

TECHNICAL INSIGHT

A PUBLICATION OF NSK EUROPE

Lagerlebensdauer – Die Lebenserwartung von Wälzlagern nominell bestimmen

Die Lagerlebensdauer ist im Prinzip die Betriebsdauer eines Lagers, indem es seine geforderte Funktion unter vorab definierten Betriebsbedingungen erfüllt. Sie beruht im Wesentlichen auf der Wahrscheinlichkeit, ab welcher Anzahl von Umdrehungen die ersten Ermüdungserscheinungen, wie z. B. Abplatzen oder Risse aufgrund der Beanspruchung auftreten.

Wovon hängt die Lebensdauer ab?

Neben einem natürlichen Verschleiß können Wälzlager auch aufgrund weiterer Faktoren (vorzeitig) ausfallen – beispielsweise durch starke Temperatureinwirkungen, Brüche, Mangel-schmierungen, Beschädigungen der Dichtelemente oder des Käfigs. Diese Wälzlagerschäden sind oft das Ergebnis falscher Lagerauswahl, Ungenauigkeiten in der Konstruktion oder Fertigung der Lagerumgebungen, durch falschen Einbau oder unzureichende Wartung.

1. Nominelle Lebensdauer L_{10}

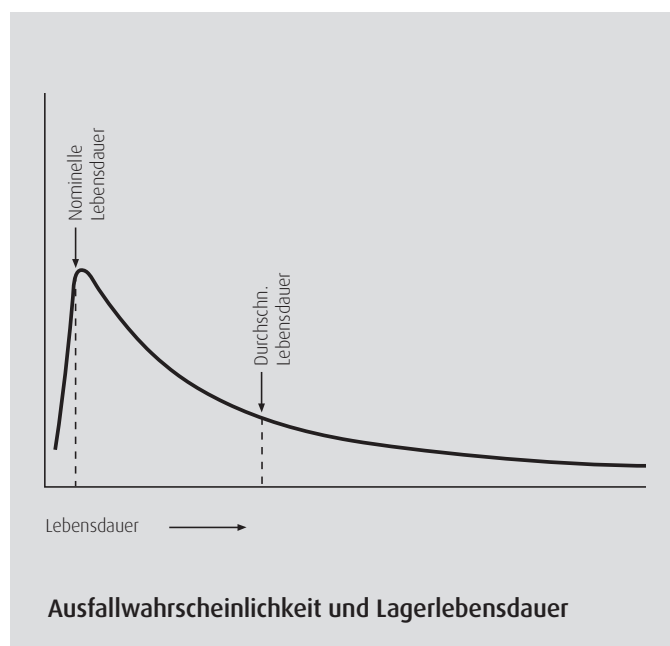
Sie wird berechnet durch die Anzahl der Umdrehungen, die 90 % aller Lager einer Lagergruppe erreichen oder überschreiten (Ausfallwahrscheinlichkeit 10 %).

Konventionelle Berechnungsverfahren der Lebensdauer eines Lagers sind genormte Berechnungen, auch als Katalogmethode bezeichnet (DIN ISO 281). Die Parameter sind Lagerbelastung, Drehzahl, Dynamische Tragzahl und Lagerart. Als Ergebnis resultiert die Lagerlebensdauer L_{10} bzw. L_{10h} .

- Die **dynamische Tragzahl** ist definiert als die konstante Belastung auf Lager mit stehenden Außenringen, bei welcher die Innenringe eine nominelle Lebensdauer von einer Million Umdrehungen (10^6 Umdrehungen) aushalten müssen. Bei Radiallagern wird die dynamische Traglast als reine Radiallast gleichbleibender Richtung und Größe definiert, bei Axiallagern als konstante reine Axiallast in Richtung der Lagerachse. Radiallagertragzahlen werden mit C_r und Axiallagertragzahlen mit C_a gekennzeichnet



Typischer Ermüdungsschaden: Kleine, flache Teilchen lösen sich vom Lagerwerkstoff (Pittingbildung).



- Die **dynamische äquivalente Lagerbelastung P** ist definiert als eine gedachte, in Größe und Richtung konstante, Radialbelastung bei Radiallagern bzw. Axialbelastung bei Axiallagern, welche auf die Lebensdauer den gleichen Einfluss wie die tatsächlich wirkenden Kräfte ausübt. Der Wert P wird beim Auftreten kombinierter, unveränderlicher Belastungen ermittelt nach der Formel: $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$.
Ausgenommen Axial-Pendelrollenlager, hier gilt: $P = F_a + 1,2 \cdot F_r$.

Anpassung der Lager an die Temperatur

Werden Wälzlager unter hohen Betriebstemperaturen eingesetzt, nimmt auch die Härte des Lagerstahls ab. Daher sollte die nominelle Tragzahl für höhere Temperaturen mit Hilfe dieser Gleichung angepasst werden:

2. Modifizierte Lagerlebensdauer

Die nominelle Lebensdauer ist als Kriterium zwar ausreichend, jedoch ist es für viele Anwendungen erwünscht, eine genauere Lebensdauerberechnung unter Berücksichtigung von Schmierung und Verunreinigung anzustellen.

Bei den heutigen, sehr guten Stahl- und Fertigungsqualitäten stellte man zudem fest, dass unter günstigen Bedingungen und unterhalb einer bestimmten Kontaktspannung längere Lebensdauer möglich sind, als die nominelle Lebensdauer L_{10} angibt. Ungünstige Bedingungen rufen jedoch mitunter kürzere Lebensdauer hervor. Um diese zu berücksichtigen, wurden die Faktoren a_1 und a_{iso} und daraus resultierend die modifizierte Lebensdauer L_{nm} festgelegt.

Aussage zur Lebensdauer von NSK-Produkten mit dem ABLE Forecaster

Die von NSK entwickelte Software ABLE Forecaster (Advanced Bearing Life Equation) liefert präzisere Aussagen zur Lagerlebensdauer von NSK-Produkten, da Auswertungen von Anwendungsfällen und Versuchen in die Berechnung miteinfließen.

L_{10}/L_{10h} : nominelle Lebensdauer [10⁶ Umdr./h]

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \text{ bzw. } L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

C Dynamische Tragzahl [N]

P Dynamische Äquivalentbelastung [N]

p Exponent (3 für Kugellager, 10/3 für Rollenlager) [-]

n Drehzahl [min⁻¹]

C_t : nominelle Tragzahl

$$C_t = f_t \cdot C$$

C_t Dynamische Tragzahl nach Temperaturanpassung (N)

f_t Temperaturfaktor

C Dynamische Tragzahl vor Temperaturanpassung (N)

Temperaturfaktor f_t					
Lagertemperatur °C	125	150	175	200	250
Temperaturfaktor f_t	1,00	1,00	0,95	0,90	0,75

L_{nm}/L_{nmh} Modifizierte Lebensdauer [10⁶ Umdr.] / [10⁶ Umdr./h]

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{iso} \cdot L_{10} \quad L_{nmh} = a_1 \cdot a_{iso} \cdot L_{10h}$$

a_1 Lebensdauerbeiwert für die Zuverlässigkeit [-]

a_{iso} Lebensdauerbeiwert zur Berücksichtigung von modernen Fertigungsmethoden, heutiger Stahlqualität, Schmierung, Verschmutzung, etc.

Lebensdauerbeiwert für die Zuverlässigkeit a_1						
Zuverlässigkeit (%)	90	95	96	97	98	99
a_1	1,00	0,64	0,55	0,47	0,37	0,25