfen › Vorspannung, Lagerluft und Passung untersuchen › Dichtungssystem verbessern › Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse prüfen › Montageprozess verbessern

Foto 14.1
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Verfärbte oder geschmolzene Laufbahn. Vom Käfig stammende Verschleißpartikel wurden überrollt und haften an der Laufbahn
Ursache: Unzureichende Schmierung

Foto 14.2
Bauteil: Wälzkörper zu Foto 14.1
Symptom: Verfärbung und Schmelzen der Mantelfläche, Adhäsion von Verschleißpartikeln des Käfigs
Ursache: Unzureichende Schmierung

Foto 14.3
Bauteil: Innenring eines Schrägkugellagers
Symptom: Verfärbung der Laufbahn, Verschmelzung im Wälzkörperabstand
Ursache: Zu große Vorspannung

Foto 14.4
Bauteil: Außenring zu Foto 14.3
Symptom: Verfärbung der Laufbahn, Verschmelzung im Wälzkörperabstand
Ursache: Zu große Vorspannung

Foto 14.5
Bauteil: Kugeln und Käfig zu Foto 14.3
Symptom: Geschmolzener Käfig, Kugeln verfärbt und geschmolzen
Ursache: Zu große Vorspannung

Elektrokorrosion

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Fließt elektrischer Strom durch ein Lager, kommt es zu Lichtbögen und Verbrennungen durch den dünnen Ölfilm an den Kontaktstellen zwischen Laufbahn und Wälzkörpern. Durch örtliche Aufschmelzungen der Kontaktpunkte bilden sich Riffelungen, die mit bloßem Auge zu erkennen sind. Eine Vergrößerung dieser Rillen zeigt, dass es sich um kratergleiche Eindrücke handelt, die auf Aufschmelzungen durch Lichtbögen hinweisen.	› Elektrische Potenzialdifferenz zwischen Innen- und Außenringen › Hochfrequente elektrische Potenzialdifferenz durch Verwendung von Geräten oder Substraten in der Nähe des Lagers	› Stromkreise anlegen, die den Stromfluss durch die Lager verhindern › Lager isolieren

Foto 15.1
Bauteil: Innenring eines Kegelrollenlagers
Symptom: Linienförmige Korrosion auf der Laufbahn

Foto 15.2
Bauteil: Kegelrollen zu Foto 15.1
Symptom: Linienförmige Korrosion auf der Lauffläche

Foto 15.3
Bauteil: Innenring eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Gürtelförmige Elektrokorrosion in Verbindung mit Grübchen auf der Laufbahn

Foto 15.4
Bauteil: Kugeln eines Rillenkugellagers
Symptom: Gesamte Kugelflächen durch Elektrokorrosion dunkel verfärbt

Foto 15.5
Bauteil: Innenring eines Rillenkugellagers
Symptom: Riffelungen an der Laufbahn (Durchgang von hochfrequentem Strom)

Foto 15.6
Bauteil: Außenring eines Rillenkugellagers
Symptom: Riffelungen an der Laufbahn (Durchgang von hochfrequentem Strom)

Rost und Korrosion

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Durch Rost und Korrosion entstehen Grübchen auf den Oberflächen der Lagerringe und Wälzkörper, die im Wälzkörperabstand oder am gesamten Lager auftreten können.	› Eindringen von korrosiven Gasen oder Wasser › Unsachgemäße Schmierung › Bildung von Wassertropfen aufgrund von Feuchtigkeitskondensation › Hohe Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit bei Stillstand › Mangelhafter Rostschutz während des Transports › Unsachgemäße Lagerung › Unsachgemäße Handhabung	› Dichtungssystem verbessern › Schmiermethode untersuchen › Rostschutzbehandlung in Stillstandszeiten › Lagerbedingungen verbessern › Handhabung verbessern

Foto 16.1
Bauteil: Außenring eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Rost an den Stirnflächen der Borde und an der Laufbahn
Ursache: Mangelschmierung durch Eindringen von Wasser

Foto 16.2
Bauteil: Außenring eines Schwenklagers
Symptom: Rost in der Laufbahn im Kugelabstand
Ursache: Feuchtigkeitskondensation im Stillstand

Foto 16.3
Bauteil: Innenring eines Pendelrollenlagers
Symptom: Rost in der Laufbahn im Wälzkörperabstand
Ursache: Wasser im Schmiermittel

Foto 16.4
Bauteil: Rollen eines Pendelrollenlagers
Symptom: Lochfraß im Kontaktbereich der Wälzkörper. Korrodierte Bereiche.
Ursache: Feuchtigkeitskondensation während der Lagerung

Schäden durch unsachgemäße Montage

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Beim Ein- oder Ausbau des Lagers entstehen achsparallele Schürfmarken in den Laufbahnen und auf den Wälzkörpern.	› Fluchtungsfehler bei der Montage › Stoßbelastung beim Ein- oder Ausbau	› Geeignete Montagevorrichtung und geeignetes Werkzeug verwenden › Zur Vermeidung von Stoßbelastungen eine Presse verwenden › Gegenstücke beim Einbau mittig zueinander ausrichten

Foto 17.1
Bauteil: Innenring eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Achsparallele Riefen auf der Laufbahn
Ursache: Fluchtungsfehler zwischen Innen- und Außenring bei der Montage

Foto 17.2
Bauteil: Außenring eines zweireihigen Zylinderrollenlagers
Symptom: Achsparallele Riefen im Wälzkörperabstand in der Laufbahn
Ursache: Fluchtungsfehler zwischen Innen- und Außenring bei der Montage

Foto 17.3
Bauteil: Rollen eines Zylinderrollenlagers
Symptom: Achsparallele Riefen auf der Lauffläche
Ursache: Fluchtungsfehler zwischen Innen- und Außenring bei der Montage

Verfärbung

Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Verfärbungen von Käfigen, Wälzkörpern und Ringen entstehen durch Reaktion mit dem Schmiermittel und hohe Temperaturen.	› Mangelschmierung › Ölflecken durch Reaktion mit dem Schmiermittel › Hohe Temperaturen	› Schmiermethode verbessern

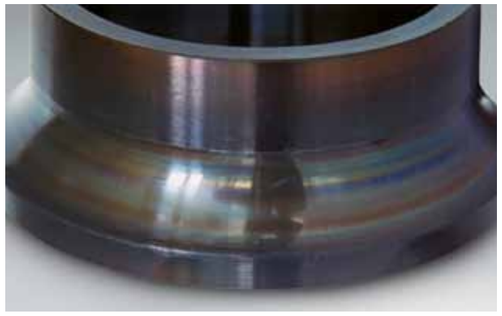


Foto 18.1
Bauteil: Innenring eines Schrägkugellagers
Symptom: Blau- oder Lilafärbung der Laufbahn
Ursache: Wärmeentwicklung aufgrund von Mangelschmierung

Foto 18.2
Bauteil: Innenring eines Vierpunktkugellagers
Symptom: Blau- oder Lilafärbung der Laufbahn
Ursache: Wärmeentwicklung aufgrund von Mangelschmierung

Anhang: Lagerdiagnosetabelle

Schadensart	Ort des Schadens (Erscheinungsform)	Ursache: Handhabung: Lagerung/Versand	Handhabung: Montage	Lagerumgebung: Welle, Gehäuse	Lagerumgebung: Abdichtung Wasser/Fremdkörper	Lagerumgebung: Temperatur	Schmierung: Schmiermittel	Schmierung: Schmiermethode	Belastung: Übermäßige Belastung Stoßbelastung	Belastung: Momentenbelastung	Belastung: Minimale Belastung	Drehzahl: Hohe Drehzahl, starke Beschleunigung/Verzögerung	Drehzahl: Erschütterungen/Schwingungen im Stillstand	Lagerauswahl	Anmerkungen
1. Abblätterung	Laufbahn, Lauffläche		●	●	●		●	●	●	●				●	
2. Aufrauung	Laufbahn, Lauffläche				●		●	●			●	●			
	Lageraußenfläche (Kontaktstelle)			●*	●		●	●							*Wälzpartner
3. Riefenbildung	Stirnfläche des Wälzkörpers, Bord		●	●	●		●	●	●	●		●			
	Käfigführungsfläche, Taschenfläche		●		●		●	●							
4. Anschmierungen	Laufbahn, Lauffläche				●		●	●			●	●			
5. Brüche	Board, Rollen	●	●	●					●	●					
6. Risse	Laufbahnring, Wälzkörper		●	●		●			●	●					
	Bord, Stirnfläche des Wälzkörpers, Käfigführungsfläche (Brandrisse)			●				●	●	●					
7. Käfigschäden	Verformung, Bruch		●	●					●	●					
	Verschleiß		●		●		●	●	●	●		●			
8. Eindrücke	Laufbahn, Lauffläche (zahllose kleine Eindrücke)				●			●							
	Laufbahn (Fremdkörper im Wälzkörperabstand)	●	●						●				●		
9. Pitting	Laufbahn, Lauffläche				●		●	●							
10. Verschleiß	Laufbahn, Lauffläche, Bord, Stirnfläche des Wälzkörpers		●		●		●	●							
11. Passungsrost	Laufbahn, Lauffläche	●	●	●			●	●	●			●	●		
	Lageraußenseite und Bohrung, Seitenfläche (Kontakt mit Gehäuse und Welle)		●	●					●						
12. Stillstandsmarkierungen	Laufbahn, Lauffläche	●					●	●					●		
13. Kriechen der Lagerringe	Passfläche		●	●		●	●*	●*	●			●			*Spielpassung
14. Blockieren	Laufbahnring, Wälzkörper, Käfig		●	●	●		●	●	●	●		●		●	
15. Elektrokorrosion	Laufbahn, Lauffläche		●*	●*											*Stromdurchgang durch Wälzkörper
16. Rost und Korrosion	Laufbahnring, Wälzkörper, Käfig	●	●		●	●	●	●							
17. Schäden durch unsachgemäße Montage	Laufbahn, Lauffläche		●	●											
18. Verfärbung	Laufbahnring, Wälzkörper, Käfig					●	●	●							

Anm: Diese Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Nur die häufigsten Schäden, Ursachen und Schadensorte sind aufgeführt.

MOTION & CONTROL™
NSK

Europäische NSK Vertriebsniederlassungen

Deutschland
NSK Deutschland GmbH
Harkortstraße 15
40880 Ratingen
Tel. +49 (0) 2102 4810
Fax +49 (0) 2102 4812290
info-de@nsk.com

England
NSK UK LTD.
Northern Road, Newark,
Nottinghamshire NG24 2JF
Tel. +44 (0) 1636 605123
Fax +44 (0) 1636 643276
info-uk@nsk.com

Frankreich
NSK France S.A.S.
Quartier de l'Europe
2, rue Georges Guynemer
78283 Guyancourt Cedex
Tel. +33 (0) 1 30573939
Fax +33 (0) 1 30570001
info-fr@nsk.com

Italien
NSK Italia S.p.A.
Via Garibaldi, 215 – C.P. 103
20024 Garbagnate
Milanese (MI)
Tel. +39 02 995 191
Fax +39 02 990 25 778
info-it@nsk.com

Norwegen
Nordic Sales Office
NSK Europe Norwegian Branch NUF
Østre Kullerød 5
N-3241 Sandefjord
Tel. +47 3329 3160
Fax +47 3342 9002
info-n@nsk.com

Polen & CEE
NSK Polska Sp. z o.o.
Warsaw Branch
Ul. Migdałowa 4/73
02-796 Warszawa
Tel. +48 22 645 15 25
Fax +48 22 645 15 29
info-pl@nsk.com

Schweden
NSK Sweden Office
Karolinen Företagscenter
Våxnäsgatan 10
SE-65340 Karlstad
Tel. +46 5410 3545
Fax +46 5410 3544
info-de@nsk.com

Spanien
NSK Spain, S.A.
C/ Tarragona, 161 Cuerpo Bajo
2ª Planta, 08014 Barcelona
Tel. +34 932 89 27 63
Fax +34 934 33 57 76
info-es@nsk.com

Südafrika
NSK South Africa (Pty) Ltd.
27 Galaxy Avenue
Linbro Business Park
Sandton 2146
Tel. +27 (011) 458 3600
Fax +27 (011) 458 3608
nsk-sa@nsk.com

Türkei
NSK Rulmanları Orta Doğu Tic. Ltd. Şti
19 Mayıs Mah. Atatürk Cad.
Ulya Engin İş Merkezi No: 68 Kat. 6
P.K.: 34734 - Kozyatağı - İstanbul
Tel. +90 216 3550398
Fax +90 216 3550399
turkey@nsk.com

Bitte besuchen Sie auch unsere Website: www.nskeurope.de
NSK weltweit: www.nsk.com

Alle Angaben wurden sorgfältig überprüft. Sämtliche Haftungsansprüche gegen uns sind ausgeschlossen, insbesondere auch für materielle oder immaterielle Schäden, auch soweit sie auf einer unmittelbaren oder mittelbaren Verwendung der Angaben und Hinweise gestützt werden. © Copyright NSK 2009. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung von NSK. Gedruckt in Deutschland.

Ref: BD/B/DE/05.11