



**Schadensdiagnose und
Wartung von Wälzlagern**
CAT.No.3017/D



Schadensdiagnose und Wartung von Wälzlagern

Wir danken Ihnen für Ihr Interesse an **NTN** Wälzlagern. Diese Broschüre ist als Leitfaden für die Lagerwartung gedacht, wobei das Hauptaugenmerk auf der Wartung der Wälzlager vor Ort liegt.

Wälzlager können früher ausfallen als die zu erwartende Lebensdauer bis zur Materialermüdung. Ein vorzeitiger Ausfall ist meist auf eine fehlerhafte Handhabung oder eine unzureichende Wartung zurückzuführen.

Wir hoffen, dass diese Anleitung hilft, frühzeitige Lagerschäden zu verhindern oder die Ursachen von Lagerschäden zu beheben.

Schadensdiagnose und Wartung von Wälzlagern

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
2. Überprüfung von Wälzlagern	3
3. Lagerüberwachung während des Betriebs	3
3. 1 Lagertemperatur	3
3. 2 Laufgeräusche des Lagers	3
3. 3 Lagerschwingungen	5
3. 4 Schmierstoffauswahl	5
3. 5 Nachschmierung	5
4. Lageranalyse nach dem Betrieb	7
5. Lagerschäden und Gegenmaßnahmen	7
5. 1 Abplatzungen (Abblättern)	8
5. 2 Schälung	10
5. 3 Schürfmacken	11
5. 4 Anschmierung	12
5. 5 Verschleiß	13
5. 6 Mattierung und Verfärbung	14
5. 7 Eindrückungen	15
5. 8 Materialausbrüche	16
5. 9 Rissbildung	17
5.10 Korrosion	18
5.11 Fressen	19
5.12 Reibkorrosion und Passungsrost	20
5.13 Elektroerosion	21
5.14 Schränkung der Wälzkörper	22
5.15 Käfigschäden	23
5.16 Kriechen	24

1. Einführung

Das Wälzlager ist ein Maschinenelement, das eine sehr wichtige Rolle spielt und entscheidend für die Leistung einer Maschine ist. Wenn es zu einem Lagerschaden kommt, kann nicht nur die Maschine, sondern auch die gesamte Produktionslinie zum Stillstand kommen. Wenn ein Radlager eines Kraft- oder Schienenfahrzeugs ausfällt, kann dies zu einem schweren Unfall führen.

Um Probleme zu vermeiden, muss sich jeder Lagerhersteller bemühen, die höchste Qualität für jedes Lager zu erreichen. Er hat darauf hinzuweisen, dass der Benutzer jedes Lager sorgfältig behandeln und warten muss.

Jedes Lager erreicht nur eine bestimmte Lebensdauer, auch wenn es richtig eingebaut und ordnungsgemäß betrieben wird. Die Laufbahnoberflächen und die Wälzkörperkontaktflächen sind wiederholten Druckbelastungen ausgesetzt, die nach einer bestimmten Zeit zu Schäden auf und unter den Oberflächen führen.

Die Lebensdauer eines Wälzlagers ist definiert als die Anzahl der Umdrehungen oder Betriebsstunden bei einer bestimmten konstanten Drehzahl, bevor es zu einer Werkstoffermüdung (Abschälung) kommt.

Ein Lager kann aber auch durch Fressen, Bruch, Verschleiß, Stillstandsmarkierungen, Korrosion usw. unbrauchbar werden.

Solche Schadensmerkmale unterscheiden sich von der Ermüdungslebensdauer eines Wälzlagers und können durch die Auswahl eines für die Anwendung geeigneten Lagers sowie die richtige Handhabung und Wartung vermieden werden.

Jedoch treten Lagerschädigungen aufgrund falscher Lagerauswahl und unsachgemäßer Handhabung und Wartung im Feld häufiger auf als ein Ausfall durch Erreichen der Ermüdungslebensdauer.

2. Überprüfung von Wälzlagern

Die Überwachung der Lager in einer Maschine während des Betriebs ist wichtig, um unnötige Lagerausfälle zu vermeiden. Die folgenden Methoden werden im Allgemeinen für die Überprüfung von Wälzlagern angewandt.

- (1) Lagerüberwachung während des Betriebs
Um festzustellen, ob der Schmierstoff nachgefüllt oder ausgetauscht werden muss, sollten Lagertemperatur, -geräusche und -vibrationen überprüft werden.
- (2) Lageranalyse nach dem Betrieb
Die Lager müssen nach dem Betrieb und bei den regelmäßigen Inspektionen sorgfältig untersucht werden, um eventuelle Schäden festzustellen. Um ein erneutes Auftreten von Lagerschäden zu verhindern, sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

In Abhängigkeit von der Bedeutung der Maschine oder Anlage für den Betreiber ist es unerlässlich, zur Funktionssicherheit der Wälzlager geeignete Inspektionsverfahren und-intervalle festzulegen.

3. Lagerüberwachung während des Betriebs

3.1 Lagertemperatur

Die Lagertemperatur steigt im Allgemeinen beim Anfahren an, sinkt dann wieder leicht ab und stabilisiert sich auf einem bestimmten Niveau (normalerweise 10 bis 40 °C höher als die Raumtemperatur). Die Zeit, die für die Stabilisierung der Betriebstemperatur benötigt wird, hängt von der Größe, der Lagerart, der Drehzahl, der Schmierung und der Wärmeabfuhr durch die Lagerumgebung ab. Sie reicht von etwa 20 Minuten bis zu mehreren Stunden.

Wenn sich die Lagertemperatur nicht stabilisiert, sondern weiter ansteigt, kann dies das Ergebnis einer der in **Tabelle 3.1** aufgeführten Ursachen sein. Der Betrieb ist zu stoppen und eine geeignete Abhilfemaßnahme muss ergriffen werden.

Eine hohe Lagertemperatur ist möglichst zu vermeiden, um eine angemessene Lebensdauer zu erreichen und eine Verschlechterung der Schmierung zu verhindern. Lagertemperaturen sollten im Allgemeinen unter 100 °C liegen.

Tabelle 3.1 Hauptursachen für hohe Lagertemperaturen

Ursachen
(1) Zu kleine oder zu große Schmierstoffmenge
(2) Fehlerhafte Montage der Lager
(3) Zu geringes Lagerspiel oder zu hohe Belastung
(4) Zu große Reibung zwischen Dichtlippen und Kontaktflächen
(5) Ungeeigneter Schmierstoff
(6) Kriechen der Lagerringe auf den Passflächen

3.2 Laufgeräusche des Lagers

In der folgenden **Tabelle 3.2** sind typische anormale Lagergeräusche und deren Ursachen aufgeführt. Bitte beachten Sie, dass die Beschreibungen einiger dieser Geräusche eher subjektiv sind und daher stark variieren können.

Tabelle 3.2 Typische anormale Lagergeräusche und deren Ursachen

Geräusch	Merkmale	Ursachen
Summen Dröhnen Heulen	Tonlage bleibt trotz Drehzahländerungen konstant (Staub/Verschmutzung). Tonlage ändert sich bei Drehzahländerungen (Schaden).	<ul style="list-style-type: none"> ● Staub/Verschmutzung. ● Raue Laufbahn-, Kugel- oder Rollenoberflächen. ● Beschädigte Laufbahn-, Kugel- oder Rollenoberflächen.
Zischen	vornehmlich bei kleinen Lagern.	<ul style="list-style-type: none"> ● Raue Laufbahn-, Kugel- oder Rollenoberflächen.
Klappern	Intermittierend in regelmäßigen Abständen.	<ul style="list-style-type: none"> ● Kontakt mit Labyrinth oder anderen Teilen. ● Kontakt zwischen Käfig und Dichtung.
Kreischen Heulen (Schleifgeräusch)	Lautstärke und Tonlage ändern sich bei Drehzahländerungen. Wird bei bestimmten Drehzahlen lauter. Der Ton variiert in der Lautstärke. Klingt gelegentlich wie eine Sirene oder ein Pfeifen.	<ul style="list-style-type: none"> ● Resonanz, schlechter Sitz (schlechte Wellenform). ● Deformierte Laufbahn. ● Brinelling auf Laufbahn-, Kugel- oder Rollenoberflächen (leichte Geräusche, die bei großen Lagern als normal gelten).
Knirschen Klappern	Fühlbar, wenn das Lager von Hand gedreht wird.	<ul style="list-style-type: none"> ● Beschädigte Laufbahn (in regelmäßigen Abständen spürbar). ● Beschädigte Kugeln oder Rollen (in unregelmäßigen Abständen spürbar). ● Staub/Verschmutzung, deformierte Laufbahn.
Rasseln	<ul style="list-style-type: none"> ·-Große Lager ·-Kleine Lager Kontinuierlich bei hohen Drehzahlen.	<ul style="list-style-type: none"> ● Beschädigte Laufbahn-, Kugel- oder Rollenoberflächen.
Surren Brummen	verschwindet, sobald der Strom abgeschaltet wird.	<ul style="list-style-type: none"> ● Elektromagnetische Geräusche des Motors.
Klingeln	In unregelmäßigen Abständen (bleibt bei Drehzahländerungen konstant). Vorrangig bei kleinen Lagern.	<ul style="list-style-type: none"> ● Staub/Verschmutzung.
Rasseln Rattern ungleichmäßiges Prasseln	<ul style="list-style-type: none"> ·-Kegelrollenlager ·-Große Lager ·-Kleine Lager Kontinuierlich in regelmäßigen Abständen bei hohen Drehzahlen.	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal, wenn als Käfiggeräusch identifiziert. ● Für Einsatztemperatur ungeeignete Fettviskosität. ● Verschlissene Käfigtaschen, unzureichende Schmierung, Betrieb mit unzureichender Lagerbelastung.
Zischen Hämmern	Bemerkbar bei niedrigen Drehzahlen. Wird bei hohen Drehzahlen kontinuierlich erzeugt.	<ul style="list-style-type: none"> ● Käfigtaschenspiel, unzureichende Schmierung. Abhilfe oft durch Verkleinerung des Lagerspiels bzw. Aufbringen einer Vorspannung möglich. ● Aufeinandertreffende Rollen in Vollrollenlagern.
Klirren Rattern	Vornehmlich bei Dünnringlagern bei niedrigen Drehzahlen.	<ul style="list-style-type: none"> ● Deformierte Laufbahn. ● Riefen.
Quietschen Kreischen	Vor allem in Zylinderrollenlagern, ändert sich bei Drehzahländerungen, klingt metallisch, wenn laut. Verschwindet beim Nachfüllen von Fett vorübergehend.	<ul style="list-style-type: none"> ● Zu hohe Viskosität des Fettes. ● Zu großes Radialspiel. ● Zu geringe Fettmenge.
Schrillen Pfeifen	Metallisches Abplatzgeräusch. Hohe Tonlage.	<ul style="list-style-type: none"> ● Materialabschälungen zwischen Rollen und Borden bei Zylinderrollenlagern. ● Zu wenig Radialspiel. ● Zu geringe Fettmenge.
Leises Zischen/ Ploppen	Unregelmäßig bei kleinen Lagern.	<ul style="list-style-type: none"> ● Platzgeräusche von Blasen im Fett.
Knirschen	Unregelmäßiges knirschendes Geräusch.	<ul style="list-style-type: none"> ● Reibung an axialer Anlagefläche. ● Reibung zwischen Sitzflächen. ● Fressen.
Hohes Geräuschniveau.		<ul style="list-style-type: none"> ● Raue Laufbahn-, Kugel- oder Rollenoberflächen. ● Laufbahn, Rollen oder Kugeln sind durch Verschleiß verformt. ● Großes Spiel aufgrund von Verschleiß.

3.3 Lagerschwingungen

Schäden am Lager können durch die Messung von Schwingwerten der Maschine frühzeitig erkannt werden. Aus der quantitativen Analyse von Amplitude und Frequenz der Schwingungen kann in der Regel auf den Grad der Schädigung geschlossen werden. Die gemessenen Werte unterscheiden sich jedoch je nach Messpunkt und Betriebszustand des Lagers. Es ist empfehlenswert, Messdaten zu sammeln und Bewertungskriterien für jede Maschine festzulegen.

3.4 Schmierstoffauswahl

Der Zweck der Schmierung des Lagers besteht darin, die Wälz- und Gleitkontaktflächen mit einem dünnen Ölfilm zu benetzen, um einen direkten Metall-Metall-Kontakt zu vermeiden. Eine wirksame Schmierung des Wälzlagers hat folgende Auswirkungen:

- (1) Verringerung von Reibung und Abrieb
- (2) Ableitung der durch Reibung erzeugten Wärme
- (3) Verlängerung der Lagerlebensdauer
- (4) Verhindert Korrosion (Rost)
- (5) Fernhalten von Fremdkörpern (oder Verunreinigungen) von den Wälzkörpern und Laufbahnen

Für diese Zwecke ist ein Schmierstoff gemäß den folgenden Kriterien auszuwählen.

(1) Fettschmierung

Für die Schmierung von Wälzlagern wird im Allgemeinen Fett verwendet, da es leicht zu handhaben ist und das Dichtungssystem vereinfacht.

Prüfen Sie sorgfältig die Art und die Eigenschaften des Grundöls, des Verdickers und der Zusatzstoffe des Fettes und wählen Sie dann ein für die Betriebsbedingungen des Lagers geeignetes Fett aus. Die allgemeine Beziehung zwischen der Konsistenz des Fettes und der Anwendung des Lagers ist in **Tabelle 3.3** dargestellt. Arten und Eigenschaften der Fette sind im **NTN Katalog „Kugel- und Rollenlager“** zu finden.

Tabelle 3.3 Konsistenzklassen

NLGI-Konsistenz Klasse.	JIS (ASTM) 60 Doppelhübe Walkpenetration	Anwendungen
0	355 bis 385	Für Zentralschmierung
1	310 bis 340	Für Zentralschmierung
2	265 bis 295	Für den allgemeinen Gebrauch und zur Verwendung von abgedichteten Lagern
3	220 bis 250	Für den allgemeinen Gebrauch, für den Einsatz bei hohen Temperaturen und für abgedichtete Lager
4	175 bis 205	Für Sonderanwendungen

(2) Ölschmierung

Ölschmierung ist im Allgemeinen für hohe Drehzahlen oder bei hohen Lagertemperaturen einzusetzen. Ölschmierung ist auch geeignet, um die Wärme vom Lager abzuleiten.

Die für die Betriebstemperaturen der Lager erforderlichen Ölviskositäten sind in **Tabelle 3.4** angegeben.

Bei der Auswahl eines Öls sind Viskosität, Viskositätsindex, Oxidationsbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Schaumbeständigkeit usw. sorgfältig zu prüfen. **Tabelle 3.5** gibt einen Leitfaden für die Auswahl der Viskosität.

Abb. 3.1 zeigt die Veränderung der Viskosität mit der Temperatur für verschiedene Öle. So kann ein Öl mit einer geeigneten Viskosität für die Betriebstemperatur des Lagers ausgewählt werden.

Tabelle 3.4 Erforderliche Ölviskosität für Wälzlager

Lagert	Kinematische Viskosität mm ² /s
Kugellager, Zylinderrollenlager und Nadellager	13
Pendelrollenlager, Kegelrollenlager und Axial-Nadellager	20
Axial-Pendelrollenlager	30

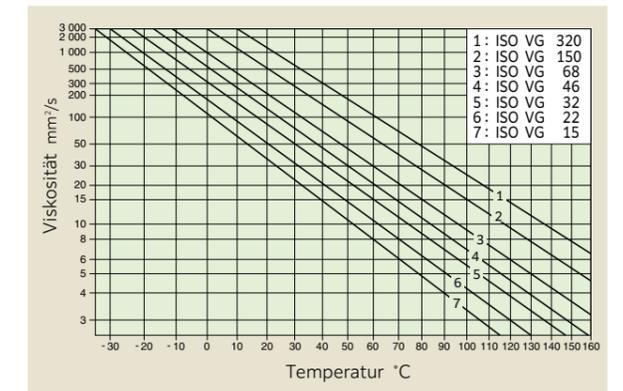


Abb. 3.1 Viskositäts-Temperatur-Diagramm

3.5 Nachschmierung

Bei Fettschmierung verschlechtert sich die Schmiereigenschaft des Fettes mit den Betriebsstunden, so dass eine Nachschmierung des Lagers in angemessenen Zeitabständen erforderlich ist. Die Nachschmierintervalle des Fettes hängen von der Art, den Abmessungen, der Drehzahl des Lagers und des Fettyps ab.

Ein Diagramm mit groben Richtwerten für Nachschmierintervalle ist im **NTN Katalog „Kugel- und Rollenlager“** zu finden.

Bei Ölschmierung hängen die Ölwechselintervalle von den Betriebsbedingungen der Maschine und der Art des Schmierens ab. Einen groben Anhaltspunkt für Ölwechselintervalle und Ölanalyse-Intervalle geben die **Tabellen 3.6** und **3.7**.

Tabelle 3.5 Auswahlhilfe für die Schmierölviskosität

Lagerbetriebstemperatur °C	d_n Wert ¹⁾	Schmieröl ISO-Viskositätsklasse (VG)		Lagerart
		Normale Belastung	Hohe Belastung oder Stoßbelastung	
-30 bis 0	Bis zur zulässigen Drehzahl	22, 32	46	Alle Lagerarten
0 bis +60	Bis zu 15 000	46, 68	100	Alle Lagerarten
	15 000 bis 80 000	32, 46	68	Alle Lagerarten
	80 000 bis 150 000	22, 32	32	Alle Lagerarten außer Axial-Kugellager
	150 000 bis 500 000	10	22, 32	Einreihige Radialkugellager, Zylinderrollenlager
+60 bis +100	Bis zu 15 000	150	220	Alle Lagerarten
	15 000 bis 80 000	100	150	Alle Lagerarten
	80 000 bis 150 000	68	100, 150	Alle Lagerarten außer Axial-Kugellager
	150 000 bis 500 000	32	68	Einreihige Radialkugellager, Zylinderrollenlager
+100 bis +150		320		Alle Lagerarten
0 bis +60	Bis zur zulässigen Drehzahl	46, 68		Pendelrollenlager
+60 bis +100		150		

1) d_n Wert: [$d_n = \text{Lagerbohrungsdurchmesser } d \text{ (mm)} \times \text{Drehzahl } n \text{ (min}^{-1}\text{)}$]

Hinweis: 1. Die obige Tabelle gilt für die Ölbad- oder die Umwälzschmierung.

2. In Fällen, in denen die Betriebsbedingungen außerhalb des durch diese Tabelle abgedeckten Bereichs liegen, wenden Sie sich bitte an die technische Abteilung von NTN.

Tabelle 3.6 Öleigenschaften und Kontaminationsgrenzwerte für Ölwechsel

Eigenschaft	Grenzwerte Ölwechsel		Anmerkungen
	Getriebeöl	Andere Ölarten	
Verschlechterung der Viskosität mm ² /s	25 % max., 10 bis 15 % ist zu empfehlen	Weniger als 10 %	Verursacht durch Oxidation oder Vermischung mit einem anderen Öltyp.
Wassergehalt in Volumen %	0,2 max.	0,2 max.	Kann nach Entfernung des Wassers wiederverwendet werden
Unlösliche Stoffe in Gewichts %	Normal Pentan %	1,0 max.	Oxidationsprodukt, Kohlenstoff, Verschleißpartikel und Staub
	Toluol %	0,5 max.	
Sedimentationswert ml/10ml		0,1 max.	Verunreinigungen wie Wasser und Staub oder Metall Verschleißpartikel.
Gesamtsäurewert KOH mg/g	Das 2- bis 3-fache des neuen Öls		Je nach Additivierung können höhere Werte angenommen werden
Asche %	0,2 max.	—	
Eisengehalt in Asche %	0,1 max.	—	

Tabelle 3.7 Empfehlung Ölanalyse-Intervalle

Schmiersystem	Inspektionsintervall	
	Normale Betriebsbedingungen	Ungünstige Betriebsbedingungen*
Ringschmiervorfahren	Ein Jahr	6 Monate
Ölbad- oder Tauchschmierung	6 Monate	3 Monate
Umlaufschmierung	9 Monate	1 bis 3 Monate

*Ungünstige Betriebsbedingungen sind:

- (1) Starke Kondensation oder Eindringen von Wasser
- (2) Übermäßiges Eindringen von Staub, Gas usw.
- (3) Betriebstemperatur von mehr als 120 °C

4. Lageranalyse nach dem Betrieb

Haben Lager ihre Betriebslaufzeit absolviert oder wurden sie bei einer regelmäßigen Wartung ausgetauscht, so sind alle Lagerkomponenten visuell auf Schädigungen zu kontrollieren, um bewerten zu können, ob die Betriebsbedingungen in Ordnung sind.

Wenn eine Schädigung festgestellt wird, ist die Ursache zu ermitteln und eine Abhilfemaßnahme zu ergreifen, indem das Schadensbild mit den in Abschnitt 5 „Lagerschäden und Gegenmaßnahmen“ verglichen wird.

5. Lagerschäden und Gegenmaßnahmen

Bei sachgemäßer Handhabung können Lager über lange Zeit eingesetzt werden bevor sie ihre Ermüdungsliebensdauer erreichen. Vorzeitige Lagerschäden können oft auf eine falsche Lagerauswahl, Handhabung, Schmierung und/oder Montage zurückgeführt werden.

Manchmal ist es schwierig, die tatsächliche Ursache eines Lagerschadens zu bestimmen, da viele miteinander verknüpfte Faktoren einen Einfluss haben können. Es ist jedoch möglich, je nach Situation und Zustand der Maschine, mögliche Schadensursachen in Zusammenhang zu bringen und so möglichst ein erneutes Auftreten ähnlicher Schäden zu verhindern. Auch der Installationsort, die Betriebsbedingungen und die Umgebungsstruktur der Lager sollten berücksichtigt werden.

In diesem Abschnitt werden Lagerausfälle klassifiziert und mit Fotos illustriert. Verwenden Sie diesen Abschnitt als Leitfaden für die Fehlerbehebung.

Die Abb. 5.1 bis Abb. 5.7 zeigen die Bezeichnungen der Lagerkomponenten, auf die in den Beschreibungen der Lagerschäden Bezug genommen wird.

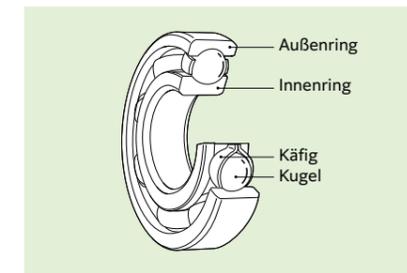


Abb. 5.1 Rillenkugellager

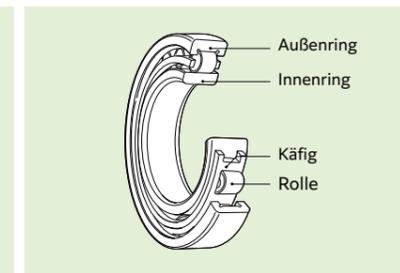


Abb. 5.2 Zylinderrollenlager

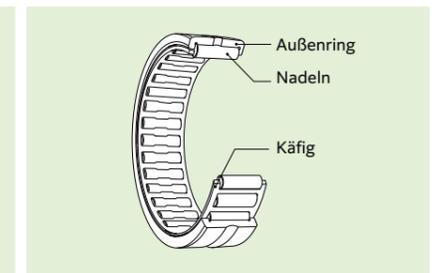


Abb. 5.3 Nadellager

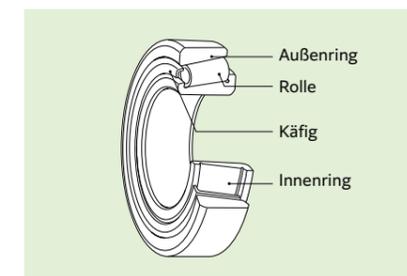


Abb. 5.4 Kegelrollenlager

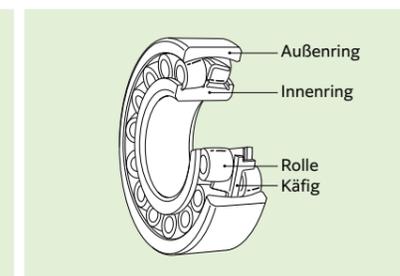


Abb. 5.5 Pendelrollenlager



Abb. 5.6 Axialkugellager



Abb. 5.7 Axialrollenlager

5.1 Abplatzungen (Abblättern)

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Die Oberflächen von Laufbahnen oder Wälzkörpern blättern ab. Als Folge bilden sich danach Materialausbrüche und -aufwerfungen.	Ermüdungslebensdauer erreicht. Abplatzungen (Abblättern) können vorzeitig durch Überlastung, übermäßige Belastung durch unsachgemäße Handhabung, unzureichende Wellen- oder Gehäusegenauigkeit, Montagefehler, Verschmutzungen, Korrosionsbildung usw. verursacht werden.	<ol style="list-style-type: none"> (1) Ermitteln der Ursache für die hohe Belastung. (2) Überprüfen der Betriebsbedingungen und wenn notwendig, Einsatz von Lagern mit höherer Tragfähigkeit. (3) Erhöhung der Ölviskosität und verbessern der Schmiermethode, um einen tragfähigen Schmierfilm zu bilden. (4) Vermeidung von Montagefehlern.



Foto A-5

- Innenring eines Rillenkugellagers.
- Abplatzungen (Abblättern) auf einer Seite der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist eine übermäßige axiale Belastung.



Foto A-6

- Innenring eines Pendelrollenlagers.
- Abplatzungen (Abblättern) nur auf einer Seite der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist eine übermäßige axiale Belastung.



Foto A-1

- Rillenkugellager.
- Abplatzungen (Abblättern) an Innenring, Außenring und Kugeln.
- Die Ursache ist übermäßige Belastung.

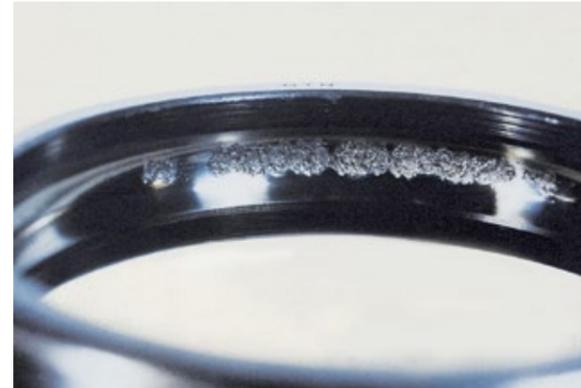


Foto A-2

- Außenring eines Schrägkugellagers.
- Abplatzungen (Abblättern) an der Laufbahnoberfläche im Wälzkörperabstand.
- Die Ursache ist eine unsachgemäße Handhabung.



Foto A-7

- Kegelrollenlager.
- Abplatzungen (Abblättern) auf 1/4 des Umfangs der Innenringlaufbahn, wobei der Außenring und die Rollen hellbraun verfärbt sind.
- Die Ursache ist eine übermäßige Vorspannung.



Foto A-8

- Außenring des zweireihigen Schrägkugellagers.
- Abplatzungen (Abblättern) auf 1/4 des Umfangs der Außenringlaufbahn.
- Die Ursache ist unsachgemäße Montage.



Foto A-3

- Innenring eines Rillenkugellagers.



Foto A-4

- Außenringlaufbahn eines Schrägkugellagers.



Foto A-9

- Axialkugellager.
- Abplatzungen (Abblättern) auf der Laufbahn der Wellenscheibe (Festsitz des Innenringes auf der Welle) und den Kugeln.
- Die Ursache ist unzureichende Schmierung.



Foto A-10

- Außenring-Laufbahn eines zweireihigen Kegelrollenlagers.
- Abplatzungen (Abblättern) an der Laufoberfläche.
- Verursacht durch mangelhafte Erdung oder Schweißschäden (Lager mit Stromdurchgang).

5.2 Schälung

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Schälung ist eine Ansammlung von sehr kleinen Abblätterungen (Größe ca. 10µm). Zu Abschälungen können auch sehr kleine Risse gehören, die sich zu Abblätterungen entwickeln.	Tritt häufig bei Rollenlagern auf. Häufiges Auftreten bei rauen Kontaktflächen oder wenn die Schmiereigenschaften schlecht sind. Abschälungen können sich zu Abplatzungen (Abblättern) entwickeln.	(1) Kontrolle der Oberflächenrauigkeiten und des Eindringens von Fremdkörpern. (2) Überprüfung des Schmiermittels. (3) Sachgemäßer Lagereinlauf.



Foto B-1

- Rollen eines Pendelrollenlagers.
- Abschälung auf den Rollenkontaktflächen.
- Die Ursache ist unzureichende Schmierung.



Foto B-2

- Kegelrollenlager.
- Abschälung, die sich zu Abblättern auf dem Innenring und den Rollen entwickelt.
- Die Ursache ist unzureichende Schmierung.

5.3 Schürfmacken

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Abschürfungen/Fressen der Kontaktflächen. Montageriefen in axialer Richtung sichtbar. Schürfmacken an Rollenstirnseite und Führungsbord - bogenförmige Abschürfungen. Kratzer in Drehrichtung auf Laufbahnoberfläche und Rollenkontaktflächen.	Schlechte Montage- und Demontage. Kein tragender Schmierfilm aufgrund von übermäßiger radialer Belastung, Einklemmen von Fremdkörpern oder übermäßiger Vorspannung. Schlupf oder unzureichende Schmierung der Wälzkörper.	(1) Verbesserung der Montage- und Demontageverfahren. (2) Überprüfung der Betriebsbedingungen. (3) Überprüfung der Vorspannung. (4) Überprüfung von Schmiermittel und Schmierungsmethode. (5) Verbesserung der Abdichtung.



Foto C-1

- Innenring eines Zylinderrollenlagers.
- Fressschaden am Innenringbord.
- Die Ursache ist übermäßige axiale Belastung.



Foto C-2

- Innenring eines Kegelrollenlagers.
- Fressschaden auf der Laufbahnoberfläche und auf der Rollkontaktfläche des Bordes.
- Die Ursache ist unzureichende Schmierung.



Foto C-3

- Kegelrollen eines Kegelrollenlagers.
- Bogenförmige Abschürfungen an den Stirnseiten (Fressschaden).
- Die Ursache ist unzureichende Schmierung.



Foto C-4

- Wälzkörper eines Zylinderrollenlagers.
- Riefen in axialer Richtung auf der Rollkontaktfläche, verursacht durch die Montage.
- Die Ursache ist eine unsachgemäße Montage.

5.4 Ansmierung

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Die Oberfläche ist aufgeraut und kleine Partikel haften an.	Wälzkörper rutschen bei der Abrollbewegung und die Schmierwirkung reicht nicht aus, um Schlupf zu verhindern.	(1) Optimierung des Schmierstoffs und der Schmiermethode zur Bildung eines tragenden Schmierfilms. (2) Verwendung eines Schmierstoffs mit Hochdruckadditiven. (3) Verkleinern der radialen Lagerluft bzw. Lager vorspannen, um Schlupf zu verhindern.

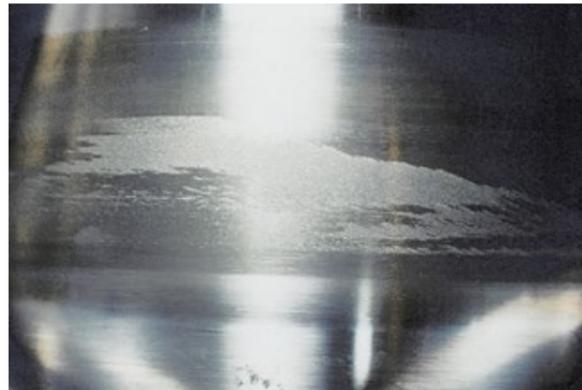


Foto D-1

- Innenring eines Zylinderrollenlagers.
- Ansmierungen an der Laufoberfläche.
- Die Ursachen sind Schlupf der Rollen aufgrund unzureichender Schmierung und/oder eingeklemmte Fremdpartikel.

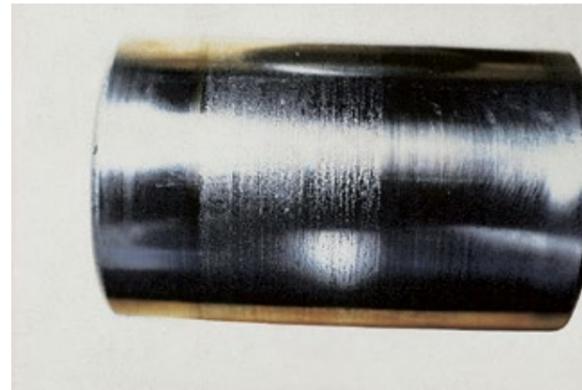


Foto D-2

- Rolle eines Zylinderrollenlagers (die entsprechende Innenringlaufbahn ist auf Foto D-1 dargestellt).
- Ansmierungen auf den Rollenkontaktflächen.
- Die Ursachen sind Schlupf der Rollen aufgrund unzureichender Schmierung und/oder eingeklemmte Fremdpartikel.



Foto D-3

- Rollen von Axial-Pendelrollenlagern.
- Ansmierungen in der Mitte der Rollenkontaktflächen.
- Die Ursachen sind Schlupf der Rollen aufgrund unzureichender Schmierung und/oder eingeklemmte Fremdpartikel.

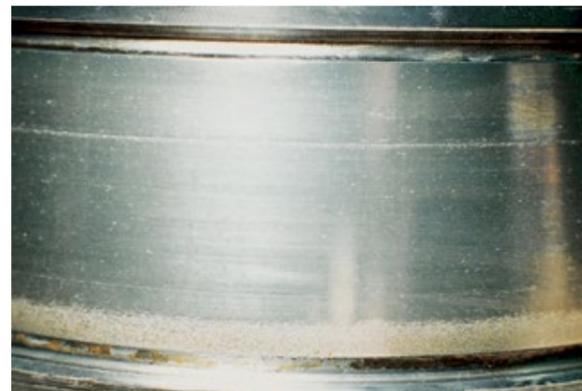


Foto D-4

- Innenring eines zweireihigen Kegelrollenlagers.
- Ansmierung an der Laufbahnoberfläche.

5.5 Verschleiß

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Die Kontaktflächen sind verschlissen und daher die Abmessungen der kontaktierenden Lagerkomponenten entsprechend reduziert. Oberflächen häufig aufgeraut und mit Abschürfungen.	Eindringen von festen Fremdkörpern. Schmutz und andere Fremdkörper im Schmiermittel. Unzureichende Schmierung. Schränkung der Rollen.	(1) Überprüfung von Schmierstoff und Schmiermethode. (2) Verbesserung der Abdichtung. (3) Filterung des Öls. (4) Beseitigung von Fluchtungsfehlern.



Foto E-1

- Außenring eines Zylinderrollenlagers.
- Versetzte Verschleißspuren auf der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist unzureichende Schmierung.



Foto E-2

- Innenring eines Zylinderrollenlagers (der entsprechende Außenring ist auf Foto E-1 dargestellt).
- Versetzte Verschleißspuren auf dem gesamten Umfangs der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist unzureichende Schmierung.



Foto E-3

- Außenring eines zweireihigen Schrägkugellagers.
- Verschleiß auf einer Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist unzureichende Schmierung.



Foto E-4

- Käfig eines Zylinderrollenlagers.
- Verschleiß in den Käfigtaschen des bearbeiteten massiven Messingkäfigs (G1).

5.6 Mattierung und Verfärbung

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
<p>Mattierung Die Laufbahnoberfläche ist mattiert und angeraut. Oberfläche ist überzogen mit Mikro-Eindrückungen.</p> <p>Verfärbungen Die Farbe der Oberfläche hat sich verändert.</p>	<p>Eindringen von Fremdkörpern. Unzureichende Schmierung. Verfärbung durch Überhitzung. Ablagerungen vom Gebrauchöl auf den Oberflächen.</p>	<p>Mattierung (1) Überprüfung der Abdichtung. (2) Filterung des Schmieröls. (3) Überprüfung von Schmierstoff und Schmiermethode.</p> <p>Verfärbungen (1) Ölablagerungen werden durch Abwischen mit einem organischen Lösungsmittel (Oxalsäure) entfernt. (2) Lässt sich die raue Oberfläche durch Polieren mit Sandpapier nicht entfernen, handelt es sich um Rost oder Korrosion. Lässt sie sich jedoch vollständig entfernen, handelt es sich um eine durch Überhitzung verursachte Verfärbung.</p>



Foto F-1

- Innenring eines zweireihigen Kegelrollenlagers.
- Mattierungen und Verfärbungen der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist Elektroerosion.



Foto F-2

- Kugel eines Rillenkugellagers.
- Komplet matted.
- Die Ursachen sind Fremdpartikel und/oder unzureichende Schmierung.

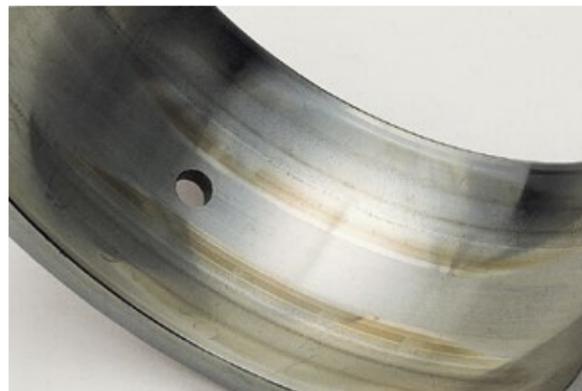


Foto F-3

- Außenring eines Pendelrollenlagers.
- Teilweise Verfärbung der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache sind Ablagerungen von Gebrauchöl.



Foto F-4

- Pendelrollenlager.
- Verfärbung der Laufbahnoberflächen von Innen- und Außenring.
- Die Ursache ist verbrauchter Schmierstoff.

5.7 Eindrückungen

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
<p>Vertiefungen in der Laufbahnoberfläche, die durch das Einklemmen/Überrollen fester Fremdkörper oder durch Stöße entstehen (Stillstandsmarkierungen).</p>	<p>Eindringen von festen Fremdkörpern. Einklemmen von abgelösten Partikeln. Stöße durch unsachgemäße Handhabung.</p>	<p>(1) Verhinderung des Eindringens von festen Fremdkörpern. (2) Überprüfung des Lagers und anderer in der Nähe befindlicher Lager auf Ablösungen, wenn Eindrückungen durch Metallpartikel entstanden sind. (3) Filterung des Öls. (4) Verbesserung der Handhabung und Montagemethode.</p>

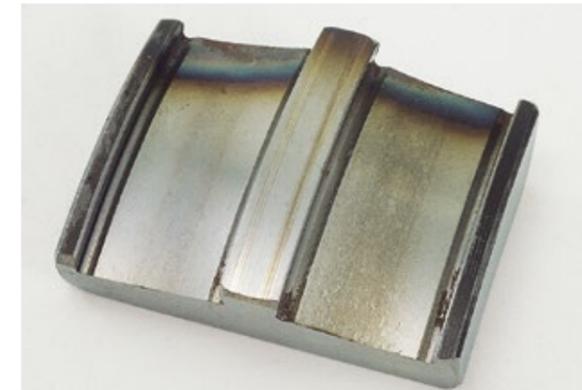


Foto G-1

- Innenring (abgeschnittenes Stück) eines Pendelrollenlagers.
- Eindrückungen auf einer Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist das Eindrücken von festen Fremdkörpern.



Foto G-2

- Rolle eines Pendelrollenlagers.
- Eindrückungen auf den Rollkontaktflächen.
- Die Ursache ist das Einklemmen von festen Fremdkörpern.



Foto G-3

- Kegelrollen eines Kegelrollenlagers.
- Dellen auf den Rollkontaktflächen (Hitzeverfärbung an beiden Rollenenden).
- Die Ursache sind Fremdkörper im Schmieröl.

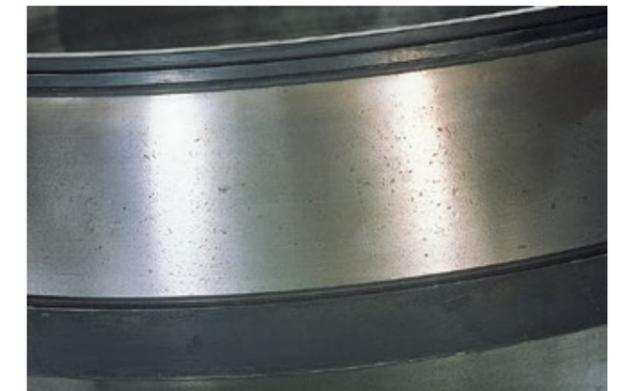


Foto G-4

- Innenring eines Kegelrollenlagers.
- Eindrückungen auf der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist das Einklemmen von festen Fremdkörpern.

5.8 Materialausbrüche

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Materialausbrüche am Innenring, Außenring oder an den Wälzkörpern.	Eindringen und Einklemmen von größeren harten Fremdpartikeln. Stöße oder übermäßige Belastung. Unsachgemäße Handhabung.	(1) Lagerauswahl prüfen und Vermeidung von Stößen und übermäßiger Belastung. (2) Sachgemäße Handhabung. (3) Verbesserung der Abdichtung.



Foto H-1

- Zylinderrollenlager.
- Materialausbrüche an Borden vom Innen- und Außenring.
- Die Ursache ist eine übermäßige axiale Stoßbelastung.



Foto H-2

- Innenring eines Pendelrollenlagers.
- Materialausbrüche an den Borden.
- Die Ursache ist eine übermäßige Stoßbelastung.



Foto H-3

- Innenring eines Kegelrollenlagers.
- Materialausbrüche am großen Bord.
- Die Ursache sind Stöße aufgrund unsachgemäßer Montage.



Foto H-4

- Innenring eines zweireihigen Kegelrollenlagers.
- Materialausbruch an einer Stirnseite.
- Die Ursache sind Stöße aufgrund unsachgemäßer Handhabung.

5.9 Rissbildung

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Risse und Brüche in Lagerringen und Wälzkörpern.	Übermäßige Belastung. Übermäßige Stöße. Überhitzung durch Kriechen und/oder schnelles Abkühlen. Zu loser Lagersitz. Starke Abblätterungen.	(1) Analyse der sehr hohen Belastungen und Auswahl eines tragfähigeren Lagers. (2) Verhinderung von Kriechen. (3) Verbesserung der Passung.

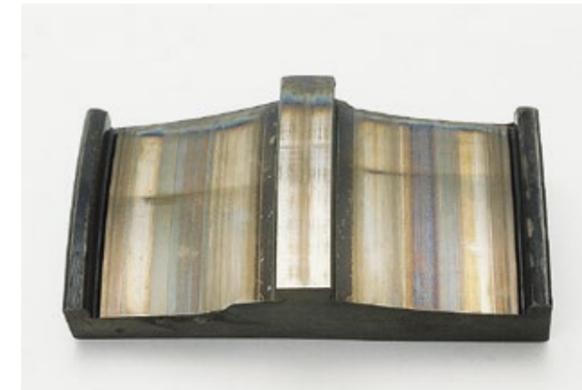


Foto I-1

- Innenring eines Pendelrollenlagers.
- Risse auf der Laufbahnoberfläche in axialer Richtung.
- Die Ursache ist ein übermäßiger Presssitz.

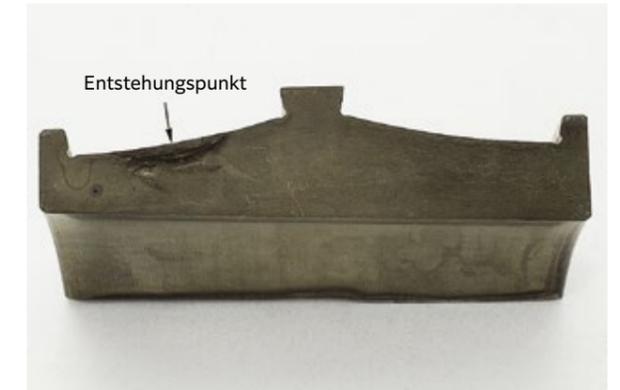


Foto I-2

- Bruch des in Foto I-1 gezeigten Innenrings.
- Die Ursache ist eine Fehlstelle in der linken Laufbahn.



Foto I-3

- Außenring eines vierreihigen Zylinderrollenlagers.
- Brüche und Risse auf der Laufbahn in Umfangsrichtung.
- Entstehungspunkt stammt von großen Abblätterungen.



Foto I-4

- Außenring eines Schrägkugellagers.
- Risse auf der Laufbahnoberfläche in Umfangsrichtung.
- Ursache ist Schlupf der Kugeln aufgrund von schlechter Schmierung.

5.10 Korrosion

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Korrosion an den Oberflächen der Lagerringe und der Wälzkörper. Die Korrosion befindet sich oftmals in gleichen Abständen zwischen den Wälzkörpern.	Eindringen von Wasser oder korrosiven Medien (z.B. Säuren). Feuchtigkeit aus Kondensation. Schlechte Verpackungs-, Aufbewahrungsbedingungen und/oder Handschweiß bei Montage.	(1) Verbesserung der Abdichtung. (2) Regelmäßige Schmierstoffanalyse. (3) Sachgemäßes Handling der Lager. (4) Korrosionsschutzmaßnahmen insbesondere bei längeren Stillstandszeiten.



Foto J-1

- Innenring eines Kegelrollenlagers.
- Korrosion auf der Laufbahnoberfläche im Abstand der Wälzkörper.



Foto J-2

- Außenring eines Kegelrollenlagers.
- Korrosion auf der Laufbahnoberfläche im Abstand der Wälzkörper.



Foto J-3

- Rolle eines Pendelrollenlagers.
- Korrosion an der Kontaktfläche der Rollen.
- Die Ursache ist das Eindringen von Feuchtigkeit.



Foto J-4

- Innenring eines Pendelrollenlagers.
- Korrosion an der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist das Eindringen von Feuchtigkeit.

5.11 Fressen

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Fressen führt zu extremen thermischen Bedingungen. Es kann zu einem Blockieren des Lagers kommen. Verfärbung, Härteverlust und Verschweißung der Laufbahn-, Wälzkörperkontakt-, Bord- und Rippenoberflächen.	Unzureichende Ableitung der vom Lager erzeugten Wärme. Schmiermenge und/oder Schmierstofftyp ungeeignet. Zu geringes Spiel. Übermäßige Last (oder Vorspannung). Schränkung der Rollen und Montagefehler.	(1) Verbesserung der Wärmeableitung vom Lager. (2) Überprüfung Schmierstoffs und der Schmierstoffmenge. (3) Beseitigung von Fluchtungsfehlern. (4) Überprüfung von Spiel und Vorspannung. (5) Überprüfung der Betriebsbedingungen.



Foto K-1

- Innenring eines zweireihigen Kegelrollenlagers.
- Fressen, Verfärbung und Härteverlust führen zu Deformation und Verschleiß im Abstand der Rollen.
- Die Ursache ist schlechte Schmierung.



Foto K-2

- Rollen eines zweireihigen Kegelrollenlagers.
- Rollen desselben Lagers wie auf Foto K-1. Verfärbungen und Fressschäden sind auf den Rollenkontaktflächen und den Stirnseiten der Rollen zu sehen.



Foto K-3

- Außenring eines Pendelrollenlagers.
- Extremer Verschleiß durch Fressen auf der Laufbahnoberfläche.
- Die Ursache ist schlechte Schmierung.

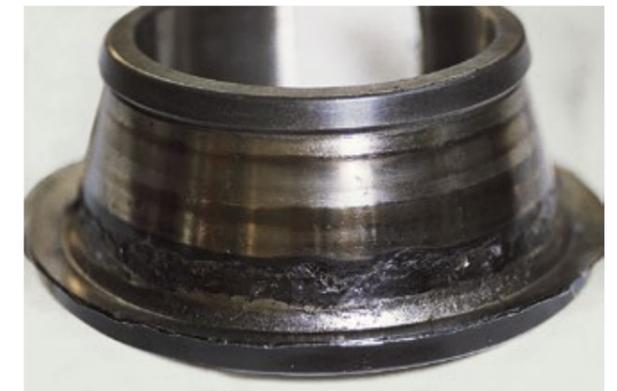


Foto K-4

- Innenring eines Kegelrollenlagers.
- Fressen auf der Laufbahnoberfläche nahe des großen Bordes und der Bordkontaktfläche.
- Die Ursache ist schlechte Schmierung.

5.12 Reibkorrosion und Passungsrost

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Bei Mikrobewegungen von Kontaktflächen kommt es zu Verschleißerscheinungen wobei sich Vertiefungen und rotbraune bzw. schwarze Partikel bilden. Auf der Laufbahnoberfläche bilden sich in Abständen, die den Abständen der Wälzkörper entsprechen, Vertiefungen, die Stillstandsmarkierungen genannt werden. Wenn sie sich auf den Passflächen bilden, spricht man von Passungsrost.	Wenn schwingende Belastungen zu Schwingungen der Wälzkörper mit kleinen Amplituden führen, wird der Schmierstoff aus den Kontaktbereichen verdrängt und es kommt zu starkem Verschleiß der Lagerkomponenten. Oszillation des Lagers mit sehr kleinem Winkel. Unzureichende (keine) Schmierung. Stark schwankende Belastungen. Vibration während des Transports. Vibration, Wellendurchbiegung, Montagefehler, Passung mit unzureichender Überdeckung.	(1) Innenring und Außenring sollten für den Transport getrennt verpackt werden. Falls nicht trennbar, sind die Lager vorzuspannen. (2) Verwenden Sie Öl oder Fett mit hoher Viskosität, wenn die Lager in schwingenden Anwendungen eingesetzt werden. (3) Überprüfung des Schmierstoffs. (4) Welle und Gehäuse gegen Verdrehen sichern. (5) Passung mit ausreichender Überdeckung verwenden.



Foto L-1

- Innenring eines Zylinderrollenlagers.
- Riffelartige Reibkorrosion auf der Laufbahnoberfläche über den kompletten Umfang.
- Die Ursache sind Schwingungen.



Foto L-2

- Innenring eines Rillenkugellagers.
- Riffelartige Reibkorrosion auf dem kompletten Laufbahnumfang.
- Die Ursache sind Schwingungen.



Foto L-3

- Außenring eines Zylinderrollenlagers.
- Passungsrost auf der Außendurchmesserfläche.



Foto L-4

- Außenring eines Kegelrollenlagers.
- Passungsrost auf der Außendurchmesserfläche.

5.13 Elektroerosion

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Die Oberfläche ist optisch mattiert, und die Mattierung ist bei Betrachtung unter dem Mikroskop ein Vielfaches winziger Krater (Löcher). Die weitere Entwicklung führt zu einer geriffelten Oberfläche.	Elektrischer Strom fließt durch das Lager, und es entstehen Funken, die zu Aufschmelzungen an den Laufbahnoberflächen führen.	Vermeiden von Stromdurchgang durch Einsatz von isolierten Lagern oder Umleiten des Stroms z.B. mittels Schleifringen.

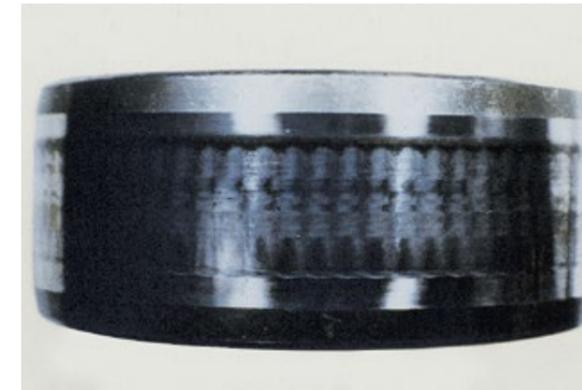


Foto M-1

- Innenring eines Zylinderrollenlagers.
- Die Laufbahnoberfläche ist durch Elektroerosion übersät mit Kratern die sich zu Riffeln ausgebildet haben.



Foto M-2

- Kegelrollen eines Kegelrollenlagers.
- In der Mitte der Rollenkontaktfläche sind Krater aus Elektroerosion.

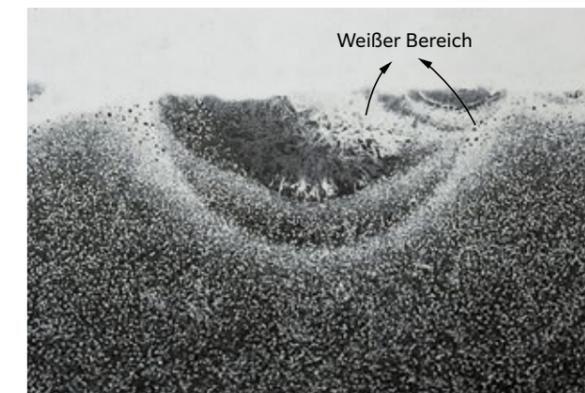
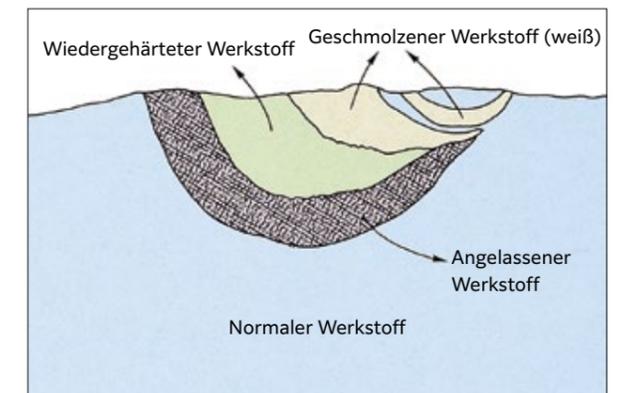


Foto M-3

- Vergrößerter (x400) Krater der auf Foto M-2 gezeigten Rollenoberfläche.
- Weißer Bereich durch Nitalätzung des Querschnitts sichtbar gemacht.



- Erläuterung des vergrößerten Foto M-3.

5.14 Schränkung der Wälzkörper

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Die Laufspur der Wälzkörper auf den Laufbahnoberflächen ist schräg oder ungleichmäßig.	Verformung oder Verkantung des Lagerrings aufgrund mangelnder Genauigkeit der Welle oder des Gehäuses. Unzureichende Steifigkeit der Welle oder des Gehäuses. Durchbiegung der Welle aufgrund von zu großem Lagerspiel.	(1) Verbesserung der Bearbeitungsgenauigkeit von Welle und Gehäuse. (2) Überprüfung von Wellen- und Gehäusesteifigkeit. (3) Überprüfung des Lagerspiels.



Foto N-1

- Pendelrollenlager.
- Ungleichmäßige Laufspuren am Innenring, Außenring und auf den Rollen.
- Die Ursache ist unsachgemäße Montage.



Foto N-2

- Außenring eines Kegelrollenlagers.
- Die Laufspur auf der Laufbahnoberfläche ist schräg.
- Die Ursache ist unsachgemäße Montage.



Foto N-3

- Rollen eines Kegelrollenlagers (der zugehörige Außenring ist auf Foto N-2 gezeigt).
- Laufspuren auf den Wälzkontaktflächen sind nicht gleichmäßig.

5.15 Käfigschäden

Beschreibung	Ursachen	Gegenmaßnahmen
Bruch des Käfigs. Verschleiß in den Käfigtaschen und Führungsflächen. Lockerung oder Bruch von Nieten.	Übermäßige Momentenbelastung. Zu hohe Drehzahl oder große Drehzahlschwankungen. Unzureichende Schmierung. Festklemmen von Fremdkörpern. Starke Vibrationen. Unsachgemäße Montage (verformtes Lager). Übermäßige Erwärmung (insbesondere bei Kunststoffkäfigen).	(1) Überprüfung der Belastungsbedingungen. (2) Überprüfung von Schmierstoff und Schmierungsmethode. (3) Überprüfung der Auswahl des Käfigs. (4) Optimierung von Montage und Handhabung. (5) Überprüfung von Wellen- und Gehäusesteifigkeit.



Foto O-1

- Käfig eines Schrägkugellagers.
- Bruch eines Messingmassivkäfigs.
- Die Ursache ist schlechte Schmierung.



Foto O-2

- Käfig eines Pendelrollenlagers.
- Bruch der Rippen zwischen den Taschen des gepressten Stahlkäfigs.



Foto O-3

- Käfig eines Kegelrollenlagers.
- Bruch der Taschen des gepressten Stahlkäfigs.



Foto O-4

- Käfig eines Zylinderrollenlagers.
- Bruch der Rippen zwischen den Taschen des Messingmassivkäfigs.

