

WÄLZLAGER FÜR
INDUSTRIEGETRIEBE
+



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 oder rufen Sie uns an: +49 (0) 2102 481-0



Ein starker Partner

NSK bringt vieles ins Rollen –
Tag für Tag



NSK ist überall dort, wo Dinge in Bewegung gebracht werden. Wo Schwung in die Sache kommt. Auf der ganzen Welt. Im Großen wie im Kleinen. Als führender Hersteller von Wälzlagern haben wir schon seit vielen Jahrzehnten „den Dreh raus“. Jeden Tag produzieren mehr als 31.500 Mitarbeiter in einem weltweiten Technologienetzwerk von mehr als 62 Produktionsstätten etwa drei Millionen neue Lager mit dem NSK Gütezeichen, die in den unterschiedlichsten Produkten zum Einsatz kommen. Ein ungewöhnlich breites wie tiefes Sortiment von Lagern gibt Konstrukteuren in allen erdenklichen Anwendungsbereichen die Sicherheit, bei NSK immer genau die richtige Lösung zu bekommen.

Mehr als nur zur Stelle

Ob in Computer-Laufwerken oder Tunnelbohrmaschinen, ob in Windkraftanlagen oder Waschmaschinen, ob in Anlagen für die Halbleiterfertigung oder in Walzwerken: Produkte und Lösungen von NSK ermöglichen nicht nur eine optimale Lagerung von Getrieben, sondern stets genau die Art von kontrollierter Dynamik, die für eine perfekte Performance gebraucht wird – selbst in schwierigsten Arbeitsumgebungen und unter härtesten Einsatzbedingungen. Wälzlager von NSK werden in der Stahlindustrie eingesetzt und in Werkzeugmaschinen. Sie lassen Windturbinen zuverlässig laufen und arbeiten in Industrie- und Haushaltspumpen genauso effektiv wie in Kompressoren. Das NSK Produktsortiment reicht dabei von Miniaturlagern mit 1-Millimeter-Bohrung bis hin zu Wälzlagern mit einem Durchmesser von 5 Metern. Doch egal in welcher Größe: Die wahre Größe von NSK zeigt sich im Engagement, mit dem wir nach der besseren Lösung suchen.

Unser Antrieb ist der ständige Wandel

Die Produkte von NSK gelten nicht nur als ausgesprochen zuverlässig, widerstandsfähig und langlebig, sondern auch als besonders energiesparend und umweltschonend. Doch in einer Welt, die ständig in Bewegung ist, kann ein Unternehmen mit höchsten Qualitätsansprüchen nicht stillstehen. Mit aller Kraft arbeiten wir bei NSK permanent an der Entwicklung von Wälzlagern, die dieses hohe Niveau noch weiter in die Höhe treiben. Große Beträge investieren wir etwa in die Grundlagenforschung der Werkstoffwissenschaften und der Schmierungstechnik. Womit wir unsere Vorreiterrolle, Lösungen für die Welt von morgen zu entwickeln, nachhaltig unterstreichen.

Getriebe: Leistungszentren der besonderen Art

Das Lehrbuch sagt: Getriebe sind Systeme zum Wandeln oder Übertragen von Bewegungen. Der Betriebsplaner sagt: Industriegetriebe passen die Drehmomente und Drehzahlen der Kraftseite an die erforderlichen Drehmomente und Drehzahlen der Arbeitsseite an – vorgegeben durch die jeweils spezifischen Arbeitsprozesse. Und was sagt der praxiserfahrene Konstrukteur? Vor allem eines: In der modernen industriellen Antriebstechnik werden an Industriegetriebe die höchsten, aber auch die unterschiedlichsten Anforderungen gestellt. Kriterien wie gute Verfügbarkeit, lange Lebensdauer, Wirtschaftlichkeit und eine optimale Kombination aus Gewicht und Leistung sind nur einige Beispiele von vielen.

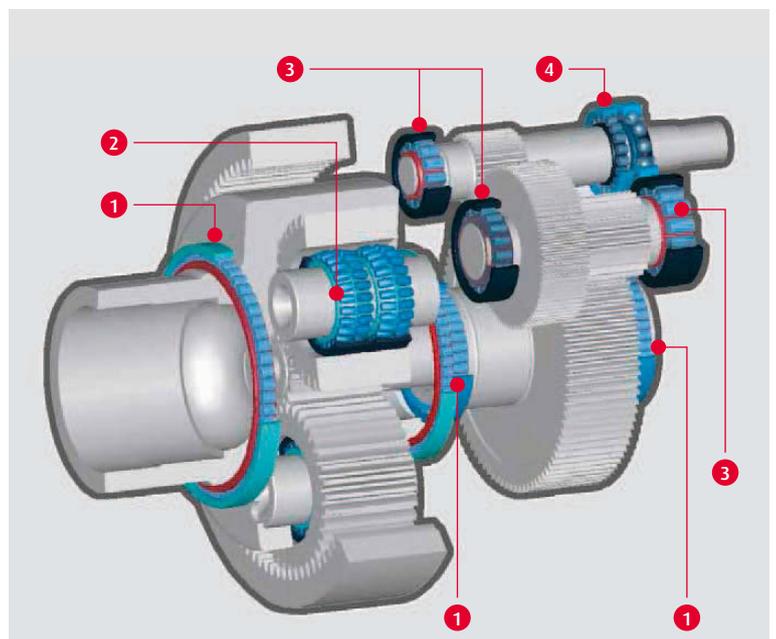
So vielfältig wie Ihre Aufgaben

Eine fundamentale Anforderung an Getriebe lautet nach wie vor: Bei allen Bauteilen muss für die gewünschten Drehmomente und Drehzahlen eine bestimmte Sicherheit der Dauerfestigkeit gewährleistet sein sowie eine bestimmte Lebensdauer, außerdem ausreichende Kühlung und Geräuschgrenzwerte bei Maximalleistung. Doch unter Anwendungsgesichtspunkten gibt es darüber hinaus an eine wachsende Zahl von Getriebevarianten eine wachsende Zahl von Fragestellungen. Gibt es äußere Einflüsse wie extreme

Temperaturen, Schmutz, Wasser, starke Stöße? Oder besondere Funktionserfordernisse wie Rücklaufsperrn oder Reversierbetrieb? Präzisionsgetriebe wie etwa in Druckmaschinen definieren andere Anforderungen als z.B. Windkraftwerke, die besonders wartungsarm arbeiten sollen. Soll es Messstellen geben für die Drehmomentüberwachung oder nicht brennbare Schmierstoffe? Auf alle Fragen gibt es die passende Antwort – in Form der passenden Getriebebauart mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen.

Abhängig von den speziellen Betriebsbedingungen an der jeweiligen Lagerstelle wird eine dafür geeignete Lagerbauart gewählt.

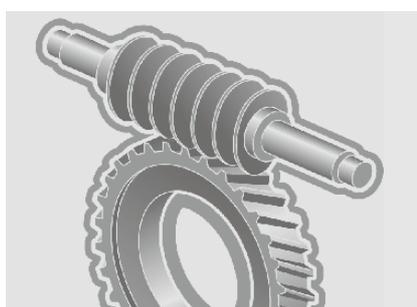
- 1 Vollrolliges Zylinderrollenlager**, bei geringen Drehzahlen und hohen Radiallasten
- 2 Pendelrollenlager**, bei höchsten Belastungen und Bauteilschiefstellungen
- 3 Zylinderrollenlager**, bei hohen Drehzahlen und Belastungen. Integriert die Loslagerfunktion
- 4 Vierpunktlager**, als Axiallager bei hohen Drehzahlen. In Verbindung mit einem Zylinderrollenlager kann diese Lagerbauart die Festlagerfunktion übernehmen.





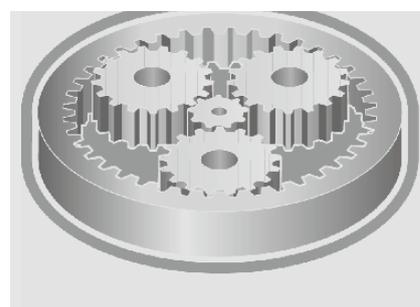
Hypoidgetriebe

Das größere Ritzel bei diesem Kegelschraubgetriebe mit versetzter Ritzelachse ermöglicht bei gleichem Drehmoment kleinere Umfangskraft, der Achsversatz eine beidseitig steifere Ritzellagerung. Ein weiterer Vorteil liegt im günstigen Geräuschverhalten. Nachteilig ist jedoch eine erhöhte Reibung durch die zusätzliche Gleitbewegung.



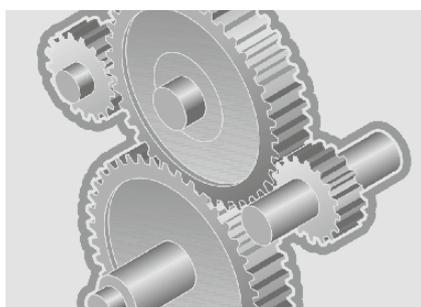
Schneckengetriebe

Ihr Vorteil liegt besonders in größeren Übersetzungen innerhalb einer Stufe. Die Achsen von Schnecke und Schneckenrad kreuzen sich meistens unterhalb 90° bei großem Achsabstand. Der Lauf ist besonders schwingungsdämpfend und leise, ein hoher Gleitanteil sorgt jedoch für einen relativ geringen Wirkungsgrad. Am häufigsten kombiniert wird bei diesem Getriebe ein Globoidrad mit einer Zylinderschnecke aus Stahl, die tragfähiger ist, da man sie härten und schleifen kann.



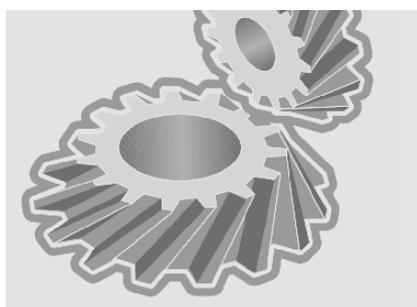
Planetengetriebe

Im Gegensatz zu Standgetrieben haben diese Umlaufrädergetriebe mit ihren Planetenrädern innerhalb des charakteristischen Hohlrades ganz markante Vorteile. Von Volumen und Gewicht her einfach kleiner, erzeugen sie aufgrund der niedrigen Wälz- und Gleitgeschwindigkeiten in der Verzahnung weniger Geräusche. Der höhere Wirkungsgrad entsteht durch die Übertragung eines Teils der Leistung als Kupplungsleistung - Vorteile, die die erschwerte Wartung mehr als wettmachen.



Stirnradgetriebe

Man unterscheidet bei diesen parallelachsigen Wälzgetrieben solche mit gerade verzahnten Stirnrädern, die sich ebenso einfach wie genau herstellen lassen, von solchen mit schrägverzahnten Stirnrädern, die wesentlich lauffähiger und tragfähiger, aber aufwendiger zu lagern sind. Ein Untertyp ist die Doppelschrägverzahnung mit erhöhter Tragfähigkeit und größeren Zahnbreiten. Innen verzahnte Stirnräder dagegen mit ihrer zusätzlichen Tragfähigkeit erfordern mehr Lageraufwand.



Kegelradgetriebe

Je nach Flankenlinienverlauf gibt es drei Bauformen. Bei der Geradverzahnung beginnt und endet der Zahneingriff auf der gesamten Breite - was starke Geräusche verursacht. Schräg verzahnte Kegelräder dagegen mit ihren geraden Flankenlinien sind leiser, weil die - oft geschliffenen - Zähne sukzessive in und außer Eingriff kommen. Die dritte Bauform mit schräg gekrümmten Flanken besitzt spiral- oder bogenverzahnte Kegelräder und ist die leiseste und zudem ideal für hohe übertragbare Leistungen.

NSK Wälzlager halten allen Anforderungen stand

Die Geschichte der Getriebeentwicklung ist die Geschichte einer ständigen Leistungssteigerung. Immer stärker sind die Getriebe im Laufe der Zeit geworden – und damit immer härter die Anforderungen an die Lagerung. Die Wälzlager von NSK haben hier jedoch nicht nur Schritt gehalten, sondern sind immer schon ein gutes Stück, eine gute Idee weiter. Ihr hohes Performance-Potenzial wird allerdings nur dann wirklich voll ausgenutzt, wenn das richtige Wälzlager am richtigen Ort eingebaut wird. Hierzu sind eine ganze Reihe wichtiger Kriterien und Einflussgrößen systematisch zu berücksichtigen und zu analysieren, die von der Frage nach der Lagerlebensdauer über die statische Tragfähigkeit bei maximaler Belastung bis hin zu Sonderlastfällen aus der Arbeitsmaschine oder auch Drehzahlgrenzen reichen.

Belastung

Zunächst sollte man klären, wie groß das Eingangsdrehmoment ist. Bei einem veränderlichen Drehmoment ist der zeitliche Verlauf wichtig. Und welche Zahnkräfte und Lagerbelastungen werden erwartet? Zu klären ist hier auch die Frage, ob außer den Zahnkräften weitere Kräfte zur Wirkung kommen, zum Beispiel Kräfte aus einer Drehmomentstütze oder Gelenkwelle.

Drehzahl

Hier sind die Größe der Drehzahl und die Drehrichtung wichtig und ob es einen Reversierbetrieb gibt. Mit in Erwägung ziehen sollte man die gegenseitige Zuordnung von Belastungshöhe und Drehzahlhöhe.

Einbauraum

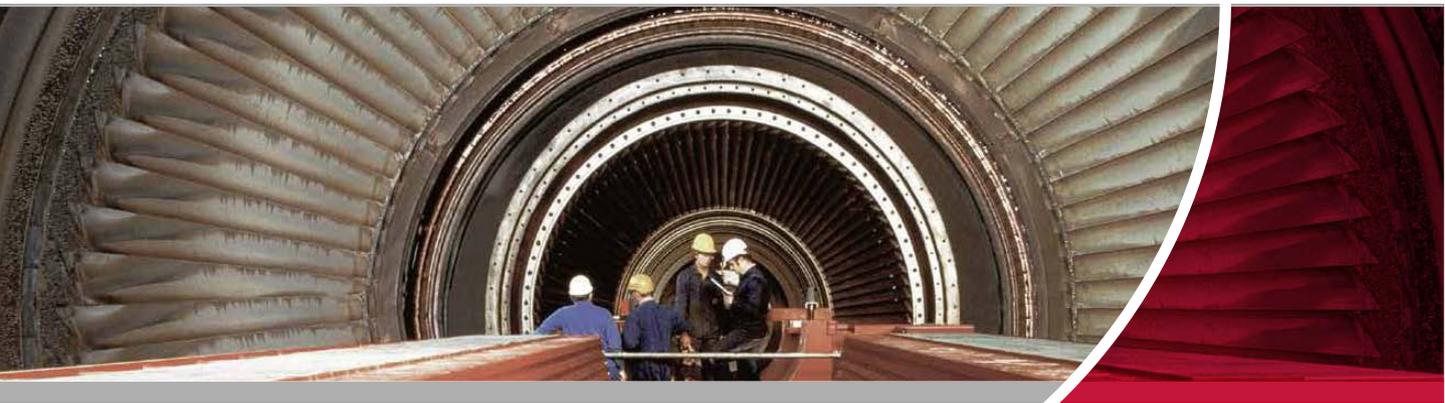
Ist der Einbauraum fest vorgegeben? Oder können Abmessungen geändert werden und welche? Wenn zu wenig Einbauraum zur Verfügung steht, ist es oft schwer, eine optimale Lagerung zu entwickeln. In diesem Falle sollte zumindest geklärt sein, inwiefern sich Abmessungen verändern lassen ohne unzulässige Auswirkungen.

Wellenanordnung

Sehr wichtig ist natürlich auch, ob die Getriebewellen waagrecht, senkrecht oder geneigt angeordnet werden und ob die Wellen ihre Lage während des Betriebs verändern. Die Bereiche Schmierung und Abdichtung sind in besonderem Maße von der Lage der Wellen abhängig. Für Fragen der Lagerbelastung ist es auch wichtig, ob die Wellen in einer Ebene liegen. Zudem: Sind Hohlwellen oder Vollwellen vorhanden? Die Belastung der tragenden Welle wird davon beeinflusst, ob sich die Lager im Gehäuse oder in anderen Wellen abstützen.

Wellenführung

Von den Anforderungen an die Wellenführung hängt es ab, welche Lagerbauarten und Ausführungen in Betracht kommen und auch in welcher Anordnung. Hier sind Klärungen wichtig im Hinblick auf die Auswirkung von Lagerluft und Federung in den Lagern auf den Zahneingriff. Ferner ob eine gewisse Axialverschiebung der Welle zulässig ist oder ob diese weitestgehend spielfrei geführt wird.



Steifigkeit der Anschlusssteile

Von Interesse ist hier, ob bei einer Lagerstelle die Gehäuseverformung berücksichtigt werden muss und ob Schiefstellungen an den Lagerstellen infolge der Wellenbiegung eine Rolle spielen. Schiefstellungen können zu eklatanten Zusatzkräften in den Lagern führen.

Reibung

Hier ist zu klären, ob ein definiertes Reibungsverhalten notwendig ist, um exakte Bewegungsabläufe einhalten zu können, und ob ein Spezialgetriebe zu lagern ist, bei dem es auf eine besonders niedrige Verlustleistung ankommt.

Lebensdauer

Welche Ermüdungslebensdauer wird tatsächlich gefordert? Die erwünschte Ermüdungslaufzeit hängt ab vom Anwendungszweck der Getriebe. Ist ein Vergleich der Lagerung mit Lösungen zulässig, die sich bereits bewährt haben, so kann man für die Dimensionierung auf Richtwerte zurückgreifen. Fehlen aber solche Erfahrungen, so sind komplexere Lebensdauerberechnungen anzustellen.

Statische Sicherheit

Zu analysieren ist, ob Betriebszustände auftreten, bei denen die statische Sicherheit der Lagerung beachtet werden muss, etwa bei plötzlichen Stoßbelastungen bei einem Baggerantrieb. Plastische Verformungen müssen vermieden werden, um Vorschädigungen zu verhindern und die Laufruhe zu gewährleisten.

Umweltbedingungen

Hier gibt es meistens großen Klärungsbedarf. Je nachdem, ob die Maschine in einem überdachten Gebäude arbeitet oder ob mit Staub, Sand, starker Sonne, hoher Luftfeuchtigkeit oder Regen zu rechnen

ist, wirken sich die Umweltbedingungen auf die Schmierung, die Lagerausführung, die Abdichtung und die Passungen aus. Gibt es aggressive Medien? Welche Höhe haben die Umgebungstemperaturen? Erfährt die Lagerung eine Fremderwärmung oder Kühlung? Gibt es bei Stillstand des Getriebes Schwingungen von anderen Maschinen?

Schmierung

Zu klären ist natürlich, ob für die Schmierung der Wälzlager bestimmte Bedingungen vorgegeben sind und ob in Einzelfällen eine Fettschmierung erforderlich ist. Wichtig ist auch, ob eine zentrale Ölversorgung für alle Lagerstellen möglich ist und ob der Austritt auch winziger Schmierstoffmengen sich negativ auf die Funktion der Anlage oder des gesamten Fertigungsprozesses auswirken kann.

Montage

Hier ist von fundamentaler Bedeutung, ob eine Einzelfertigung oder eine Serienfertigung geplant ist. Bei Einzelstücken lassen sich die Wälzlager in aller Regel nicht ohne spezielle Mess- und Montagevorrichtungen einbauen. Die Kosten für solche Vorrichtungen amortisieren sich bei Serienfertigung natürlich eher. Kritisch ist aber nicht nur der Aufwand bei der Erstmontage. Wenn die Getriebe aus Wartungsgründen regelmäßig demontiert werden müssen, hängt die Wartungsfreundlichkeit der Anlage insgesamt sehr stark vom Aus- und Einbau der Lagerung ab.

Wirtschaftlichkeit

Zu überlegen ist, ob zugunsten einer erhöhten Funktionstüchtigkeit und Betriebssicherheit ein erhöhter Lagerungsaufwand vertretbar ist. Und vor allem, ob ein entsprechend erhöhter Preis für die Lagerung buchstäblich in Kauf genommen wird, wenn dies die Wartungsfreundlichkeit verbessert.

Der Dreh- und Angelpunkt der Getriebeleistung





Alle Elemente einer Maschine, wie beispielsweise einer Windenergieanlage, sind hohen Belastungen unter erschwerten Bedingungen ausgesetzt. Gefordert ist dabei natürlich immer ein Maximum an Zuverlässigkeit – bei einem gleichzeitigen Minimum an Wartungsaufwand. Die Erfahrung zeigt, dass die Lebensdauer eines Getriebes, ja einer gesamten Anlage in ganz hohem Maße von der richtigen Auswahl der Lagertypen abhängt, also von der Entscheidung für ganz bestimmte Lagerbauarten – noch vor der Berechnung und Auslegung der Lager selbst.

Die Auswahl macht den Unterschied

Dieser Überblick behandelt natürlich nur die wichtigsten, weil grundlegenden Lagerbauarten – ohne Rücksicht auf weitere wichtige Parameter wie Größe, Lagerluft, Käfigbeschaffenheit. Wie groß das Anwendungsspektrum unserer Produkte wirklich ist, zeigt ein kurzer Blick in das Produktsortiment: Mehr als 35.000 verschiedene Kugel- und Rollenlager stehen zur Auswahl und lassen bei Konstrukteuren der verschiedensten Anwendungen und Branchen praktisch keine Wünsche offen. Doch unsere Entwicklungsingenieure im weltweiten Technologienetzwerk von NSK stehen ständig bereit, um auch kundenspezifische Anwendungen schnell und effizient umzusetzen.



Lagerbauarten

Konstruktion und Einordnung

Wälzlager bestehen im Allgemeinen aus zwei Ringen, Wälzkörper und einem Käfig und werden je nach Richtung der Hauptbelastung in Radiallager und Axiallager unterteilt. Zusätzlich werden sie abhängig von der Art der Wälzkörper in Kugellager und Rollenlager und entsprechend ihrer Konstruktion oder ihrem besonderen Verwendungszweck weiter unterteilt.



Rillenkugellager, einreihig

- › Geeignet für kleine bis mittlere Radialbelastungen und kleinere Axialbelastungen in beiden Richtungen
- › Sehr hohe Drehzahlen sind möglich
- › Sehr gutes Geräuschverhalten
- › Auch in abgedichteten Ausführungen lieferbar



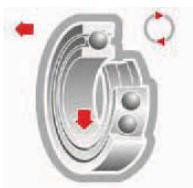
Rillenkugellager, zweireihig

- › Geeignet für mittlere Radialbelastungen und kleinere Axialbelastungen in beiden Richtungen
- › Für mittlere Drehzahlen geeignet
- › Empfindlich bei Verkantungen



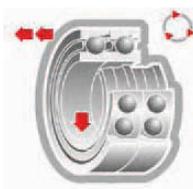
Schulterkugellager

- › Nur geeignet für kleine Radialbelastungen und kleine Axialbelastungen in einer Richtung
- › Hohe Drehzahlen sind möglich
- › Zerlegbar



Schrägkugellager, einreihig

- › Geeignet für mittlere Radialbelastungen und mittlere Axialbelastungen in einer Richtung
- › Hohe Drehzahlen sind möglich. Bei geeigneter Ausführung auch gute Eignung für höchste Drehzahlen



Schrägkugellager, einreihig gepaart

- › Geeignet für hohe Radialbelastungen und hohe Axialbelastungen
- › Je nach Art der Anordnung sind Axialbelastungen in einer oder beiden Richtungen möglich
- › Geeignet auch für hohe Drehzahlen, bei entsprechender Ausführung sogar für höchste Drehzahlen

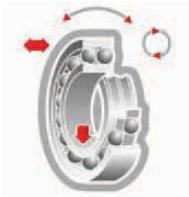


Schrägkugellager, zweireihig

- › Geeignet für mittlere Radialbelastungen und kleinere bis mittlere Axialbelastungen in beiden Richtungen
- › Mittlere bis hohe Drehzahlen sind möglich
- › Empfindlich bei Verkantungen

Zeichenerklärungen

-  Drehzahleignung
-  Kräfte
-  Winkeleinstellbar



Pendelkugellager

- › Geeignet für mittlere Radialbelastungen und kleinere Axialbelastungen in beiden Richtungen
- › Mittlere bis hohe Drehzahlen sind möglich
- › Winkeleinstellbar
- › Hülsenbefestigung möglich



Pendelrollenlager

- › Gut geeignet für sehr hohe Radialbelastungen
- › Axialbelastungen in beiden Richtungen sind möglich
- › Geeignet auch für mittlere Drehzahlen
- › Winkeleinstellbar
- › Hülsenbefestigung möglich



Zylinderrollenlager

- › Geeignet für hohe Radialbelastungen
- › Je nach Bauform sind auch kleinere bis mittlere Axialbelastungen in einer oder beiden Richtungen möglich
- › Gut geeignet für hohe Drehzahlen
- › Zerlegbar



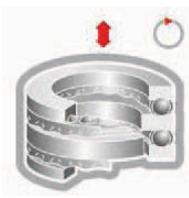
Kegelrollenlager

- › Geeignet für hohe Radialbelastungen und Axialbelastungen in einer Richtung
- › Bei paarweiser Anordnung sind Axialbelastungen in beiden Richtungen möglich
- › Für mittlere Drehzahlen geeignet
- › Anstellung der Lager notwendig
- › Zerlegbar



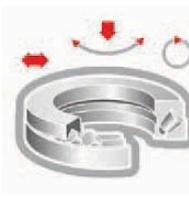
Axial-Rillenkugellager

- › Geeignet für mittlere Axialbelastungen in einer Richtung
- › Radialbelastungen sind nicht zulässig
- › Geeignet auch für kleinere Drehzahlen
- › Mindest-Axialbelastung notwendig
- › Zerlegbar



Axial-Rillenkugellager, zweiseitig wirkend

- › Mittlere Axialbelastungen in beiden Richtungen möglich
- › Für kleine Drehzahlen geeignet
- › Mindest-Axialbelastung notwendig
- › Zerlegbar



Axial-Pendelrollenlager

- › Geeignet für sehr hohe Axialbelastungen in einer Richtung
- › Radialbelastungen sind nur bis zu 55 % der Axialbelastung zulässig
- › Nur für kleinere Drehzahlen geeignet
- › Winkeleinstellbar
- › Ölschmierung empfohlen
- › Zerlegbar

Lagerbauarten

Lagerarten/Merkmale		Radiale Lasten	Axiale Lasten	Kombinierte Lasten	Hohe Drehzahl	Hohe Genauigkeit	Geringes Reibmoment	Steifigkeit	Schierstellung	Fähigkeit zur Winkelstellbarkeit	Festlager	Loslager	Kegelige Bohrung im Innerring	Anmerkungen
	Einreihige Rillenkugellager	••	↔ ••	••	••••	••••	••••		•••		Δ	*		
	Schulterkugellager	•	← •	•	•••				•					A
	Einreihige Schrägkugellager	•••	← •••	•••	••••	••••			•					B
	Zweireihige Schrägkugellager	•••	•••	•••	••				•		Δ	*		
	Duplex-Schrägkugellager	•••	← •••	•••	•••	••••		•••	•		Δ	*		C
	Vierpunktlager	•	← •••	••	•••	•••			•		Δ	*		D
	Pendelkugellager	••	↔ ••	•	•••				••••	Δ	Δ	*	Δ	
	Zylinderrollenlager	•••	X	X	••••	••••	•••	•••	••			Δ		E
	Zweireihige Zylinderrollenlager	••••	X	X	•••	••••		••••	•			Δ	Δ	F
	Zylinderrollenlager mit einseitigem Bord	•••	← ••	••	•••			•••	••					G
	Zylinderrollenlager mit Winkelring	•••	••	••	•••			•••	••		Δ			H
	Nadelrollenlager	•••	X	X	•••			•••	•			Δ		
	Kegelrollenlager	•••	← •••	•••	••	•••		•••	••					I
	Zwei- und mehrreihige Kegelrollenlager	••••	← •••	••••	••			••••	•		Δ	*		J
	Pendelrollenlager	••••	↔ ••	•••	••				••••	Δ	Δ	*	Δ	
	Axial-Rillenkugellager	X	← •••	X	X	•••			X					
	Axial-Rillenkugellager mit einstellbarer Unterlegscheibe	X	← •••	X	X				••••	Δ				
	Axial-Schrägkugellager, zweiseitig wirkend	X	↔ •••	X	••	••••		•••	X					
	Axial-Zylinderrollenlager	X	← ••••	X	•			••••	X					K
	Axial-Kegelrollenlager	X	← ••••	X	•			••••	X					
	Axial-Pendelrollenlager	•	← ••••	•	•				••••	Δ				L



Wälzlageigenschaften

Im Vergleich zu Gleitlagern haben Wälzlager die folgenden großen Vorteile:

- › Anlaufmoment und Reibung sind niedrig und die Differenz zwischen dem Anlaufmoment und dem Betriebsreibmoment ist gering
- › Mit der Ausweitung der weltweiten Standardisierung sind Wälzlager international verfügbar und austauschbar
- › Wartung, Ersatz und Prüfung sind einfach, weil der Aufbau von Wälzlagern einfach ist
- › Viele Wälzlager können sowohl radiale als auch axiale Belastungen gleichzeitig oder unabhängig voneinander aufnehmen
- › Wälzlager können in einem großen Temperaturbereich eingesetzt werden
- › Wälzlager können vorgespannt sein, um ein negatives Spiel und größere Steifigkeit zu erreichen

Anmerkungen

- A** Üblicherweise werden zwei Lager gegenüber montiert
- B** Druckwinkel von 15°, 25°, 30° und 40°. Üblicherweise werden zwei Lager gegenüber montiert
- C** Kombination von DF- und DT-Lagersätzen ist möglich, jedoch keine Verwendung am freien Ende. Das erwünschte Lagerspiel muss eingestellt werden
- D** Druckwinkel von 35°
- E** Einschließlich N-Typ
- F** Einschließlich NNU-Typ
- G** Einschließlich NF-Typ
- H** Einschließlich NUP-Typ
- I** Üblicherweise werden zwei Lager gegenüber montiert. Das erwünschte Lagerspiel muss eingestellt werden
- J** KH- und KV-Typen sind ebenso erhältlich, jedoch ist die Verwendung am freien Ende nicht möglich
- K** Einschließlich Axial-Nadellager
- L** Mit Ölschmierung empfohlen

Zeichenerklärungen

- Sehr gut geeignet
- Gut geeignet
- Unter Umständen geeignet
- Schlecht geeignet
- x Nicht geeignet
- Δ Anwendbar
- * Anwendbar, aber axiale Ausdehnung/ Verschiebbarkeit muss gewährleistet sein
- ← Nur eine Richtung
- ↔ Beide Richtungen

Lagerstellen in Getrieben

Eine umlaufende Getriebewelle benötigt immer mindestens zwei Lager, um optimal gestützt wie auch geführt zu sein gegenüber dem stillstehenden Teil. Wälzlager von NSK nehmen dabei nicht nur die entsprechenden radialen und axialen Kräfte auf, sondern sorgen auch für den richtigen Längenausgleich der Wellen. Prinzipielle Unterschiede gibt es zwischen der Anordnung mit je einem Festlager und einem Loslager und der angestellten Lagerung sowie der schwimmenden Lagerung.

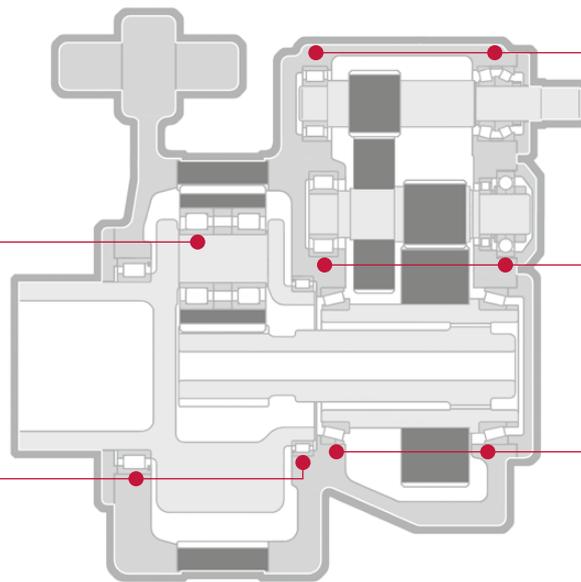
Lagerung mit Fest- und Loslager

Ein Festlager muss auf der Welle und im Gehäuse in axialer Richtung festgelegt werden, das heißt, es muss die Welle axial führen und die Axialkräfte aus der Verzahnung übertragen. Abstandsunterschiede der Lagersitze auf der Welle und im Gehäuse, die unweigerlich durch Fertigungstoleranzen oder auch durch Betriebserwärmung entstehen, werden durch die sogenannten Loslager ausgeglichen. Diese Ausgleichungen sind sehr wichtig, um Verspannungen der Lagerung zu verhindern. Das Loslager übernimmt nur die radialen Kräfte und soll axiale Verschiebungen tolerieren. Welche Lagerbauart man als Festlager

wählt, ist davon abhängig, wie hoch die Axialkräfte im Einzelnen sind und wie exakt die axiale Führung der Welle sein muss.

Als Festlager eignen sich Lagerbauarten, die kombinierte Belastungen aufnehmen können. Dazu gehören Rillenkugellager, Pendelkugellager, Pendelrollenlager sowie zweireihige Schrägkugellager. Auch paarweise eingebaute einreihige Schrägkugellager und Kegelrollenlager können als Festlager dienen. Axiallager, eingebaut in Kombination mit einem Radiallager, kommen ebenfalls als Festlager in Frage.





Schwimmende Lagerung, bestehend aus zwei **Zylinderrollenlagern** der Bauform NJ. Die beiden Zylinderrollenlager tragen die radialen Belastungen und sind zur gleichmäßigen Lastverteilung radial gepaart. Zur Sicherstellung des axialen Spiels erfolgt auch eine axiale Einstellung mittels Zwischenringen.

Schwimmende Lagerung, bestehend aus zwei vollrolligen **Zylinderrollenlagern**, geeignet für hohe radiale und mäßige axiale Belastungen.

Fest-/Loslager-Anordnung, bestehend aus einem **Zylinderrollenlager** und einem unsymmetrisch gepaarten **Kegelrollenlager**, geeignet für hohe radiale und einseitig wirkend hohe axiale Belastungen.

Lagerung, bestehend aus zwei **Zylinderrollenlagern** und einem **Vierpunkt-lager**. Die beiden Zylinderrollenlager tragen die radialen Belastungen, das Vierpunkt-lager die axialen Belastungen, wobei es radial freigestellt ist.

Lagerung mit zwei **Kegelrollenlagern** in X-Anordnung, geeignet für hohe radiale und axiale Belastungen.

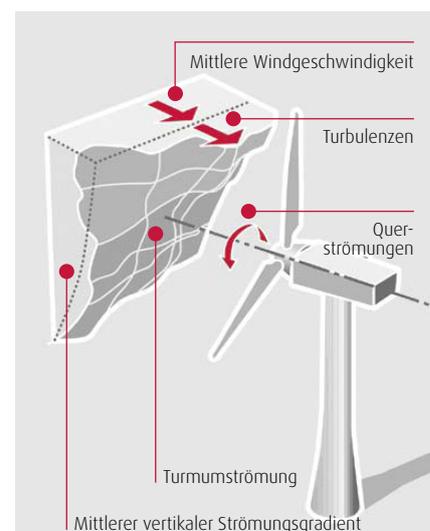
Planeten-Stirnrad-Getriebe mit unterschiedlichen Lageranordnungen

Angestellte Lagerung

Bei einer angestellten Lagerung ist kein eindeutiges Festlager vorgesehen. Die Welle wird von jedem der beiden Lager nur in einer Richtung axial geführt. Bei dieser Lagerungsart besteht allerdings immer die Gefahr einer gegenseitigen Verspannung. Es können prinzipiell alle Lagerbauarten verwendet werden, die neben radialen auch in mindestens einer Richtung axiale Kräfte aufnehmen können. Dazu gehören die Rillenkugellager, Pendelrollenlager, Schrägkugellager und Kegelrollenlager. Ist eine genaue Führung der Welle erforderlich, wie etwa bei Ritzellagerungen mit spiralverzahnten Kegelrädern, dann zeigt die angestellte Lagerung ihre besonderen Vorteile.

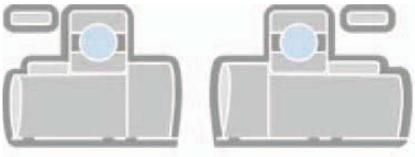
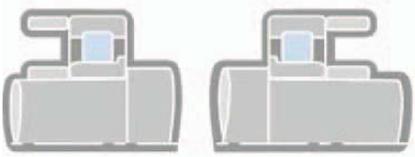
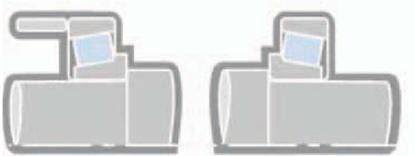
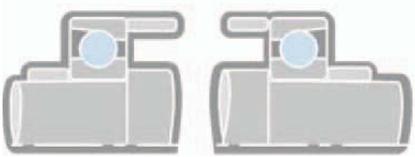
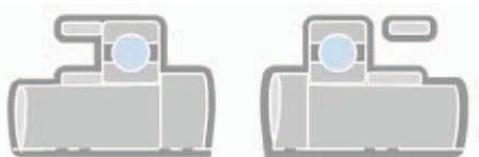
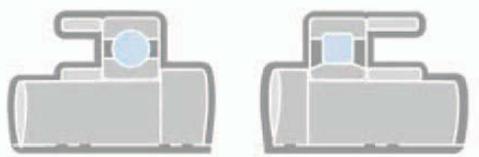
Schwimmende Lagerung

Bei der schwimmenden Lagerung gelten ähnliche Bedingungen wie bei der angestellten Lagerung. Der Welle wird jedoch ermöglicht, sich axial um einen bestimmten Weg zu verschieben. Das Maß dieses Weges wählt man so, dass auch unter negativen thermischen Konditionen keine axiale Verspannung der Lager möglich ist. Die Tolerierung der Abstände gibt dabei vor, wie umfangreich die Axialluft ist. Eine schwimmende Lagerung wählt man in aller Regel bei Getrieben, wenn die Verzahnung eine freie axiale Stellung erforderlich macht oder die axiale Führungsgenauigkeit nicht besonders groß sein muss.

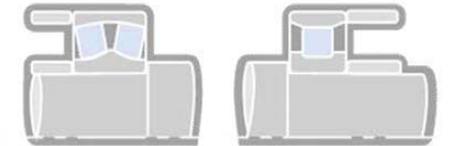
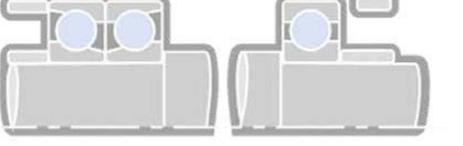
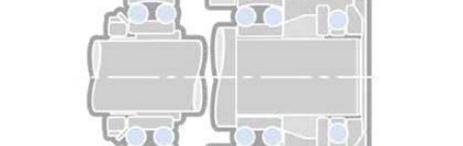


Luftströmungsprofil an einer Windkraftanlage
Die partiellen Windgeschwindigkeiten sind nach Größe, Ort und Zeit unterschiedlich und führen zu erheblichen dynamischen Belastungen der Anlage sowie von deren Baugruppen einschließlich Wälzlager.

Lagerstellen in Getrieben

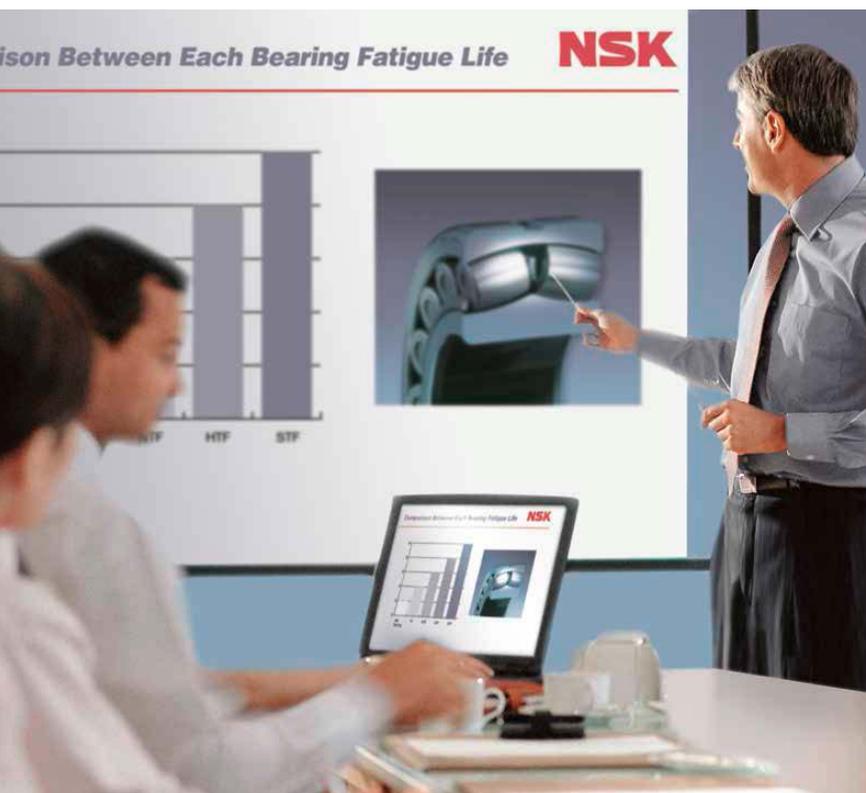
	Darstellung	Bemerkungen	Typische Anwendungsfälle
Lageranordnung angestellt oder schwimmend		Schwimmende Lagerung für mittlere Radialbelastungen. Außenringe werden oft durch Federn angestellt (Geräuschminderung)	Kleine E-Motoren und Getriebe
		Schwimmende Lagerung für hohe radiale Belastungen. Festsitz für Innen- und Außenringe möglich. Innenringborde dürfen nicht gegeneinander verspannt werden	Kleine und mittlere Getriebe, Vibrationsmotoren
		Standardlagerung für hohe Belastung. Gut geeignet bei kurzem Lagerabstand, da durch die O-Anordnung der Lagerabstand vergrößert wird. Lufteinstellung ist bei der Montage erforderlich	Kegelritzeln in Getrieben, Radlagerungen von Fahrzeugen
		Die X-Anordnung wird gewählt, wenn ein Festsitz der Innenringe erforderlich ist. Einfache Montage und Anstellung. Die X-Anordnung verkürzt den Lagerstützabstand. Lagerlufteinstellung ist bei der Montage erforderlich	Kleine und mittlere Getriebe
		Für hohe Drehzahlen mit mittleren Radial- und Axiallasten geeignet. Bei Verwendung entsprechender Lagerausführungen ist auch Vorspannung (eventuell durch Federn) möglich. Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung ist bei der Montage erforderlich	Kleine Getriebe, Werkzeugmaschinen
Lageranordnung Fest-/Loslager		Häufige Anwendung bei gleicher Belastung der Lagerstellen. Kleine Axiallasten. Loslager wird häufig zur Geräuschminderung durch Federn angestellt	Kleine E-Motoren, Getriebe
		Häufig angewendete Anordnung. Unterschiedliche Belastung der Lagerstellen. Kleine Axiallasten	Mittlere E-Motoren, Gebläse, Getriebe



	Darstellung	Bemerkungen	Typische Anwendungsfälle
Lageranordnung Fest-/Loslager		<p>Für hohe Radial- und kleine Axiallasten. Wegen der Zerlegbarkeit der Zylinderrollenlager gut geeignet für Einbaufälle, die einen festen Sitz des Innen- und Außenrings erfordern</p>	<p>Getriebe, Fahrmotoren</p>
		<p>Für hohe Radialbelastungen beider Lagerstellen bei mittleren Axiallasten. Unempfindlichkeit bei Fluchtfehlern</p>	<p>Getriebe, Rollgangsrollen, Papiermaschinen</p>
		<p>Für hohe Radial- und mäßige Axialbelastungen bei hohen Drehzahlen. (Zur Vermeidung einer radialen Belastung des als Axiallager arbeitenden Rillenkugellagers muss das Gehäuse über dem Rillenkugellager freigedreht sein)</p>	<p>Getriebe, Gebläse</p>
		<p>Für hohe Radial- und mittlere Axiallasten. Geringere Winkeleinstellbarkeit des Zylinderrollenlagers beachten</p>	<p>Getriebe, Papiermaschinen</p>
		<p>Für hohe Radial- und Axiallasten. X-Anordnung der Kegelrollenlager lässt etwas größere Fluchtfehler als O-Anordnung zu</p>	<p>Ritzelwellen in Getrieben</p>
		<p>Für mittlere Axiallasten. Die Schrägkugellager müssen in der Universalausführung (BG) oder zusammengepassten Ausführung verwendet werden. Als Loslager wird häufig auch ein Zylinderrollenlager verwendet. (Dann ist eine axiale Fixierung des Außenrings erforderlich)</p>	<p>Anwendungsfälle mit hohen Anforderungen an die axiale Führung</p>
		<p>Lagerung beim Auftreten von Fluchtfehlern und hohen Axiallasten in einer Richtung. Auch die Kombination von Pendelrollenlagern mit Axial-Pendelrollenlagern wird häufig verwendet. Es ist darauf zu achten, dass die Mittelpunkte der Festlagerseite übereinstimmen. Axiale Mindestbelastung beachten. Auch für vertikale Einbaulage gut geeignet (Säulenkrane)</p>	<p>Schiffsdrucklager, Säulenkrane</p>

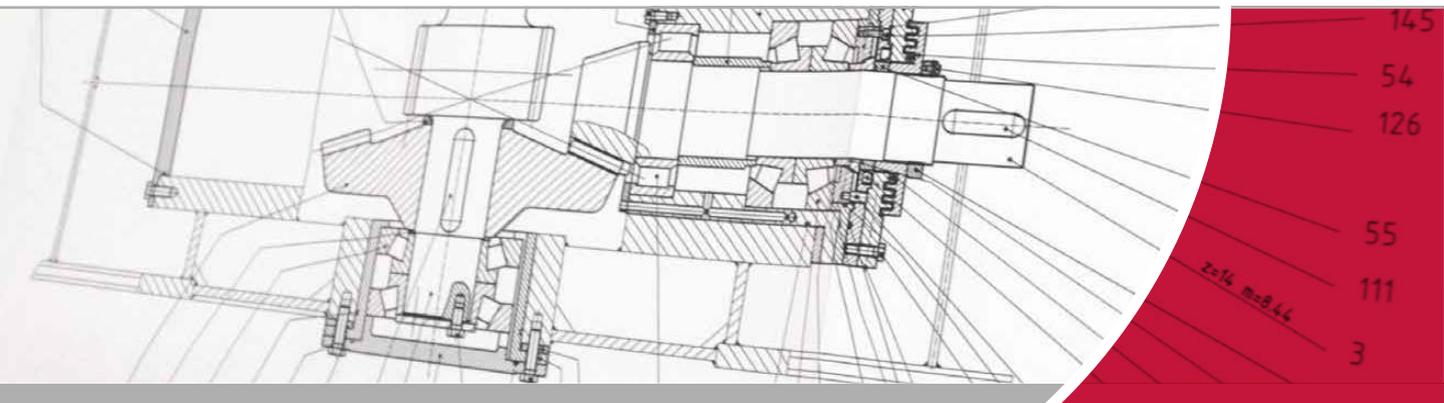
Berechnungsmethoden

Nachdem die Lagerbauart bestimmt ist, müssen auch die erforderliche Lagergröße und die Lagerausführung festgelegt werden, um zu einer wirklich tragfähigen, konstruktiv gelungenen Lösung zu gelangen. Wobei vor allem ein Kriterium von aller überragender Bedeutung ist: die zu erwartende Lebensdauer eines Lagers. Seit Langem kennen Fachleute die lange Liste der Belastungen und Einflussgrößen, die man berücksichtigen muss, um diese Lebensdauer einigermaßen verlässlich prognostizieren zu können. Was nun aber neu ist und für Aufsehen sorgt, sind die optimierten Methoden und Verfahren, die NSK entwickelt hat, um diese Prognosequalität jetzt auf stark verbesserte Grundlagen zu stellen.



Eine Rechnung die aufgeht

Zahlreiche Größen und Einflüsse sind buchstäblich in Rechnung zu stellen, will man die Lebensdauer eines Wälzlagers näher bestimmen. Das fängt an mit Art und Umfang der Lagerbelastungen und Drehzahlen im Anwendungszusammenhang, aber es beinhaltet natürlich auch Dinge wie die das Wälzlager umgebende Konstruktion, also die Beschaffenheit der Welle und des Gehäuses, ihre Werkstoffe und Toleranzen. Die Abdichtung nach außen, Art und Weise der Schmierung, Betriebstemperatur und Umgebungstemperatur – alle auf das Getriebesystem wirkenden Kräfte müssen berechnet oder zumindest bewertet werden. Dazu kommen beispielsweise auch die Verzahnungskräfte aus dem übertragenden Drehmoment, die Kräfte aus Kupplungen, Gelenkwellen und Riementrieben, die Gewichtskräfte der Wellen und Zahnräder und vieles andere mehr, bis hin zum Klima am Standort. Kurzum: Es geht um komplexe Berechnungen. Zur Bewertung und Analyse dieser Vielfalt stehen NSK zahlreiche Methoden und Verfahren zur Verfügung.



Klassische Berechnungsmethoden

Konventionelle Berechnungsverfahren der Lebensdauer eines Lagers sind die sogenannten genormten Berechnungen, auch bekannt als Katalogmethode. Sie sind festgelegt in der Norm DIN ISO 281, die Parameter sind Lagerbelastung, Drehzahl, Tragzahl und Lagerart. Als Ergebnis resultiert die Lagerlebensdauer L_{10} bzw. L_{10h} . Die sogenannten erweiterten genormten Berechnungen nach DIN ISO 281, Beiblatt 1 und 4, berücksichtigen für eine genauere Beschreibung des Lager-Betriebszustands zusätzlich die Ermüdungsgrenzbelastung des Wälz-lagers, den Schmierungsparameter und die Schmierstoffreinheit. Das Ergebnis führt zur Lagerlebensdauer L_{10a} bzw. L_{10ah} . Beide Methoden sind anerkannt, aber wie so oft gilt: Das Bessere ist der Feind des Guten.

ABLE-Forecaster

Eine viel genauere Aussage zur Lagerlebensdauer liefert eine von NSK neu entwickelte Software, der ABLE-Forecaster (ABLE steht für Advanced Bearing Life Equation). Auch hier handelt es sich um eine Erweiterung der genormten Berechnungen nach DIN ISO 281. Der große Unterschied – und Fortschritt – besteht jedoch darin, dass diese Methode u. a. auf der Auswertung von konkreten Anwendungsfällen und Versuchen aus einem Zeitraum von mehreren Jahrzehnten basiert. Zudem ist die neue Lebensdauer-gleichung von NSK implementiert, die zahlreiche Faktoren berücksichtigt, darunter die tatsächliche Betriebsumgebung, die Ermüdungsgrenzbelastung, Schmierparameter sowie Verschmutzungsfaktor und Werkstoff.

Klassische Methoden, genormt

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

- C Dynamische Tragzahl
- P Dynamische Äquivalentbelastung
- p Exponent (3 für Kugellager, 10/3 für Rollenlager)
- n Drehzahl

Modifizierte Lagerlebensdauer

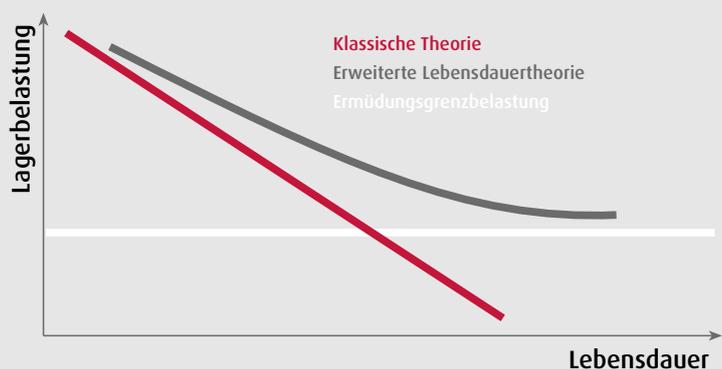
$$L_{na} = a_1 \cdot a_{DIN} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

bzw.

$$L_{na} = a_1 \cdot a_{DIN} \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

- a_1 Beiwert für die Überlebenswahrscheinlichkeit
- a_{DIN} Beiwert zur Berücksichtigung der Betriebsbedingungen

ABLE-Forecaster



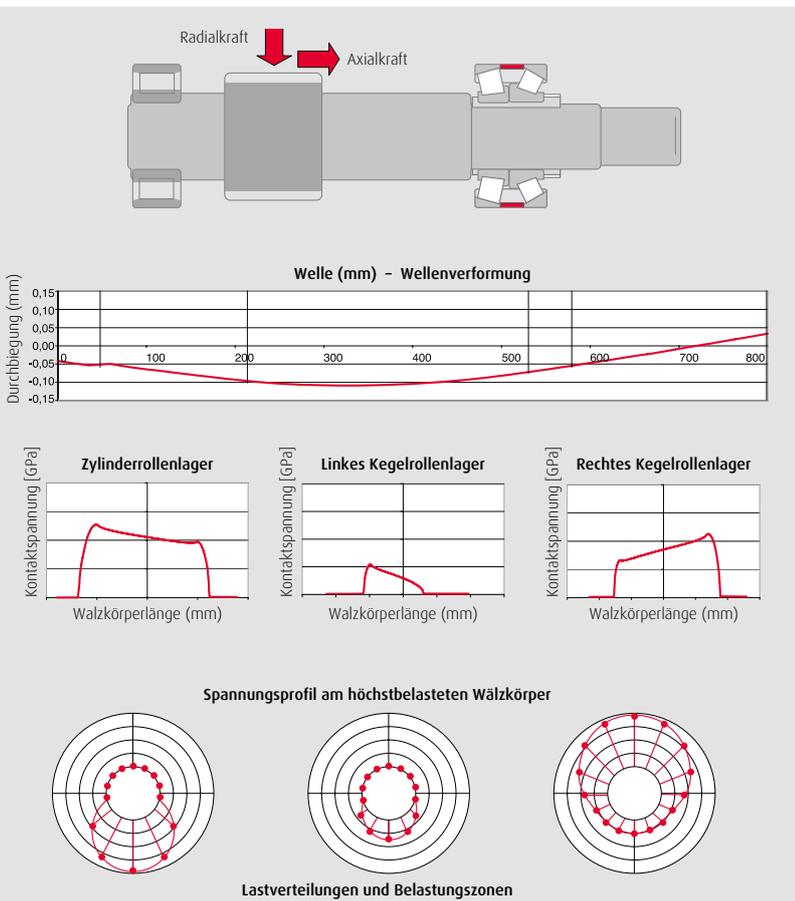
$$L_{NSK} = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot L_{10h}$$

- a_1 Beiwert für die Überlebenswahrscheinlichkeit
- a_{NSK} Beiwert für die Betriebsbedingungen

STIFF

Berechnungsmethoden

Neuheit: STIFF. STIFF ist ein Programm von NSK, das wichtige Parameter wie z.B. Wellen- und Gehäuseverformungen, Schiefstellungen, Einfederung der Lager selbst, auch der benachbarten, sowie innere Betriebszustände mit berücksichtigt. Bei den konventionellen Methoden wird nur das Wälzlager an sich betrachtet, unabhängig vom Zusammenhang. STIFF geht dagegen von einem Lager-Welle-Gehäuse-System aus. Die Software besticht durch ihren Berechnungsumfang und liefert Ergebnisse, die eine kurzfristige Variantenanalyse ermöglichen und die zeitsparende Prüfung spezieller Anpassungen des Wälzlagers an den Anwendungsfall gewährleisten.



Lagerberechnungen – STIFF-Programm

Vorhersagen zur Steifigkeit

Analyse der Bauteilverformungen

Parameter:

- › Bauteilbelastungen und -verformungen
- › Daraus resultierende Lagerbelastungen und -verformungen

Abschätzung des Leistungsverlustes

Analyse der internen Reibungsverhältnisse

- › Kinematische Betrachtung der Wälzkörper
- › Verkipps- und Schränkungsverhalten der Wälzkörper
- › Schmierfilmdicke
- › Wärmeentwicklung und dynamisches Reibmoment

Genauere Voraussagen zur Lagerlebensdauer

Analyse der Spannungen im Wälzlager

- › Wälzkontaktspannung und interne Spannungsverteilung

Abschätzung der Betriebssicherheit

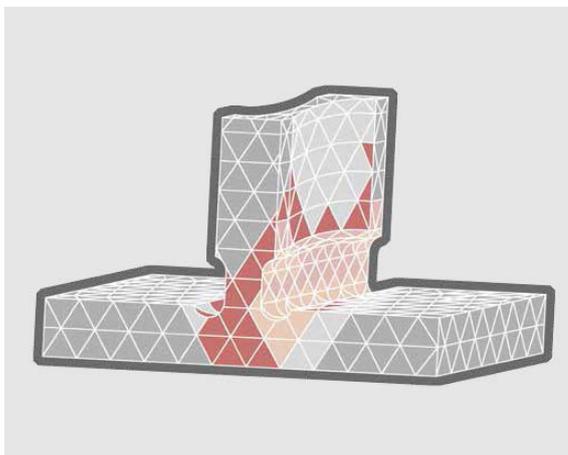
Verschleißparameter

- › PV-Wert (das Produkt aus Kontaktspannung und Umfangsgeschwindigkeit; dieser Wert gibt eine Aussage zu möglichen Reibungs- und Verschleißzuständen)

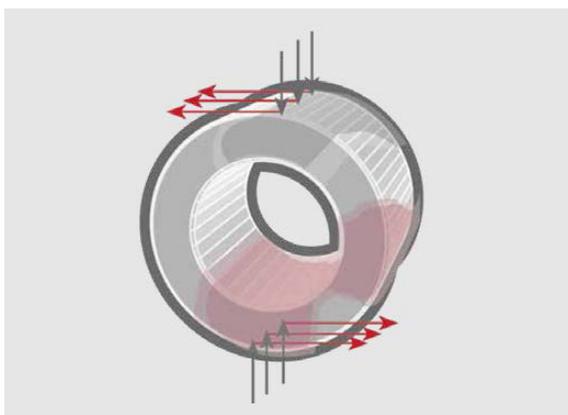


Praktische Tools

NSK stehen noch weitere Verfahren zur Verfügung. Zum Beispiel die FEM-Analyse, mit der die Spannungsverteilungen in Wälzlagerbauteilen untersucht werden können, etwa zur Optimierung einer Lagerung für eine spezielle Anwendung. Die Frequenzanalyse dagegen untersucht die Geräuschentwicklung eines Wälzlagers innerhalb einer Anwendung, woraus man auf das Laufverhalten des Wälzlagers schließen kann. Das TCOS (Technical Computer Online Service) wiederum ist eine Sammlung von Berechnungsprogrammen zur Online-Analyse und Berechnung von Wälzlagern unter einer ganzen Vielzahl von Gesichtspunkten.



Optimierung der Käfiggestalt: Mit Hilfe der FEM-Analyse konnten Bauteilregionen mit Spannungsüberhöhungen identifiziert werden. Die konstruktive Veränderung dieser Regionen reduziert die Bauteilbeanspruchung wesentlich.



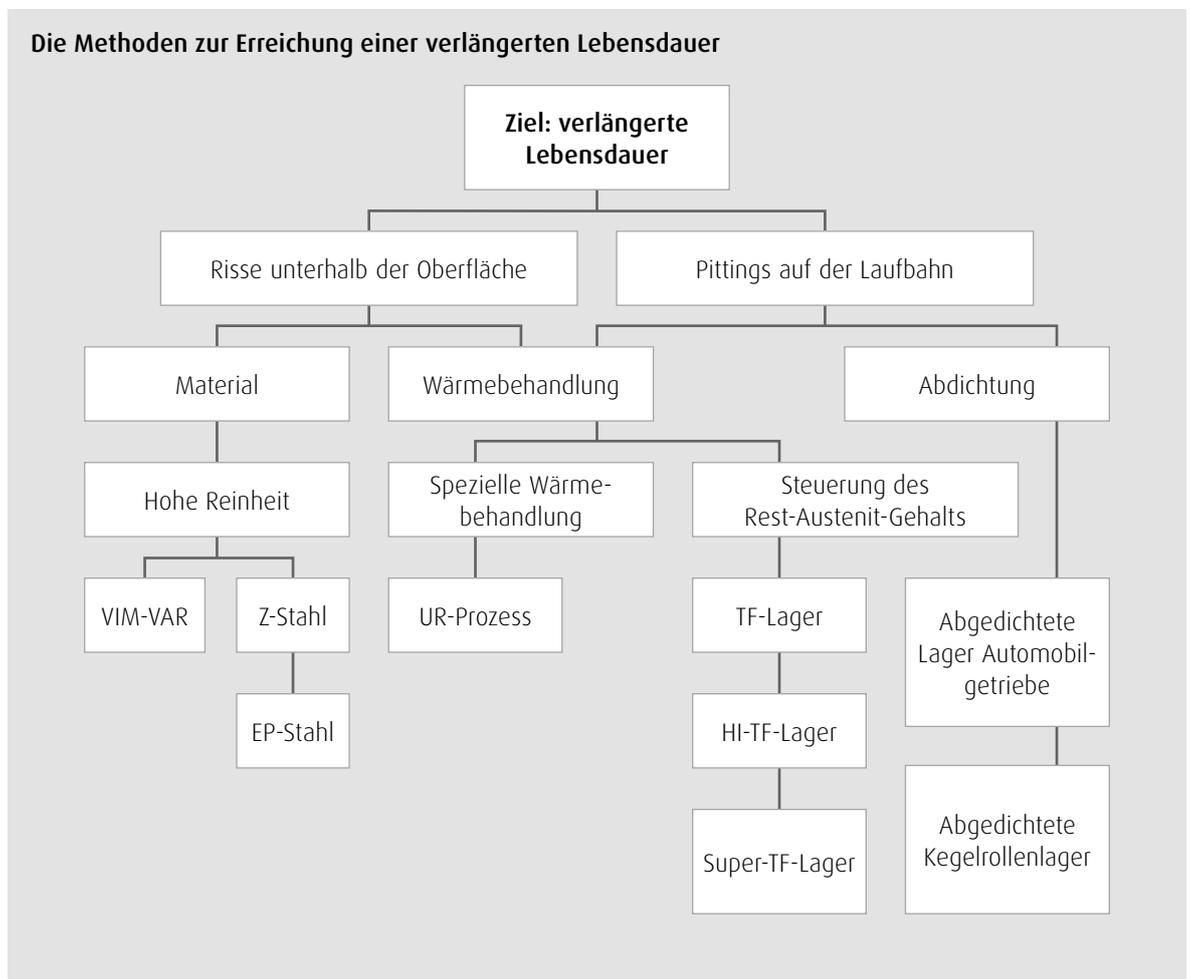
Planetenräder sind oft dünnwandige, hoch beanspruchte Maschinenelemente. Durch eine Auswertung der Planetenradverformung konnte die innere Geometrie der Lagerung so angepasst werden, dass eine gleichmäßige Lastverteilung und damit eine Steigerung der Lagerlebensdauer erzielt wurde.

Wälzlagerwerkstoffe

NSK ist ganz vorne mit dabei, wenn es um die Entwicklung von Wälzlagern geht, die auch den härtesten Anforderungen mehr als gewachsen sind. Wälzlagern, die auch bei hohen Drehzahlen noch zuverlässiger, langlebiger und widerstandsfähiger sind.

Wir investieren großen Aufwand gerade auch in die Grundlagenforschung der Werkstoffwissenschaften. Ein Aufwand, der sich immer von Neuem lohnt, wie sich wieder gezeigt hat. Denn NSK hat nun einen revolutionären Werkstoff auf Lager, der völlig neue

Maßstäbe setzt bei besonders harten Betriebsbedingungen und der für einen großen Bereich von Lagertypen angewendet werden kann.



Ursache und Wirkung

Kein Wälzlager lebt ewig. Das Ende der normalen Lebensdauer ist erreicht, sobald im Werkstoff Ermüdungsschäden messbar werden, die als feine Risse unterhalb der Oberfläche beginnen und dann zu Ausbrüchen, sogenannten Pittings, an den Kontaktflächen von Rolle und Laufbahn führen. Ein Schadensbild, dessen Entstehung vor allem von der Reinheit des verwendeten Wälzlagerstahls abhängt. Die weitaus häufigere Ausfallursache vor Erreichen der berechneten Lebensdauer ist jedoch Pittingbildung direkt im Randbereich von Eindrücken an der Laufbahnoberfläche, oft verursacht durch Verunreinigungen im Schmierstoff, wie etwa metallische Partikel und Formsandteilchen, oder aber auch durch unsachgemäßes Handling beim Einbau oder bei der Wartung. Im Kampf gegen diese Ausfallursachen ist NSK nun jedoch etwas ganz Besonderes gelungen: der Werkstoff Super-TF für hochbeanspruchte Wälzlager – ein neues Material in Kombination mit einem neuen Wärmebehandlungsverfahren.

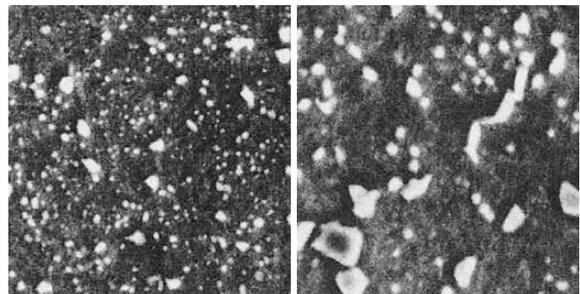
Super-TF

Ziel der Entwicklung war es, die guten Eigenschaften des bisherigen TF-Materials noch zu übertreffen. Zu diesem Zweck entwickelte NSK eine Technik, die für eine gleichmäßige Verteilung und Verkleinerung der Partikelgröße im Lagerstahl sorgt. Der Stahl trägt die Bezeichnung SAC2 und enthält Chrom und Molybdän in Form von Nitriden und Karbiden. NSK verfügt zudem über ein neues Verfahren, um feinere Partikel von Karbiden und Nitriden im Stahl zu binden – mit entsprechendem Patentschutz in Japan und Übersee. Wälzlager aus dem Super-TF-Material erreichen nicht nur eine zuverlässig längere Lebensdauer unter verschmutzten Schmierbedingungen – etwa zehnfach höher im Vergleich zu Standard-Material –, sondern sind auch beständiger gegen Abschälungen, Verschleiß und thermische Beanspruchung, was unter dem Strich

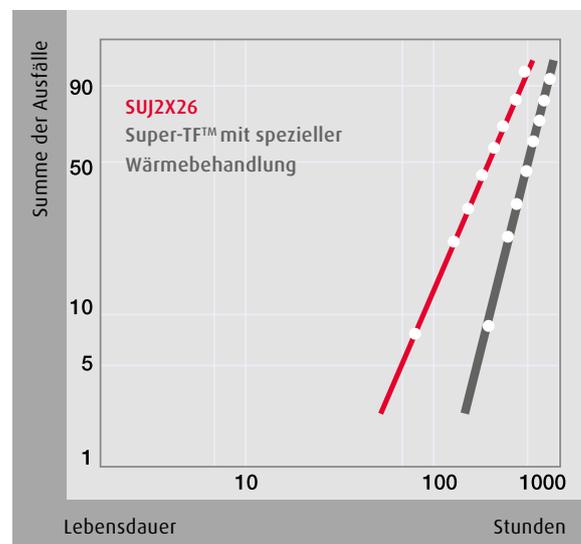
zu einem beeindruckenden Preis-Leistungs-Verhältnis für den Anwender führt.

Bevorzugte Einsatzgebiete

Die Super-TF-Technologie kann für einen großen Bereich von Lagerbauarten verwendet werden, beispielsweise Zylinderrollenlager, Kegelrollenlager, Pendelrollenlager, Rillenkugellager und auch Schrägkugellager.



Zum Vergleich: Verteilung und Größe der Karbid- und Karbonitrid-Partikel im Super-TF-Material (links) und in einem Standard-Einsatzstahl (4.000-fache Vergrößerung).



Die Lebensdauer eines Wälzlagers wird durch den Werkstoff Super-TF deutlich verlängert.

Schmierung

Etwa 40 % der Schäden an Wälzlagern vor Ablauf der erwarteten Lebensdauer gehen auf Fehler in der Schmierung zurück. Diese Schäden treten meistens in Erscheinung als Verschleiß, als Anschmierungen, Abschürfungen, Fressspuren, als Ermüdungsschäden und manchmal auch als Heißlauf der Lager.

Allesamt Schmierungsmängel, zu denen auch die Überschmierung gehört, die sich vermeiden lassen, wenn die Versorgung mit Schmierstoffen konstruktiv in den konkreten Anwendungsfall eingebunden wird. Wobei die Schmiermethode der Wälzlager im Industriegetriebe im Wesentlichen durch das Gesamtschmierkonzept für das Getriebesystem vorgegeben wird. Die optimale Trennung der Kontaktflächen durch einen Schmierfilm ist dabei bei Weitem nicht die einzige Aufgabe, die die Schmierung in einem Wälzlager zu bewältigen hat. Reibungsminderung, das Fernhalten von Verschmutzungen, Korrosionsschutz und vor allem auch die Wärmeabfuhr sind wichtige Aspekte einer geeigneten Wälzlagerschmierung.

Trennung der Kontaktflächen

Um dieses Kriterium auf Dauer zu erfüllen, kann man auf eine vereinfachte Methode zur Beschreibung des Schmierzustands zurückgreifen, die sich aus der Theorie der elasto-hydrodynamischen Schmierung ableiten lässt. Danach muss das Verhältnis der vorhandenen zur erforderlichen Betriebsölviskosität größer als 1 sein. Nach DIN ISO 281 bezieht sich die nominelle Lebensdauer eines Wälzlagers ausdrücklich auf diesen Mindestwert. Die Bezugviskosität ist dabei abhängig von der Drehzahl und vom mittleren Lagerdurchmesser.

Öl oder Fett

Meistens werden Wälzlager mit jenem Öl geschmiert, das ohnehin für die Verzahnungen zum Einsatz kommt. Die Vorteile einer Ölschmierung liegen vor allem in der Vielfalt der Möglichkeiten, die permanente Versorgung aller Kontaktstellen mit Schmierstoff sicherzustellen, aber auch in der Möglichkeit der gezielten, wohl dosierten Zuführung wie auch Abfuhr des Öls. Zudem bietet Öl eine gute Wärmeabfuhr und der Schmierstoffwechsel ist unproblematisch. Die Vorteile der Fettschmierung dagegen liegen in der guten Unterstützung der Abdichtung und in der Möglichkeit einer Schmierung ohne Wartung.

Schmierung zur Wärmeabfuhr

Bei einem schnelllaufenden Wälzlager besteht die Gefahr, dass die Reibung des Lagers und die Bewegung der Schmierpartikel die Entstehung von Hitze begünstigen und hier zu einer substantiellen Temperaturerhöhung führen können. Diese Erwärmung muss abgeführt werden, um eine Überhitzung des Lagers zu

Berechnung der erforderlichen Ölmenge

$$Q_{10} = \frac{0.19 \cdot 10^{-5}}{T_2 - T_1} d \cdot \mu \cdot n \cdot F(N)$$

- Q Ölzufuhr (Liter/min)
- T₁ Öltemperatur am Ort der Zufuhr (in °C)
- T₂ Öltemperatur an der Abflussstelle (in °C)
- d Bohrungsdurchmesser des Lagers (in mm)
- μ Dynamischer Reibungskoeffizient (s. Tab.)
- n Drehzahl (U/min)
- F Radialkraft auf das Lager (in N)

Lagerbauart	Reibungs-koeffizient μ
Pendelrollenlager	0,0028
Axial-Pendelrollenlager	0,0028
Kegelrollenlager	0,0022
Schräggugellager	0,0015
Radial-Rillenkugellager	0,0013
Zylinderrollenlager	0,0010



verhindern. Hierzu stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Als besonders effektiv hat sich insbesondere für große Maschinen mit entsprechend großen Wälzlagern – Pressen, Papiermaschinen, Stahlherstellungsmaschinen – ein Verfahren erwiesen, bei dem die

Erwärmung direkt aus dem Lager abgeführt wird durch das druckvolle Einbringen von größeren Schmiermittelmengen. Die Berechnung für die erforderliche Menge erfolgt dabei auf Grundlage der jeweils konkreten Arbeitsbedingungen des Getriebes.

Schäden durch mangelhafte Schmierung

Schadensbild	Ursache	Hinweise
Geräusch	Schmierstoffmangel	Stellenweise Festkörperberührung, kein zusammenhängender, tragender und dämpfender Schmierfilm
	Ungeeigneter Schmierstoff	Zu dünner Schmierfilm, weil das Öl oder das Grundöl des Fetts eine zu geringe Viskosität hat. Bei Fett kann die Verdickerstruktur ungünstig sein. Teilchen wirken geräuschanregend
	Verunreinigungen	Schmutzteilchen unterbrechen Schmierfilm und erzeugen Geräusche
Käfigverschleiß	Schmierstoffmangel	Stellenweise Festkörperberührung, kein zusammenhängender, tragender Schmierfilm
	Ungeeigneter Schmierstoff	Zu geringe Viskosität des Öls oder Grundöls, Schmierstoffe ohne Verschleißschutzzusätze
Verschleiß an Rollkörpern, Laufbahnen, Bordflächen	Schmierstoffmangel	Stellenweise Festkörperberührung, kein zusammenhängender, tragender Schmierfilm. Tribokorrosion bei oszillierenden Relativbewegungen, Gleitmarkierungen
	Ungeeigneter Schmierstoff	Zu geringe Viskosität des Öls oder des Grundöls. Schmierstoffe ohne Verschleißschutzzusätze oder EP-Additive (bei hoher Belastung)
	Verunreinigungen	Feste harte Teilchen oder flüssige, korrosiv wirkende Medien
Ermüdung	Schmierstoffmangel	Stellenweise Festkörperberührung und hohe Tangentialspannungen an der Oberfläche. Verschleiß
	Ungeeigneter Schmierstoff	Zu geringe Viskosität des Öls oder Grundöls. Schmierstoff enthält Stoffe, deren Viskosität sich bei Druck nur geringfügig erhöht, beispielsweise Wasser
	Verunreinigungen	Harte Teilchen werden eingewalzt und führen zu Stellen hoher Pressung. Korrosive Medien verursachen Korrosionsstellen, von denen Ermüdung bevorzugt ausgeht
Hohe Lagertemperatur, verfärbte Lagerteile, Fressstellen (Heißlauf)	Schmierstoffmangel	Stellenweise Festkörperberührung, kein zusammenhängender, tragender Schmierfilm
	Ungeeigneter Schmierstoff	Hohe Reibung und hohe Temperatur wegen stellenweiser Festkörperberührung
	Verunreinigungen	Bei mittleren oder hohen Drehgeschwindigkeiten hohe Schmierstoffreibung, insbesondere bei plötzlicher Schmierstoffzufuhr
Geschädigter Schmierstoff (Farbänderung, Verfestigung, Verlust der Schmierwirkung)	Schmierstoffmangel	Einsatztemperatur höher als die für den Schmierstoff zulässige Temperatur (Bildung von Rückständen)
	Ungeeigneter Schmierstoff	Zu lange Nachschmierfrist oder Schmierstoff-Wechselfrist

Überwachung durch Schmierung

Überwachte Größe	Verfahren	Erfassbare bzw. vermeidbare Schadensart
Schmierstoff	Analyse (Gehalt an Wasser, festen Verunreinigungen, Neutralisationszahl, Verseifungszahl)	Ermüdung, Verschleiß, Korrosion, gebrauchsuntüchtiger Schmierstoff
Schmiersystem	Öldruck, Ölstand, Öldruckflussmenge, Öltemperatur	Heißläufer, Verschleiß

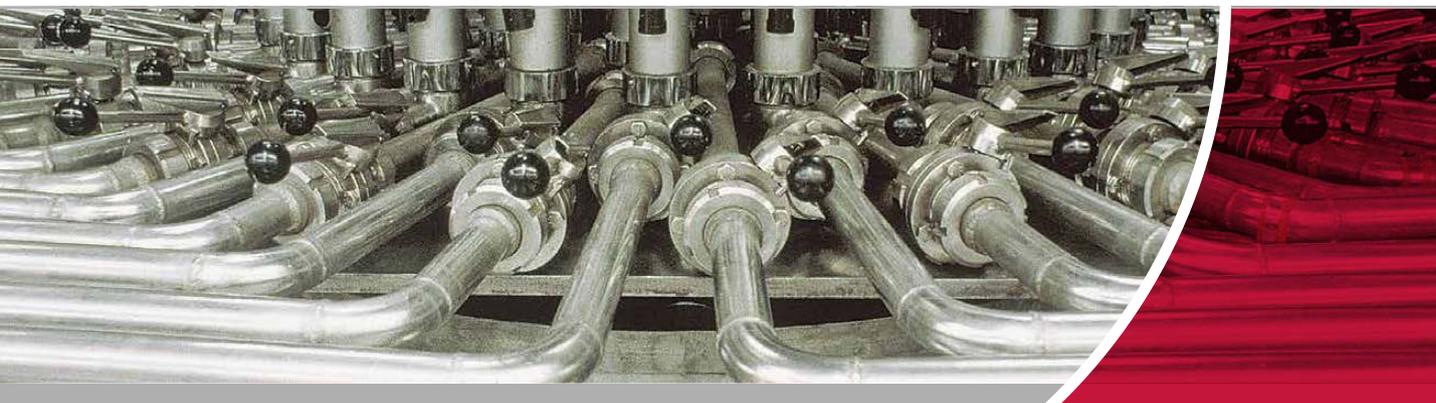
Maßhalten – aber richtig

Ist der Innenring eines Wälzlagers nur durch Aufpressen auf der Welle befestigt, so besteht oft die Gefahr eines schädlichen peripheren Schlupfes zwischen Innenring und Welle, also einer Verlagerung des Rings relativ zur Welle. Dieser Schlupf wird auch als „Kriechen“ bezeichnet. Das Kriechen in Umfangsrichtung kann die Oberflächen abschaben, was dann schnell zu Verschleiß und beträchtlichen Schäden an der Welle führt. Metallischer Abrieb kann in das Innere des Lagers gelangen. Außerdem kann es zu außergewöhnlicher Erwärmung und zu Schwingungen kommen. Es ist also wichtig, dieses Kriechen zu verhindern, indem ein ausreichend fester Sitz zur sicheren Befestigung des sich drehenden Rings – entweder an der Welle oder am Gehäuse – besteht.

Dennoch ist es andererseits nicht notwendig, bei Ringen mit reiner Punktbelastung stets eine feste Passung vorzunehmen. Anwendungsabhängig kann es vorkommen, dass eine lose Passung für entweder den inneren oder den äußeren Ring angebracht ist, etwa um eine gewünschte konstruktive Verschiebung in Axialrichtung oder eine Montage bzw. Demontage zu ermöglichen. In diesem Fall sollten Schmierung oder andere geeignete Verfahren in Betracht gezogen werden, um Schäden an den Kontaktstellen durch Kriechen zu vermeiden.

Empfehlungen für Gehäusepassungen

Lastbedingungen		Beispiele	Toleranzen für Gehäusebohrungen	Axiale Verschiebung des Außenrings	Anmerkungen	
Massive Gehäuse	Umfangslast des Außenrings	Große Lagerbelastungen in dünnwandigen Gehäusen oder große Stoßbelastungen	Kfz-Radnaben (Rollerlager) Räder fahrbarer Krane	P7	Nicht möglich	–
		Normale oder große Belastungen	Kfz-Radnaben (Kugellager) Schwingsiebe	N7		
		Leichte oder unterschiedliche Belastungen	Förderrollen Seilscheiben Spannrollen	M7		
Massive oder geteilte Gehäuse	Unbestimmte Lastrichtung	Große Stoßbelastungen	Traktionsmotoren	M7	Nicht möglich	–
		Normale oder große Belastungen	Pumpen Kurbelwellenhauptlager mittlerer und großer Motoren	K7	Im Allgemeinen nicht möglich	Axiale Verschiebung des Außenrings ist nicht erforderlich
		Normale oder leichte Belastungen		J57 (J7)	Möglich	Axiale Verschiebung des Außenrings ist notwendig
	Umfangslast des Innenrings	Belastungen aller Art	Allgemeiner Maschinenbau Achslager für Züge	H7	Einfach möglich	–
Normale oder leichte Belastungen		Lagergehäuse	H8			



Perfekter Sitz

Für die Berechnung des richtigen Übermaßes bei der Passung eines Wälzlagers ist es wichtig, die Lagerbelastung zu berücksichtigen. Dabei drückt sich der innere Ring eines Lagers radial zusammen, während er sich gleichzeitig vom Umfang her erweitert, was wiederum die ursprüngliche Übermaßpassung reduziert. Für die Berechnung dieser Passungsreduktion bietet sich **Gleichung 1** an. Für die Praxis ist natürlich die tatsächliche Übermaßpassung entscheidend, die immer größer ausfallen sollte als das Resultat in Gleichung 1. Die Berechnung in Gleichung 1 ist ausreichend für relativ geringe Belastungen, wie sie in den meisten Anwendungen zu erwarten sind. Bei größeren Belastungen jedoch sollte **Gleichung 2** verwendet werden.

Gleichung 1

$$\Delta d_f = 0.08 \sqrt{\frac{d}{B}} F \cdot 10^{-3} \text{ (N)}$$

- Δd_f Übermaßänderung der Innenringpassung infolge der Belastung (mm)
- d Bohrungsdurchmesser (mm)
- B Innenringbreite (mm)
- F Radiale Belastung (N)

Gleichung 2

$$\Delta d_f \geq 0.02 \frac{F_1}{B} \cdot 10^{-3} \text{ (N)}$$

- Δd_f Übermaßänderung der Innenringpassung infolge der Belastung (mm)
- B Innenringbreite (mm)
- F Radiale Belastung (N)

Lastbedingungen		Beispiele	Toleranzen für Gehäusebohrungen	Axiale Verschiebung des Außenrings	Anmerkungen
Massive oder geteilte Gehäuse		Hoher Temperaturanstieg des Innenrings durch Welle	G7	Einfach möglich	-
	Massive Gehäuse	Umfangslast des Innenrings	Schleifspindel (Rückseite) Kugellager	JS6 (j6)	Möglich
Loslager in Zentrifugen					
Unbestimmte Lastrichtung		Schleifspindel (Frontseite) Kugellager	K6	Im Allgemeinen nicht möglich	Bei großen Belastungen wird eine engere Presspassung als K verwendet. Wenn hohe Genauigkeit benötigt wird, sollten sehr genaue Abmaße für die Passteile verwendet werden
		Festlager in Zentrifugen			
Umfangslast des Innenrings	Akkurate Rundlaufgenauigkeit und hohe Steifigkeit unter verschiedenen Belastungen wünschenswert	Zylinderrollenlager für Hauptspindel der Werkzeugmaschine	M6 oder N6	Nicht möglich	
	Geräuscharmer Lauf erforderlich	Elektrische Haushaltsgeräte	H6	Einfach möglich	-

Empfehlungen für Wellenpassungen

Lastbedingungen		Beispiele
Radiallager mit zylindrischen Bohrungen		
Umfangslast des Außenrings	Einfache axiale Verschiebung des Innenrings auf der Welle wünschenswert	Räder an feststehenden Achsen
	Einfache axiale Verschiebung des Innenrings auf der Welle nicht notwendig	Spannrollen, Seilscheiben
Umfangslast des Innenrings oder unbestimmte Lastrichtung	Leichte Belastungen oder wechselnde Belastungen ($\leq 0,06 Cr^{(1)}$)	Elektrische Haushaltsgeräte, Pumpen, Gebläse, Transportfahrzeuge, Präzisionsmaschinen, Werkzeugmaschinen
	Normale Belastungen (0,06 to 0,13 $Cr^{(1)}$)	Allgemeiner Maschinenbau, mittlere und große Motoren, Turbinen, Pumpen, Motorenhauptlager, Zahnradgetriebe, Holzbearbeitungsmaschinen
	Große Belastungen oder Stoßbelastungen ($> 0,13 Cr^{(1)}$)	Achslager für Züge, Industriefahrzeuge, Traktionsmotoren, Baugeräte, Brecher
Reine Axiallasten		

Radiallager mit kegligen Bohrungen und Hülsen	
Alle Belastungsarten	Allgemeiner Maschinenbau, Achslager für Züge
	Getriebewelle, Holzbearbeitungsspindeln

Notes ⁽¹⁾ Cr steht für die dynamische Tragzahl des Lagers.
Diese Tabelle bezieht sich nur auf massive Stahlwellen.

Wellendurchmesser (mm)			Wellentoleranz	Anmerkungen
Kugellager	Zylinderrollenlager, Kegelrollenlager	Pendelrollenlager		
Alle Wellendurchmesser			g6	Wo hohe Genauigkeit erforderlich ist, empfehlen sich die Werte g5 und h5. Im Falle von großen Lagern kann f6 verwendet werden, um eine leichte Axialverschiebung zu ermöglichen
Alle Wellendurchmesser			h6	
≤ 18	-	-	js5	-
18~100	≤ 40	-	js6 (j6)	
100~200	40~140	-	k6	
-	140~200	-	m6	
≤ 18	-	-	js5~6 (j5~6)	k6 und m6 können für einreihige Kegelrollenlager und einreihige Schrägkugellager anstelle von k5 und m5 verwendet werden
18~100	≤ 40	≤ 40	k5~6	
100~140	40~100	40~65	m5~6	
140~200	100~140	65~100	m6	
200~280	140~200	100~140	n6	
-	200~400	140~280	p6	
-	-	280~500	r6	
-	-	> 500	r7	
-	50~140	50~100	n6	Größeres Lagerspiel als CN notwendig
-	140~200	100~140	p6	
-	> 200	140~200	r6	
-	-	200~500	r7	
Alle Wellendurchmesser			js6 (j6)	-
Alle Wellendurchmesser			h9/IT5	IT5 und IT7: Die Abweichung der Welle von ihrer wahren geometrischen Form, d.h. Rundheit und Zylindrizität, sollte innerhalb der Toleranzen von IT5 bzw. IT7 liegen
Alle Wellendurchmesser			h10/IT7	

NSK Vertriebsniederlassungen – Europa, Mittlerer Osten und Afrika

Deutschland, Österreich, Schweiz, Skandinavien

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

Frankreich & Benelux

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

Großbritannien

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

Mittlerer Osten

NSK Bearings Gulf Trading Co.
JAFZA View 19, Floor 24 Office 2/3
Jebel Ali Downtown,
PO Box 262163
Dubai, UAE
Tel. +971 (0) 4 804 8205
Fax +971 (0) 4 884 7227
info-me@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

Russland

NSK Polska Sp. z o.o.
Russian Branch
Office 1 703, Bldg 29,
18th Line of Vasilievskiy Ostrov,
Saint-Petersburg, 199178
Tel. +7 812 3325071
Fax +7 812 3325072
info-ru@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.
25 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: 68/3 Kat. 6
P.K.: 34736 - Kozyatağı - İstanbul
Tel. +90 216 4777111
Fax +90 216 4777174
turkey@nsk.com

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

