

# WÄLZLAGER-DOKTOR

WARTUNG VON WÄLZLAGERN



---

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.

# Partnerschaft basiert auf Vertrauen – und Vertrauen auf Qualität

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](http://www.nskeurope.de) oder rufen Sie uns an: +49 (0) 2102 481-0**



# Neuer Wälzlager-Doktor





## Inhalt

<b>Einleitung.....</b>	<b>6</b>
<b>Handhabung und Wartung von Lagern.....</b>	<b>7</b>
Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung .....	7
Montage.....	8
Funktionsprüfung.....	8
<b>Leistungsfaktoren für Lager.....</b>	<b>10</b>
Lagergeräusche .....	10
Lagerschwingungen .....	10
Lagertemperatur.....	10
Einfluss der Schmierung.....	10
Auswahl des Schmierstoffs .....	11
Nachschmieren und Schmierstoffwechsel .....	12
<b>Überprüfung von Lagern.....</b>	<b>14</b>
<b>Laufspuren und aufgebrauchte Belastungen .....</b>	<b>16</b>
<b>Lagerschäden und Gegenmaßnahmen.....</b>	<b>18</b>
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
<b>Anhang: Lagerdiagnosetabelle.....</b>	<b>42</b>

# 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:

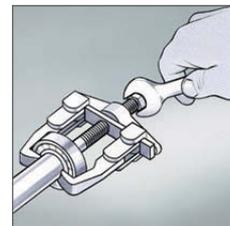
Handschweiß und andere Verunreinigungen können zu Korrosion führen. Handhaben Sie Lager nur mit sauberen Händen. Tragen Sie nach Möglichkeit Handschuhe.



**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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Stick-Slip-Effekte (Fremdkörper, Risse, Eindrücke)</li> <li>› Ungleichmäßiges Drehmoment (Einbaufehler)</li> <li>› Übermäßiges Drehmoment (Montagefehler oder unzureichende radiale Lagerluft)</li> </ul>
	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 Reibungschluss 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 Abrasionssplintern.	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 Schmierungsstatus. 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

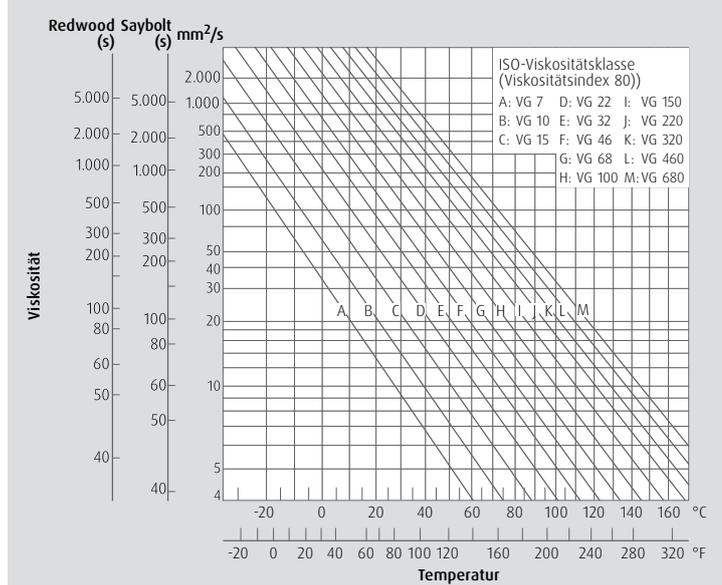
Merkmal	Fettschmierung	Ölschmierung
Gehäusekonstruktion und Abdichtung	Einfach	Kann schwierig sein. Sorgfältige Wartung erforderlich.
Drehzahl	Grenzdrehzahl beträgt 65 bis 80% des Wertes bei Ölschmierung	Hohe Grenzdrehzahl
Kühleffekt	Gering	Wärmeableitung bei Druckumlaufschmierung möglich
Dünnflüssigkeit	Gering	Gut
Schmiermittelwechsel	Manchmal schwierig	Einfach
Entfernen von Fremdkörpern	Entfernung von Bauteilkeinen 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 <sup>2</sup> /s
Kegelrollenlager, Pendelrollenlager	Mindestens 20 mm <sup>2</sup> /s
Axial-Pendelrollenlager	Mindestens 32 mm <sup>2</sup> /s

Anm.: 1 mm<sup>2</sup>/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: Ölbad-schmierung, Tropfölschmierung, Tauchschmierung, Umlaufschmierung, Öleinspritzschmierung, Ölnebel-schmierung 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

Konsistenzkennzahl	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

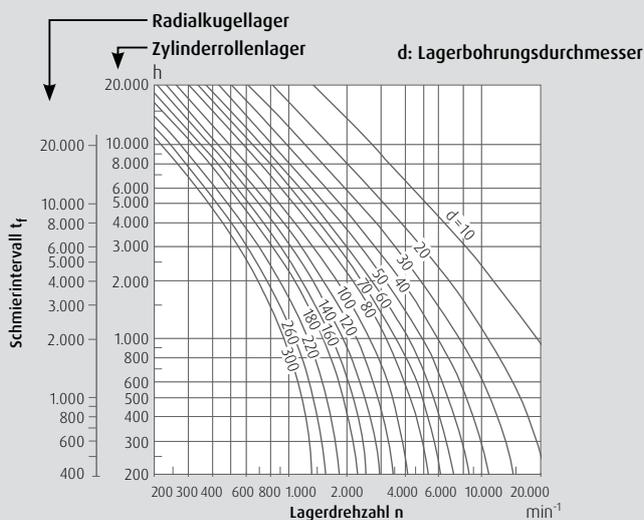
**Tabelle 6** Auswahl von Schmierölen für unterschiedliche Lageranwendungen

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)	—

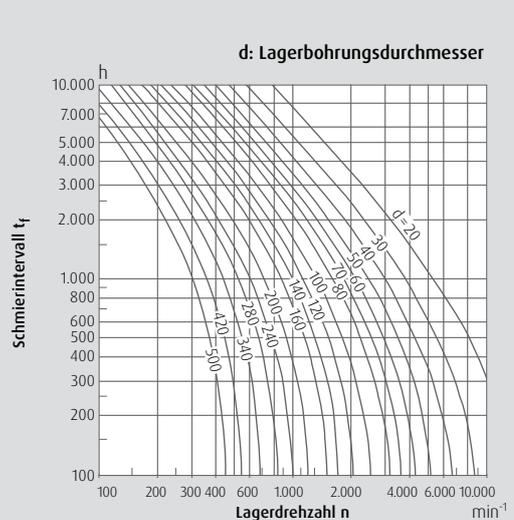
- Anm.:** 1. Für die Grenzdrehzahlen werden die Werte verwendet, die im Katalog „Wälzlager“ (Nr. E1102) unter „Ölschmierung“ aufgeführt sind.  
 2. Verwendete Öle: Kältemaschinenöl (JIS K 2211), Lageröl (JIS K 2239), Turbinenöl (JIS K 2213), Getriebeöl (JIS K 2219).  
 3. Wenn die Betriebstemperatur 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**

$P/C$	$\leq 0,06$	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 aufgebrauchte 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.

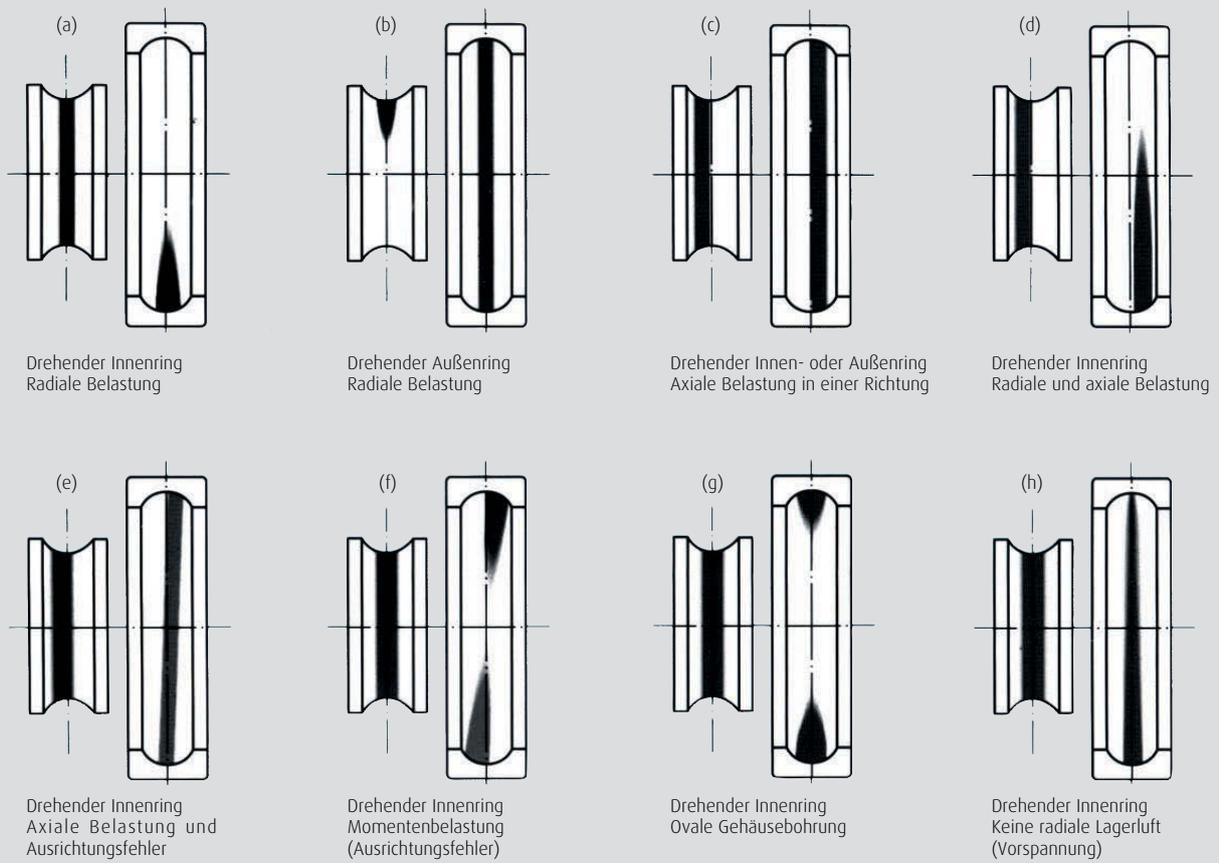
Anhand klar definierter Laufspuren lässt sich bestimmen, ob ein Lager eine radiale, eine axiale oder eine Momentenbelastung trägt. Darüber hinaus kann auf die Rundheit der Lagerung geschlossen werden und es lässt sich feststellen, ob es unerwartete Belastungen oder größere Einbaufehler gegeben hat. Schließlich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

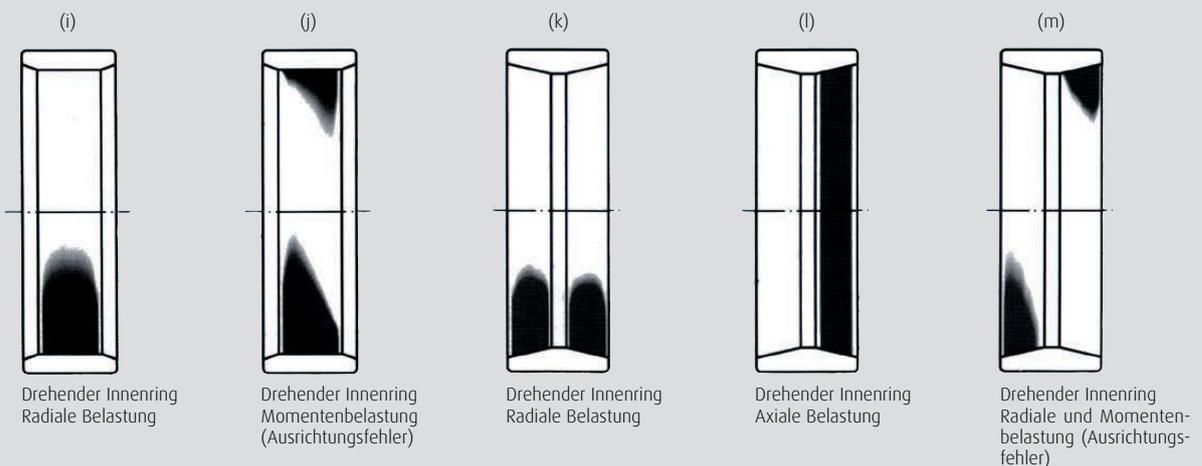
**Abb. 4** zeigt ebenfalls verschiedene Laufspuren an einem Rollenlager:

**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 Schmier-system, 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 Wälzagerwerkstoffs aufgrund von Wälzermüdung von der Oberfläche der Laufbahn oder der Wälzkörper absplintern und auf diese Weise Bereiche mit einer rauen Struktur entstehen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Übermäßige Belastung</li> <li>› Fehlerhafter Einbau (Ausrichtungsfehler)</li> <li>› Momentenbelastung</li> <li>› Eindringen von Fremdkörpern oder von Wasser</li> <li>› Mangelschmierung</li> <li>› Falsches Lagerspiel</li> <li>› Unzureichende Maßhaltigkeit von Welle oder Gehäuse</li> <li>› Ungleichmäßige Gehäusesteifigkeit</li> <li>› Große Wellendurchbiegung</li> <li>› Fortschreitende Korrosion</li> <li>› Korrosionsnarben, Anschmierungen</li> <li>› Eindrücke (Brinellwirkung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Lageranordnung und Belastungsbedingungen überprüfen</li> <li>› Montageprozess verbessern</li> <li>› Dichtungssystem verbessern, bei Stillstand für Rostschutz sorgen</li> <li>› Schmiermittel mit der richtigen Viskosität verwenden, Schmiermethode verbessern</li> <li>› Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse prüfen</li> <li>› Lagerluft überprüfen</li> </ul>



**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.	<ul style="list-style-type: none"><li>› Ungeeignetes Schmiermittel</li><li>› Fremdkörper im Schmiermittel</li><li>› Raue Oberfläche aufgrund von Mangelschmierung</li><li>› Oberflächenrauheit der Wälzpartner</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>› Geeignetes Schmiermittel wählen</li><li>› Dichtungssystem verbessern</li><li>› Oberflächenbeschaffenheit der Wälzpartner verbessern</li></ul>



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
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Übermäßige Belastung, zu große Vorspannung</li> <li>› Mangelschmierung</li> <li>› Eindring von Fremdkörpern in der Oberfläche</li> <li>› Schrägstellung von Innen- und Außenring</li> <li>› Wellendurchbiegung</li> <li>› Unzureichende Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Belastungsgrad überprüfen</li> <li>› Vorspannung anpassen</li> <li>› Schmierung und Schmiermethode verbessern</li> <li>› Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse prüfen</li> </ul>



**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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Hohe Drehzahlen und geringe Lasten</li> <li>› Abrupte Beschleunigung/Verzögerung</li> <li>› Unsachgemäße Schmierung</li> <li>› Eindringen von Wasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Vorspannung anpassen</li> <li>› Lagerluft anpassen</li> <li>› Schmiermittel mit guten Schmierfilmeigenschaften verwenden</li> <li>› Schmiermethode verbessern</li> </ul>



**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



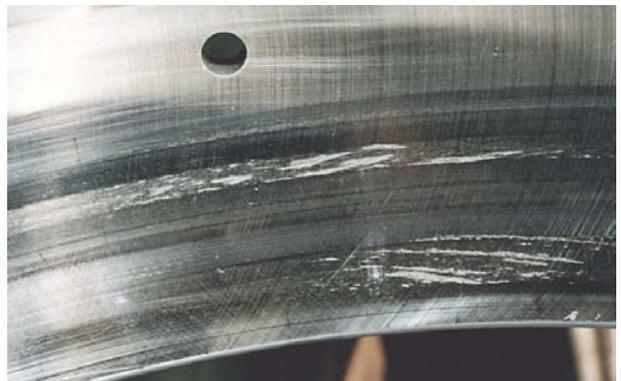
**Foto 4.3**  
**Bauteil:** Innenring eines Pendelrollenlagers  
**Symptom:** Anschmierungen am Umfang der Laufbahn  
**Ursache:** Mangelschmierung



**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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Stoßbelastung beim Einbau</li> <li>› Übermäßige Belastung</li> <li>› Unsachgemäße Handhabung (Bauteil wurde fallen gelassen o. Ä.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Montageprozess verbessern (Aufschrumpfen, Verwendung des richtigen Werkzeugs)</li> <li>› Belastungsbedingungen überprüfen</li> <li>› Für ausreichende Unterstützung des Lagerbords sorgen</li> </ul>



**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
<p>In den Oberflächen des Lagers sind feine Risse entstanden. Bei fortgesetztem Betrieb entstehen größere Risse oder Brüche.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Zu straffe Passung</li> <li>› Übermäßige Belastung, Stoßbelastung</li> <li>› Fortschreitende Abblätterung</li> <li>› Örtliche Überhitzung durch Kontaktreibung mit der angrenzenden Umgebungsstruktur</li> <li>› Wärmeentwicklung aufgrund kriechender Ringe</li> <li>› Unzureichender Kegelwinkel der konischen Welle</li> <li>› Zylinderform der Welle nicht ausreichend</li> <li>› Übergangsradius an der Wellenschulter zu groß gewählt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Übermaß korrigieren</li> <li>› Belastungsbedingungen überprüfen</li> <li>› Montageprozess verbessern</li> <li>› Welle mit geeigneter Form verwenden</li> </ul>



**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
<b>Zu Käfigschäden zählen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Verformung des Käfigs</li> <li>› Bruch und Verschleiß</li> <li>› Bruch der Käfigstege</li> <li>› Verformung der Käfigscheiben</li> <li>› Verschleiß der Käfigtaschen</li> <li>› Verschleiß der Führungsfläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Fehlerhafter Einbau (Fluchtungsfehler des Lagers)</li> <li>› Unsachgemäße Handhabung</li> <li>› Große Momentenbelastung</li> <li>› Stöße und starke Schwingungen</li> <li>› Zu hohe Drehzahl, abrupte Beschleunigung/Verzögerung</li> <li>› Mangelschmierung</li> <li>› Temperaturanstieg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Montageprozess überprüfen</li> <li>› Temperatur, Drehzahl und Belastungsbedingungen überprüfen</li> <li>› Schwingungen reduzieren</li> <li>› Andere Käfigbauform wählen</li> <li>› Andere Schmiermethode und/oder anderes Schmiermittel wählen</li> </ul>



**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



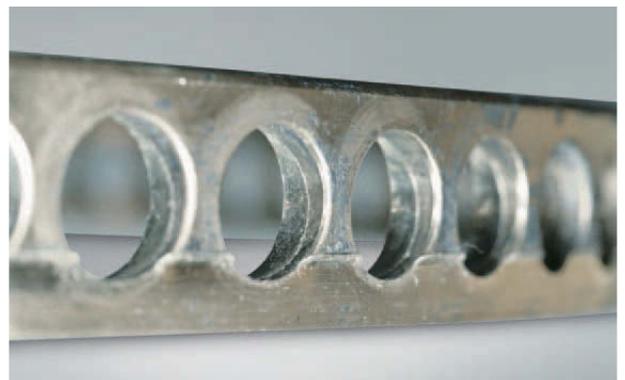
**Foto 7.5**  
**Bauteil:** Käfig eines Schrägkugellagers  
**Symptom:** Verformung des Stahlblechkäfigs  
**Ursache:** Stoßbelastung aufgrund unsachgemäßer Handhabung



**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

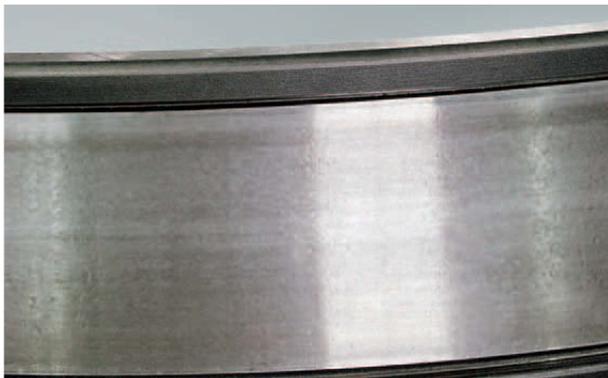
Entstehung des Schadens	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
<p>Wenn sich Fremdkörper wie z. B. Metallteilchen im Bereich der Kontaktstellen befinden, kommt es zu Eindrücken in der Laufbahn oder im Wälzkörper. Eindrücke im Wälzkörperabstand können unter Stoßbelastung bei der Montage entstehen (Brinell-Eindrücke).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Eindringen von Fremdkörpern (z. B. Metallteilchen) in die Oberfläche</li> <li>› Übermäßige Belastung</li> <li>› Stöße beim Transport oder Einbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Gehäuse reinigen</li> <li>› Dichtungssystem verbessern</li> <li>› Schmieröl filtern</li> <li>› Montageprozess und Handhabung verbessern</li> </ul>



**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.	<ul style="list-style-type: none"><li>› Fremdkörper im Schmierstoff</li><li>› Hohe Luftfeuchtigkeit</li><li>› Mangelschmierung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>› Dichtungssystem verbessern</li><li>› Geeignete Filterung des Schmierstoffs</li><li>› Geeignete Schmierung verwenden</li></ul>



**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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Eindringen von Fremdkörpern</li> <li>› Rost und Elektrokorrosion</li> <li>› Mangelschmierung</li> <li>› Schlupf aufgrund unregelmäßiger Bewegung der Wälzkörper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Dichtungssystem verbessern</li> <li>› Gehäuse reinigen</li> <li>› Geeignete Filterung des Schmieröls</li> <li>› Schmiermittel und Schmiermethode überprüfen</li> <li>› Ausrichtungsfehler vermeiden</li> </ul>



**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
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Mangelschmierung</li> <li>› Schwingung mit kleiner Amplitude</li> <li>› Unzureichendes Übermaß</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Geeignetes Schmiermittel verwenden</li> <li>› Vorspannung aufbringen</li> <li>› Festsitz kontrollieren</li> <li>› Schmierfilm auf die Passfläche auftragen</li> </ul>



**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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Schwingungen und Erschütterungen stehender Lager z. B. beim Transport</li> <li>› Oszillierende Bewegung mit kleiner Amplitude</li> <li>› Mangelschmierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Welle und Gehäuse für den Transport sichern</li> <li>› Innen- und Außenring beim Transport einzeln verpacken</li> <li>› Schwingungen durch Vorspannung reduzieren</li> <li>› Geeignetes Schmiermittel verwenden</li> </ul>



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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Unzureichendes Übermaß oder lose Passung</li> <li>› Unzureichende Befestigung der Hülse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Übermaß prüfen und Drehung verhindern</li> <li>› Hülse ordnungsgemäß befestigen</li> <li>› Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse untersuchen</li> <li>› Axiale Vorspannung aufbringen</li> <li>› Seitenfläche des Laufbahnringes spannen</li> <li>› Einkleben der Lager</li> <li>› Schmierfilm auf die Passfläche auftragen</li> </ul>



**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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Mangelschmierung</li> <li>› Übermäßige Belastung (zu große Vorspannung)</li> <li>› Zu hohe Drehzahl</li> <li>› Zu geringe Lagerluft</li> <li>› Eindringen von Wasser und Fremdkörpern</li> <li>› Unzureichende Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse</li> <li>› Übermäßige Wellendurchbiegung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Schmiermittel und Schmiermethode überprüfen</li> <li>› Eignung des gewählten Lagertyps erneut prüfen</li> <li>› Vorspannung, Lagerluft und Passung untersuchen</li> <li>› Dichtungssystem verbessern</li> <li>› Maßhaltigkeit von Welle und Gehäuse prüfen</li> <li>› Montageprozess verbessern</li> </ul>



**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
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Elektrische Potenzialdifferenz zwischen Innen- und Außenringen</li> <li>› Hochfrequente elektrische Potenzialdifferenz durch Verwendung von Geräten oder Substraten in der Nähe des Lagers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Stromkreise anlegen, die den Stromfluss durch die Lager verhindern</li> <li>› Lager isolieren</li> </ul>



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



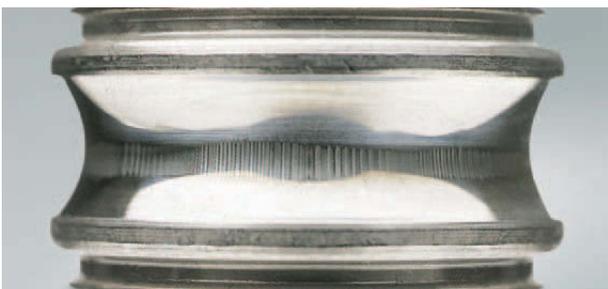
**Foto 15.2**  
**Bauteil:** Kegelrollen zu Foto 15.1  
**Symptom:** Linienförmige Korrosion auf der Lauffläche



**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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Eindringen von korrosiven Gasen oder Wasser</li> <li>› Unsachgemäße Schmierung</li> <li>› Bildung von Wassertropfen aufgrund von Feuchtigkeitskondensation</li> <li>› Hohe Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit bei Stillstand</li> <li>› Mangelhafter Rostschutz während des Transports</li> <li>› Unsachgemäße Lagerung</li> <li>› Unsachgemäße Handhabung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Dichtungssystem verbessern</li> <li>› Schmiermethode untersuchen</li> <li>› Rostschutzbehandlung in Stillstandszeiten</li> <li>› Lagerbedingungen verbessern</li> <li>› Handhabung verbessern</li> </ul>



**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 Schürfmacken in den Laufbahnen und auf den Wälzkörpern.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Fluchtungsfehler bei der Montage</li> <li>› Stoßbelastung beim Ein- oder Ausbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Geeignete Montagevorrichtung und geeignetes Werkzeug verwenden</li> <li>› Zur Vermeidung von Stoßbelastungen eine Presse verwenden</li> <li>› Gegenstücke beim Einbau mittig zueinander ausrichten</li> </ul>



**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.	<ul style="list-style-type: none"><li>› Mangelschmierung</li><li>› Ölflecken durch Reaktion mit dem Schmiermittel</li><li>› Hohe Temperaturen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>› Schmiermethode verbessern</li></ul>

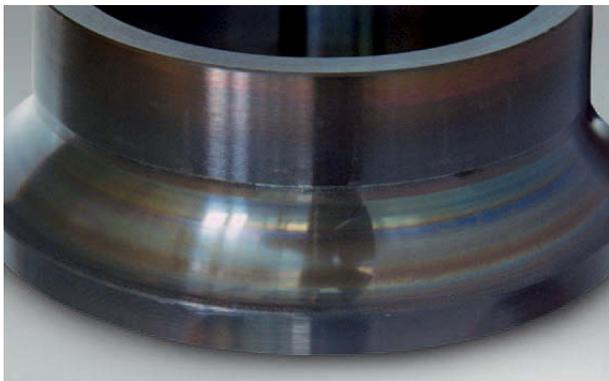


Foto 18.1

**Bauteil:** Innenring eines Schrägkugellagers

**Symptom:** Blau- oder Lilafärbung der Laufbahn

**Ursache:** Wärmeentwicklung aufgrund von Mangelschmierung



Foto 18.2

**Bauteil:** Innenring eines Vierpunktkugellagers

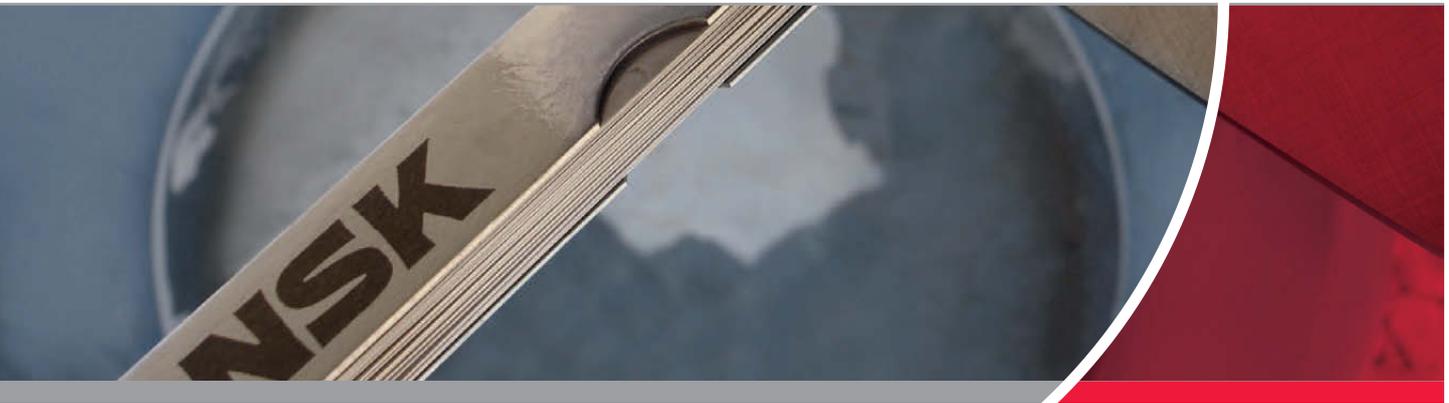
**Symptom:** Blau- oder Lilafärbung der Laufbahn

**Ursache:** Wärmeentwicklung aufgrund von Mangelschmierung

# Anhang: Lagerdiagnosetabelle

Schadensart	Ort des Schadens (Erscheinungsform)	Ursache													Anmerkungen
		Handhabung		Lagerumgebung			Schmierung		Belastung			Drehzahl			
		Lagerung/Versand	Montage	Welle Gehäuse	Abdichtung Wasser/Fremdkörper	Temperatur	Schmiermittel	Schmiermethode	Übermäßige Belastung Stoßbelastung	Momentenbelastung	Minimale Belastung	Hohe Drehzahl, starke Beschleunigung/Verzögerungen im Stillstand	Lagerauswahl		
1. Ablätterung	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.



## 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  
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](http://www.nskeurope.de)  
NSK weltweit: [www.nsk.com](http://www.nsk.com)

