

Zusammenfassung

- Die plastische Verformung ist eine permanente Verformung durch Überschreitung der Streckgrenze
- Gründe für die Entstehung sind Überlast (zum Beispiel Montagefehler aufgrund von Hammerschlägen), die Überschreitung der statischen Tragzahl C_0 und eine mangelhafte Schmierung (Eintritt von Verunreinigungen)
- Überlast: plastische Verformungen bilden sich wegen einer (Über-)Belastung oder Stößen
- Eindrückungen durch Partikel: Partikel dringen ins Wälzlager ein und werden von den Wälzkörpern überrollt, was zu einer plastischen Verformung führt

Vielleicht habt ihr in unseren anderen Beiträgen schon interessante Fakten zu Schadentypen wie den [Ermüdungsschaden](#) oder [Verschleiß](#) gelernt. In diesem Beitrag geht es nun um einen weiteren Schaden: die plastische Verformung. Die plastische Verformung lässt sich als permanente Verformung durch Überschreitung der Streckgrenze definieren. Dies kann in der Regel auf zwei verschiedene Arten geschehen:

- Überlast
- Eindrückungen durch Partikel

Überlast

Man spricht von einer Überbelastung, wenn sich die Hertz'sche Pressung im [Wälzkontakt](#) oberhalb der zulässigen Kontaktspannung befindet. Eine ungeeignete Handhabung des

Wälzlager kann zu einer plastischen Verformung führen (beispielsweise Hammerschläge während der Montage). Montagefehler, das heißt vorwiegend menschliche Fehler, lassen sich nie zu 100% ausschließen. Hier empfiehlt es sich in der Praxis, eine Montageschulung bei einem Wälzlagerhersteller zu besuchen. Dort wird erklärt, wie und mit welchem Werkzeug man ein [Wälzlager](#) am besten montiert. Nicht nur im Stillstand, sondern auch im dynamischen Betrieb des Wälzlagers kann es zu Überlast kommen: Eine plastische Verformung bildet sich hier aufgrund einer dynamischen (Über-)Belastung ([dynamische Tragzahl C](#)) oder infolge von Stößen.



Hier sind Verformungen am Beispiel eines Lagerrings ersichtlich.

Statische Tragzahl C_0 und statische Sicherheit S_0

Die Berechnung der statischen Sicherheit S_0 stellt einen entscheidenden Faktor dar, um plastische Verformungen aufgrund der jeweiligen Betriebsbedingungen auszuschließen. Die Wälzlagerhersteller empfehlen je nach Anwendung gewisse Werte für die statische Sicherheit S_0 . Empfehlungen dazu findet man in den Katalogen der Wälzlagerhersteller (zum Beispiel [NTN Katalog](#)). Diese kann mit Hilfe der folgenden Formel berechnet werden.

Formel 17:

$$S_0 = C_0 / P_0$$

Formel 2 (siehe auch: Beitrag Lebensdauerberechnung):

$$P_0 = X_0 \times F_r + Y_0 \times F_a$$

Die statische Tragzahl C_0 findet man in der Maßtabelle der jeweiligen Wälzlagerhersteller. Diese bezieht sich auf eine definierte statische Grenzlast, bei der ein bestimmtes Maß an dauerhafter Verformung auftritt.

Die äquivalente statische Belastung P_0 kann für Radiallager mit Hilfe der Formel berechnet werden.

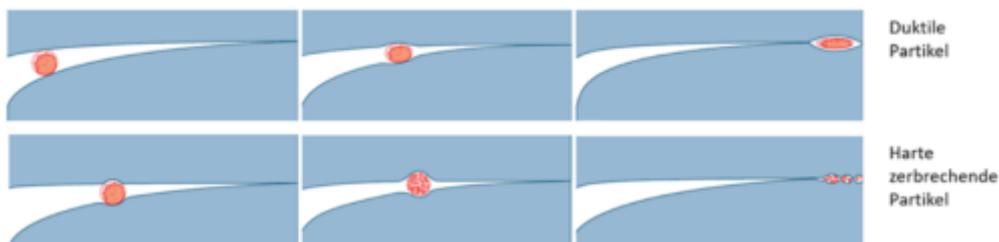
S_0 = statische Sicherheit

C_0 = statische Tragzahl

P_0 = äquivalente statische Belastung

Eindrückungen durch Partikel

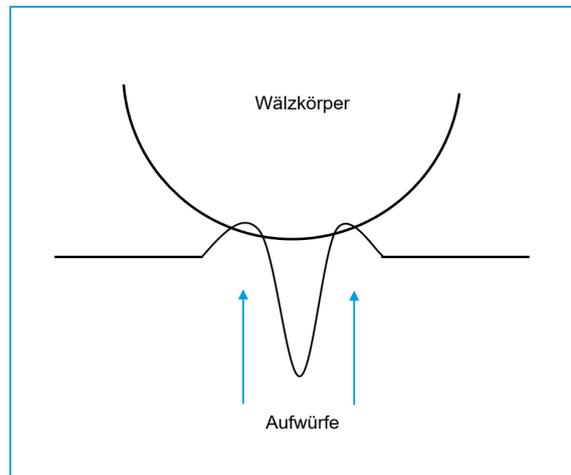
Wälzkörper können Partikel überrollen, die zum Beispiel durch mangelnde Sauberkeit oder fehlerhafte Handhabung ins Lager eingedrungen oder aus **Verschleiß** an sich entstanden sind. Dabei findet man sowohl auf den Laufflächen der Lagerringe als auch auf den Wälzkörpern plastische Verformungen (siehe Abbildung).



Das Überrollen von Fremdkörpern aller Größen führt zu einer plastischen Verformung.

Durch das Eindringen der Partikel in die Oberfläche wird Material verdrängt. Der nachfolgende Wälzkörper überrollt diese Aufwürfe wieder. Reicht die Höhe des Schmierfilms nicht aus, dann kommt es zum

direkten Kontakt zwischen dem Aufwurf und den Wälzkörpern. Darüber hinaus treten in den Aufwürfen Spannungsspitzen auf. Es kommt zu einer Materialermüdung an diesen Stellen und zum Abplatzen der Aufwürfe. Die Folge ist ein **Ermüdungsschaden**. Anschaulicher lässt sich das Ganze mit einem Marathonläufer (hier: Wälzlager) vergleichen, der einen Stein (hier: Fremdpartikel) im Schuh hat. In einem solchen Fall würde der Läufer auch frühzeitig aufgeben.



In dieser grafischen Darstellung seht ihr, wie ein Wälzkörper die Aufwürfe überrollt.

Größe und Form dieser plastischen Verformung hängen von der Art, Größe und Härte der Partikel ab: Es wird zwischen weichen Partikeln, Partikeln aus gehärtetem Stahl sowie harten, mineralischen Partikeln unterschieden. Beispiele für die drei Arten der Eindrückungen durch Partikel sind in der Tabelle zu finden.

Art der Partikel	Beispiele
weiche Partikel	Fasern, Elastomere/Kunststoffe
Partikel aus gehärtetem Stahl	aus Verzahnungen oder Lagern
harte, mineralische Partikel	Sand (Silikat)

Harte Partikel verursachen im Vergleich zu den anderen Arten die größten Eindrückungen.

Selbst kleinste Partikel im μ -Bereich haben gravierende Auswirkungen, weshalb bei der Montage und Verwendung von Wälzlagern absolute Reinlichkeit geboten ist: Der **Schmierstoff**

sollte fachgerecht aufbewahrt und erst vor der Befettung geöffnet werden. Auch eine verbesserte [Abdichtung](#) kann einen Lösungsansatz darstellen, um Verschmutzungen im Schmierstoff zu minimieren.



Die Intensität der Verformungen lässt sich in mehrere Level unterteilen.

Das könnte Dich auch interessieren

Abdichtung

Während der Gestaltung einer Lagerung begleitet euch immer wieder das Thema der [Abdichtung](#). Im Folgenden wird es sowohl um inkorporierte als auch um externe Dichtungskonzepte

[Weiterlesen »](#)

Elektroerosion

In diesem Beitrag (basierend auf [ISO 15243](#)) soll sich alles ums Thema Elektroerosion drehen – doch was ist das? Unter Elektroerosion wird eine lokale Gefügeveränderung

[Weiterlesen »](#)

Ermüdungsschaden

Wenn ein Wälzlager nach geraumer Zeit trotz korrekter Lagerauswahl, [Schmierung](#) und Handhabung „seinen Geist aufgibt“, handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um einen Ermüdungsschaden. Dabei

[Weiterlesen »](#)

Korrosion

Habt ihr schon einmal etwas von Korrosion gehört? Korrosion wird nach ISO 15243 grundlegend in zwei Hauptformen unterteilt: Korrosion durch Feuchtigkeit und Reibkorrosion. Reibkorrosion lässt

[Weiterlesen »](#)

Risse und Brüche

Risse und Brüche sind nicht nur extrem ärgerlich, sie stellen auch die mit am häufigsten auftretende Art von Wälzlagerschäden dar. Gründe für die Entstehung solcher

[Weiterlesen »](#)

Verschleiß

Wälzlager haben, wie andere Maschinenkomponenten auch, mit Problemen wie Verschleiß zu kämpfen. Verschleiß beschreibt die fortschreitende Entfernung von Material an Oberflächen. Der Verschleiß entsteht durch

[Weiterlesen »](#)