TIMKEN



TIMKEN TECHNISCHES HANDBUCH





INHALTSVERZEICHNIS

TIMKEN VORSTELLUNG 2
EINFÜHRUNG 4
LAGERUNGSBESTÄNDIGKEIT 6
WARNHINWEISE/HAFTUNGSAUSSCHLÜSSE 8
LAGERAUSWAHL 9
- Wälzlagertypen 10
- Käfige 28
- Bestimmung der aufgebrachten Lasten und Wälzlageranalyse 32
- Lagerkräfte 39
- Lagerkennzahlen 47
- Systemlebensdauer sowie mittlere Lagerbelastung und Lagerlebensdauer 55

LAGERTOLERANZEN, ZOLLSYSTEM UND METRISCHES SYSTEM 56
- Metrisches System 57
- Zollsystem 68

AUSLEGUNG, PASSUNGEN, EINSTELLUNG UND MONTAGE 74
- Kegelrollenlager 77
- Pendel- und Zylinderrollenlager 82
- Schrägkugellager 95
- Rillenkugellager 99
- Präzisionslager 109

PASSUNGEN 126
- Pendelrollenlager 126
- Zylinderrollenlager 128
- Rillenkugellager, Pendelrollenlager und Zylinderrollenlager 132
- Schrägkugellager 146
- Rillenkugellager 147
- Kegelrollenlager 154
- Präzisionskegelrollenlager 168
- Axiallager 180

BETRIEBSTEMPERATUREN 184
- Wärmeerzeugung und -ableitung 187

DREHMOMENT 188
NENNDREHZAHLEN 193
UMRECHNUNGSTABELLEN 196
SCHMIERUNG UND ABDICHTUNG 199
- Schmierung 200
- Dichtungen 209







MIT TIMKEN WACHSEN

Jeden Tag verlassen sich Menschen auf der ganzen Welt auf die Produkte und Dienstleistungen von Timken. Unsere Expertise in den Bereichen Metallurgie, Reibungsmanagement und Antriebstechnik hilft ihnen, Produktivitätssteigerungen und längere Maschinenlaufzeiten zu erzielen.

Wir bieten Produkte und Dienstleistungen, die Ihren Betrieb am Laufen halten – Montagekits für Nutzfahrzeuge, langlebige Gehäuse für Lager in verschmutzten Umgebungen, Kupplungen, die Metall-Kontakt zwischen Motor und Getriebe vermeiden, Reparaturangebote für Lager und Getriebe, Ketten für Anwendungen in trockenen, nassen und stark abrasiven Einsatzumgebungen sowie weitere Produkte und Dienstleistungen für Ihre Anwendungen.

Timken bietet jedoch nicht nur hochwertige Produkte und Dienstleistungen: Sie können sich auch auf ein internationales Team von hochqualifizierten und erfahrenen Mitarbeitern verlassen, die Ihnen helfen, Ihre Wettbewerbsposition zu verbessern.

Weltweit bieten unsere 17,000 Mitarbeiter verlässliche Lösungen für ein breites Spektrum von Betriebsabläufen in der Fertigung, im Bergbau, bei medizinischen Geräten, in der Luft- und Raumfahrt, im Transportwesen, in der Öl- und Gasindustrie und in diversen anderen Industriebranchen.



ERHÖHEN SIE DIE BETRIEBSZEIT IHRER ANWENDUNG

Neben hochwertigen Lagern und mechanischen Bauteilen für die Antriebstechnik liefern wir wertvolle integrierte Produkte und Dienstleistungen. So bieten wir Reparaturservice und Geräte zur Zustandsüberwachung an, um Sie über Auffälligkeiten zu informieren, bevor diese die Betriebszeit Ihrer Anlage beeinträchtigen.

Darüber hinaus umfasst unser Angebot ein breites Sortiment an Dichtungen, hochwertigen Schmierstoffen, Schmiervorrichtungen, Kupplungen und Ketten zur Unterstützung des reibungslosen Betriebs Ihrer Anlage.

Unsere 12 Technologie- und Engineering-Zentren in den USA, Europa und Asien tragen durch Grundlagenforschung und angewandte Forschung dazu bei, zukunftsweisende Innovationen zu entwickeln. Durch unsere Unternehmensentwicklung und die strategische Akquisition innovativer Unternehmen sind wir in der Lage, unser Portfolio an hochtechnisierten Lagern, Produkten und erweiterten Serviceleistungen für die Antriebstechnik kontinuierlich zu erweitern.





EINFÜHRUNG

Timken ist ein führendes Unternehmen in der Entwicklung von Lagertechnologie. Handwerkliche Expertise, moderne Produktionsstätten und kontinuierliche Investitionen in Technologieprogramme gewährleisten, dass unsere Produkte für Qualität und Zuverlässigkeit stehen. Heute stellen unsere Produktionswerke verschiedene Lagertypen in zahlreichen Größen her.

Reibungsarme Lager bewältigen große Bereiche verschiedener Geschwindigkeiten und zahlreiche Kombinationen von Radial- und Axiallasten. Sonstige entscheidende Umgebungsbedingungen wie niedrige und hohe Temperaturen, Staub und Schmutz, Feuchtigkeit und außergewöhnliche Montagebedingungen beeinflussen den Lagerbetrieb.

In diesem Kapitel erhalten Sie einen Überblick und Hilfestellung zur Auswahl von Lagern.

Wenden Sie sich an einen Timken-Techniker, wenn komplexere Lageranwendungen zum Einsatz kommen. Dieses Handbuch enthält folgende Themen:

- Typen von Lagerausführungen.
- Typen von Käfigausführungen.
- Lebensdauerberechnungen.
- Lagertoleranzen.
- Passungs- und Montageempfehlungen.
- Betriebstemperaturen.
- Nenndrehzahlen.
- Schmierempfehlungen.
- Dichtungsausführungen.

ZUR VERWENDUNG DIESES KATALOGS

Der vorliegende Katalog dient dazu, die für die jeweiligen Spezifikationen optimal geeigneten, ungeteilten Pendelrollenlager-Gehäuseeinheiten von Timken® zu finden.

Timken bietet ein umfassendes Sortiment an Lagern und Zubehör in zölligen und metrischen Größen. Alle Größen werden der Einfachheit halber in Millimeter und Zoll angegeben. Weitere Informationen über das komplette Angebot zu den jeweiligen speziellen Anwendungsanforderungen sind bei Ihrem Timken-Techniker erhältlich.

Diese Publikation enthält Abmessungen, Toleranzen und Tragzahlen sowie Abschnitte zur Technik, in denen Passungsempfehlungen für Wellen und Gehäuse, das Lagerspiel, Werkstoffe und andere Lagermerkmale beschrieben werden. Er bietet wertvolle Unterstützung für eine erste Vorauswahl hinsichtlich Lager-Typ und -Eigenschaften, damit es Ihren Anforderungen am besten entspricht.

Die in dieser Publikation verwendeten Abkürzungen ISO und ANSI/ ABMA beziehen sich auf die International Standards Organisation, das American National Standards Institute und die American Bearing Manufacturers Association.



LAGERUNGSBESTÄNDIGKEIT UND AUFBEWAHRUNG VON FETTGESCHMIERTEN LAGERN UND KOMPONENTEN

Um den größtmöglichen Nutzen aus unseren Produkten zu erzielen, veröffentlicht Timken Richtlinien zur Haltbarkeit gefetteter Kugel- und Rollenlager, Komponenten und Einheiten. Informationen über die Haltbarkeit basieren auf Testdaten und Erfahrungswerten Timkens und anderer Lagerhersteller.

LAGERUNGSBESTÄNDIGKEIT

Die Haltbarkeit vorgeschmierter Lager und Komponenten ist von deren Lebensdauer zu unterscheiden:

- Die Lagerbeständigkeit von mit Fett vorgeschmierten Lagern oder Komponenten bezieht sich auf den Zeitabschnitt vor der Verwendung oder Montage.
- Die Lagerbeständigkeit ist also Teil der voraussichtlichen Gesamtlebensdauer der Konstruktion. Es ist nicht möglich, eine exakte Prognoses über die Lebensdauer einer Konstruktion zu geben, da diese je nach Leckrate des Schmiermittels, Ölmigration, Betriebs- und Installationsbedingungen, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und langfristigen Aufbewahrungszeiten variiert.
- Lagerungsbeständigkeitswerte, die über Timken bezogen werden können, stellen eine Obergrenze dar und setzen die Einhaltung der in diesem Katalog oder von Timken empfohlenen Aufbewahrungs- und Handhabungsrichtlinien voraus. Abweichungen von den von Timken empfohlenen Lagerungs- und Handhabungsrichtlinien können die Lagerungsbeständigkeit verringern. Bedingungen und Betriebspraktiken, die eine kürzere Haltbarkeit bewirken, müssen in Betracht gezogen werden.

Timken kann keine Vorhersagen über die Leistung des Schmierstoffs machen, nachdem das Lager oder die Komponente installiert oder in Betrieb genommen wurde.

TIMKEN ÜBERNIMMT KEINE VERANTWORTUNG FÜR DIE HALTBARKEIT VON LAGERN ODER KOMPONENTEN, DIE MIT SCHMIERMITTELN VON DRITTHERSTELLERN BEHANDELT WURDEN.

Europäische REACH-Verordnung

Timken Schmierstoffe, Schmierfette und ähnliche Produkte, die in Einzelpackungen oder für Abgabesysteme verkauft werden, unterliegen der europäischen REACH-Verordnung (REACH = Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals; also Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien). Timken kann nur Schmierstoffe und Schmierfette in Mitgliedsstaaten der Europäischen Union importieren, die bei der Europäischen Chemikalienagentur ECHA (**E**uropean **CH**emical **A**gency) registriert sind. Weitere Informationen sind bei Ihrem Timken-Ingenieur erhältlich.



LAGERUNG

Timken empfiehlt, folgende Richtlinien für die Lagerung seiner Produkte (Lager, Komponenten und Bausätze, im Folgenden „Produkte“ genannt) einzuhalten:

- Soweit von Timken nicht anders angegeben, sollten Produkte so lange originalverpackt bleiben, bis sie eingesetzt werden.
- Bitte entfernen oder verändern Sie keine Etiketten oder Markierungen auf der Verpackung.
- Produkte müssen so aufbewahrt werden, dass die Verpackung nicht durchbohrt, eingedrückt oder auf andere Weise beschädigt wird.
- Nachdem ein Produkt aus der Verpackung genommen wurde, sollte es möglichst schnell eingesetzt werden.
- Nach der Entnahme eines nicht einzeln verpackten Produkts aus einer Großpackung sollte der Behälter sofort erneut versiegelt werden.
- Produkte dürfen nach Ablauf ihres Haltbarkeitsdatums nicht mehr verwendet werden. Bitte wenden Sie sich für weitere Informationen über die Haltbarkeitsdauer an Ihren zuständigen Timken Vertriebsingenieur.
- Die Umgebungstemperatur gelagerter Produkte muss zwischen 0 °C (32 °F) und 40 °C (104 °F) liegen. Temperaturschwankungen sind zu minimieren..
- Die relative Luftfeuchtigkeit sollte unter 60 Prozent liegen; Oberflächen müssen trocken sein.
- Die Aufbewahrungsumgebung sollte frei von in der Luft vorhandenen Verunreinigungen wie zum Beispiel Staub, Schmutz oder schädlichen Dämpfen sein.
- Die Lagerungsumgebung muss vor übermäßigen Erschütterungen geschützt sein.
- Extreme Bedingungen jeglicher Art sind zu vermeiden.

Da Timken mit den spezifischen Lagerungsbedingungen seiner Kunden nicht vertraut ist, sollten diese unbedingt auf die Einhaltung der genannten Richtlinien achten. Möglicherweise müssen Kunden jedoch aufgrund von besonderen Umständen oder geltenden gesetzlichen Vorschriften strengere Lagerungsrichtlinien befolgen.

Die meisten Lagerkomponenten werden mit einem Korrosionsschutz geliefert, bei der es sich nicht um Schmiermittel handelt. Diese Komponenten können in ölgeschmierten Anwendungen verwendet werden, ohne dass die Korrosionsschutz zunächst entfernt werden muss. Bei Verwendung bestimmter spezieller Fettschmierungen ist es ratsam, den Korrosionsschutz zu entfernen, bevor die Lager mit dem geeigneten Schmierfett gefüllt werden.

Die meisten Gehäuseeinheiten in diesem Katalog sind bereits mit Allzweckschmierfett für normale Anwendungen vorgefüllt. Um eine optimale Leistung zu gewährleisten, muss das Schmierfett möglicherweise regelmäßig nachgefüllt werden.

Achten Sie auf die Auswahl des richtigen Schmiermittels, da unterschiedliche Schmiermittel oft nicht kompatibel sind. Gehäuseeinheiten können auch mit speziellen Schmierungen werkseitig vorgefettet bestellt werden.

Stellen Sie nach dem Erhalt einer Lager- oder Gehäuseeinheit sicher, dass die Produkte bis zur Montage nicht ausgepackt werden, um Korrosion und Verschmutzung zu vermeiden.

Lager und Gehäuseeinheiten müssen unter geeigneten Umgebungsbedingungen gelagert werden, sodass sie während der geplanten Lagerungsdauer geschützt bleiben.

⚠ WARNUNG
Die Nichtbeachtung der folgenden Warnungen kann Tod oder schwere Verletzungen zur Folge haben.

Ordnungsgemäße Wartung und Handhabung sind von größter Wichtigkeit.
Beachten Sie stets die Montageanweisungen, und sorgen Sie für eine ordnungsgemäße Schmierung.

Drehen Sie Lager nie mit Druckluft.
Die Rollen können dabei herausgeschleudert werden.

Warnhinweise für diese Produktlinie sind in diesem Katalog enthalten und finden sich außerdem bei www.timken.com/warnings.

⚠ VORSICHT
Die Nichtbeachtung der folgenden Warnungen kann Tod oder schwere Verletzungen zur Folge haben.

Vor dem Anwärmen müssen Öl und Korrosionsschutzmittel von den Lagerteilen entfernt werden, um Feuer und Rauchgasbildung zu vermeiden.

HINWEIS

Das Mischen von Schmierfetten kann zu fehlerhafter Lagerschmierung führen.
Befolgen Sie stets die jeweiligen Schmieranweisungen Ihres Geräteherstellers.

HINWEIS

Die Produktleistung ist von vielen Faktoren abhängig, die außerhalb der Kontrolle von Timken liegen. Deshalb sollte die Eignung und Umsetzbarkeit aller ausgewählten Konstruktionen und Produkte von Ihnen überprüft werden. Dieser Katalog dient allein dazu, Ihnen als Kunden von Timken oder einer seiner Mutter- oder Tochtergesellschaften, Analysewerkzeuge und Daten an die Hand zu geben, um Sie bei der Entwicklung zu unterstützen. Timken übernimmt keine Gewährleistung, für die Richtigkeit der Auswahl oder Eignung des Lagers in einer bestimmten Anwendung. TimkenProdukte und Dienstleistungen unterliegen einer beschränkten Gewährleistung.

Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrem Timken-Techniker.

HINWEIS

Üben Sie keine Kraft auf den Außenring während der Montage eines Innenrings auf die Welle aus. Üben Sie keine Kraft auf den Innenring während der Montage des Außenrings ins Gehäuse auf.

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Dieser Katalog dient lediglich dazu, Ihnen Analysewerkzeuge und Daten zur Verfügung zu stellen, um bei der Produktauswahl zu unterstützen. Die Produktleistung ist von vielen Faktoren abhängig, die außerhalb der Kontrolle von Timken liegen.

Deshalb müssen Sie die Eignung und Verwendbarkeit aller ausgewählten Produkte für Ihre jeweiligen Anwendungen überprüfen.

Timken verkauft seine Produkte unter den Verkaufs- und Lieferbedingungen des Unternehmens Timken, einschließlich eingeschränkter Gewährleistungs- und Umtauschrechte, die online unter http://www.timken.com/termsandconditionsofsale zu finden sind. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Vertriebsingenieur, wenn Sie weitere Informationen oder Hilfe benötigen.

Alle in diesem Dokument enthaltenen Angaben wurden sorgfältig auf ihre Richtigkeit überprüft. Dennoch kann keine Haftung für Fehler, Auslassungen oder andere Beanstandungen übernommen werden.

KONFORMITÄT

Den vollständigen technischen Katalog finden Sie unter www.timken.com. Dieses Timken Technische Handbuch (Bestellnummer 10424) können Sie bei Ihrem Timken-Vertriebsingenieur anfordern.

Europäische REACH-Konformität *Timken Schmierstoffe, Schmierfette und ähnliche Produkte, die in Einzelpackungen oder für Abgabesysteme verkauft werden, unterliegen der europäischen REACH-Verordnung (REACH= Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals; also Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien). Timken kann nur Schmierstoffe und Schmierfette an Mitgliedsstaaten der Europäischen Union importieren, die bei der Europäischen Chemikalienagentur ECHA (**E**uropean **CH**emical **A**gency) registriert sind. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich an Ihren Timken-Vertriebsingenieur.*

Die in diesem Katalog gezeigten Produkte des Unternehmens Timken können direkt oder indirekt einer Reihe von regulatorischen Standards und Verordnungen unterliegen, die aus Behörden in den USA, der Europäischen Union oder anderen Ländern weltweit stammen: REACH (EC 1907/2006, RoHS (2011/65/EU), ATEX (94/9/EC), 'CE'-KENNZEICHNUNG (93/68/EEC), CONFLICT MINERALS (Kriegsmineralien) (Abschnitt 1502 des Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act).

Weitere Informationen zur Konformität oder Anwendbarkeit dieser oder anderer nicht näher spezifizierter Standards auf Timken Produkte erhalten Sie von Ihrem Timken Vertriebsingenieur oder Kundendienstansprechpartner.

Dieser Katalog wird regelmäßig aktualisiert. Die neueste Version des Katalogs für ungeteilte Pendelrollenlager-Gehäuseeinheiten von Timken finden Sie unter www.timken.com.

LAGERAUSWAHLPROZESS

Der erste Schritt bei der Auswahl eines Lagers besteht im Ermitteln des optimalen Lagertyps für die Anwendung. Jeder Lagertyp hat Vor- und Nachteile, die von seiner inneren Konstruktion abhängig sind. In Tabelle 1 auf Seite 10 sind die verschiedenen Lagertypen mit unterschiedlichen Leistungsmerkmalen aufgeführt.

Der nächste Schritt besteht darin, die Größenvorgaben für das Lager zu bestimmen, darunter Bohrung, Außendurchmesser und Breite. Dies geschieht durch Festlegung des minimalen Wellen- und maximalen Gehäusedurchmessers und der in der Anwendung für das Lager verfügbaren Breite. Anschließend können aus dem Handbuch Lager ausgewählt werden, die zu den festgelegten Größenvorgaben passen. Innerhalb der Abmessungen können mehrere Lager mit unterschiedlichen Tragfähigkeiten passen.

Der dritte Schritt besteht darin, die bekannten Umgebungsbedingungen und Anwendungsanforderungen zu evaluieren. Zu den Umgebungsbedingungen gehören Faktoren wie Umgebungstemperatur, Belastung, Lagerdrehzahl und Sauberkeit der unmittelbaren Umgebung des Lagers. Anwendungsanforderungen wie Passungen, Lagereinstellung, Schmiermitteltyp, Gehäusetyp und Flanschanordnung werden auf der Grundlage von Geschwindigkeit, Temperatur, Montagebedingungen und Belastungen in der Anwendung festgelegt.

Schließlich werden Berechnungen der Lagerlebensdauer vorgenommen, in die sämtliche Umgebungs- und Anwendungsbedingungen einbezogen werden. Sollten an diesem Punkt noch mehrere Lager zur Auswahl stehen, wird das Lager ausgewählt, das die beste Gesamtleistung für die Anwendung bietet. Eine detaillierte Erklärung dieses Analyseprozesses ist in den folgenden Abschnitten enthalten. Sollten Sie Unterstützung benötigen, nimmt Ihr Timken Ingenieur gerne eine umfassende Berechnung Ihrer Lageranwendung vor.



Interaktive Versionen der Timken Kataloge finden Sie unter www.timken.com/catalogs. Eine Katalog-App für Smartphones oder mobile Geräte ist durch Einlesen des QR-Codes oder unter timkencatalogs.com herunterladbar.

LAGERTYPEN



Kegelrollenlager



Axial-Kegelrollenlager



Zylinderrollenlager



Axial-Zylinderrollenlager



Pendelrollenlager



Axial-Pendelrollenlager



Rillenkugellager



Axial-Kugellager



Schrägkugellager

TABELLE 1. RELATIVE BETRIEBSEIGENSCHAFTEN VERSCHIEDENER LAGERTYPEN

Eigenschaft	Kegel-rollenlager	Axial-Kegelrollenlager	Zylinder-rollenlager	Axial-Zylinder-rollenlager	Pendel-rollenlager	Axial-Pendel-rollenlager	Rillen-kugellager	Axial-Kugellager	Schräg-kugellager
Reine Radiallast	Gut	Ungeeignet	Hervorragend	Ungeeignet	Gut	Ungeeignet	Gut	Schlecht	Befriedigend
Reine Axiallast	Gut	Hervorragend	Ungeeignet	Gut	Befriedigend	Hervorragend	Befriedigend	Hervorragend	Gut
Kombinierte Belastung	Hervorragend	Schlecht	Befriedigend	Ungeeignet	Gut	Befriedigend	Gut	Schlecht	Hervorragend
Momentbelastung	Hervorragend	Schlecht	Ungeeignet	Ungeeignet	Ungeeignet	Ungeeignet	Befriedigend	Schlecht	Gut
Hohe Steifigkeit	Hervorragend	Hervorragend	Gut	Hervorragend	Gut	Gut	Befriedigend	Gut	Gut
Reibungsarm	Gut	Gut	Hervorragend	Schlecht	Befriedigend	Befriedigend	Hervorragend	Gut	Gut
Fehlausrichtung	Schlecht	Schlecht	Schlecht	Ungeeignet	Hervorragend	Hervorragend	Gut	Schlecht	Schlecht
Festlagerposition (fest)	Hervorragend	Gut	Befriedigend	Befriedigend	Gut	Gut	Gut	Hervorragend	Gut
Loslagerposition (verschiebbar)	Gut	Ungeeignet	Hervorragend	Ungeeignet	Gut	Ungeeignet	Gut	Ungeeignet	Gut
Geschwindigkeit	Gut	Gut	Hervorragend	Schlecht	Befriedigend	Befriedigend	Hervorragend	Hervorragend	Hervorragend

RILLENKUGELLAGER

Obwohl Rillenkugellager in erster Linie für Radiallasten konzipiert sind, erbringen sie relativ gute Leistungen auch unter Axial- oder kombinierten Radial-Axiallastbedingungen.

Bei Rillenkugellagern, auch Conrad-Lager oder Lager ohne Füllnut genannt, wird der Innenring gegenüber dem Außenring exzentrisch verschoben, und Kugeln werden in den Raum zwischen beiden Ringen eingebracht. Mit dieser Methode kann nur wenig mehr als die Hälfte des Ringraums zwischen Innen- und Außenring mit Kugeln gefüllt werden. Daher ist die Kapazität begrenzt.

Um die Kapazität zu erhöhen, kann eine Füllnut in den Innenring eingebracht werden, um Kugeln einzufügen. Nach dem Einsetzen der Kugeln wird die Füllnut mit einem Einsatz geschlossen. Durch die höhere Zahl von Kugeln wird die radiale Tragfähigkeit erhöht, die axiale Tragfähigkeit allerdings durch die Füllnut beeinträchtigt.

Lager ohne Füllnut bzw. Conrad-Lager werden durch das Suffix K bezeichnet, Lager mit Füllnut durch das Suffix W.

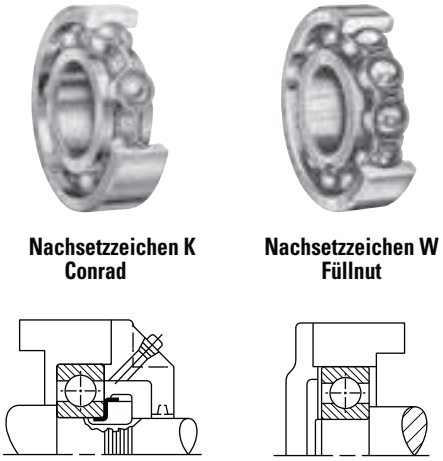


Abb. 1. Typische Lagerungen für Rillenkugellager

KUGELLAGER MIT SPRENGRINGEN (WIRELOC)

Einreihige Rillenkugellager, einschließlich abgedichteter oder abgeschirmter, sowie abgeschirmte doppelreihige Typen sind mit Sprengringen verfügbar. Der Sprengring ragt über eine Nut im Außenring hinaus und dient zur Positionierung des Lagers. Er dient der Montage in Gehäusen ohne Anlageschultern. Dieses Merkmal wird durch das Suffix G gekennzeichnet, der zur Standardlagerbezeichnung hinzugefügt wird. Einfach abgeschirmte oder abgedichtete Lager mit Sprengring sind in folgenden Varianten verfügbar: mit dem Sprengring auf der Seite der Abschirmung oder Dichtung oder auf der gegenüberliegenden Seite.

Diese Lager sind insbesondere geeignet für Automobilgetriebe und Anwendungen, in denen es auf Kompaktheit ankommt oder wenn die Herstellung von Gehäuseschultern schwierig und kostspielig wäre. Der Sprengring bietet dem Lager eine adäquate Schulter, ohne die Lagerkapazität zu beeinträchtigen. Die Axiallastkapazität des Sprengrings bei Scherkräften liegt über der axialen Tragfähigkeit des Lagers.

Untenstehend finden Sie typische Beispiele für eine vereinfachte Montage durch Verwendung von Lagern mit Sprengringen.

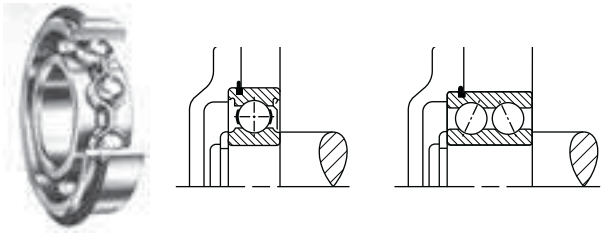


Abb. 2. Typische Lagerungen für Lager mit Sprengring

SCHRÄGKUGELLAGER

EINREIHIG

Einreihige Schrägkugellager sind für kombinierte Lasten mit hoher Axialtragfähigkeit in einer Richtung geeignet und werden für Anwendungen empfohlen, bei denen die Axiallast so hoch ist, dass Rillenkugellager nicht verwendet werden können. Sie sind jeweils mit einreihigen Rillenkugellagern derselben Größe austauschbar.

Das Schrägkugellager verfügt über einen relativ großen Kontaktwinkel, hohe Ringbreiten und eine maximale Kugelanzahl, die durch eine Bohrung im Außenring eingebracht wird. Lager mit diesen Merkmalen verfügen über eine signifikant höhere axiale Tragfähigkeit als Rillenkugellager derselben Größe.

Schrägkugellager werden in Anwendungen wie Untersetzungsgetrieben, Pumpen, Schneckengetrieben, Vertikalanwendungen und Werkzeugmaschinenspindeln verwendet, wo sie meist in einreihigen Anordnungen montiert werden.

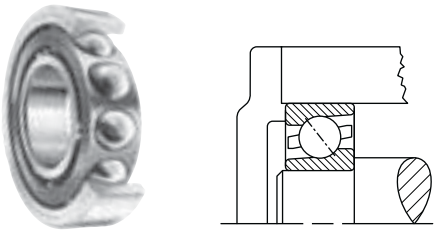


Abb. 3. Typische Lagerung für einreihige Schrägkugellager

DOPPELREIHIG

Doppelreihige Schrägkugellager kommen dort effektiv zum Einsatz, wo hohe kombinierte oder axiale Radiallasten axiale Steifigkeit der Welle erforderlich machen. Dieser Typ entspricht aufgrund zweier Kugelreihen und der schrägen Konstruktion einem doppelten Paar einreihiger Lager und bietet größere axiale und radiale Steifigkeit als ein einreihiges Radiallager.

Außer bei kleinen Größen werden doppelreihige Kugellager mit Füllnut hergestellt und haben daher eine geringere axiale Tragfähigkeit als paarig verbaute einreihige Schrägkugellager. Im Folgenden sind Fest- und Loslagerkonstruktionen von doppelreihigen Kugellagern dargestellt. Kleinere Größen werden mit Polymer-Käfig geliefert.

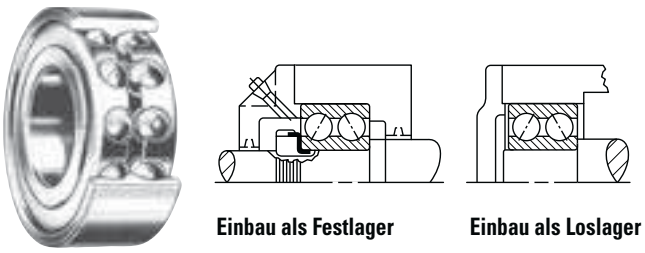


Abb. 4. Typische Lagerungen für doppelreihige Schrägkugellager

PRÄZISIONSLAGER[1]

MINIATUR- UND DÜNNRINGKUGELLAGER

Timken stellt Präzisionskugellager und -baugruppen in Miniatur-, Instrumenten- und Dünnringserien her. Sie alle werden aus Qualitäts-Stahl sowie mit Toleranzen und Merkmalen hergestellt, die den anspruchsvollsten Anwendungen genügen. Diese Präzisionslager und -baugruppen werden in chirurgischen und diagnostischen Bildgebungsgeräten, in Präzisionspumpen, Mess- und Fördergeräten sowie in Leit- und Waffensystemen und Raumfahrtanwendungen verwendet. Standardgrößen reichen von 1 mm bis 279,40 mm Bohrung (0,0250 Zoll bis 11,000 Zoll).

Rillenkugellager

Diese Conrad-Lager sind in Präzisionsklassen von ISO P5/ABEC 5 bis ISO P4/ABEC 7 als Standardkatalogangebot erhältlich. Die Rillenkonstruktion ermöglicht die Aufnahme radialer, axialer und kombinierter Lasten. Sie werden vornehmlich mit 440C-Edelstahlringen und -kugeln und mit einteiligen, vollständig maschinell bearbeiteten Schnappkäfigen aus Phenolharz angeboten. Zusätzlich zu 52100 sind auch andere Werkstoffe und Käfigoptionen sowie Abschirmungen, Dichtungen und Keramik- oder Titankarbid-beschichtete Kugeln erhältlich. Für Miniaturprodukte werden Flansche angeboten. Typische Anwendungsbereiche sind Leitsysteme, medizinische Anwendungen (chirurgische Instrumente und Geräte) und robotische Gelenke.



Abb. 5. Rillenkugellager

Schrägkugellager

Schrägkugellager zeichnen sich durch eine maximale Kugelanzahl in einem einteiligen präzisionsgefrästen Käfig aus. Durch die erhöhte Kugelzahl wird in Verbindung mit einem relativ großen Kontaktwinkel die axiale Steifigkeit maximiert. Schrägkugellager werden mit gleichen Toleranzen und Standards hergestellt wie Rillenkugellager. Ringe und Kugeln bestehen zumeist aus 440Cer Edelstahl; es werden jedoch auch andere Materialoptionen angeboten. Stahl- und Keramikkugeln sind standardmäßig erhältlich. In den meisten Anwendungen werden vorgespannte Paare für maximale Steifigkeit, hohe Drehzahlen und präzise Positionierung verwendet. Hierzu gehören chirurgische Handwerkzeuge, Kreiselstabilisatoren und andere Anwendungen, die hohe Drehzahlen oder Steifigkeiten erfordern.



Abb. 6. Schrägkugellager

Geteiltes Kugellager

Diese Lager verfügen über Außenringe, die an einer Stelle radial getrennt sind. So kann der Ring eines radialen Rillenkugellagers für mehr Flexibilität bei der Wahl der Kugelbestückung und des Käfigs geöffnet werden. Hochfeste Edelstahlringe sind auf die geschliffenen Schultern aufgepresst, um ein festes Anliegen und eine stabile Ausrichtung der geteilten Oberfläche während der Handhabung und des normalen Betriebs zu gewährleisten. Vollrollige und Käfigvarianten sind verfügbar.



Abb. 7. Geteiltes Kugellager

Die meisten Anwendungen verfügen über einen eingeschränkten radialen Querschnitt und eine begrenzte axiale Breite. Diese Anwendungen erfordern ein Lager mit maximaler radialer Tragfähigkeit sowie axialer Lastaufnahme in beide Richtungen.

Gelenklager

Gelenklager wurden für räumlich eingeschränkte Umgebungen entwickelt, in denen ein niedriges Drehmoment erforderlich ist. Sie verwenden die Welle als innere Laufbahn. Diese Lager erreichen eine maximale Leistungsdichte mit vollrolliger Bestückung mit größeren Kugeln ohne Käfig oder Innenring. Für die Standardausführung sind Abschirmungen verfügbar. Typische Anwendungsbereiche sind Leitsysteme, z. B. gewerbliche Gyroskope.

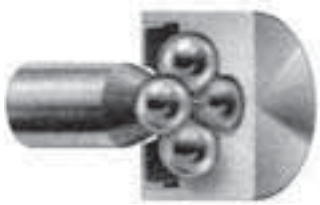


Abb. 8. Gelenklager

Axialkugellager

Diese Lager sind für Anwendungsbereiche konzipiert, in denen hohe Axiallasten, eine niedrige Drehzahl und ein relativ hohes Drehmoment zulässig sind. In der Standardausführung sind sämtliche Komponenten, die Inertstoffe erfordern, aus Edelstahl. Edelstahl ermöglicht den Betrieb als Kraftstoffregler.



Abb. 9. Axial-Kugellager

[1]Weitere Informationen finden Sie im Katalog „Timken Hochpräzisionslager für Werkzeugmaschinen“ (Best.-Nr. 5918) unter www.timken.com.

PRÄZISIONSLAGER – *Fortsetzung*

KEGELROLLENLAGER

Timkens Hochpräzisionskegelrollenlager bestehen aus sorgfältig abgestimmten Komponenten, die einen erhöhten Feinabstimmungsgrad bei der Einstellung des Lagers ermöglichen und so die Maschinenproduktivität maximieren. Timken fertigt Hochgeschwindigkeitsausführungen mit variabler Vorspannfähigkeit, um eine optimale Leistung zu gewährleisten. Timken fertigt außerdem Hochpräzisionslager mit einem Gesamtradialschlag von weniger als einem Mikrometer.

Einreihige Lager des Typs TS und TSF

Diese Lager entsprechen in der Konstruktion den auf Seite 16 beschriebenen Typen. Sie werden ausschließlich in Hochpräzisionsausführung produziert und können in Werkzeugmaschinenspindeln, Druckmaschinenzylindern und anderen Anwendungen, die exakte Rotation erfordern, eingesetzt werden.

TSHR - Hydra-Rib™-Lager mit Vorrichtung zur Regulierung der Vorspannung

In vielen Anwendungen, vor allem in der Werkzeugmaschinenindustrie, müssen Lager bei hohen Drehzahlen unter kontrollierter Vorspannung laufen. Das Hydra-Rib™-Lager verfügt über einen verschiebbaren Außenringbord, der durch hydraulischen oder pneumatischen Druck gesteuert wird. So wird die Einhaltung der erforderlichen Lagervorspannung unabhängig von systeminternen unterschiedlichen Ausdehnungen oder veränderten Belastungen gewährleistet.



Abb. 10. Hydra-Rib™-Lager.

TXR - Kreuzrollenlager

Ein Kreuzrollenlager besteht aus zwei Lagerringen mit Rollen, die im rechten Winkel zueinander stehen und deren Rollen jeweils in entgegengesetzte Richtungen weisen. Die Querschnitthöhe eines TXR-Lagers liegt kaum über der eines TS-Lagers. Die steil gewinkelte Kegelform des Lagers sorgt für eine Projektion des Belastungsschwerpunkts jedes Rings entlang der Achse. So wird ein effektiver Lagergesamtabstand erreicht, der um ein Mehrfaches über der Breite des Lagers liegt. Dieser Lagertyp bietet einen hohen Widerstand gegen Kippmomente.

Die gängigste Ausführung dieses Lagers ist Typ TXRDO. Dieser Typ besitzt einen doppelten Außenring, zwei Innenringe sowie durch Polymerkäfige voneinander getrennte Wälzkörper. Kreuzrollenlager werden in Präzisionsklassen gefertigt.



TXR

Abb. 11. TXR-Kreuzrollenlager

HOCHPRÄZISIONSKUGELLAGER

Die Timken-Reihe von Hochpräzisionskugellagern für Werkzeugmaschinen ist für ISO- und ABEC-Toleranzen konzipiert. Timken fertigt jedoch sämtliche Superpräzisionskugellager gemäß Standards, die strenger als die ISO/ABMA-Kriterien sind. So erhalten Endverbraucher ausschließlich Produkte von höchster Qualität für optimale Maschinenleistung. Spindellager sind die gebräuchlichsten Hochpräzisionskugellager in der Werkzeugmaschinenindustrie. Diese Schrägkugellager werden in erster Linie in präzise gefertigten, bei hohen Drehzahlen laufenden Werkzeugmaschinenspindeln verwendet. Timken stellt Superpräzisionslager für Werkzeugmaschinen in vier metrischen Baureihen mit ISO-Abmessungen her. Darüber hinaus bietet Timken aufgrund spezieller Variationen in Bauform und Geometrie der Lager innerhalb der folgenden Standardserien insgesamt sieben Typen von Schrägkugellagern an:



Abb. 12. Hochpräzisionskugellager

- ISO 19 (Baureihen 9300WI, 9300HX).
- ISO 10 (Baureihen 9100WI, 9100HX, 99100WN).
- ISO 02 (Baureihe 200WI).
- ISO 03 (Baureihe 300WI).

Um wahlweise die Tragfähigkeit oder die Drehzahlleistung zu optimieren, sind angepasste Innengeometrien verfügbar. Die entsprechenden Nachsetzzeichen zur jeweiligen Teilenummer sind: WI, WN, HX oder K. WI-Lager dienen zur Maximierung der Tragfähigkeit bei unterschiedlichen Lagerquerschnitten und finden Verwendung bei niedrigen oder moderaten Drehzahlen. HX ist das bewährte Hochgeschwindigkeitsmodell von Timken. Es bietet erhebliche Vorteile bei höheren Drehzahlen, da es weniger Wärme und geringere Fliehkraftlasten erzeugt. Der Typ WN stellt einen Kompromiss zwischen den Typen WI und HX dar, da er höhere Drehzahlleistungen als WI bietet, im Vergleich zum Modell HX jedoch geringere Kapazität, höhere Steifigkeit und geringere Drehzahlen erzielt.

Die meisten Lagertypen werden mit Kontaktwinkeln von entweder 15 ° (2MM) oder 25 ° (3MM) angeboten. Darüber hinaus hat Timken für höchste Drehzahlanforderungen jetzt auch eine äußerst umfangreiche Auswahl an Hybridlagern vorrätig. Das Rillenkugel- oder Conrad-Lager des Typs K ist ein Hochpräzisionsrillenkugellager, das vor allem in Anwendungen verwendet wird, in denen Belastung und Steifigkeit keine Sätze mit unterschiedlichen Lagern erfordern. Mithilfe der einreihigen radialen Rillenkonstruktion und der Toleranzen auf Hochpräzisionsniveau sind diese Lager für Axiallasten in jeder Richtung geeignet. Außerdem verfügen sie über eine relativ hohe Drehzahlleistung, insbesondere bei

leichter axialer Vorspannung. Timken bietet Hochpräzisionsrillenkugellager in folgenden ISO-konformen Serien an:

- ISO 10 (Baureihe 9100K).
- ISO 02 (Baureihe 200K).
- ISO 03 (Baureihe 300K).

Weitere Informationen finden Sie im Katalog „Timken Hochpräzisionslager für Werkzeugmaschinen" (Best.-Nr. 5918) unter www.timken.com. Oder wenden Sie sich an Ihren Timken-Techniker.

KUGELLAGER MIT WELLENBEFESTIGUNG

Dank ihrer unabhängigen Wellenbefestigung sind diese Lager zur Montage auf durchgängigen Wellen geeignet (und benötigen keine Schultern, usw.). Sie werden häufig mit sphärischem Außenring geliefert, der eine Selbstausrichtung bei der Montage ermöglicht. Eine montierte Ausrichtung ist für gewöhnlich erforderlich, da diese Lager im Allgemeinen in Stehlagergehäusen, Flanscheinheiten oder anderen Gehäusen eingebaut werden, die unabhängig voneinander mit Lagerböcken oder Rahmen verschraubt sind.

EXZENTERRING

Die von Timken erfundene Exzenter-Wellenbefestigung vereinfacht die Montage von Lagern mit breitem Innenring. Der Exzenterring macht Kontermuntern, Sicherungsscheiben, Schultern, Hülsen und Adapter überflüssig.

Der Exzenterring verfügt über eine exzentrische Schulter in der Ringbohrung. Diese exzentrische Schulter korrespondiert mit einem exzentrischen Nockenende des Lagerinnenrings, wenn das Lager mit der Welle verbunden wird.

Der Ring wird mit der Nocke im Innenring des Lagers verschraubt. Diese Einheit sitzt in einer Verbindung fest an der Welle an, die sich im Betrieb weiter anzieht. Weitere Einstellungen sind nicht nötig. Die Sicherungsschraube des Rings ermöglicht eine zusätzliche Sicherung.



**Baureihe RA-RR
Erweiterter Innenring
mit Schließring**



**Mantelringdichtung
Baureihe KRRB
Breiter Innenring
mit Schließring**

Abb. 13. Schließring (exzentrisch)

Am einfachsten zu installieren sind Kugellager mit breitem Innenring mit Exzenterringen, die in verschiedenen Größen verfügbar sind. Diese Lager, die hier mit unterschiedlichen Dichtungen und Innenringbreiten gezeigt werden, erfüllen zahlreiche Funktionen in landwirtschaftlichen und industriellen Anwendungen.

LAGERSERIE MIT SICHERUNGSSCHRAUBEN

Die Baureihen GYA-RRB und GY-KRRB sind Lager mit erweitertem Innenring und breitem Innenring, die über speziell entwickelte Sicherungsschrauben zur Fixierung auf der Welle verfügen. Diese Lager können in Ausführungen erworben werden, bei denen ein Nachschmieren möglich ist. Formschließende, innenringgeführte R-Dichtungen bieten Schutz vor Verunreinigungen und verhindern den Austritt von Schmiermitteln. Lager mit verlängertem Innenring werden in beengten Raumverhältnissen eingesetzt, wenn keine Kippmomente beachtet werden müssen. Die Serie mit breitem Innenring und Sicherungsschraube wird eingesetzt, wenn zusätzliche Stabilität durch erhöhten Oberflächenkontakt auf der Welle erforderlich ist.

Abb. 14. Baureihe YA-RR



KONZENTRISCHER SCHLIESSRING

Mit dem konzentrischen Schließring wird das Lager mit zwei 120 Grad auseinander stehenden Stellschrauben an der Welle gesichert, die am Schließring festgezogen sind und durch Bohrungen in den Innenring führen. Diese Einheiten sind für Anwendungen bei beengten Platzverhältnissen geeignet, in denen eine Umkehr der Laufrichtung auftritt.

Abb. 15. Baureihe GC-KRRB



KEGELROLLENLAGER

EINREIHIGE LAGER

TS – EINREIHIG

Dies ist der allgemeine und am häufigsten verwendete Kegelrollenlagertyp. Er besteht aus der Innenringeinheit und dem Außenring. Es wird üblicherweise als Komponente eines sich ergänzenden Paares verbaut. Bei der Montage können einreihige Lager auf das erforderliche Spiel oder unter Vorspannung gesetzt werden, um die Leistung zu optimieren.



Abb. 16. Einreihiges TS-Lager.

TSF – Einreihig, mit Flansch am Außenring

Der Typ TSF ist eine Variante des einreihigen Standardlagers TS. TSF-Lager verfügen über einen Flansch am Außenring, um die axiale Positionierung zu erleichtern und die Lagersitze in einem Gehäuse ohne Anlageschulter präzise anzupassen.



Abb. 17. Einreihiges TSF-Lager mit Flansch am Außenring.

DOPPELREIHIGE LAGER

TDO – DOPPELTER AUSSENRING

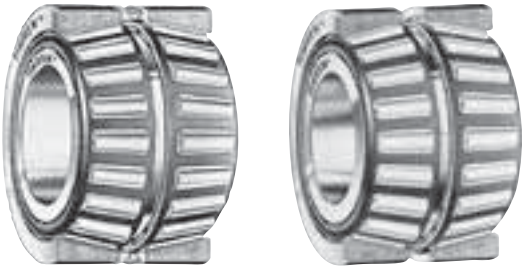
Dieses Lager hat einen einteiligen (doppelten) Außenring und zwei einfache Innenringe. Es wird üblicherweise komplett mit einem Distanzring als voreingestellte Einheit geliefert. Diese Konfiguration bietet einen breiten effektiven Lagerabstand und wird häufig für Anwendungen gewählt, in denen Kippmomente eine signifikante Lastkomponente darstellen. TDO-Lager können als Fest- oder Loslager verwendet werden, um beispielsweise die Ausdehnung der Welle zu kompensieren. TDOCD-Außenringe sind ebenfalls in den meisten Größen erhältlich. Diese Außenringe verfügen über Bohrungen im Außendurchmesser, die den Einsatz von Stiften ermöglichen, um das Rotieren des Außenrings im Gehäuse zu verhindern.



Abb. 18. Zweireihiges TDO-Lager.

TDI – Doppelter Innenring
TDIT – Doppelter Innenring mit konischer Bohrung

Beide Bauarten bestehen aus einem einteiligen (doppelten) Innenring und zwei einreihigen Außenringen. Sie werden normalerweise komplett mit einem Außendistanzring als voreingestellte Lagereinheit geliefert. TDI- und TDIT-Lager eignen sich als Festlager in Anwendungen mit rotierenden Wellen. Bei Anwendungen mit rotierendem Gehäuse kann der Innenring des TDI mit Lossitz auf der stationären Welle montiert werden. Der Typ TDIT verfügt über eine kegelige Bohrung, um den Ausbau zu erleichtern, bei denen gleichzeitig eine Presspassung notwendig und dennoch regelmäßige Demontagen erforderlich sind.



TDI **TDIT**

Abb. 19. Zweireihige Lager mit doppeltem Innenring.

TNA – NICHT EINSTELLBAR
TNASW – Nicht einstellbar, mit Schmiernuten
TNASWE – Nicht einstellbar, mit Schmiernuten und verlängertem Innenring

Diese drei Lagertypen gleichen dem TDO-Lager mit einteiligem (doppeltem) Außenring und zwei einreihigen Innenringen. Die Stirnseiten der Innenringe sind verlängert, sodass sie aneinander anliegen und auf einen Distanzringan den Innenringen verzichtet werden kann. Ausgestattet mit voreingestelltem Lagerspiel für Standardeinstellungen bieten diese Lager eine Lösung für viele Anwendungen als Fest- oder Loslager, wenn höchste Einfachheit im Aufbau erforderlich ist.

Die Typen TNASW und TNASWE sind Varianten mit Fasen und Nuten an den Stirnseiten des Innenrings, über welche Schmiermittel über die Welle zugeführt wird. Lager des Typs TNASWE verfügen über Verlängerungen an den Außenseiten der Innenringe, um die Verwendung einer Dichtung zu ermöglichen. Diese Modelle werden üblicherweise in Anwendungen mit feststehender Welle verwendet.



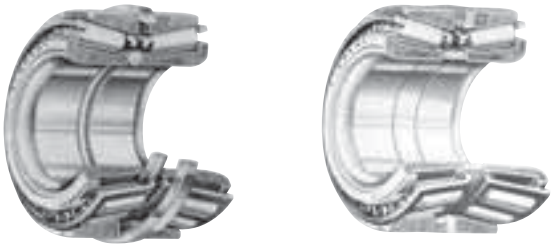
TNA TNASW TNASWE

Abb. 20. Doppelreihige, nicht einstellbare Lager.

VOREINGESTELLTE LAGEREINHEITEN

Jede Kombination von einreihigen Lagern vom Typ TS kann auch als voreingestellte und einbaufertige Lagereinheit geliefert werden, die nach vorgegebenen Maßen und Toleranzen bearbeitet wird.

Lagereinheiten mit Abstandsringen stehen in zwei Grundformen zur Verfügung: „2S“ und „SR“. Mit diesen Konzepten lassen sich kundenspezifische zweireihige Lager anfertigen. So wird zum einen ein Lager mit standardisiertem, berechnetem Einstellbereich der Lagereinheit bereitgestellt, ohne dass eine manuelle Einstellung erforderlich ist. Zum anderen kann die Breite der Lagereinheit durch Veränderung der Breite der Abstandsringe modifiziert werden, um sie an bestimmte Anwendungen anzupassen.



2S SR

Abb. 21. Voreingestellte Lagereinheiten.

2S – Zwei einreihige einheiten

Der Typ 2S, auch Sprengringeinheit genannt, besteht aus zwei einreihigen Standardlagern vom Typ TS. Diese werden komplett mit Distanzringen für Innenteil und Außenring geliefert, um bei der Montage eine vorgegebene Lagereinstellung zu erfüllen. Der Typ 2S verfügt über einen festgelegten Einstellbreich, um den Anforderungen der jeweiligen Anwendung zu entsprechen. Diese Lager besitzen einen Innendistanzring und einen Sprengring, der als Abstandsring für den Außenring dient, um die axiale Positionierung in Gehäusen ohne Schulter zu ermöglichen.

SR – SET-RIGHT™-Baugruppe

Der Typ SR ist für einen Standardeinstellungsbereich konzipiert, der auf der automatisierten Einstellungsmethode SET-RIGHT™ von Timken basiert, und für die meisten industriellen Anwendungen geeignet ist. Sie verfügen über zwei Distanzringe und einen optionalen Sprengring, der zur axialen Positionierung verwendet werden kann. Da für beide Bauarten einreihige Lager in gängigen Größen verwendet werden, stellen sie eine kostengünstige Lösung für zahlreiche Anwendungen dar.

KEGELROLLENLAGER – *Fortsetzung*

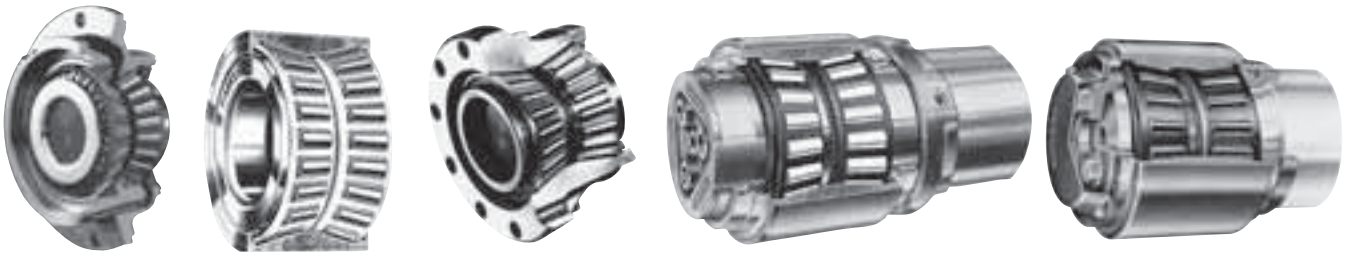
Es gibt drei grundlegende Anordnungen für Lagereinheiten mit Distanzring.

- **Typ 2TS-IM (indirekte oder O-Anordnung)**
  Diese setzt sich aus zwei einreihigen Lagern mit einem Innenring- und einem Außendistanzring zusammen. In verschiedenen Anwendungen wird der Distanzring am Außenring durch eine Schulter im Lagergehäuse ersetzt.
- **Typ 2TS-DM (direkte oder X-Anordnung)**
  Diese besteht aus zwei einreihigen Lagern mit sich berührenden Innenringen und einem Außendistanzring. Sie werden insbesondere als Festlager oder in Anwendungen mit rotierender Welle eingesetzt.
- **Typ 2TS-TM (Tandem-Anordnung)**
  Wenn sowohl Radial- als auch Axiallasten auftreten, die Axialkomponente jedoch die Kapazität eines einzelnen Lagers (für einen gegebenen Außendurchmesser) überschreitet, können zwei einreihige Lager in Tandemanordnung montiert werden.
  Hierzu sind geeignete Distanzringe für Innenring- und Außenring verfügbar. Fragen Sie Ihren Timken-Techniker nach der effektivsten und wirtschaftlichsten Lösung.



Abb. 22. Standardlagereinheiten mit Abstandsring.

KARTUSCHENLAGER



PINION PAC™ UNIPAC™ UNIPAC-PLUS™ AP™ SP™

Abb. 23. Integrierte Lager.

Pinion Pac™-Lager

Das Pinion Pac™-Lager ist ein montagefertiges, voreingestelltes und werkseitig abgedichtetes integriertes Lager, das aus zwei Reihen von Kegelrollenlagern besteht, die in einen Träger montiert sind. Es wurde speziell für Achsanwendungen von schweren Nutzfahrzeugen entwickelt. Die Baugruppe bietet dem Hersteller von Achsanwendungen eine deutlich höhere Zuverlässigkeit, vereinfacht die Montage und verbessert die Lieferlogistik.

UNIPAC™-Lager

Das UNI PAC-PLUS™-Lager ist eine montagefertige, voreingestellte, werkseitig vorgeschmierte und abgedichtete doppelreihige Lagereinheit mit einem Flansch am Außenring. Ursprünglich für die hohen Ansprüche von Rädern von Passagierfahrzeugen konzipiert, wird das UNIPAC-Lager mittlerweile auch in Radnaben von Nutzfahrzeugen oder in Industriegeräten eingesetzt.

Das UNIPAC-Lager bietet höhere Zuverlässigkeit, vereinfachte Montage und verbesserte Lieferlogistik.

UNIPAC-PLUS™-Lager

Das UNIPAC-PLUS™-Lager ist ein montagefertiger, voreingestellter, abgedichteter doppelreihiger Bausatz mit einem Außenring mit Flansch. Es ist für die voraussichtliche Lagerlebensdauer geschmiert. Es ist konzipiert für Fahrwerke, die mäßigen bis schweren Lasten ausgesetzt sind. Das UNIPAC-PLUS-Lager bietet die Vorzüge höherer Zuverlässigkeit, reduzierten Gewichts und vereinfachter Montage.

AP™-Wälzlager

Das AP™-Lager stellt eine eigenständige Baugruppe dar, die in zahlreichen Größen verfügbar ist. Sie besteht aus zwei einzelnen Innenringen, einem doppelten Außenring, einem Stützring, zwei radialen Dichtungen, einer Verschlusskappe und Verschlussschrauben. Das AP-Lager wird als voreingestellte, vorgeschmierte und abgedichtete Paketlösung geliefert. Ursprünglich wurde es für Achszapfen von Eisenbahnen konzipiert, wird jedoch auch in zahlreichen Industrieanwendungen verwendet.

SP™-Lager

Das SP™-Lager ist konzeptuell mit dem AP-Lager vergleichbar und wurde für Eisenbahn-Achslageranwendungen konzipiert. Das SP-Lager unterscheidet sich vom AP-Lager durch die kompaktere Größe und die Herstellung gemäß metrischer Maße.

HOCHGESCHWINDIGKEITSLAGER

TSMA – Einreihig mit Axialschmierungung
TSMR – Einreihig mit Radialschmierung

Für verschiedene Anwendungen ist eine hohe Drehzahl erforderlich. Dabei müssen besondere Schmiermethoden angewendet werden.

TSMA und TSMR sind einreihige Lager mit Kanälen zur Schmierung wichtiger Kontaktbereiche zwischen WälzkörperWälzkörper und Führungsbord, um angemessene Schmierung bei hohen Drehzahlen zu gewährleisten. Bei der TSMA-Bauweise wird Öl in einem am Innenring angebrachten Verteiler aufgefangen, das dann durch axial in die große Innenringrippe gebohrte Öffnungen auf den Kontakt zwischen Wälzkörper und Führungsbord geleitet wird. Die TSMR-Funktionsweise ist ähnlich, allerdings sind die Öffnungen radial von der Innenringbohrung zur Front des Führungsbords geführt. Das Öl wird in einer umlaufenden Rille in der Innenringbohrung aufgefangen. Es wird durch radiale Öffnungen zum Kontaktbereich zwischen Wälzkörper und Führungsbord geführt.



Abb. 24. TSMA-Lager

WEITERE DOPPELREIHIGE LAGER

Typ TDIE – Verlängerter doppelter Innenring
Typ TDIA – Verlängerter einzelner Innenring

Diese doppelreihigen Lager sind für Anwendungen konzipiert, in denen der mit Lossitz montierte Innenring auf eine Welle gesichert werden muss und Möglichkeiten für effektive Dichtung benötigt werden. Zu den typischen Anwendungen gehören Stehlagergehäuse, Scheibeneggen und ähnliche Wellen und Wellenbausätze in landwirtschaftlichen Maschinen.

Typ TDIE ist in zwei Formen verfügbar – mit Zylinderbohrung und an beiden Enden verlängertem Innenring mit Sicherungsring oder Schrauben, oder mit integrierter selbstsperrender Vierkantbohrung, die sich ideal für Landmaschinen eignet.

Typ TDIA entspricht Typ TDIE mit Zylinderbohrung. Dieser verfügt nur an einem Ende über eine Aufnahme für Sicherungsringe. Diese kompakte Konfiguration ist für Stehlagergehäuse und ähnliche Anwendungen geeignet.

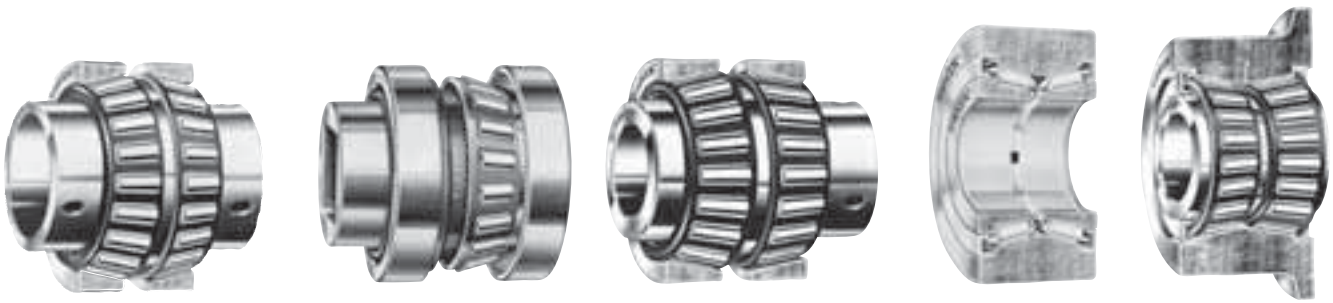
Bei allen Typen bietet der gehärtete und geschliffene Außendurchmesser der verlängerten Innenringe eine exzellente Oberfläche für eine effektive Abdichtung.

Typ TNASWH – Nicht einstellbar, Schwerlastbaureihe mit doppeltem Außenring
Typ TNASWHF – Nicht einstellbar, Schwerlastbaureihe mit Flansch am doppeltem Außenring

Hierbei handelt es sich um doppelreihige Lagereinheiten mit zwei Innenringen und einem einteiligen Außenring, ähnlich wie Typ TNASWE auf Seite 17 dieses Handbuchs.

Die Außenringe verfügen über eine große Wandstärke (Typ TNASWH), sodass die Lager direkt als Lünettenrollen, in Blech- und Bandrichtmaschinen oder, in der Bauform mit Flansch (Typ TNASWHF), als komplettes Räderwerk zum Einsatz auf Schienen verwendet werden können.

Der Außenring verfügt an beiden Stirnflächen über Eindrehungen, die zur Aufnahme von Abdichtungen dienen. Für einige Größen sind berührende Dichtungen verfügbar. Diese Lager werden üblicherweise als gefettete, vormontierte Einheiten geliefert.



TDIE **TDIE (Vierkantbohrung)** **TDIA** **TNASWH** **TNASWHF**

Abb. 25. Weitere doppelreihige Lager

VIERREIHIGE LAGER

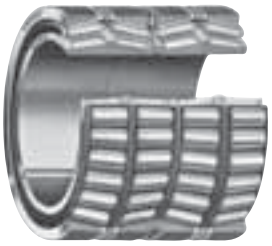
Vierreihige Lager kombinieren die Fähigkeiten von Kegelrollenlagern, wie hohe radiale/axiale Belastung und die Variationsmöglichkeiten für direkte oder indirekte Montage, zu Bausätzen mit maximalen Tragfähigkeiten auf kleinstem Raum. Ihr Haupteinsatzgebiet sind die Walzenzapfen von Walzwerken.

Alle vierreihigen Lager werden als voreingestellte Einheiten mit zugeordneten Komponenten geliefert, um eine korrekte Montagereihenfolge zu gewährleisten.

Typ TQO – Lagereinheit mit vier Kegellagern
Typ TQOW – Lagereinheit mit vier Kegellagern mit Schmiernuten

Diese Paare von in X-Anordnung montierten Lagern bestehen aus zwei doppelten Innenringen, zwei einfachen und einem doppelten Außenring, einem Innendistanzring und zwei Außendistanzringen. Diese Typen werden in Walzenzapfen von Walzwerken mit niedrigen und mittleren Drehzahlen eingesetzt. Dabei sind sie mit Lossitz auf dem Zapfen montiert. Wenn die Schultern oder Schulterringe über keine Schmiernuten verfügen, befinden diese sich in den Stirnseiten der Lagerinnenringe (Typ TQOW). Durch Nuten im Distanzring am Innenring kann das Schmiermittel aus dem Lager zum Walzenzapfen fließen. Die Distanzringe des Innenrings sind außerdem gehärtet, um den Verschleiß der Stirnseiten zu minimieren.

Abb. 26. Vierreihige Lagereinheiten



TQO/ TQOW

Abgedichtete Walzenzapfenlager

Das abgedichtete Walzenzapfenlager entspricht dem Typ TQO. Eine eigens entwickelte Dichtungsanordnung ist in das Lager integriert, um Umgebungen mit hoher Verschmutzung standhalten zu können. Die spezielle Dichtungskonstruktion ist im Lager integriert, um das Eindringen von Schmutz in das Lager zu verhindern und so die Lagerlebensdauer zu verlängern.

Abb. 27. Abgedichtetes Walzenzapfenlager



Typ TQITS
Typ TQITSE

Das wichtigste Merkmal dieser Lager besteht in einer Kegelbohrung – der Kegel ist angepasst und setzt sich durch die Innenringe hindurch fort. Dies ermöglicht eine Presspassung an den Stützwalzen von Walzwerken mit hoher Drehzahl, wo Lossitze eines Lagers des Typs TQO mit zylindrischer Bohrung zu übermäßigem Zapfenverschleiß führen könnte.

Diese vierreihigen Lager bestehen aus zwei Paaren von in O-Anordnung montierten Lagern mit zwei einfachen und einem doppelten Innenring, vier einfachen Außenringen und drei Außendistanzringen. Die benachbarten Stirnseiten der Innenringe sind verlängert und liegen aneinander, sodass auf einen separaten Distanzring für den Innenring verzichtet werden kann. Durch die indirekte Montage der Lagerpaare wird der effektive Gesamtabstand des Lagers erhöht, um größtmögliche Stabilität und Walzensteifigkeit zu gewährleisten.

Typ TQITSE entspricht TQITS, verfügt jedoch über einen verlängerten Innenring zur direkten Anlage an den Walzenballen. Dies sorgt nicht nur für eine gehärtete, konzentrische und glatte Oberfläche für radiale Lippendichtungen, es verbessert auch die Steifigkeit des Walzenzapfens, da kein Schulterring mehr erforderlich ist. Auf diese Weise kann die Lagermitte enger an den Walzenballen herangeführt werden. Darüber hinaus wird der Einsatz kürzerer und damit kostengünstigerer Rollen ermöglicht.



TQITS **TQITSE**

Abb. 28. Vierreihige Lager mit konischer Bohrung

ABGEDICHTETE LAGER

TSL

Timken bietet ein breites Sortiment an abgedichteten Lagern wie z. B. das in Abb. 29 gezeigte TSL-Lager mit der Dichtung DUO-FACE® PLUS. Das TSL-Lager mit integrierter DUO-FACE PLUS-Dichtung ist eine kostengünstige Lösung für Anwendungen mit Fettschmierung bei moderaten Drehzahlen. Weitere Dichtungsausführungen finden Sie im Abschnitt Dichtungen im hinteren Teil dieses Handbuchs.



Abb. 29. Abgedichtetes TSL-Lager

AXIALLAGER

In diesem Abschnitt sind u. a. von Timken hergestellte Standard-Axiallager aufgeführt. Sämtliche Typen sind für Axiallasten vorgesehen, vier davon (TVL, DTVL, TTHD und TSR) nehmen darüber hinaus auch Radiallasten auf. Alle Typen entsprechen innovativen Entwurfskonzepten, mit großen Wälzelementen für maximale Tragfähigkeit. In Axiallagern werden profilierte Wälzkörper eingesetzt, um gleichmäßigen Linienkontakt zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen und damit höchste Tragfähigkeit zu gewährleisten. Axiallager sollten unter kontinuierlicher Last betrieben werden, um fortlaufend gute Leistungen zu erzielen.

Typ TVB – Axial-Rillenkugellager

Typ TVL – Axial-Schrägkugellager

Typ DTVL – Zweirichtungs-Axial-Schrägkugellager

Typ TP – Axial-Zylinderrollenlager

Typ TPS – Selbstausrichtendes Axial-Zylinderrollenlager

Typ TTHD – Axial-Kegelrollenlager

Typ TSR – Axial-Pendelrollenlager

Typ TTHDFL –Axial-Kegelrollenlager mit Laufscheibe

Typ TTVS – Selbstausrichtendes Axial-Kegelrollenlager mit Laufscheibe

Typ TTSP – Axial-Zylinderrollenlenklager

AXIALKUGELLAGER

Axialkugellager sind für geringere Lasten und höhere Drehzahlen besser geeignet als Axialrollenlager. Die Typen TVB, TVL und DTVL sind in Abb. 30 dargestellt.

Das Axialkugellager des Typs TVB ist separierbar und besteht aus zwei gehärteten und geschliffenen Stahlringen mit Laufrillen und einem Käfig, in dem sich präzisionsgeschliffene und -geläppte Kugeln voneinander getrennt befinden. Das Standardmaterial des Käfigs ist Messing, kann jedoch je nach den Erfordernissen der Anwendung variiert werden. Die Timken Standardtoleranzen für Lager vom Typ TVB entsprechen, wo zutreffend, ABEC 1, es sind jedoch höhere Präzisionsgrade verfügbar.

Lager des Typs TVB bieten axiale Steifigkeit in eine Richtung. Radialbelastung wird nicht empfohlen. Für gewöhnlich ist der rotierende Ring an der Welle montiert. Der feststehende Ring sollte mit ausreichend Außendurchmesser-Spiel im Gehäuse montiert sein, damit das Lager die richtige Betriebsposition einnehmen kann. Bei den meisten Größen haben Bohrung und Außendurchmesser beider Ringe dieselben Maße. Das Gehäuse darf den Außendurchmesser des rotierenden Rings nicht behindern. Darüber hinaus muss die Welle gestuft sein, um keinen Kontakt zur Bohrung des stationären Rings zu haben.

Typ TVL ist ein trennbares Schrägkugellager, das vorrangig für unidirektionale Axiallasten konzipiert ist. Die schräge Konstruktion ist jedoch auch für kombinierte Radial- und Axiallasten geeignet, da die Lasten in schrägem Winkel durch die Kugeln abgeleitet werden.

Das Lager verfügt über zwei gehärtete und geschliffene Stahlringe mit Laufrillen und einem einteiligen Messingkäfig, in dem die Kugeln auf Abstand gehalten werden. Auch wenn es sich nicht um ein Schrägkugellager im eigentlichen Sinne handelt, wird auch hier der größere Ring als Außen- und der kleinere als Innenring bezeichnet. Timken Standardtoleranzen für Lager des Typs TVL entsprechen, wo zutreffend, ABEC 1, es sind jedoch höhere Präzisionsgrade verfügbar.

Gewöhnlich bildet der Innenring das Rotationselement und ist an die Welle montiert. Der Außenring ist in der Regel feststehend und sollte außen mit Spiel montiert sein, damit das Lager die richtige Betriebsposition einnehmen kann. Bei kombinierten Lasten muss der Außenring radial im Gehäuse positioniert sein.

TVL-Lager sollten immer unter Axialbelastung arbeiten. Normalerweise ist dies kein Problem, da das Lager gewöhnlich an Vertikalwellen bei Drehtischen in Ölbohranlagen und in Indexiertischen bei Werkzeugmaschinen eingesetzt wird. Wenn keine konstante Axiallast vorliegt, sollte das Lager durch Federn oder andere Vorrichtungen vorgespannt werden.

Geringe Reibung, niedrige Betriebstemperaturen und ruhiger Betrieb sind die Vorteile von TVL-Lagern, die mit relativ hohen Drehzahlen betrieben werden können. TVL-Lager sind außerdem weniger anfällig für Ausrichtungsfehler als andere Typen von steifen Axiallagern.

DTVL- und TVL-Lager ähneln sich in der Bauweise. Allerdings haben DVTL-Lager eine zweite Reihe, sodass eine moderate Axiallast in die eine und eine leichte Axiallast in die andere Richtung aufgenommen werden kann.

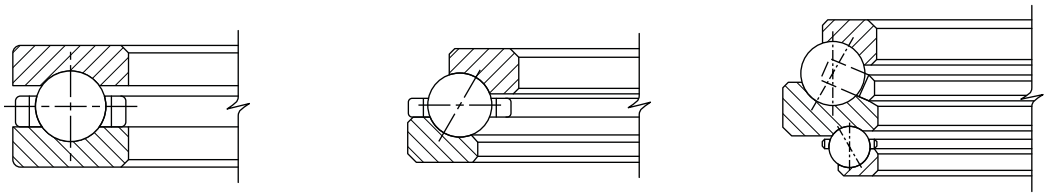


Abb. 30. Axial-Kugellagertypen

AXIAL-ZYLINDERROLLENLAGER

Axial-Zylinderrollenlager halten auch schweren Lasten bei verhältnismäßig moderaten Drehzahlen stand. Standardaxiallager können bei Umfangsgeschwindigkeiten des Lageraußendurchmessers von 15 m/s (3000 fpm) betrieben werden. Die Lager und Einheiten können über spezielle Konstruktionsmerkmale entsprechend angepasst werden, damit höhere Betriebsdrehzahlen erreicht werden.

Bei Axial-Zylinderrollenlagern sollten Hochdruckschmierstoffe (EP) verwendet werden, da üblicherweise hohe Lasten auftreten. Die Schmierstoffe sollten vorzugsweise an der Lagerbohrung eingebracht und durch die Zentrifugalkraft verteilt werden.

Alle Typen von Axialrollenlagern sind nach den Timken-Standardtoleranzen gefertigt. Wenn benötigt, kann eine höhere Präzision zur Verfügung gestellt werden.

Axial-Zylinderrollenlager des Typs TP verfügen über zwei gehärtete und geschliffene Stahlringe sowie über einen Käfig, in dem sich in jeder Tasche mindestens ein Wälzkörper mit kontrolliertem Profil befindet. Bei zwei oder mehr Wälzkörpern in einer Tasche sind diese verschieden lang und jeweils versetzt in benachbarten Käfigtaschen angeordnet, damit überlappende Kontaktbahnen entstehen. Dies verhindert Riefen aufgrund von Abrieb in den Laufbahnen und verlängert die Lagerlebensdauer.

Lager des Typs TP sind aufgrund ihrer einfachen Bauweise eine wirtschaftliche Lösung. Der Wellen- und Gehäusesitz muss rechtwinklig zur Rotationsachse ausgerichtet sein, um Fehlausrichtungen zu verhindern.

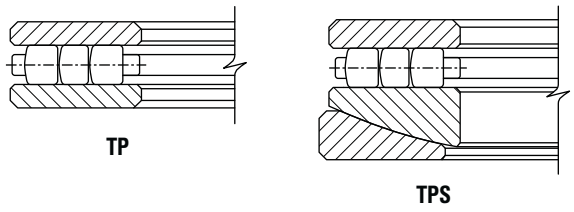


Abb. 31. Axial-Zylinderrollenlager

TPS-Lager entsprechen Lagern des Typs TP. Allerdings ist einer der Ringe sphärisch geschliffen, und liegt an einem Ausgleichsring an, um anfängliche Fluchtungsfehler des Lagers auszugleichen. Bei Betriebsbedingungen, in denen sich die Ausrichtung kontinuierlich verändert (dynamische Fehlausrichtung), wird eine Verwendung dieser Lager nicht empfohlen.

AXIAL-PENDELROLLENLAGER

Typ TSR

Die Bauweise des TSR-Axial-Pendelrollenlagers verbindet eine hohe Axiallastkapazität mit niedriger Reibung und einer kontinuierlichen Rollenausrichtung. Die Lager können sowohl reine Axiallasten als auch kombinierte Radial- und Axiallasten aufnehmen. Typische Anwendungen sind Lüfter, Zentrifugalpumpen und Tiefbrunnenpumpen. Der maximale axiale Ausrichtungsfehler beträgt ±2,5 Grad.

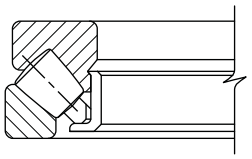


Abb. 32. Axial-Pendelrollenlager des Typs TSR

AXIAL-KEGELROLLENLAGER

Typ TTHD

Axial-Kegelrollenlager des Typs TTHD verfügen über ein identisches Paar gehärteter und geschliffener Stahlringe mit kegelförmigen Laufbahnen und kegeligenWälzkörpern mit kontrolliertem Profil, die durch einen Käfig gleichmäßig auf Abstand gehalten werden. Die Laufbahnen beider Ringe und der Kegel-Wälzkörper haben einen gemeinsamen Scheitelpunkt im Lagerzentrum. Dadurch wird ein reines Abwälzen sichergestellt.

TTHD-Lager sind insbesondere für Anwendungen wie Kranhaken geeignet, bei denen extrem hohe Axiallasten und starke Stoßlasten auftreten und wo eine radiale Positionierung erforderlich ist.

Für Anwendungen mit sehr niedriger Drehzahl und schweren Lasten werden diese Lager für eine maximale Kapazität mit einer vollrolligen Ausführung versehen. Für eine Übersicht der vollrolligen Lager des Typs TTHD wenden Sie sich an Ihren Timken-Techniker.

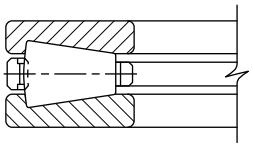


Abb. 33. Axial-Kegelrollenlager Typ TTHD

AXIALLAGER – FORTSETZUNG

TTC ohne Käfig
TTSP-Lenkschenkel

Für Anwendungen, in denen ausschließlich Axiallasten auftreten, gibt es zwei Basistypen von Timken-Axial-Kegelrollenlagern, TTC und TTSP. Das TTC-Lager ist vollrollig, verwendet keinen Käfig und kommt bei niedrigen Drehzahlen zum Einsatz. TTSP-Lager verwenden einen Käfig und sind gut geeignet für oszillierende Bewegungen von Lenkanwendungen..



TTC



TTSP

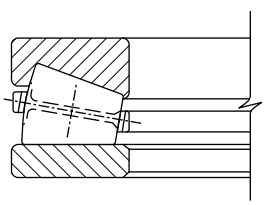
Typ TTHDFL
Typ TTHDSX

Typ TTVS
Typ TTHDSV

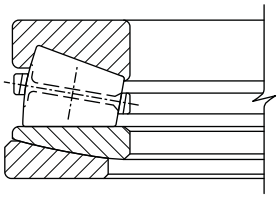
V-Flat-Kegelrollenlager (TTHDFL und TTVS) vereinen die positiven Eigenschaften von Axial-Kegel- und -Zylinderrollenlagern und bieten so die höchstmögliche Kapazität aller Axiallager ihrer Größe. Die V-Flat-Bauweise besteht aus einem flachen Ring und einem zweiten Ring mit einer kegelförmigen, den Wälzkörpern angepassten Laufbahn. Die Konstruktion war ursprünglich zur Walzenanstellung in Walzwerken vorgesehen, in denen die Axiallasten meist mehr als 450 Tonnen betrugen. Diese Lager verfügen über außergewöhnliche dynamische Fähigkeiten innerhalb eines vorgegebenen Raums und bieten hervorragende statische Fähigkeiten. Sie werden in schwerbelasteten Schneckenpressen, Kegelbrechern und anderen Anwendungen mit unterschiedlichen Betriebsbedingungen eingesetzt.

Die meisten Baugrößen verwenden Käfige mit gehärteten Bolzen , welche die durchbohrten Wälzkörper aufnehmen. Dadurch kann der Abstand zwischen den Wälzkörpern verringert und die Kapazität maximiert werden. Die kleineren Baugrößen verfügen über sorgfältig bearbeitete Messingkäfige, um eine umfassende Schmiermittelversorgung zu ermöglichen.

Bei selbstausrichtenden V-Flat-Lager (TTVS) weisen Wälzkörper und Laufbahn den gleichen Grundaufbau auf, allerdings besteht der untere Ring aus zwei Teilen, bei denen die Kontaktflächen kugelförmig geschliffen sind, um bei anfänglichen Fehlausrichtungen eine Selbstausrichtung zu ermöglichen. TTVS-Lager sollten nicht verwendet werden, wenn eine dynamische Fehlausrichtung (veränderlich unter Last) erwartet wird.



TTHDFL



TTVS



TTHDFL



TTHDSV



TTHDSX

Abb. 34. Axial-Kegelrollenlager

RADIAL-PENDELROLLENLAGER

Folgende Grundtypen von Radial-Pendelrollenlagern werden von Timken angeboten:

- Außendurchmesser ≤ 400 mm: EJ, EM und EMB.
- Außendurchmesser > 400 mm: YM, YMB, YMD und YP.

Die neu entwickelten EJ-, EM- und EMB-Lager von Timken® bieten im Vergleich zum bisherigen Angebot höhere Tragzahlen, höhere thermische Bezugsdrehzahlen und geringere Betriebstemperaturen.

Zusätzlich zu diesen Verbesserungen unterscheiden sich die Typen der Käfigkonstruktionen wie im Folgenden aufgeführt. Nähere Einzelheiten finden Sie im Abschnitt „Käfige".

Bauform	Käfigkonstruktion
EJ	Innenringgeführter Stahlkäfig (einer pro Reihe)
EM/YM	Einteiliger, rollengeführter Messingkäfig
EMB/YMB	Einteiliger, innenringgeführter Messingkäfig
YMD	Zweiteiliger, innenringgeführter Messingkäfig
YP	Bolzenkäfig aus Stahl



Abb. 35. Radial-Pendelrollenlager

Die meisten Pendelrollenlager von Timken sind sowohl mit Zylinderbohrung als auch mit Kegelbohrung erhältlich. Lager mit Kegelbohrung werden mit einem K-Nachsetzzeichen in der Teilenummer ausgewiesen.

Standardmäßig wird ein Kegel von 1:12 verwendet, mit Ausnahme der Serien 240, 241 und 242, die einen Kegel von 1:30 aufweisen.

OPTIONALE AUSSTATTUNG FÜR PENDELROLLENLAGER VON TIMKEN

W33 Schmiernut und Ölbohrungen

Der Außenring des Lagers enthält standardmäßig eine Schmiernut und drei Ölbohrungen. Dies wird durch das Suffix W33 angegeben. So muss kein Kanal in die Gehäusebohrung gefräst werden, um Schmiermittel in das Lager einzufüllen. Durch dieses Konstruktionsmerkmal kann das Schmiermittel durch ein einzelnes Schmierelement zwischen die Rollenbahnen fließen. Das Schmiermittel wird ausgehend von der Mitte des Lagers seitwärts nach außen über alle Kontaktflächen verteilt und umspült so das Lager. Fügen Sie zum Bestellen das Nachsetzzeichen W33 an die Lagernummer an (z. B. 22216EMW33).

Lager für Anwendungen mit Vibrationsbeanspruchung

Timken bietet Pendelrollenlager, die speziell für Anwendungen mit Vibrationsbeanspruchung konstruiert wurden. Sie sind durch den Modifizierungscode W800 ausgewiesen und weisen ein Spiel mit dem Wert C4 auf. Geben Sie bei der Bestellung W800 an. Diese Konstruktion bietet Folgendes:

- Eine Schmiernut am Außenring mit drei Schmierbohrungen zur Förderung der Lagerschmierung.
- Besonders hohe Laufgenauigkeit (gemäß P5) mit Markierung des höchsten und niedrigsten Punkts auf dem Lager.
- Geringere Bohrungs- und Außendurchmessertoleranz.
- Die radiale Lagerluft liegt in den oberen 2/3 des C4-Bereichs.

Diese Lager sind entweder mit Zylinder- oder Kegelbohrung erhältlich.

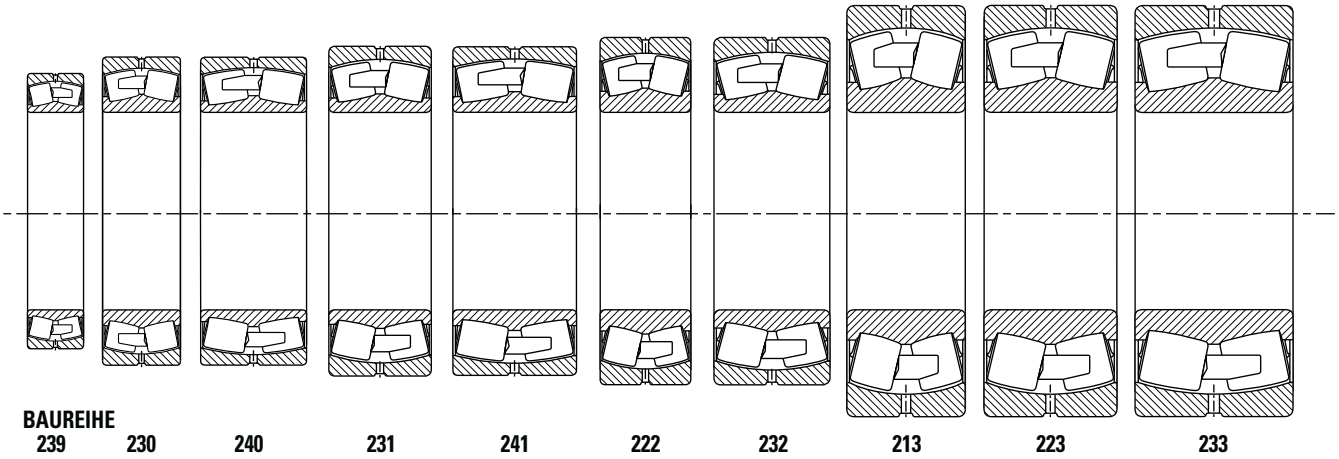


Abb. 36. Baureihen der Radial-Pendelrollenlager

RADIAL-ZYLINDERROLLENLAGER

STANDARDBAUFORMEN

Zylinderrollenlager von Timken® bestehen aus einem Innen- sowie einem Außenring, einem Wälzkörperkäfig und zylindrischen Wälzkörpern mit kontrolliertem Profil. Je nach Lagertyp haben Innen- oder Außenring zwei Führungsborde für die Wälzkörper. Der jeweilige Gegenring ist von der Einheit trennbar und weist höchstens ein Führungsbord auf. Der Ring mit zwei Borden sorgt für die axiale Positionierung der Rollen. Die Borde können zur Führung des Käfigs verwendet werden. Eine dieser Borde kann, wenn ein Gegenbord vorhanden ist, leichte Axiallasten aufnehmen.

Die Entscheidung darüber, welcher Ring zwei Borde aufweisen soll, wird in der Regel anhand der Montage- und Einbauverfahren für die jeweilige Anwendung bestimmt.

Der Typ NU verfügt über Außenringe mit zwei Borden und bordlose Innenringe. Typ N über Innenringe mit zwei Borden und bordlose Außenringe. Beide Typen können an einer bestimmten Stelle auf der Welle verwendet werden, um deren Ausdehnung und Kontraktion zu kompensieren. Die relative Axialverschiebung von einem auf den anderen Ring erfolgt während der Drehung des Lagers mit minimaler Reibung. Diese Lager können an zwei Positionen bei der Wellenabstützung verwendet werden, wenn die axiale Positionierung anderweitig erfolgt.

Der Typ NJ verfügt über Außenringe mit zwei Borden und Innenringe mit einem Bord. Typ NF über Innenringe mit zwei Borden und Außenringe mit einem Bord. Beide Arten können hohe Radiallasten sowie leichte Axiallasten in eine Richtung aufnehmen. Die Axiallast wird gleitend zwischen den diagonal gegenüberliegenden Führungsborden übertragen. Bei Axiallasten im Grenzbereich kommt der Schmierung besondere Bedeutung zu. Wenden Sie sich bei derartigen Einsatzbedingungen an einen Timken-Techniker. Bei besonders leichten Axiallasten können diese Lager gegenüberliegend montiert werden, um die Welle zu positionieren. In diesen Fällen muss das Axialspiel während der Montage eingestellt werden.

Der Typ NUP verfügt über Außenringe mit zwei Borden sowie Innenringe mit einem losen Bordring, die eine axiale Positionierung des Lagers in beide Richtungen ermöglichen. Der Typ NP verfügt über Innenringe mit zwei Borden und einen Außenring mit einem losen Bordring. Beide Arten können hohe Radiallasten sowie leichte Axiallasten in beide Richtungen aufnehmen. Die axiale Tragfähigkeit ist abhängig von identischen Faktoren wie bei den Lagern vom Typ NJ und NF.

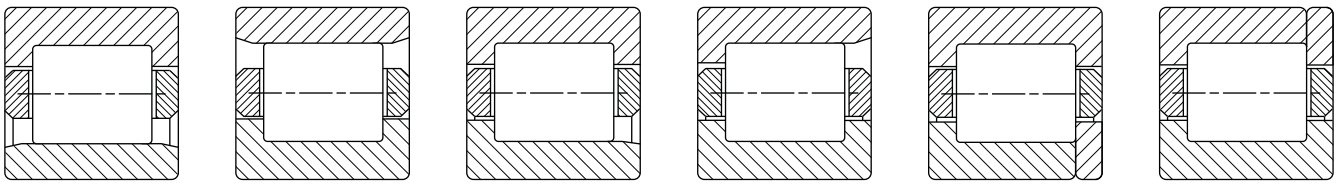
Lager vom Typ NUP oder NP können zusammen mit Lagern vom Typ N oder NU in Anwendungen eingesetzt werden, bei denen eine axiale Ausdehnung der Welle zu erwarten ist. In derartigen Fällen gleicht das Lager vom Typ N oder NU die Ausdehnung der Welle aus. Das Lager vom Typ NUP oder NP stellt das Festlager dar, da die Borde eine Axialverschiebung der Rollen verhindern. Das Festlager befindet sich in der Regel in der Nähe der Antriebsseite der Welle, um die Einstellabweichungen des Antriebs zu minimieren. Das Wellenspiel bzw. die Axialverschiebung wird durch das Axialspiel des Festlagers bestimmt.

Die Typen NU, N, NJ, NF, NUP und NP entsprechen den ISO- und DIN-Normen bezüglich Ringen mit losen Borden (Druckringen) und branchenüblichen Durchmessern über bzw. unter Rollen.

Die Teilenummern von Zylinderrollenlagern entsprechen ISO 15. Sie bestehen aus vier Positionen, wobei die beiden ersten Stellen die Größenreihe und die letzten beiden Stellen der Teilenummer der Bohrungsgröße geteilt durch 5 entsprechen. Bei der Größenreihe gibt die erste Stelle die Breitenreihe und die zweite Stelle die (äußere) Durchmesserreihe an. Bei der Breitenreihe erhöht sich jeweils die Breite in der Sequenz 8 0 1 2 3 4 5 6 7. Bei der Durchmesserreihe erhöht sich der Querschnitt in der Sequenz 7 8 9 0 1 2 3 4.

Die Typen mit dem Präfix R sind ähnlich konstruiert wie ihre Gegenstücke mit dem Präfix N, entsprechen jedoch ABMA-Normen.

Lager mit Zollabmessungen werden durch den Buchstaben I in der Teilenummer angegeben. RIU bezeichnet beispielsweise ein Lager mit Zollabmessungen, wobei RU auf die entsprechende Ausführung mit metrischen Abmessungen hinweist.



NU, RIU, RU | **N, RIN, RN** | **NJ, RIJ, RJ** | **NF, RIF, RF** | **NUP, RIT, RT** | **NP, RIP, RP**

Abb. 37. Radial-Zylinderrollenlager.

EMA-BAUREIHEN

Die einreihigen Zylinderrollenlager der EMA-Serien von Timken® weisen eine einzigartige Käfigausführung, angepasste innere Geometrien und spezielle Oberflächenstrukturen auf. Diese Merkmale tragen zur Verbesserung der Lagerleistung sowie längeren Betriebszeiten und verringerten Wartungskosten bei.

Der Käfig ist ein einteiliger Messing-Massiv-Käfig mit gefrästen Taschen. Es handelt sich um einen außenringgeführten Käfig, der im Gegensatz zu herkömmlichen rollengeführten Käfigen den Widerstand an den Rollen minimiert. Dies verringert die Wärmeerzeugung und verlängert dadurch die Lagerlebensdauer. Die hohe Steifigkeit des einteiligen Käfigs ermöglicht den Einsatz von mehr Rollen als bei anderen Käfigdesigns.

Timken-eigene Profile der Laufbahnen und/oder Rollen sorgen für höhere Lastkapazitäten als bei Lagern der Wettbewerber.

Die speziellen Fertigungsverfahren für Ringe und Rollen sorgen für sehr gute Oberflächenstrukturen, durch die sich Reibung und Betriebstemperaturen verringern sowie die Lebensdauer verlängert.

Lager der Baureihe EMA sind in den Typen N, NU, NJ und NUP erhältlich.

VOLLROLLIG (NCF)

Die vollrolligen (NCF) einreihigen Lager verfügen über integrierte Borde an den Innen- und Außenringen. Diese Lager eignen sich zum Ausgleich von Axiallasten in beide Richtungen und tolerieren geringfügige Axialverschiebungen.

METRISCHE BAUREIHE 5200

Diese Baureihe zeichnet sich aufgrund der geänderten inneren Geometrien durch höhere Radiallastkapazitäten aus. Bei dieser Baureihe verfügt der Außenring über zwei Borde, während der durchgehende Innenring bordlos ist. Für Anwendungen mit begrenzten radialen Platzverhältnissen kann das Lager auch ohne Innenring geliefert werden. Bei einem derartigen Einsatz muss der Wellenzapfen auf mindestens HRC 58 gehärtet und die Oberfläche auf maximal Ra 0,4 bearbeitet werden. Der Nachsatz W weist auf den mitgelieferten Außenring hin. Der Innenring kann separat geliefert werden. Das Präfix A weist darauf hin, dass der Innenring entweder separat oder als Teil der Baugruppe geliefert wird.

Das Lager wird in der Regel mit einem stabilen gestanzten Stahlblechkäfig (Bezeichnung S) geliefert, der an den Borden des Außenrings geführt wird. Der Käfig verfügt über niedrige Stege, mit denen die Rollen gleichmäßig verteilt und mit dem Außenring in einer Einheit zusammengehalten werden. Käfige aus gefrästem Messing (Bezeichnung M) stehen für Anwendungen mit Umkehrlasten und hohen Drehzahlen zur Verfügung. Die Außenringe werden aus hochvergütetem Stahl in Wälzlagerqualität gefertigt. Die Innenringe sind einsatzgehärtet, um Spannungen auszugleichen, die durch hohe Presspassungen verursacht werden.

Das Standardlager wird mit einem inneren Radialspiel von R6 gefertigt. Andere Radialspiele sind auf Anfrage erhältlich. Eine genaue Rollenführung wird mit Hilfe der Führungsborde und einer Kontrolle der Rollenlängen gewährleistet.

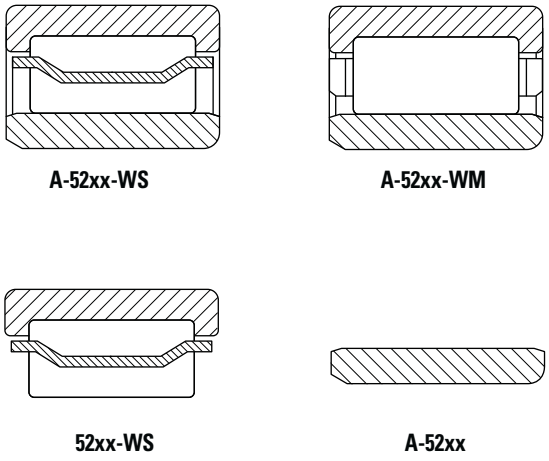


Abb. 38. Lager der metrischen Baureihe 5200

KÄFIGE

Käfige erfüllen mehrere Funktionen beim ordnungsgemäßen Betrieb eines Wälzlagers. Käfige trennen die Wälzkörper, verhindern den Kontakt zwischen ihnen und verringern so den Verschleiß. Durch Käfige werden die Wälzkörper auf dem Innenring ausgerichtet, um ein Gleiten, Rutschen oder Schränken des Wälzkörpers zu verhindern und eine reine Abwälzbewegung zu ermöglichen. Zur Erleichterung der Handhabung werden die Wälzkörper bei der Montage des Lagers durch Käfige auf dem Innenring gehalten. In bestimmten Fällen verbessern Käfige auch die Schmiermittelversorgung der Lauffläche des Lagers oder der Kontaktflächen der Borde.

In den folgenden Abschnitten werden die häufigsten Käfigtypen behandelt, die für alle wesentlichen Konstruktionsarten von Lagern (Kegel-, Zylinder-, Pendel- und Kugellager) verwendet werden. Für jeden Käfigtyp werden die Geometrie der Grundkonstruktion, das Material und die Herstellung beschrieben.

KÄFIGE VON KEGELROLLENLAGERN

STAHLBLECHFENSTERKÄFIGE

Für Kegelrollenlager ist der Käfig aus gestanztem Stahl der am häufigsten verwendete Käfigtyp. Diese Käfige werden aus kohlenstoffarmem Stahl in einer Reihe von Arbeitsschritten (Schneiden, Formen und Stanzen) in hohen Stückzahlen gefertigt. Diese Käfige können in Einsatzbedingungen mit hohen Temperaturen und schwieriger Schmierung verwendet werden.



Abb. 39. Stahlblechfensterkäfige.

POLYMERKÄFIGE

Aus Polymer gefertigte Käfige für Kegelrollenlager kommen vor allem bei vorgeschmierten und werkseitig abgedichteten Anwendungen zum Einsatz. Das am häufigsten verwendete Material ist glasfaserverstärktes Nylonthermoplast. Polymerkäfige können in großer Stückzahl massengefertigt werden und bieten mehr Designmöglichkeiten als Typen aus gestanztem Stahlblech. Polymerkäfige sind leicht und können problemlos montiert werden. In einigen Fällen kann die Leistung eines Lagers erhöht werden, weil es mit einer oder zwei zusätzlichen Rollen bestückt werden kann. Bei der Verwendung von aggressiven Schmiermitteln mit EP-Hochdruckadditiven in Kombination mit erhöhten Temperaturen über 107 °C muss mit Vorsicht vorgegangen werden.

GEFRÄSTE KÄFIGE

Gefräste Käfige für Kegelrollenlager verfügen über eine robuste Bauweise und sind für Anwendungen mit hohen Drehzahlen und hohen Lasten geeignet. Gefräste Käfige werden aus legiertem Stahl in Fräs- und Räumverfahren gefertigt. Die Montage erfordert kein Schließen des Käfigs wie sonst üblich, die Rollen können auch durch Stifte in Position gehalten werden. Für die zusätzliche Schmierung in anspruchsvollen Anwendungen können problemlos Schmieröffnungen hinzugefügt werden. Einige Ausführungen sind für besondere Anwendungen mit Silberbeschichtung ausgestattet.

BOLZENKÄFIGE

In Kegelrollenlagern können die Rollen auch durch Bolzen positioniert werden. Dieser wird längs durch die Mitte der Rolle geführt. Bolzenkäfige bestehen aus zwei Ringen mit Bolzen, die auf der einen Seite durch Schraubengewinde befestigt und auf der anderen Seite verschweißt sind. Diese Käfigtypen werden hauptsächlich bei größeren Kegelrollenlagern mit Außendurchmessern über 400 mm (15,7480 Zoll) verwendet. Bolzenkäfige sind aus Stahl und können normalerweise eine größere Anzahl von Rollen aufnehmen. Allerdings sind sie auf den Einsatz bei niedrigen Drehzahlen beschränkt (Geschwindigkeit am Führungsbord unter 20 m/s).

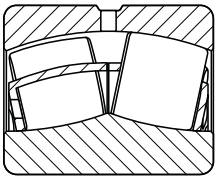
KÄFIGE FÜR PENDELROLLENLAGER

STAHLBLECHFENSTERKÄFIGE

Der Neuentwurf der EJ-Lager von Timken® beinhaltet eine einzigartige Käfigkonstruktion aus gestanztem Stahl.

Die EJ-Konstruktion beinhaltet zwei unabhängige Käfige, einen für jede Rollenreihe, die in ein einzelnes Lager eingebaut sind. Durch dieses Merkmal kann ein Verbiegen des Käfigs verhindert werden, wenn aufgrund bestimmter Betriebsbedingungen die Gefahr hierfür besteht.

Dieser Käfig wird auf dem Innenring geführt und läuft oberhalb des Zentrums des Rollensatzes.. Die Käfige sind gehärtet (nitriert), um eine verbesserte Verschleißfestigkeit und Steifigkeit zu gewährleisten. Hierdurch ist der Betrieb des Lagers selbst unter schwierigsten Bedingungen möglich. Spezielle Nuten an den Stirnflächen erhöhen den Schmiermitteldurchsatz. Dies ermöglicht eine niedrigere Betriebstemperatur und höhere Lebensdauer des Lagers.



EJ

Abb. 40. EJ-Lager



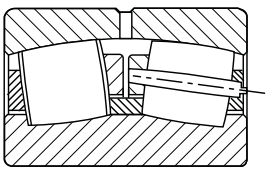
EJ

Abb. 41. EJ-Käfig

BOLZENKÄFIGE

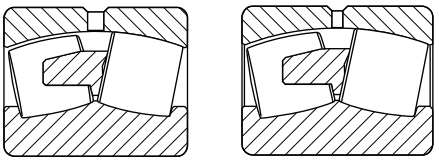
Für Pendelrollenlager mit großen Durchmessern sind diese Käfige erhältlich. Bolzenkäfige, einer für jede Rollenreihe, bestehen aus zwei Ringen und einer Reihe von Bolzen, die durch die Mitte des Wälzkörpers verlaufen. Die Konstruktion der Bolzenkäfige ermöglicht eine höhere Anzahl von Wälzkörpern, wodurch eine höhere Tragfähigkeit erreicht wird. Wenden Sie sich für Empfehlungen zur Anwendung dieses Käfigs an Ihren Timken-Techniker.

Abb. 42. Bolzenkäfig.



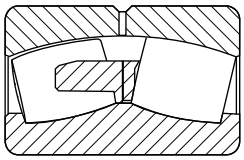
KÄFIGE AUS GEFRÄSTEM MESSING

Die Lagerkäfige vom Typ EM, EMB, YM, YMB und YMD werden, wie in den Abbildungen dargestellt, aus Messing präzisionsgefräst. 44-46. Ihre robuste Konstruktion bietet Vorteile bei anspruchsvollen Anwendungen. Die Konstruktion mit „Fingern" und offenem Ende ermöglicht eine einfache Verteilung des Schmiermittels auf alle Oberflächen und gewährleistet so eine ausreichende Schmierung und eine niedrigere Betriebstemperatur des Lagers.



EM/YM **YMD**

Abb. 43. Gefräste Käfige



EMB/YMB

Bei EM, EMB, YM und YMB handelt es sich um einteilige Konstruktionen, die sich durch ihre Führung innerhalb des Lagers unterscheiden. Die EM- und YM-Konstruktionen verfügen über eine niedrige Käfigmasse und werden mithilfe der Wälzkörpergeführt, wohingegen die Käfigkonstruktionen EMB und YMB in der Regel eine größere Masse aufweisen und auf dem Innenring geführt werden.

YMD-Käfige ähneln YMB-Käfigen, verfügen jedoch über eine zweiteilige Konstruktion. Zwei voneinander unabhängige Käfige, einer für jede Rollenreihe, sind in ein einzelnes Lager eingebaut. Dadurch können beide Rollenreihe unabhängig von einander rotieren, wenn die Anwendung dies erfordert. Außerdem wird ein Verbiegen der Käfigfinger verhindert.



Abb. 44. Einteiliger, gefräster, wälzkörpergeführter Messingkäfig mit „Fingern"



Abb. 45. Einteiliger, gefräster, innenringgeführter Messingkäfig mit „Fingern"



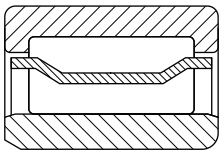
Abb. 46. Geteilter, gefräster, innenringgeführter Messingkäfig mit „Fingern"

KÄFIGE VON ZYLINDERROLLENLAGERN

STAHLBLECHFENSTERKÄFIGE

Gestanzte Stahlblechkäfige von Zylinderrollenlagern bestehen aus kohlenstoffarmem Stahl und werden in einer Reihe von Arbeitsschritten gefertigt, die Schneiden, Formen und Stanzen umfassen. Diese Käfige werden in unterschiedlichen Ausführungen gefertigt und können in den meisten gängigen Anwendungen von Zylinderrollenlagern eingesetzt werden. Beim Typ S für die Zylinderrollenlagerbaureihe 5200 handelt es sich um eine Sonderanfertigung, die über die Borde am Außenring geführt wird. Diese Ausführung zeichnet sich durch niedrige Käfigbrücken aus, durch die die Rollen gleichmäßig verteilt und am Außenring gehalten werden. Gestanzte Stahlkäfige lassen sich einfach in hohen Stückzahlen fertigen und können in Einsatzbedingungen mit hohen Temperaturen und schlechten Schmierbedingungen verwendet werden.

Abb. 47. Käfig Typ S



GEFRÄSTE KÄFIGE

Gefräste Käfige sind auch eine Option für kleinere Zylinderrollenlagergrößen und werden üblicherweise aus Messing gefertigt. Gefräste Käfige bieten erhöhte Belastbarkeit für anspruchsvollere Anwendungen.

Die Käfige sind in einteiliger oder zweiteiliger Ausführung verfügbar. Die einteilige Ausführung gibt es entweder mit „Fingern" (siehe Abb. 49) oder als Standardkäfigausführung mit gefrästen Taschen. Der einteilige Fingertyp und die zweiteilige Ausführung mit Käfigring (Abb. 50) sind gebräuchlicher in Standardzylinderrollenlagern. Es handelt sich bei ihnen außerdem um Ausführungen mit Führungsborden für die Rollen.

Bei der einteiligen Version mit gefrästen Taschen (Abb. 51) handelt es sich um unseren Premiumkäfig. Dieser Käfig wird in Lagern unserer EMA-Baureihe verwendet. Im Gegensatz zu herkömmlichen rollengeführten Käfigen handelt es sich um einen außenringgeführten Käfig, der die Schleppverluste an den Rollen minimiert. Dies verringert die Wärmeerzeugung, wodurch die Lagerlebensdauer verlängert wird. Verglichen mit einer zweiteiligen Ausführung reduziert dieser einteilige Käfig außerdem Wärmeentwicklung und Verschleiß durch verbesserten Schmiermitteldurchsatz.

BOLZENKÄFIGE

Bolzenkäfige für Zylinderrollenlager bestehen aus zwei Ringen und einer Reihe von Bolzen, die durch die Mitte der Rollen verlaufen. Diese Käfige werden für Zylinderrollenlager mit großem Durchmesser verwendet, wenn gefräste Messingkäfige nicht mehr verfügbar sind. In diesem Design können mehr Rollen laufen, was die Tragfähigkeit erhöht.

Abb. 48. Bolzenkäfig.

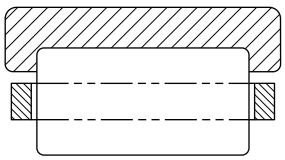




Abb. 49. Einteiliger Messing-Fingerkäfig.



Abb. 50. Zweiteiliger Messingkäfig.



Abb. 51. Einteiliger Premium-Messingkäfig.

KÄFIGE FÜR KUGELLAGER

GESCHWEISSTER KÄFIG AUS STAHLBLECH

Dieser Käfigtyp besteht aus zwei geformten Käfighälften, die zusammengeschweißt sind. Dieser Käfigtyp ist bei den meisten Rillenkugellagern ohne Füllnut Standard. Er bietet hohe Festigkeit und Steifigkeit sowie eine gute Gleichförmigkeit in Bezug auf das Spiel zwischen Kugel und Tasche. Er ist gut geeignet für Anwendungen mit besonders hohen Temperaturen, bietet jedoch keinen Ausgleich bei Fluchtungsfehlern.



Abb. 52. Geschweißter Käfig aus Stahlblech

FINGERKÄFIGE AUS GEGOSSENEM NYLON



Abb. 53. Nylonkäfig

Dieser Käfigtyp besteht aus einer einteiligen Gusskonstruktion. Die Kugeln rasten einfach an ihrer Position ein. Die Käfige werden aus Nylon 66 gegossen, das hitzestabilisiert und feuchtigkeitsbehandelt ist. Dieser Käfigtyp wird bei den meisten Kugellagern mit breitem Innenring (Wide Inner Ring, WIR) eingesetzt. Das Polymer widersteht Dauerbetriebstemperaturen bis zu 120 °C (250 °F) mit Temperaturspitzen bis 150 °C (300 °F) und ist ein korrosionsbeständiger, selbstschmierender Werkstoff mit guter Beständigkeit gegen Abrieb, Verschleiß, die meisten Lösungsmittel, Öle und Fette. Außerdem kann dieser Käfigtyp Fehlausrichtungen ausgleichen.

Beim Einsatz von aggressiven Schmiermitteln mit EP-Hochdruckadditiven bei erhöhten Temperaturen über 107 °C (225 °F) muss mit Vorsicht vorgegangen werden.

VERSTÄRKTE KÄFIGE AUS NYLON

Diese Käfigtypen sind aus einem Teil gefertigt und außenring- oder kugelgeführt. Käfige dieses Typs werden aus Nylon 66 gegossen und sind zu 30 Prozent mit Glasfasern verstärkt, um die Feuchtigkeitsstabilität zu verbessern. Das Polymer widersteht Dauerbetriebstemperaturen bis zu 120 °C (250 °F) mit Temperaturspitzen bis 150 °C (300 °F) und ist ein korrosionsbeständiger, selbstschmierender Werkstoff mit guter Beständigkeit gegen Abrieb, Verschleiß, die meisten Lösungsmittel, Öle und Fette.



Abb. 54. Verstärkter Nylonkäfig

Beim Einsatz von aggressiven Schmiermitteln mit EP-Hochdruckadditiven bei erhöhten Temperaturen über 107 °C (225 °F) muss mit Vorsicht vorgegangen werden.

GEFRÄSTE KÄFIGE AUS PHENOLHARZ

Käfige dieses Typs sind aus einem Stück gefertigt und normalerweise ringgeführt. Der Käfig ist leicht, kann Öl absorbieren und ist für Anwendungen mit hoher Drehzahl geeignet. Diese Käfige können mit hoher Präzision gefräst werden. Dadurch wirken geringere Trägheitskräfte auf Kugeln und Käfig bei hohen Geschwindigkeiten. Aus Gründen der Handhabung werden die Kugeln jedoch nicht durch den Käfig gehalten.

KÄFIGE AUS MESSING UND STAHL

Kugellagerkäfige aus Messing oder Stahl wurden für Anwendungen mit schweren Lasten entwickelt. Zu den unterschiedlichen Käfigtypen zählen einteilige Käfige aus gefrästem Stahl oder Messing und zweiteilige Käfige aus genieteten Messingteilen. Die meisten Ausführungen sind ringgeführt. Für Anwendungen, die eine hohe Zuverlässigkeit erfordern, sind diese Käfige auch mit Silberbeschichtung erhältlich. Diese Beschichtung sorgt während des Anlaufens für ein gutes Gleitverhalten zwischen Kugeln und Käfig, um ein Gleiten der Kugeln zu verhindern.



Abb. 55. Messingkäfig



Abb. 56. Messing-Massivkäfig

BESTIMMUNG DER AUFTRETENDEN BELASTUNGEN UND LAGERANALYSE

ÜBERSICHT ÜBER DIE ZEICHEN ZUR BESTIMMUNG DER LAGERBELASTUNGEN UND -ANALYSE

Symbol	Beschreibung	Einheiten (Metrisch/Zoll)
a	Axialer Abstand zwischen rückseitiger Stirnfläche des Innenrings und effektivem Lastzentrum	mm, Zoll
a_1	Korrekturfaktor für die Überlebenswahrscheinlichkeit	ohne Einheit
a_2	Materialfaktor zur Berechnung der Lebensdauer	ohne Einheit
a_3	Betriebsbedingungsfaktor zur Berechnung der Lebensdauer	ohne Einheit
a_{3d}	Verschmutzungsgradfaktor zur Berechnung der Lebensdauer	ohne Einheit
a_{3k}	Lastzonenfaktor zur Berechnung der Lebensdauer	ohne Einheit
a_{3l}	Schmierungsfaktor zur Berechnung der Lebensdauer	ohne Einheit
a_{3p}	Niedriglastfaktor zur Berechnung der Lebensdauer	ohne Einheit
a_e	Effektiver Lagerabstand	mm, Zoll
A, B, …	Position des Lagers (als tiefgestellter Index verwendet)	ohne Einheit
B	Außenringbreite	mm, Zoll
B_1	Innenringbreite	mm, in.
b	Zahnlänge	mm, Zoll
c_1, c_2	Linearer Abstand (positiv oder negativ)	mm, Zoll
C	Dynamische radiale Tragzahl eines doppelreihigen Lagers bei einem L_{10}-Wert von einer Million Umdrehungen	N, lbf
C_{a90}	Dynamische axiale Tragzahl eines Lagers bei einem L_{10}-Wert von 90 Millionen Umdrehungen oder 3000 Stunden bei 500 U/min	N, lbf
C_o	Statische radiale Tragzahl	N, lbf
C_{oa}	Statische axiale Tragzahl	N, lbf
C_{90}	Dynamische radiale Tragzahl eines einreihigen Lagers bei einem L_{10}-Wert von 90 Millionen Umdrehungen	N, lbf
$C_{90(2)}$	Dynamische radiale Tragzahl eines doppelreihigen Lagers bei einem L_{10}-Wert von 90 Millionen Umdrehungen	N, lbf
C_a	Dynamische axiale Tragzahl	N, lbf
C_g	Geometriefaktor (in Gleichung a_{3l} verwendet)	ohne Einheit
C_l	Lastfaktor (in Gleichung a_{3l} verwendet)	ohne Einheit
C_j	Lastzonenfaktor (in Gleichung a_{3l} verwendet)	ohne Einheit
C_s	Geschwindigkeitsfaktor (in Gleichung a_{3l} verwendet)	ohne Einheit
C_V	Viskositätsfaktor (in Gleichung a_{3l} verwendet)	ohne Einheit
C_{gr}	Fettschmierungsfaktor (in Gleichung a_{3l} verwendet)	ohne Einheit
Cp	Spezifische Wärme des Schmierstoffs	J/(Kg - °C), BTU/(lbf - °F)
C_t	Dynamische axiale Tragzahl	N, lbf
d	Durchmesser der Lagerbohrung	mm, Zoll
d	Kugeldurchmesser	mm, Zoll
d_1	Sphärischer Durchmesser	mm, Zoll
d_a	Durchmesser der Wellenschulter	mm, Zoll
d_0	Mittlerer Innenringdurchmesser	mm, Zoll
dc	Abstand zwischen Zahnradmittelpunkten	mm, Zoll
dm	Mittlerer Lagerdurchmesser	mm, Zoll
d_{si}	Welleninnendurchmesser	mm, Zoll
D	Außendurchmesser des Lagers	mm, Zoll
D_0	Mittlerer Durchmesser der Außenringlaufbahn eines Kegelrollenlagers	mm, Zoll
Dh	Außendurchmesser des Gehäuses	mm, Zoll
Dm	Mittlerer Durchmesser oder effektiver Arbeitskreisdurchmesser eines Kettenrades, einer Riemenscheibe, eines Rades oder Reifens	mm, Zoll
Dm	Mittlerer Führungsborddurchmesser eines Kegelrollenlagers	mm, Zoll

Symbol	Beschreibung	Einheiten (Metrisch/Zoll)
Dm_G	Mittlerer oder effektiver Arbeitsdurchmesser des Zahnrads	mm, Zoll
Dm_P	Effektiver Arbeitsdurchmesser des Ritzels	mm, Zoll
Dm_W	Effektiver Arbeitsdurchmesser des Schneckenrads	mm, Zoll
Dp_G	Teilkreisdurchmesser des Zahnrads	mm, Zoll
Dp_P	Teilkreisdurchmesser des Ritzels	mm, Zoll
Dp_W	Teilkreisdurchmesser des Schneckenrads	mm, Zoll
e	Exponent für die Lebensdauer	ohne Einheit
e	Grenzwert von F_a/F_r für die Anwendbarkeit unterschiedlicher Werte für die Faktoren X und Y	ohne Einheit
E	Axialspiel	mm, Zoll
f	Schmierstoffdurchfluss	L/min, U.S. pt/min
f_0	Viskositätsabhängiger Drehmomentkoeffizient	ohne Einheit
f_1	Lastabhängiger Drehmomentkoeffizient	ohne Einheit
f_b	Riemen- bzw. Kettenzugkraft	N, lbf
f_n	Geschwindigkeitsfaktor	ohne Einheit
f_2	Kombinierter Lastfaktor	ohne Einheit
f_3	Kombinierter Lastfaktor	ohne Einheit
F	Allgemeine Bezeichnung für Kraft	N, lbf
$F_1, F_2, ..., F_n$	Größen der angewandten Kraft während eines Belastungszyklus	N, lbf
F_a	Angewandte Axiallast	N, lbf
F_{ai}	Durch Radialbelastung induzierte Axiallast	N, lbf
F_{ac}	Durch Zentrifugalbelastung induzierte Axiallast	N, lbf
F_{aG}	Axialkraft auf Zahnrad	N, lbf
F_{aP}	Axialkraft auf Ritzel	N, lbf
F_{aW}	Axialkraft auf Schneckenrad	N, lbf
F_{az}	Zulässige Axiallast	N, lbf
f_b	Riemen- bzw. Kettenzugkraft	N, lbf
F_β	Lastterm für Drehmomentgleichung	N, lbf
Fc	Zentrifugalkraft	N, lbf
F_r	Angewandte Radiallast	N, lbf
F_{rh}	Resultierende Horizontalkraft	N, lbf
F_{RH}	Resultierende Trennkraft	N, lbf
F_{RV}	Resultierende Vertikalkraft	N, lbf
F_S	Trennkraft auf Zahnrad	N, lbf
Fs_G	Trennkraft auf Zahnrad	N, lbf
Fs_P	Trennkraft auf Ritzel	N, lbf
F_{sW}	Trennkraft auf Schneckenrad	N, lbf
F_t	Tangentialkraft	N, lbf
F_{te}	Zugkraft auf Fahrzeugräder	N, lbf
F_{tG}	Tangentialkraft auf Zahnrad	N, lbf
F_{tP}	Tangentialkraft auf Ritzel	N, lbf
F_{tW}	Tangentialkraft auf Schneckenrad	N, lbf
F_W	Unwuchtkraft	N, lbf
F_{WB}	Gewichtete Durchschnittslast	N, lbf
G	Zahnrad (als Index verwendet)	ohne Einheit
G_1	Geometriefaktor aus Datentabellen für Lager	ohne Einheit
G_2	Geometriefaktor aus Datentabellen für Lager	ohne Einheit
H	Leistung	kW, PS
H_s	Innendurchmesser der Gehäuseschulter	mm, Zoll

Symbol	Beschreibung	Einheiten (Metrisch/Zoll)
HFs	Korrekturfaktor der statischen Tragzahl für die Härte der Laufbahn	ohne Einheit
i	Anzahl der Rollenreihen in einem Lager	ohne Einheit
i_B	Anzahl der lastaufnehmenden Lagerreihen	ohne Einheit
k	Zentrifugalkraftkonstante	lbf/U/min^2
k_1	Konstante für das Lagerdrehmoment	ohne Einheit
k_4, k_5, k_6	Dimensionaler Faktor zur Berechnung der Wärmeerzeugung	ohne Einheit
K	K-Faktor für Kegelrollenlager; Verhältnis von dynamischer radialer Grundtragzahl zu dynamischer axialer Grundtragzahl für ein einreihiges Lager	ohne Einheit
K	Kugellagerkonstante auf Grundlage der Geometrie	
K_1, K_2	Hochpräzisions-K-Faktoren	ohne Einheit
K_{ea}	Radialschlag der Außenringeinheit	mm, Zoll
K_o	Profilradius des Außenrings als Dezimalbruch des Kugeldurchmessers	Dezimalbruch
K_i	Profilradius des Innenrings als Dezimalbruch des Kugeldurchmessers	Dezimalbruch
Kia	Radialschlag der Innenringeinheit	mm, Zoll
K_N	K-Faktor für Lager Nr. N	ohne Einheit
K_T	Relativer Axiallastfaktor – Kugellager	ohne Einheit
L_H	Steigung – Axialer Vorschub eines Gewindes bei einer vollständigen Umdrehung	mm, Zoll
L	Abstand zwischen den geometrischen Mittellinien eines Lagers	mm, Zoll
L_{10}	Lagerlebensdauer	Umdrehungen oder Stunden
L_f	Lebensdauerfaktor	ohne Einheit
m	Übersetzungsverhältnis	ohne Einheit
M	Betriebsdrehmoment des Lagers	N-m, N-mm, lb.-Zoll
M_0	Moment	N-m, N-mm, lb.-Zoll
n	Betriebsdrehzahl des Lagers oder allgemeine Bezeichnung für Geschwindigkeit	U/min
$n_1, n_2, ..., n_n$	Drehgeschwindigkeiten während eines Belastungszyklus	U/min
N_A	Bezugsdrehzahl	U/min
n_G	Betriebsdrehzahl des Zahnrads	U/min
n_P	Betriebsdrehzahl des Ritzels	U/min
n_W	Betriebsdrehzahl des Schneckenrads	U/min
N_c	Zahl der Umdrehungen der Kugel- und Käfigeinheit	ohne Einheit
N_i	Zahl der Umdrehungen des Innenrings	ohne Einheit
N_G	Zahl der Zähne des Zahnrads	ohne Einheit
N_P	Zahl der Zähne im Ritzel	ohne Einheit
N_S	Zahl der Zähne im Kettenrad	ohne Einheit
N_f	Geschwindigkeitsfaktor	ohne Einheit
P	Ritzel (als tiefgestellter Index verwendet)	ohne Einheit
P_o	Äquivalente statische Last	N, lbf
P_{oa}	Äquivalente statische Axiallast	N, lbf
P_{or}	Äquivalente statische Radiallast	N, lbf
P_a	Äquivalente dynamische Axiallast	N, lbf
P_r	Äquivalente dynamische Radiallast	N, lbf
P_{eq}	Äquivalente dynamische Last	N, lbf
Q	Erzeugte Wärme oder Wärmeableitungsrate	W, BTU/min
Q_{gen}	Erzeugte Wärme	W, Btu/min
Q_{oil}	Wärmeableitungsrate eines Ölumlaufsystems	W, Btu/min
r	Radius zum Massenschwerpunkt	mm, Zoll
R	Prozentuale Zuverlässigkeit, wird bei der Berechnung des Faktors a_1 verwendet	ohne Einheit

Symbol	Beschreibung	Einheiten (Metrisch/Zoll)
RIC	Radiale Lagerluft mm,	Zoll
S	Wellendurchmesser	mm, Zoll
s	Welle (als tiefgestellter Index verwendet)	ohne Einheit
S_d	Referenz-Radialschlag des Innenrings	mm, Zoll
S_D	Radialschlag der Zylinderoberfläche des Außenrings	mm, Zoll
S_{ea}	Axialschlag der Außenringeinheit	mm, Zoll
S_{ia}	Axialschlag der Innenringeinheit	mm, Zoll
$t_1, t_2, ..., t_N$	Bruchteile der Zeit während eines Belastungszyklus	ohne Einheit
T	Angewandte Axiallast	N, lbf
T_E	Äquivalente Axiallast	N, lbf
v	Vertikal (als tiefgestellter Index verwendet)	ohne Einheit
V	Lineare Geschwindigkeit	km/h, mph
V_{BS}	Variation der Innenringbreite	mm, Zoll
V_{CS}	Variation der Außenringbreite	mm, Zoll
Vr	Gleit-, Flächen- oder Führungsbordgeschwindigkeit eines Kegelrollenlagers	m/s, fpm
W	Schneckenrad (als tiefgestellter Index verwendet)	ohne Einheit
X	Dynamischer Radiallastfaktor	ohne Einheit
X_0	Statischer Radiallastfaktor	ohne Einheit
Y, Y_1, Y_2, ...	Dynamischer Axiallastfaktor	ohne Einheit
Y_0	Statischer Axiallastfaktor	ohne Einheit
Z	Anzahl der Wälzkörper	ohne Einheit
α_T	Linearer Ausdehnungskoeffizient	mm/mm/°C, Zoll/Zoll/°F
α_o	Winkel zwischen Lagermittelachse und Außenringlaufbahn in einem Kegelrollenlager	Grad
α	Nominaler Kontaktwinkel eines Kugellagers	Grad
ΔT	Temperaturdifferenz zwischen Welle/Innenring/Wälzkörper und Gehäuse/Außenring	°C, °F
Δ_{Bs}	Abweichung der Innenringbreite	mm, Zoll
Δ_{Cs}	Abweichung der Außenringbreite	mm, Zoll
Δ_{dmp}	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene	mm, Zoll
Δ_{Dmp}	Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene	mm, Zoll
δs	Presspassung des Innenrings auf der Welle	mm, Zoll
δh	Presspassung des Außenrings im Gehäuse	mm, Zoll
η	Effizienz, Dezimalbruch	
$\theta_1, \theta_2, \theta_3$	Zahneingriffswinkel relativ zur Bezugsebene	Grad, rad
θi, θo	Öleinlass- bzw. Auslasstemperatur	˚C, ˚F
λ	Steigungswinkel des Schneckengetriebes	Grad
μ	Reibungskoeffizient	ohne Einheit
μ	Dynamische Schmiermittelviskosität	cP
v	Kinematische Schmiermittelviskosität	cSt
σ_o	Ungefähre maximale Kontaktspannung	MPa, psi
Φ_G	Normaler Eingriffsdruckwinkel für Zahnrad	Grad
Φ_G	Normaler Eingriffsdruckwinkel für Ritzel	Grad
Ψ_G	Helix- (Schräg-) oder Spiralwinkel des Zahnrads	Grad
Ψ_P	Helix- (Schräg-) oder Spiralwinkel des Ritzels	Grad
ρ	Schmierstoffdichte	kg/m^3, lb/ft^3
Υ_G	Kegelradgetriebe – Steigungswinkel des Zahnrads	Grad
	Kegelschraubgetriebe – Winkel des Getriebefußes	Grad
Υ_P	Kegelradgetriebe – Steigungswinkel des Ritzels	Grad
	Kegelschraubgetriebe – Winkel der Ritzelstirnseite	Grad

GETRIEBE

Die folgenden Gleichungen werden verwendet, um die von den Maschinenelementen erzeugten Kräfte zu bestimmen, die häufig bei Lageranwendungen auftreten.

STIRNRÄDER

Tangentialkraft

$$F_{tG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H}{D_{pG}\, n_G} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H}{D_{pG}\, n_G} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Radialkraft

$$F_{sG} = F_{tG} \tan \Phi_G$$

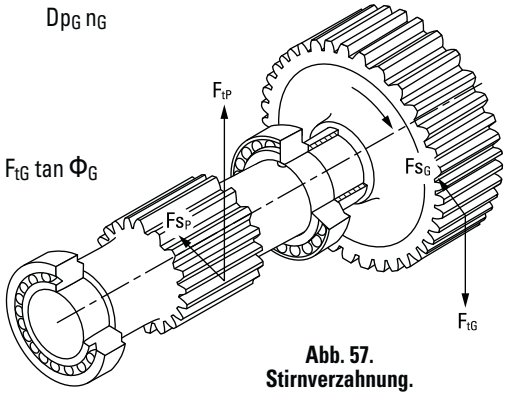


Abb. 57. Stirnverzahnung.

GETRIEBE MIT EINFACHER SCHRÄGVERZAHNUNG

Tangentialkraft

$$F_{tG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H}{D_{pG}\, n_G} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H}{D_{pG}\, n_G} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Axialkraft

$$F_{aG} = F_{tG} \tan \Psi_G$$

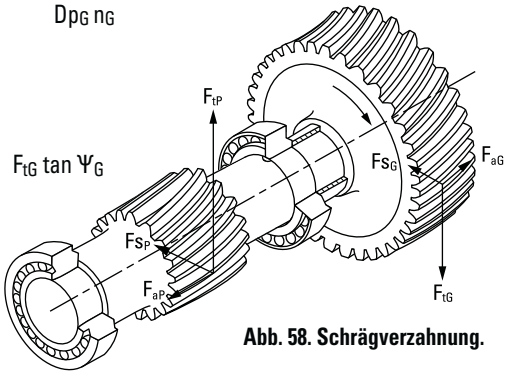


Abb. 58. Schrägverzahnung.

Radialkraft

$$F_{sG} = \frac{F_{tG} \tan \Phi_G}{\cos \Psi_G}$$

GETRIEBE MIT GERADER VERZAHNUNG UND ZEROL-GETRIEBE MIT EINER SPIRALE VON NULL GRAD

Bei einem Getriebe mit gerader Verzahnung und bei einem Zerol-Getriebe neigen die Getriebekräfte dazu, die Verzahnung von Ritzel und Getriebe auseinanderzudrücken, sodass die Richtungen der Axial- und Trennkräfte ungeachtet der Drehrichtung stets die gleichen sind (Abb. 59). Bei der Berechnung der Tangentialkraft (F_{tP} oder F_{tG}) für Kegelradgetriebe wird anstelle des Teilkreisdurchmessers (D_{pP} oder D_{pG}) der mittlere Durchmesser des Ritzels oder Zahnrads (D_{mP} oder D_{mG}) verwendet. Dieser wird wie folgt berechnet:

$$D_{mG} = D_{pG} - b \sin \Upsilon_G \quad \text{or} \quad D_{mP} = D_{pP} - b \sin \Upsilon_P$$

Bei gerader Verzahnung und Zerol-Verzahnung:

$$F_{tP} = F_{tG}$$

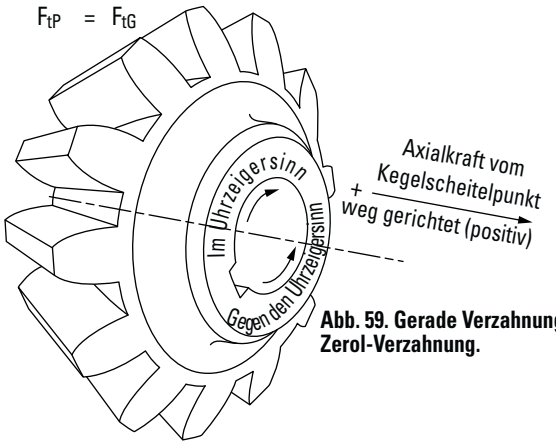


Abb. 59. Gerade Verzahnung und Zerol-Verzahnung.

RITZEL

Tangentialkraft

$$F_{tP} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H}{D_{mP}\, n_P} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H}{D_{mP}\, n_P} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Axialkraft

$$F_{aP} = F_{tP} \tan \Phi_P \sin \Upsilon_P$$

Radialkraft

$$F_{sP} = F_{tP} \tan \Phi_P \cos \Upsilon_P$$

GERADE VERZAHNTES KEGELRAD

Tangentialkraft

$$F_{tG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\ H}{Dm_G\ n_G} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\ H}{Dm_G\ n_G} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Axialkraft

$$F_{aG} = F_{tG} \tan \Phi_G \sin \Upsilon_G$$

Radialkraft

$$Fs_G = F_{tG} \tan \Phi_G \cos \Upsilon_G$$

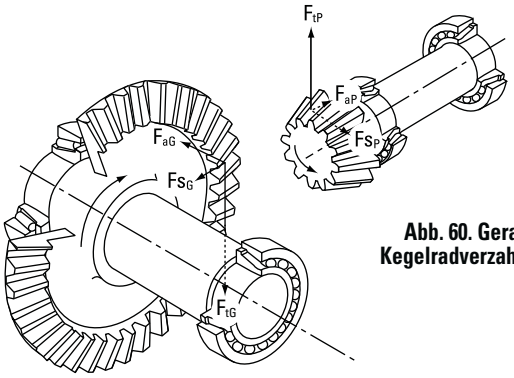


Abb. 60. Gerade Kegelradverzahnung.

SPIRALKEGELRAD- UND HYPOIDVERZAHNUNGEN

Bei einem Getriebe mit Spiralkegelrad- und Hypoidverzahnungen hängt die Richtung der Axial- und Trennkräfte vom Spiralwinkel, der Drallrichtung, der Rotationsrichtung und davon ab, ob das Zahnrad antreibt oder angetrieben wird (siehe Abb. 61). Für die Drallrichtung ist entscheidend, ob die Krümmung der Zähne an der Stirnseite des Getriebes (Abb. 62) von der Wellenachse nach links oder rechts ansteigt. Die Rotationsrichtung wird durch Ansicht in Richtung des Scheitelpunkts des Getriebes oder Ritzels bestimmt.

Bei Spiralkegelradverzahnung:

$$F_{tP} = F_{tG}$$

Bei Hypoidverzahnung gilt:

$$F_{tP} = \frac{F_{tG} \cos \Psi_P}{\cos \Psi_G}$$

Effektiver Arbeitsdurchmesser eines Hypoidritzels:

$$Dm_P = Dm_G \left(\frac{N_p}{N_G}\right) \left(\frac{\cos \Psi_G}{\cos \Psi_P}\right)$$

Tangentialkraft

$$F_{tG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\ H}{Dm_G\ n_G} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\ H}{Dm_G\ n_G} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Effektiver Arbeitsdurchmesser eines Hypoidzahnrads:

$$Dm_G = Dp_G - b \sin \Upsilon_G$$

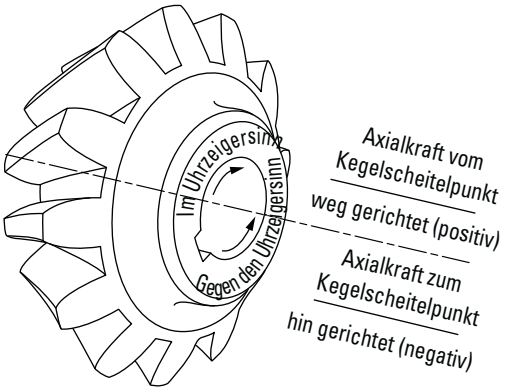


Abb. 61. Spiralkegelrad- und Hypoidverzahnungen.

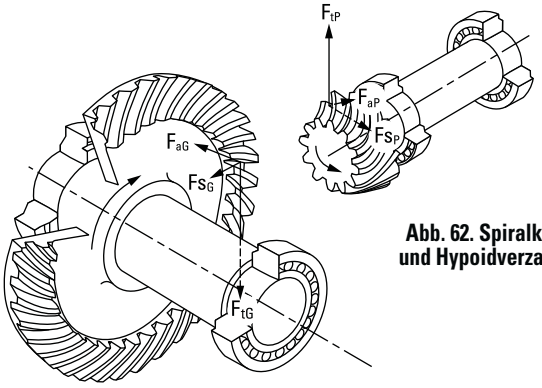


Abb. 62. Spiralkegelrad- und Hypoidverzahnungen.

TABELLE 2. GLEICHUNGEN FÜR SPIRALKEGELRAD- UND HYPOIDVERZAHNUNGEN

Rotation des Antriebselements	Schubkraft	Separationskraft
Rechtsdrehende Rechtsspirale oder Linksspirale gegen den Uhrzeigersinn	Antreibendes Element	Antreibendes Element
	$F_{aP} = \frac{F_{tP}}{\cos \Psi_P} (\tan \Phi_P \sin \Upsilon_P - \sin \Psi_P \cos \Upsilon_P)$	$F_{sP} = \frac{F_{tP}}{\cos \Psi_P} (\tan \Phi_P \cos \Upsilon_P + \sin \Psi_P \sin \Upsilon_P)$
	Angetriebenes Element	Angetriebenes Element
	$F_{aG} = \frac{F_{tG}}{\cos \Psi_G} (\tan \Phi_G \sin \Upsilon_G + \sin \Psi_G \cos \Upsilon_G)$	$F_{sG} = \frac{F_{tG}}{\cos \Psi_G} (\tan \Phi_G \cos \Upsilon_G - \sin \Psi_G \sin \Upsilon_G)$
Rechtsspirale gegen den Uhrzeigersinn oder Linksspirale im Uhrzeigersinn	Antreibendes Element	Antreibendes Element
	$F_{aP} = \frac{F_{tP}}{\cos \Psi_P} (\tan \Phi_P \sin \Upsilon_P + \sin \Psi_P \cos \Upsilon_P)$	$F_{sP} = \frac{F_{tP}}{\cos \Psi_P} (\tan \Phi_P \cos \Upsilon_P - \sin \Psi_P \sin \Upsilon_P)$
	Angetriebenes Element	Angetriebenes Element
	$F_{aG} = \frac{F_{tG}}{\cos \Psi_G} (\tan \Phi_G \sin \Upsilon_G - \sin \Psi_G \cos \Upsilon_G)$	$F_{sG} = \frac{F_{tG}}{\cos \Psi_G} (\tan \Phi_G \cos \Upsilon_G + \sin \Psi_G \sin \Upsilon_G)$

GERADES SCHNECKENGETRIEBE

Schnecke

Tangentialkraft

$$F_{tW} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H}{D_{PW}\, n_W} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H}{D_{pW}\, n_W} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Axialkraft

$$F_{aW} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H\, \eta}{D_{pG}\, n_G} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H\, \eta}{D_{pG}\, n_G} \quad \text{(Zollsystem)}$$

oder

$$F_{aW} = \frac{F_{tW}\, \eta}{\tan \lambda}$$

Radialkraft

$$F_{sW} = \frac{F_{tW} \sin \Phi}{\cos \Phi \sin \lambda + \mu \cos \lambda}$$

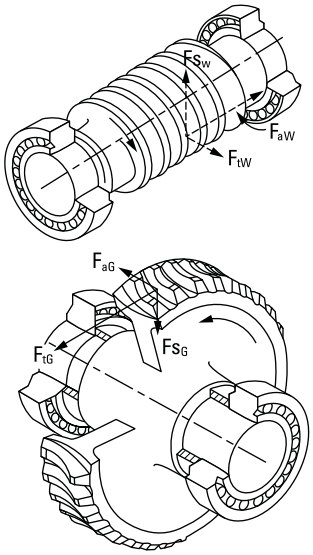


Abb. 63. Gerade Schneckenverzahnung.

Schneckenrad

Tangentialkraft

$$F_{tG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H\, \eta}{Dp_G\, n_G} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H\, \eta}{Dp_G\, n_G} \quad \text{(Zollsystem)}$$

oder

$$F_{tG} = \frac{F_{tW}\, \eta}{\tan \lambda}$$

Axialkraft

$$F_{aG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H}{Dp_W\, n_W} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H}{Dp_W\, n_W} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Radialkraft

$$Fs_G = \frac{F_{tW} \sin \Phi}{\cos \Phi \sin \lambda + \mu \cos \lambda}$$

Wobei:

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{Dp_G}{m\, Dp_W} \right)$$

oder

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{L_H}{\pi\, Dp_W} \right)$$

und

$$\eta = \frac{\cos \Phi - \mu \tan \lambda}{\cos \Phi + \mu \cot \lambda}$$

Metrisches System

$$\mu^{(1)} = (5{,}34 \times 10^{-7})\, V_r^3 + \frac{0{,}146}{V_r^{0{,}09}} - 0{,}103$$

$$V_r = \frac{Dp_W\, n_W}{(1{,}91 \times 10^4) \cos \lambda} \quad \text{(Meter pro Sekunde)}$$

Zollsystem

$$\mu^{(1)} = (7 \times 10^{-14})\, V_r^3 + \frac{0{,}235}{V_r^{0{,}09}} - 0{,}103$$

$$V_r = \frac{Dp_W\, n_W}{3{,}82 \cos \lambda} \quad \text{(Fuß pro Minute)}$$

(1) Ungefährer Reibungskoeffizient für den Gleitgeschwindigkeitsbereich von 0,015 bis 15 m/s (3 bis 3000 ft/min).

DOPPELT UMMANTELTES SCHNECKENGETRIEBE

Schnecke

Tangentialkraft

$$F_{tW} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H}{Dm_W\, n_W} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H}{Dm_W\, n_W} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Axialkraft

$$F_{aW} = 0{,}98\, F_{tG}$$

Radialkraft

$$Fs_W = \frac{0{,}98\, F_{tG} \tan \Phi}{\cos \lambda}$$

Verwenden Sie diesen Wert für F_{tG} zur Berechnung der Lagerbelastung an der Welle eines Schneckengetriebes. Verwenden Sie zur Berechnung des Drehmoments die folgenden F_{tG}-Gleichungen.

Schneckenrad

Tangentialkraft

$$F_{tG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H\, m\, \eta}{Dp_G\, n_W} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H\, m\, \eta}{Dp_G\, n_W} \quad \text{(Zollsystem)}$$

oder

$$F_{tG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H\, \eta}{Dp_G\, n_G} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H\, \eta}{Dp_G\, n_G} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Verwenden Sie diesen Wert zur Berechnung des Drehmoments in den folgenden Getrieben und Wellen. Verwenden Sie zur Berechnung der Lagerbelastung die Gleichung für F_{aW}.

Axialkraft

$$F_{aG} = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H}{Dm_W\, n_W} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H}{Dm_W\, n_W} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Radialkraft

$$Fs_G = \frac{0{,}98\, F_{tG} \tan \Phi}{\cos \lambda}$$

Wobei:

η = Effizienz (siehe Angaben im Herstellerkatalog)

$Dm_W = 2d_c - 0{,}98\, Dp_G$

Steigungswinkel am Mittelpunkt der Schnecke:

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{Dp_G}{m\, Dp_W} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{L_H}{\pi\, Dp_W} \right)$$

Faktoren für Riemen- und Kettenantrieb

Aufgrund der unterschiedlichen Einstellung der Riemenspannung je nach Betreiber fällt es schwer, eine genaue Gleichung zum Verhältnis von Riemenzugkraft insgesamt zur Spannung F_1 auf der gespannten Seite und Spannung F_2 auf der losen Seite (Abb. 64) zu erstellen. Die folgende Gleichung und Tabelle 3 können zur Abschätzung der Gesamtzugkraft für verschiedene Konstruktionstypen mit Riemen und Rolle bzw. Kette und Rad verwendet werden:

$$F_b = \frac{(1{,}91 \times 10^7)\, H\, f_B}{D_m\, n} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{(1{,}26 \times 10^5)\, H\, f_B}{D_m\, n} \quad \text{(Zollsystem)}$$

Teildurchmesser des Kettenrads.

$$D_m = \frac{P}{\sin\left(\frac{180}{N_s}\right)}$$

Wobei:

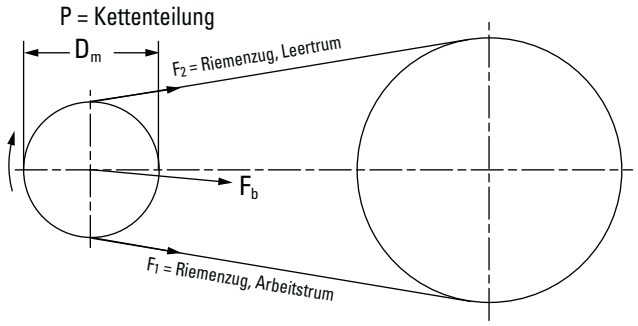


Abb. 64. Riemen- oder Kettenantrieb.

TABELLE 3. RIEMEN- BZW. KETTENZUGFAKTOR, BASIEREND AUF EINEM UMSCHLINGUNGSWINKEL VON 180°

Typ	f_B
Ketten, einfach	1,00
Ketten, doppelt	1,25
"V"-Keilriemen.....	1,50

STOSSBELASTUNGEN

Es ist schwierig, die genauen Auswirkungen der Stoßbelastung auf die Lebensdauer des Lagers zu bestimmen. Das Ausmaß der Stoßbelastung ist abhängig von der Masse der kollidierenden Körper, ihrer Geschwindigkeit und den Verformungen beim Aufprall.

Die Auswirkungen auf das Lager hängen davon ab, welcher Anteil der Stoßbelastung zwischen dem Punkt des Aufpralls und dem Lager absorbiert wurde, und ob die Stoßbelastung stark genug ist, um eine Beschädigung des Lagers hervorzurufen. Auch die Häufigkeit und die Dauer von Stoßbelastungen spielen eine Rolle.

Wirkt eine Last plötzlich, führt dies mindestens zu einer Verdoppelung ihres statischen Werts. Abhängig von der Geschwindigkeit des Aufpralls kann der Wert wesentlich höher sein.

Bei Stoßbelastungen sind mehrere Variablen zu berücksichtigen, die in der Regel unbekannt bzw. schwer zu bestimmen sind. Daher hat es sich bewährt, sich auf Erfahrungswerte zu verlassen. Timken verfügt über eine jahrelange Erfahrung mit vielen Maschinenarten bei schwierigsten Belastungen. Wenden Sie sich bei allen Anwendungen mit außergewöhnlichen Last- oder Betriebsanforderungen an Ihren Timken-Techniker.

ZENTRIFUGALKRAFT

Durch Unwucht in einem Rotationselement entstehende Zentrifugalkraft:

$$F_c = \frac{F_w\, r\, n^2}{8{,}94 \times 10^5} \quad \text{(Metrisches System)}$$

$$= \frac{F_w\, r\, n^2}{3{,}52 \times 10^4} \quad \text{(Zollsystem)}$$

ZUGKRAFT UND DREHZAHL

Als Zugkraft wird die Tangentialkraft bezeichnet, die zwischen den Antriebsrädern und der Fahrbahn wirken muss, damit ein Fahrzeug mit einer bestimmten Geschwindigkeit angetrieben wird, dem eine Kombination aus Hangantriebskraft, Luft- und Rollwiderstand entgegenwirkt. Zwischen Zugkraft, Kraft, Drehzahl und Geschwindigkeit des Fahrzeugs bestehen folgende Beziehungen:

$$H = \frac{F_{te}\, V}{3600}$$

$$H = \frac{F_{te}\, V}{375}$$

und

$$n = \frac{5300V}{D_m}$$

$$n = \frac{336V}{D_m}$$

LAGERKRÄFTE

Für eine Welle mit zwei Auflagen werden die Radiallasten des Lagers folgendermaßen bestimmt:

- Festlegen des effektiven Lagerabstands.
- Auflösung der auf die Welle wirkenden Kräfte in horizontale und vertikale Komponenten, relativ zu einer geeigneten Bezugsebene.
- Addieren der Momente, die auf die effektive Mitte jeder Lagerabstützung wirken, und Auflösen der radialen und axialen Gegenkräfte an jeder Auflage.

EFFEKTIVER LAGERABSTAND

KEGELROLLENLAGER ODER SCHRÄGKUGELLAGER

Wenn eine Last auf ein Kegelrollenlager oder ein Schrägkugellager angewandt wird, wirken die internen Kräfte an den Kontaktflächen zwischen Wälzkörpern und Außenringlaufbahn senkrecht zur Laufbahn. Diese Kräfte verfügen über radiale und axiale Komponenten. Mit Ausnahme des Sonderfalls von reinen Axiallasten wirken auf den Innenring und die Welle Momente, die durch die asymmetrischen axialen Komponenten der Kräfte auf die Wälzkörper verursacht werden. Die effektive Mitte von Kegelrollenlagern ist als der Punkt definiert, an dem sich die Feldlinien der Normalkraft, die auf die Laufbahn des Außenrings wirkt, und die Lagerachse schneiden. Sie wird als Näherungswert auch auf Schrägkugellager angewendet. Für ein System mit zwei Lagern ist der effektive Lagerabstand als Abstand zwischen der jeweiligen effektiven Mitte der beiden Lager definiert. Es lässt sich mathematisch zeigen, dass bei der Berechnung der Radiallast auf das Lager das Lagermoment vernachlässigt werden kann, wenn die Welle in der effektiven und nicht in der geometrischen Lagermitte aufliegt.

Nur extern angewendete Lasten müssen berücksichtigt werden, und zur Bestimmung von Lasten oder Gegenkräften werden die Momente der effektiven Lagermitte zugrunde gelegt.

In Abb. 65 sind einreihige Lager in einer direkten (X-Anordnung) und einer indirekten (O-Anordnung) Montagekonfiguration dargestellt. Ob die X- oder O-Anordnung verwendet wird, hängt von der Anwendung ab.

PENDELROLLENLAGER

Das effektive Zentrum jeder Reihe von Pendelrollen schneidet die Wellenachse in der geometrischen Lagermitte, wie in Abb. 66 dargestellt. Da der Abstand zwischen dem effektiven Zentrum jeder Reihe eines Lagers null ist (d. h. der Hebelarm ist null), kann innerhalb des Lagers kein reines Paar gebildet werden. Daher können bei Fehlausrichtungen von Welle und Gehäuse die Innen- und Außenringe des Lagers um einige Grad versetzt rotieren, ohne dass interne Kräfte auftreten. Durch diese Fähigkeit zur Selbstausrichtung wird wiederum verhindert, dass eine externe Momentbelastung durch das Lager unterstützt wird. Daher können Pendelrollenlager nur externe Wellen- und Gehäuselasten durch radiale und axiale Gegenkräfte aufnehmen.

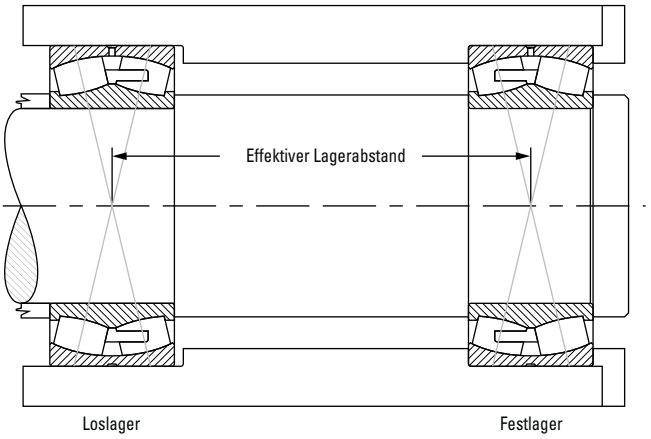


Abb. 66. Pendelrollenlager

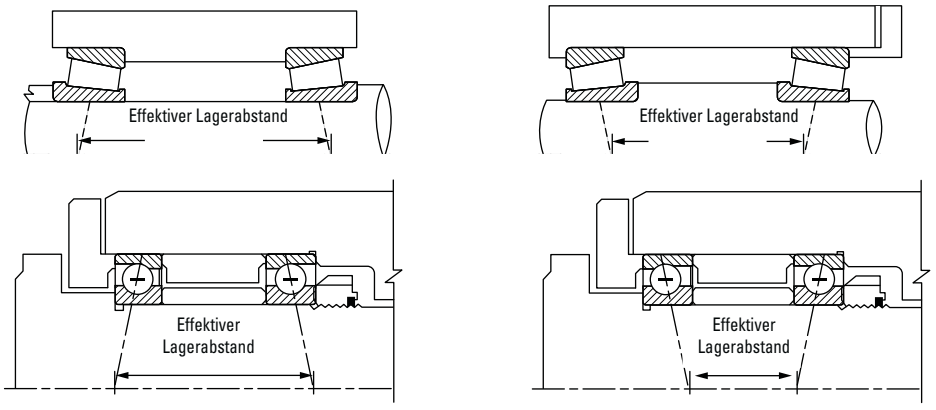


Abb. 65. Unterschiedliche Montageanordnungen für einreihige Lager mit ihren effektiven lasttragenden Zentren.

O-Anordnung – Kegelrollenlager
Direkte Anordnung/DB – Schrägkugellager

X-Anordnung – Kegelrollenlager
Indirekte AAnordnunf/DF – Schrägkugellager

KRAFTAUFLÖSUNG

WELLEN AUF ZWEI AUFLAGEN

Zur Übertragung der extern auf eine Welle wirkenden Kräfte in Lagerkräfte, die in den effektiven Lagermittelpunkten wirken, werden einfache Balkengleichungen verwendet.

Die folgenden Gleichungen gelten für den Fall einer Welle auf zwei Auflagen mit der Tangentialkraft F_t, der Trennkraft F_s und der Axialkraft F_a, einer externen Radiallast F und einem externen Moment M_o. Die Lasten werden unter beliebigen Winkeln (θ_1, θ_2 und θ_3) relativ zu der in Abb. 67 gezeigten Bezugsebene aufgebracht. Mithilfe des Superpositionsprinzips lassen sich die Gleichungen für die vertikalen und horizontalen Lagerkräfte (F_{rv} und F_{rh}) auf Systeme mit beliebig vielen Getrieben, externen Kräften oder Momenten erweitern. Zur Berechnung der Gegenkräfte im Lager sollten die Getriebekräfte mit einem Vorzeichen (+/-) versehen werden, abgeleitet aus der jeweiligen Gleichung für Getriebekräfte.

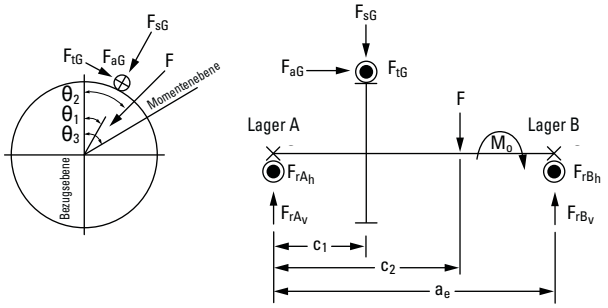


Abb. 67. Radiale Lagerkräfte.

Gehen Sie hierbei sorgfältig vor, damit gewährleistet ist, dass bei der Unterstützung geeignete Freiheitsgrade verwendet werden. Kegelrollenlager und Kugelrollenlager eignen sich für Radiallasten, Momentbelastungen und Schubbelastung in beide Richtungen. Pendelrollenlager können nicht für eine Momentbelastung, aber für Radial- und Axiallasten in beide Richtungen verwendet werden. Zylinderrollenlager können für Radiallasten und Momentbelastungen verwendet werden, sie eignen sich, je nach Konfiguration des Axialflansches, aber nur für leichte Axiallasten.

WELLE MIT DREI ODER MEHR AUFLAGEN

Die Gleichungen des statischen Gleichgewichts sind zur Berechnung der Lagerkräfte ungeeignet, wenn die Welle an mehr als zwei Punkten aufliegt. In diesen Fällen können Computerprogramme verwendet werden, sofern geeignete Informationen verfügbar sind. Bei diesen Problemen wirken sich die Verformungen der Welle, der Lager und der Gehäuse auf die Lastverteilung aus. Jede Änderung dieser Parameter kann die Lagerkräfte wesentlich beeinflussen.

Vertikale Komponente der Lagerkraft an Lagerposition B:

$$F_{rB_v} = \frac{1}{a_e}\left(c_1 (F_{sG} \cos \theta_1 + F_{tG} \sin \theta_1) + \frac{1}{2} (D_{pG} - b \sin \gamma_G) F_{aG} \cos \theta_1 + c_2 F \cos \theta_2 + M \cos \theta_3 \right)$$

Horizontale Komponente der Lagerkraft an Lagerposition B:

$$F_{rB_h} = \frac{1}{a_e}\left(c_1 (F_{sG} \sin \theta_1 - F_{tG} \cos \theta_1) + \frac{1}{2} (D_{pG} - b \sin \gamma_G) F_{aG} \sin \theta_1 + c_2 F \sin \theta_2 + M \sin \theta_3 \right)$$

Vertikale Komponente der Lagerkraft an Lagerposition A:

$$F_{rA_v} = F_{sG} \cos \theta_1 + F_{tG} \sin \theta_1 + F \cos \theta_2 - F_{rB_v}$$

Horizontale Komponente der Lagerkraft an Lagerposition A:

$$F_{rA_h} = F_{sG} \sin \theta_1 - F_{tG} \cos \theta_1 + F \sin \theta_2 - F_{rB_h}$$

Resultierende radiale Lagerkraft: $F_{rA} = \left[(F_{rA_v})^2 + (F_{rA_h})^2 \right]^{1/2}$ $F_{rB} = \left[(F_{rB_v})^2 + (F_{rB_h})^2 \right]^{1/2}$

Resultierende axiale Lagerkraft: $F_{aA} = F_{aG}$ (Festlagerposition) $F_{aB} = 0$ (Loslagerposition)

ÄQUIVALENTE DYNAMISCHE RADIALLAGERLASTEN (P_r)

Zur Berechnung der L_{10}-Lebensdauer ist die Berechnung einer äquivalenten dynamischen Radiallast (P_r) erforderlich. Die äquivalente dynamische Radiallast ist definiert als eine einzelne Radiallast, die auf das Lager angewandt, zur gleichen Lebensdauer führt wie die kombinierte Last, mit der das Lager betrieben wird. Für alle Lagertypen wird die Gleichung in der folgenden Form verwendet:

$$P_r = XF_r + YF_a$$

PENDELROLLENLAGER

Für Pendelrollenlager können die Werte für P_r mithilfe der folgenden Gleichungen bestimmt werden. Berechnen Sie das Verhältnis zwischen Axial- und Radiallast. Vergleichen Sie dieses Verhältnis mit dem e-Wert des Lagers.

In Form einer Gleichung

$$P_r = F_r + YF_a \quad \text{für } F_a/F_r \le e \text{ und}$$
$$P_r = 0{,}67F_r + YF_a \quad \text{für } F_a/F_r > e.$$

Die Werte für „e" und „Y" sind im Katalog für Pendelrollenlager aufgeführt, der unter www.timken.com verfügbar ist.

ZYLINDERROLLENLAGER

Für Zylinderrollenlager, die mit reiner Radiallast betrieben werden, gilt Folgendes:

$$P_r = F_r$$

Die maximale dynamische Radiallast, die auf ein Zylinderrollenlager aufgebracht werden kann, sollte $\le C/3$ sein.

Wenn zusätzlich zur Radiallast eine Axiallast F_a auf das Lager wirkt, wird diese Axiallast bei der Berechnung der Lebensdauer des Lagers berücksichtigt (dabei gilt: $F_a \le F_{az}$; F_{az} ist die zulässige Axiallast).

TABELLE 4. WERTE FÜR DIE DYNAMISCH ÄQUIVALENTE RADIALLAST VON ZYLINDERROLLENLAGERN

Maßreihen	Lastverhältnis	Äquivalente dynamische Last
10.. 2..E, 3..E	$F_a/F_r \le 0{,}11$	$P = F_r$
	$F_a/F_r > 0{,}11$	$P = 0{,}93\ F_r + 0{,}69\ F_a$
22..E, 23..E	$F_a/F_r \le 0{,}17$	$P = F_r$
	$F_a/F_r > 0{,}17$	$P = 0{,}93\ F_r + 0{,}45\ F_a$

RADIAL- UND SCHRÄGKUGELLAGER

Für Kugellager kann die äquivalente dynamische Radiallast aus Tabelle 5 bezogen werden. Die erforderlichen Y-Faktoren sind in Tabelle 6 auf Seite 42 angegeben.

TABELLE 5. GLEICHUNGEN FÜR ÄQUIVALENTE DYNAMISCHE RADIALLASTEN VON KUGELLAGERN

RADIAL- UND SCHRÄGKUGELLAGER			
Lager Lagerbeschreibung (Ref.)	Druck-Kontaktwinkel	Einreihig Einreihige- und Tandem-Lagerungen	Doppelreihig Doppelreihige Lagerung und Lagerung mit vorgespanntem Paar Lagerungen
Lagertyp bzw. Baureihe		$K_T = \frac{F_a}{i_B C_o}$	$K_T = \frac{F_a}{C_o}$
RILLENKUGELLAGER	**Größeren der resultierenden „P_r"-Werte verwenden[1]**		
M9300K,MM9300K M9100K,MM9100K M200K,MM200K M300K,MM300K	0°	$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}56F_r + Y_1F_a$	$P_r = F_r + 1{,}20Y_1F_a$ oder $P_r = 0{,}78F_r + 1{,}625Y_1F_a$
Kleine zöllige und metrische Baureihen 9300.9100.200.300 und Folgeprodukte Große zöllige XLS W und GW Tri-Ply	0°	$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}56F_r + Y_1F_a$	
Kugellager-Gehäuseeinheiten mit breitem Innenring	0°	$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}56F_r + Y_1F_a$	
SCHRÄGKUGELLAGER	**Größeren der resultierenden P_r -Werte verwenden**		
7200K, 7200W 7300W, 7400W 5200K-5300W 5311W-5318W 5218W, 5220W, 5407W 5221W, 5214W	20°	$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}43F_r + F_a$	$P_r = F_r + 1{,}09F_a$ oder $P_r = 0{,}70F_r + 1{,}63F_a$
5200, 5200W (siehe 20°-Ausnahmen) 5300, 5300W (siehe 20°-Ausnahmen) 5400, 5400W (siehe 20°-Ausnahmen)	30°	$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}39F_r + 0{,}76F_a$	$P_r = F_r + 0{,}78F_a$ oder $P_r = 0{,}63F_r + 1{,}24F_a$
7200WN 7300WN 7400WN	40°	$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}35F_r + 0{,}57F_a$	$P_r = F_r + 0{,}55F_a$ oder $P_r = 0{,}57F_r + 0{,}93F_a$
2M9300WI 2MM9100WI 2M200WI, 2MM200WI 2MM300WI	15°	$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}44F_r + Y_2F_a$	$P_r = F_r + 1{,}124Y_2F_a$ oder $P_r = 0{,}72F_r + 1{,}625Y_2F_a$
2MM9100WO		$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}44F_r + Y_3F_a$	$P_r = F_r + 1{,}124Y_3F_a$ oder $P_r = 0{,}72F_r + 1{,}625Y_3F_a$
3M9300WI 3M9100WI, 3MM-9100WI 3M200WI, 3MM200WI 3MM300WI	25°	$P_r = F_r$ oder $P_r = 0{,}41F_r + 0{,}87F_a$	$P_r = F_r + 0{,}92F_a$ oder $P_r = 0{,}67F_r + 1{,}41F_a$

[1]Wenden Sie sich bei $P_r > C_o$ oder $P_r > {}^1/_2\, C_E$ zur Berechnung der Lebensdauer an Ihren zuständigen Timken-Ingenieur.

TABELLE 6. ERFORDERLICHE Y-FAKTOREN FÜR ÄQUIVALENTE DYNAMISCHE RADIALLASTEN VON KUGELLAGERN

K_T	Y_1	Y_2	Y_3
0,015	2,30	1,47	1,60
0,020	2,22	1,44	1,59
0,025	2,10	1,41	1,57
0,030	2,00	1,39	1,56
0,040	1,86	1,35	1,55
0,050	1,76	1,32	1,53
0,060	1,68	1,29	1,51
0,080	1,57	1,25	1,49
0,100	1,48	1,21	1,47
0,120	1,42	1,19	1,45
0,150	1,34	1,14	1,42
0,200	1,25	1,09	1,39
0,250	1,18	1,05	1,35
0,300	1,13	1,02	1,33
0,400	1,05	1,00	1,29
0,500	1,00	1,00	1,25
0,600	—	—	1,22
0,800	—	—	1,17
1,000	—	—	1,13
1,200	—	—	1,10

KEGELROLLENLAGER

Kegelrollenlager sind für Radiallasten, Axiallasten oder eine Kombination aus beiden konstruiert. Durch die Kegelkonstruktion der Laufbahnen wird innerhalb des Lagers durch eine Radiallast eine axiale Gegenkraft hervorgerufen, der eine gleiche oder größere Axiallast entgegenstehen muss, um eine Trennung des Innen- und Außenrings zu verhindern. Der hervorgerufene Schub wird, je nach Richtung der auftretenden Axiallast, zu allen externen Axiallasten addiert bzw. von ihnen subtrahiert. Dies führt dazu, dass auf den Lagersitz sowohl der ausgelöste Schub des entgegengesetzten Lagers als auch der externe Schub wirkt. Auf ein nicht gesetztes Lager wirkt nur der eigene hervorgerufene Schub.

In einem gegebenen Lager wird der Belastungsbereich durch das Verhältnis von Radiallast zu Axiallast und Winkel des in das Lager integrierten Außenrings bestimmt. Abgeleitet aus diesem Verhältnis ist die Lastzone als die Anzahl der Rollen definiert, die sich in Kontakt befinden. Befinden sich alle Rollen in Kontakt, spricht man von einer Lastzone von 360 °.

Wenn auf ein Kegelrollenlager nur eine Radiallast wirkt, wird der Einfachheit halber die herkömmliche Berechnungsmethode verwendet, nach der die Last auf die Hälfte der Rollen wirkt. In diesem Fall beträgt die induzierte Axiallast:

$$F_{a(180)} = \frac{0{,}47\ F_r}{K}$$

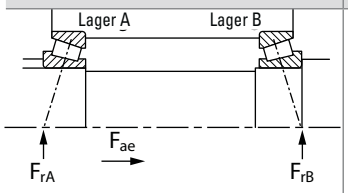
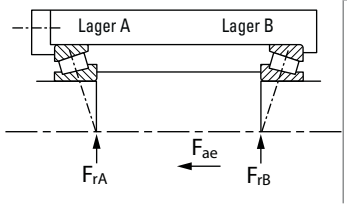
Die dynamische radiale Grundtragzahl C_{90} gilt als die radiale Lasttragfähigkeit mit einer Belastungszone im Lager von 180°. Wenn die auf ein Lager wirkende Axiallast die induzierte Axialkraft $F_{a(180)}$ übersteigt, muss zur Berechnung der Lagerlebensdauer eine äquivalente dynamische Radiallast verwendet werden.

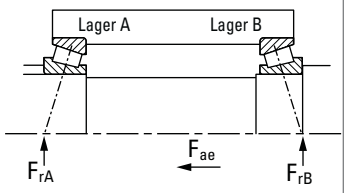
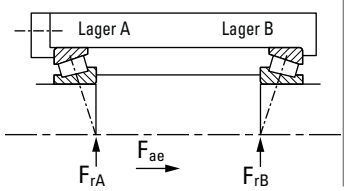
Mithilfe der Gleichungen in den Tabellen 7 und 8 lassen sich Näherungswerte für die dynamisch äquivalente Radiallast für ein Lager mit einem Belastungsbereich von 180 Grad und ein entgegengesetztes Lager mit einem Belastungsbereich von 180 Grad oder mehr berechnen.

Einreihige Lagerung

Zur Verwendung dieser Tabelle für eine einreihige Lagerung muss bestimmt werden, ob die Lager in X-Anordnung oder in O-Anordnung montiert sind, und auf welches Lager (A oder B) die Axialkraft F_{ae} angewandt wird. Nach der Festlegung der passenden Konstruktion können Sie anhand der Tabelle die entsprechenden Gleichungen für die Axiallast und die äquivalente dynamische Radiallast auswählen.

TABELLE 7. GLEICHUNGEN ZUR BERECHNUNG DER ÄQUIVALENTEN DYNAMISCHEN RADIALLAST, LAGERUNG MIT EINREIHIGEM KEGELROLLENLAGER

Konstruktion	Bedingung	Axiallast	Äquivalente dynamische Radiallast
	$\frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} \le \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$ $F_{aB} = \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B}$	$P_A = 0{,}4\,F_{rA} + K_A\,F_{aA}$ [1] $P_B = F_{rB}$
	$\frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} > \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A}$ $F_{aB} = \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} - F_{ae}$	$P_A = F_{rA}$ $P_B = 0{,}4\,F_{rB} + K_B\,F_{aB}$ [1]

Konstruktion	Bedingung	Axiallast	Äquivalente dynamische Radiallast
	$\frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} \le \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A}$ $F_{aB} = \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} + F_{ae}$	$P_A = F_{rA}$ $P_B = 0{,}4\,F_{rB} + K_B\,F_{aB}$ [1]
	$\frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} > \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} - F_{ae}$ $F_{aB} = \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B}$	$P_A = 0{,}4\,F_{rA} + K_A\,F_{aA}$ [1] $P_B = F_{rB}$

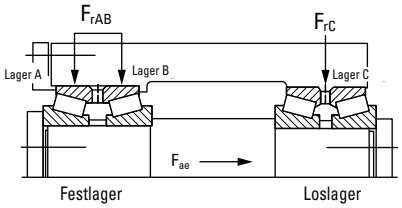
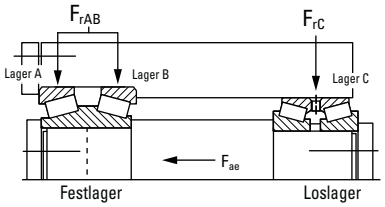
[1] If $P_A < F_{rA}$, use $P_A = F_{rA}$ or if $P_B < F_{rB}$, use $P_B = F_{rB}$.

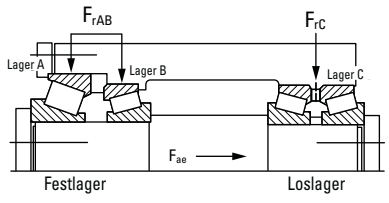
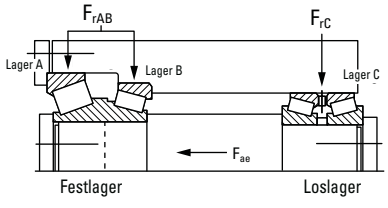
Doppelreihige Montage, Fest- oder Loslager, gleiche Lagerbaureihen

Die folgende Tabelle kann für doppelreihige Kegelrollenlager verwendet werden. In dieser Tabelle ist nur Lager A mit Axiallast aufgeführt. Wird die Axiallast auf Lager B angewendet, muss die Axiallast von A durch die von B ersetzt werden bzw. umgekehrt.

Für verwandte doppelreihige Baureihen ohne externe Axialkraft, F_{ae}=0, ist die äquivalente dynamische Radiallast P_r gleich F_{rAB} oder F_{rC}. Da es sich bei F_{rAB} oder F_{rC} um die Radiallast der doppelreihigen Baugruppe handelt, muss zur Berechnung der Lebensdauer des Lagers die grundlegende dynamische radiale Tragzahl für doppelreihige Konstruktionen $C_{90(2)}$ verwendet werden.

TABELLE 8. GLEICHUNGEN ZUR BERECHNUNG DER ÄQUIVALENTEN DYNAMISCHEN RADIALLAST, LAGERUNG MIT DOPPELREIHIGEM KEGELROLLENLAGER

Konstruktion – Gleiche Lagerbaureihen	Bedingung	Äquivalente dynamische Radiallast
	$F_{ae} \leq \frac{0{,}6\ F_{rAB}}{K}$	$P_A = 0{,}5\ F_{rAB} + 0{,}83\ K_A\ F_{ae}$ $P_B = 0{,}5\ F_{rAB} - 0{,}83\ K_A\ F_{ae}$
	$F_{ae} > \frac{0{,}6\ F_{rAB}}{K}$	$P_A = 0{,}4\ F_{rAB} + K_A\ F_{ae}$ $P_B = 0$

Konstruktion – Unterschiedliche Lagerbaureihen	Bedingung	Äquivalente dynamische Radiallast
	$F_{ae} \leq \frac{0{,}6\ F_{rAB}}{K_A}$	$P_A = \frac{K_A}{K_A + K_B}(F_{rAB} + 1{,}67\ K_B\ F_{ae})$ $P_B = \frac{K_B}{K_A + K_B}(F_{rAB} - 1{,}67\ K_A\ F_{ae})$
	$F_{ae} > \frac{0{,}6\ F_{rAB}}{K_A}$	$P_A = 0{,}4\ F_{rAB} + K_A\ F_{ae}$ $P_B = 0$

HINWEIS: F_{rAB} ist die Radiallast der doppelreihigen Einheit. Die dynamische radiale Tragzahl C_{90} wird zur Berechnung der Lebensdauer mithilfe der oben angegebenen Gleichungen verwendet.

ÄQUIVALENTE DYNAMISCHE AXIALLAGERLASTEN (P_a)

Radiallasten bei Axial-Kugel-, Axial-Pendel- und Axial-Kegelrollenlagern machen komplexe Lastberechnungen erforderlich, die sorgfältig durchgeführt werden müssen. Beträgt die Radiallast null, entspricht die dynamisch äquivalente Axiallast (P_a) der angewendeten Axiallast (F_a). Wenden Sie sich bei einer möglichen Radiallast in der Anwendung zur Auswahl des Lagers an Ihren Timken-Techniker.

AXIALSCHRÄGKUGELLAGER

Die dynamisch äquivalente Axiallast für Axialschrägkugellager wird folgendermaßen bestimmt:

$$P_a = X_r F + YF_a$$

Die kleinsten zulässigen Verhältnisse von Axial- zu Radiallast (F_a/F_r), X- und Y-Faktoren sind in den Maßtabellen der Lager im Katalog für Axiallager aufgeführt, der unter www.timken.com verfügbar ist.

AXIAL-PENDELROLLENLAGER

Dynamische Lasten von Axial-Pendelrollenlagern werden folgendermaßen bestimmt:

$$P_a = 1{,}2F_r + F_a$$

Die Radiallast (F_r) eines Axial-Pendelrollenlagers ist proportional zur angewandten Axiallast (F_a), so dass $F_r \leq 0{,}55\ F_a$. Durch den steilen Rollenwinkel wird bei Aufgabe einer Radiallast eine Axiallast ($F_{ai} = 1{,}2F_r$) induziert. Dieser Axiallast muss ein weiteres Axiallager auf der Welle oder eine Axiallast entgegenwirken, die größer als F_{ai} ist.

STATISCH ÄQUIVALENTE RADIAL - UND AXIALLASTEN

Zum Vergleich der Last eines nicht-rotierenden Lagers mit der grundlegenden statischen Lastkapazität ist es notwendig, die statisch äquivalente Last zu bestimmen. Die statisch äquivalente Last ist als die reine Radial- oder Axiallast definiert, die in der Mitte des Rollenelements mit der größten Spannung denselben Kontaktdruck hervorruft wie die tatsächliche kombinierte Last. Die äquivalente statische Radial- und/oder Axialbelastung ist vom gewählten Lagertyp abhängig. Bei Lagern, die nur für Radial- oder Axiallasten konstruiert sind, entspricht die statisch äquivalente Last der angewendeten Last.

Bei allen Lagern kann die maximale Kontaktspannung über die äquivalente statische Last und die statische Tragzahl näherungsweise bestimmt werden.

Für Rollenlager:

$$\sigma_0 = 4000 \left(\frac{P_o}{C_o}\right)^{1/2} \text{MPa}$$

$$\sigma_0 = 580 \left(\frac{P_o}{C_o}\right)^{1/2} \text{ksi}$$

Für Kugellager:

$$\sigma_0 = 4200 \left(\frac{P_o}{C_o}\right)^{1/3} \text{MPa}$$

$$\sigma_0 = 607 \left(\frac{P_o}{C_o}\right)^{1/3} \text{ksi}$$

PENDELROLLEN-, RADIALKUGEL- UND SCHRÄGKUGELLAGER

Die in Tabelle 9 aufgeführten Lastfaktoren X_o und Y_o werden anhand der folgenden Gleichung zur Abschätzung der äquivalenten statischen Radiallast verwendet.

$$P_{or} = X_o F_r + Y_o F_a$$

AXIALKUGELLAGER

Ähnlich wie bei Rillenkugellagern wird für Axialkugellager zur Bestimmung der äquivalenten statischen und äquivalenten dynamischen Belastung dieselbe Gleichung verwendet.

$$P_{oa} = X_o F_r + Y_o F_a$$

Die X- und Y-Faktoren sind im Katalog für Axiallager (erhältlich unter www.timken.com) angegeben, zusammen mit dem minimal erforderlichen Verhältnis von Axial- zu Radiallast, das für einen ordnungsgemäßen Betrieb erforderlich ist.

AXIAL-PENDELROLLENLAGER

Für Axial-Pendelrollenlager wird die folgende Gleichung verwendet:

$$P_{oa} = F_a + 2{,}7\ F_r$$

Für den ordnungsgemäßen Betrieb von Axial-Pendelrollenlagern ist eine Mindest-Axiallast erforderlich. P_{oa} darf nicht größer als $0{,}5\ C_{oa}$ sein. Wenden Sie sich an Ihren Timken-Techniker, wenn dieser Wert überschritten wird.

TABELLE 9. X_0- UND Y_0-WERTE FÜR STATISCH VORGESPANNTE RADIALLAGER

Lagertyp	Druckwinkel (α)	Einreihig		Doppelreihig	
		X_o	Y_o	X_o	Y_o
Rillenkugellager		0,6	0,5	0,6	0,5
Schrägkugellager	15	0,5	0,47	1	0,94
	20	0,5	0,42	1	0,84
	25	0,5	0,38	1	0,76
	30	0,5	0,33	1	0,66
	35	0,5	0,29	1	0,58
	40	0,5	0,26	1	
Pendelrollenlager		0,5	0,22 cotα	1	0,44 cotα

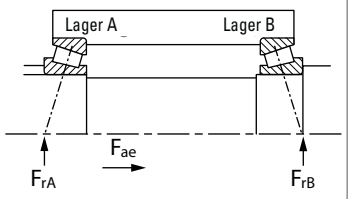
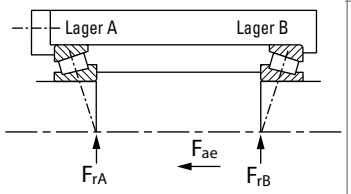
KEGELROLLENLAGER

Zur Berechnung der äquivalenten statischen Radiallast für eine einreihige Lagerung müssen Sie zunächst die Axiallast (F_a) bestimmen und dann - abhängig von der jeweiligen Axiallastbedingung - die Gleichungen in diesem Abschnitt anwenden.

In den Datentabellen für Lager sind keine statischen Tragzahlen für doppelreihige Lager enthalten. Ein Näherungswert für die statische Tragzahl von doppelreihigen Radiallagern kann folgendermaßen bestimmt werden:

$$C_{o(2)} = 2C_o$$

TABELLE 10. GLEICHUNGEN ZUR BERECHNUNG DER ÄQUIVALENTEN STATISCHEN LAST, EINREIHIGES KEGELROLLENLAGER

Konstruktion	Bedingung	Axiallast	Äquivalente statische Radiallast
	$\frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} \le \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$ $F_{aB} = \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B}$	$P_{0B} = F_{rB}$ für $F_{aA} < 0{,}6\,F_{rA} / K_A$ $P_{0A} = 1{,}6\,F_{rA} - 1{,}269\,K_A\,F_{aA}$ für $F_{aA} > 0{,}6\,F_{rA} / K_A$ $P_{0A} = 0{,}5\,F_{rA} + 0{,}564\,K_A\,F_{aA}$
 Konstruktion (externe Axiallast F_{ae} auf Lager A)	$\frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} > \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A}$ $F_{aB} = \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} - F_{ae}$	für $F_{aB} > 0{,}6\,F_{rB} / K_B$ $P_{0B} = 0{,}5\,F_{rB} + 0{,}564\,K_B\,F_{aB}$ für $F_{aB} < 0{,}6\,F_{rB} / K_B$ $P_{0B} = 1{,}6\,F_{rB} - 1{,}269\,K_B\,F_{aB}$ $P_{0A} = F_{rA}$

Verwenden Sie die zum Vergleich mit der statischen Tragzahl (C_0) berechneten Werte für P_0, auch wenn P_0 kleiner ist als die radial angewandte Kraft F_r.

MINIMALE LAGERLAST

Wenn Lasten zu gering sind, kann Schlupf auftreten und bei gleichzeitiger Mangelschmierung kann dies zu Lagerschäden führen. Die Mindestlast für Radial-Zylinder- und -Pendelrollenlager beträgt $P_r = 0{,}04\,C$.

Aufgrund der Zentrifugalkräfte in Axial-Pendelrollenlagern tendieren die Rollen zu einer Bewegung nach außen. Die Lagergeometrie wandelt diese Kraft in eine weitere Axialkomponente um, die durch eine Axiallast ausgeglichen werden muss. Dieser ausgelöste Schub (F_{ac}) ergibt sich aus:

$$F_{ac} = k\,n^2 \times 10^{-5} \quad \text{(Kraft in Pfund pro Umdrehung)}$$

Die minimal erforderliche axiale Arbeitslast an einem Axial-Pendelrollenlager ($F_{a\,min}$) wird dann wie folgt berechnet:

$$F_{a\,min} = 1{,}2\,F_r + F_{ac} \ge \frac{C_{0a}}{1000} \quad \text{(lbf)}$$

Die minimal erforderliche axiale Arbeitslast ($F_{a\,min}$) muss mit dem oben berechneten Wert übereinstimmen und sollte größer oder gleich 0,1 Prozent der statischen axialen Tragzahl (C_{0a}) sein.

LAGERKENNZAHLEN

Für Lager gibt es zwei grundlegende Tragzahlen, eine dynamische Tragzahl und eine statische Tragzahl. Die dynamische Tragzahl wird zur Bestimmung eines Näherungswerts für die Lebensdauer eines rotierenden Lagers verwendet. Statische Tragzahlen werden zur Bestimmung der maximal zulässigen Last verwendet, die auf ein nichtrotierendes Lager angewandt werden kann.

DYNAMISCHE TRAGZAHL

Die veröffentlichten dynamischen Tragzahlen für Lager von Timken basieren in der Regel auf einer berechneten Lebensdauer von einer Million Umdrehungen. Diese Tragzahl, mit C bezeichnet, ist als die Radiallast definiert, unter der eine Zahl von Lagern eine Lebensdauer L_{10} von einer Million Umdrehungen erreicht. Bei Kegelrollenlagern von Timken basiert die dynamische Tragzahl häufiger auf einer berechneten Lebensdauer von 90 Millionen Umdrehungen, bezeichnet mit C_{90}. Diese Tragzahl ergibt sich aus der Radiallast, unter der eine Anzahl von Lagern eine Lebensdauer L_{10} von 90 Millionen Umdrehungen erreicht. Für Kegelrollenlager wird auch die dynamische Axialtragzahl veröffentlicht und als C_{a90} ausgewiesen. Die Tragzahl C_{a90} ergibt sich aus der Axiallast, unter der eine Anzahl von Lagern eine Lebensdauer L_{10} von 90 Millionen Umdrehungen erreicht.

Die dynamische Tragzahl eines Lagers ist abhängig von der internen Geometrie des Lagers, den Laufbahnwinkeln, der Kontaktlänge zwischen Wälzelementen und der Anzahl und Größe der Wälzelemente. Außerdem hängt sie von der Materialreinheit ab.

STATISCHE TRAGZAHL

Die grundlegenden statischen radialen und axialen Tragzahlen für Lager von Timken basieren auf der maximalen Kontaktspannung innerhalb eines nicht-rotierenden Lagers von 4000 MPa (580 ksi) für Rollenlager und 4200 MPa (609 ksi) für Kugellager, in der Kontaktmitte des höchstbelasteten Wälzelements.

Die Spannungskräfte von 4000 MPa (580 ksi) bzw. 4200 MPa (609 ksi) können zu leichten Brinellierungen auf den Laufbahnen der Lager führen. Dieser Grad der Markierung hat keine messbaren Auswirkungen auf die Lebensdauer, wenn das Lager anschließend mit einer niedrigeren Anwendungslast rotiert. Bei Anwendungen, die kritisch auf Geräuschentwicklungen, Vibrationen oder Drehmomenten oder starken Stoßbelastung reagieren, sollte eine niedrigere Belastungsgrenze eingehalten werden. Weitere Informationen zur Auswahl eines Lagers für statische Belastungen erhalten Sie von Ihrem Timken-Techniker.

LAGERLEBENSDAUER

Bei der Auswahl eines Lagers ist eine Vielzahl unterschiedlicher Leistungskriterien zu berücksichtigen. Zu diesen Kriterien zählen die Lebensdauer des Lagers, die Laufgenauigkeit, Leistungsanforderungen, Temperaturgrenzwerte, Drehzahlleistungen, Geräuschentwicklung usw. In diesem Abschnitt wird in erster Linie die Lebensdauer des Lagers in Bezug auf Materialermüdung behandelt. Die Lebensdauer eines Lagers wird anhand der Zeitspanne oder Anzahl von Umdrehungen bis zum Auftreten eines ermüdungsbedingten Bruchs von 6 mm^2 (0,01 $Zoll^2$) definiert. Da es sich bei der Ermüdung um einen statistischen Wert handelt, kann die Lebensdauer eines einzelnen Lagers nicht präzise vorbestimmt werden. Lager, die scheinbar identisch sind, können unter identischen Testbedingungen eine erhebliche Streuung hinsichtlich der Lebensdauer aufweisen. Daher ist es notwendig, bei Schätzungen der Lebensdauer die statistische Bewertung einer großen Anzahl von Lagern zu verwenden, die unter gleichen Bedingungen betrieben werden. Die Weibull-Verteilungsfunktion ist der anerkannte Standard zur Schätzung der Lebensdauer einer Anzahl von Lagern auf jedem Zuverlässigkeitsniveau.

NOMINELLE LAGERLEBENSDAUER

Unter der nominellen Lebensdauer (L_{10}) versteht man die Lebensdauer, die von 90 Prozent einer Gruppe scheinbar identischer Lager erreicht oder überschritten wird, bevor ein Ermüdungsbruch auftritt. Die Lebensdauer L_{10} ist auch mit einer Zuverlässigkeit von 90 Prozent für ein einzelnes Lager bei einer bestimmten Belastung verbunden.

GLEICHUNGEN ZUR BERECHNUNG DER LAGERLEBENSDAUER

Ursprünglich wurde die Lebensdauer L_{10} für Lager bei radialen oder kombinierten Lasten wie folgt berechnet, wobei die äquivalente dynamische Radiallast P_r bestimmt wurde und die dynamische Tragzahl auf einer Million Umdrehungen basiert:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P_r}\right)^e (1x10^6) \qquad \text{Umdrehungen}$$

oder

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P_r}\right)^e \left(\frac{1x10^6}{60n}\right) \qquad \text{Stunden}$$

Für Axiallager werden die oben angegebenen Gleichungen folgendermaßen geändert.

$$L_{10} = \left(\frac{C_a}{P_a}\right)^e (1x10^6) \qquad \text{Umdrehungen}$$

oder

$$L_{10} = \left(\frac{C_a}{P_a}\right)^e \left(\frac{1x10^6}{60n}\right) \qquad \text{Stunden}$$

e = 3 für Kugellager
= $^{10}/_{3}$ für Kegel-, Zylinder- und Pendelrollenlager

Für Kegelrollenlager wird oft eine dynamische Tragzahl verwendet, die auf 90 Millionen Umdrehungen basiert. Dabei werden die Gleichungen im Vergleich zu einer Million Umdrehungen folgendermaßen verändert:

$$L_{10} = \left(\frac{C_{90}}{P_r}\right)^{10/3} (90x10^6) \qquad \text{Umdrehungen}$$

oder

$$L_{10} = \left(\frac{C_{90}}{P_r}\right)^{10/3} \left(\frac{90x10^6}{60n}\right) \qquad \text{Stunden}$$

und

$$L_{10} = \left(\frac{C_{a90}}{P_a}\right)^{10/3} (90x10^6) \qquad \text{Umdrehungen}$$

oder

$$L_{10} = \left(\frac{C_{a90}}{P_a}\right)^{10/3} \frac{90x10^6}{60n} \qquad \text{Stunden}$$

Am häufigsten wird die traditionelle Form der Gleichungen verwendet, die auf einer dynamischen Tragzahl von einer Million Umdrehungen basiert. Daher wird sie im verbleibenden Teil dieses Abschnitts verwendet. Die Gleichungen für die dynamisch äquivalente Belastung und die Korrekturfaktoren für die Lebensdauer, die in folgenden Abschnitten definiert werden, können auf alle Gleichungen zur Lebensdauer angewendet werden.

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Beziehung zwischen den Referenzbedingungen und der tatsächlichen Umgebung, in der das Lager in der Maschine eingesetzt wird, wurden die traditionellen Gleichungen für die Lebensdauer um bestimmte zusätzliche Variablen hinsichtlich der Lagerleistung erweitert. Der Weg, in der diese Faktoren zur Lageranalyse und -auswahl berücksichtigt werden, wird als Bearing Systems Analysis (BSA, Lagersystemanalyse) bezeichnet.

Erweiterte ABMA-Gleichung zur Berechnung der Lebensdauer von Lagern:

$$L_{na} = a_1 a_2 a_3 L_{10}$$

Erweiterte Timken-Gleichung zur Berechnung der Lebensdauer von Lagern:

$$L_{na} = a_1 a_2 a_{3d} a_{3k} a_{3l} a_{3m} a_{3p} \left(\frac{C}{P_r}\right)^e (1x10^6) \quad \text{Umdrehungen}$$

Wobei:

e = 3 für Kugellager
= $^{10}/_{3}$ für Kegel-, Zylinder- und Pendelrollenlager

KORREKTURFAKTOR FÜR DIE ÜBERLEBENSWAHRSCHEINLICHKEIT (a_1)

Im Zusammenhang mit der Lebensdauer von Lagern, bezogen auf eine Gruppe von baugleichen Lagern, die unter den gleichen Bedingungen zum Einsatz kommen, wird mit der Überlebenswahrscheinlichkeit der prozentuale Anteil der Gruppe angegeben, der voraussichtlich die angegebene Lebensdauer erreicht oder übertrifft. Mit der Zuverlässigkeit eines einzelnen Lagers wird die Wahrscheinlichkeit angegeben, dass das Lager die angegebene Lebensdauer erreicht oder übertrifft.

Korrekturfaktor für die Überlebenswahrscheinlichkeit zur Berechnung der Lebensdauer:

$$a_1 = 4{,}26\left(\ln\frac{100}{R}\right)^{2/3} + 0{,}05$$

ln = natürlicher Logarithmus (mit Basis e)

Die berechnete Lebensdauer L_{10} muss zur Korrektur für Zuverlässigkeit mit dem Faktor a_1 multipliziert werden. Wenn in der obigen Gleichung für R 90 (90 % Zuverlässigkeit) eingesetzt wird, ist $a_1 = 1$. Für R = 99 (99 % Zuverlässigkeit) ist $a_1 = 0{,}25$. In der folgenden Tabelle ist der Zuverlässigkeitsfaktor für die am häufigsten verwendeten Zuverlässigkeitswerte aufgeführt.

TABELLE 11. ZUVERLÄSSIGKEITSFAKTOREN

R (Prozent)	L_n	a_1
90	*L_{10}*	*1,00*
95	L_5	0,64
96	L_4	0,55
97	L_3	0,47
98	L_2	0,37
99	L_1	0,25
99,5	$L_{0,5}$	0,175
99,9	$L_{0,1}$	0,093

Beachten Sie, dass für die Gleichung zur Berechnung der Zuverlässigkeit vorausgesetzt wird, dass es eine kurze minimale Lebensdauer gibt, unter der die Wahrscheinlichkeit eines Lagerschadens minimal ist (d.h. Null Wahrscheinlichkeit, dass ein Lagerschaden eine kurze Lebensdauer verursacht). Umfangreiche Tests der Lebensdauer von Lagern haben ergeben, dass die minimale Lebensdauer, unter der die Wahrscheinlichkeit eines Lagerschadens zu vernachlässigen ist, größer ist, als der Wert, der sich mithilfe des oben angegebenen Korrekturfaktors voraussagen lässt. Wenden Sie sich für eine präzisere Voraussage der Lebensdauer an Ihren Timken-Techniker.

MATERIALFAKTOR ZUR BERECHNUNG DER LEBENSDAUER (a_2)

Der Korrekturfaktor für die Lebensdauer des Lagermaterials a_2 für Standardlager von Timken, die aus hochwertigem Lagerstahl hergestellt werden, beträgt 1,0. Lager werden auch aus Prämium-Stählen hergestellt, die weniger und kleinere eingeschlossene Unreinheiten aufweisen als Standardstähle und für Lager den Vorteil einer höheren Lebensdauer bieten (z. B. DuraSpexx®-Lager). Die Anwendung des Materialfaktors bei der Berechnung der Lagerlebensdauer setzt voraus, dass die Lebensdauer auf nichtmetallische Einschlüsse begrenzt ist, dass Kontaktspannungen geringer als ca. 2400 MPa (350 ksi) sind und dass eine angemessene Schmierung verwendet wird. Beachten Sie, dass in einem Lagersystem in Betrieb eine mangelnde Schmierung nicht durch höhere Materialgüte ausgeglichen werden kann. Wenden Sie sich bei Fragen zur Anwendbarkeit des Materialfaktors an Ihren Timken-Techniker.

VERUNREINIGUNGSFAKTOR ZUR BERECHNUNG DER LEBENSDAUER (a_{3d})

Verunreinigungen in einem Schmiersystem reduzieren die Lebensdauer eines Rollenlagers, da Unebenheiten auf den Kontaktflächen entstehen, die zu einer erhöhten Spannung führen. Die Timken Gleichungen zur Berechnung der Lagerlebensdauer wurden anhand von Testdaten entwickelt, die bei 40-µm-Ölfiltration und ISO-Reinheitsgraden von ca. 15/12 erhalten wurden. Diese Reinheitsgrade sind typisch für herkömmliche Industriemaschinen. Enthält das System mehr oder weniger Verunreinigungen, können die Vorhersagen zur Lebensdauer entsprechend des gemessenen oder erwarteten ISO-Schmierstoffreinheitsgrads modifiziert werden, um die zu erwartende Lagerleistung genauer wiederzugeben.

Eine noch präzisere Möglichkeit, die Lebensdauer eines Lagers in einer Umgebung mit starken Verunreinigungen vorauszusagen, besteht mithilfe einer Debris Signature Analysis™. Bei der Debris Signature Analysis handelt es sich um einen Prozess zur Bestimmung der Auswirkungen der in Ihrem System tatsächlich vorhanden Verunreinigungen auf die Lagerleistung. In der Regel werden hierfür Messungen an den betroffenen Oberflächen von Lagern durchgeführt, die in einer bestimmten Anwendung eingesetzt werden. Diese Analyse ist deshalb von Vorteil, weil unterschiedliche Arten von Verunreinigungen unterschiedliche Grade der Leistungsminderung hervorrufen. Durch weiche, verformbare Partikel können andere Grade der Leistungsminderung hervorgerufen werden, als durch harte, spröde Partikel. Harte verformbare Partikel wirken sich in der Regel am ungünstigsten auf die Lagerlebensdauer aus. Spröde Partikel zerfallen möglicherweise, wodurch die Leistung weniger stark beeinträchtigt wird, als das bei harten, verformbaren Partikeln der Fall ist. Weitere Informationen zur Debris Signature Analysis oder zur Verfügbarkeit von verschmutzungsresistenten Lagern für Ihre Anwendung erhalten Sie von Ihrem Timken-Techniker.

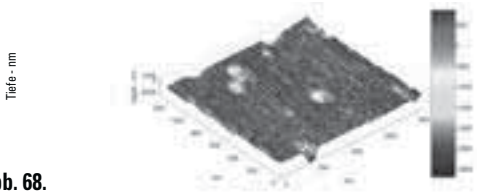


Abb. 68.
Oberflächenstruktur einer Lagerlaufbahn mit Schmutzeindrückungen.

LASTZONENFAKTOR ZUR BERECHNUNG DER LEBENSDAUER (a_{3k})

Die Lebensdauer eines Lagers ist abhängig von den Spannungen zwischen Rollenelementen und Laufbahnen und darüber hinaus auch von der Anzahl der Belastungszyklen, die bei jeder Umdrehung auf die Lagerflächen einwirken. Spannungen werden durch das Ausmaß der Belastung, die interne Lagergeometrie und die Anzahl der Rollenelemente beeinflusst, auf die die Last verteilt ist. Die Anzahl der Belastungszyklen ist abhängig von der Anzahl der Rollen, auf die die Last verteilt ist. Diese wiederum wird durch die Anzahl der Rollen pro Reihe, die Lagergeometrie, die angewendete Last und die Lagereinstellung beeinflusst.

Der Bogen, der durch die Rollen gebildet wird, auf die die Last verteilt ist, wird als Lastzone des Lagers bezeichnet. Die Lastzone wird durch die Lagereinstellung oder durch das interne Spiel, abhängig vom Lagertyp radial oder axial, erheblich beeinflusst. Vernachlässigt man die Vorspannung, führt weniger Spiel in einem Lager zu einer größeren Lastzone und daraus resultierend zu einer längeren Lagerlebensdauer.

Zur Annäherung des kombinierten Effekts der Lastzone auf L_{10a} wird die äquivalente dynamische Last (P_r) anstelle der angewandten Last (F_r) verwendet. Wenden Sie sich an Ihren Timken-Techniker, wenn eine genauere Beurteilung der angepassten Lebensdauer der Lastzone notwendig ist (z. B. unter Einbeziehung der Auswirkungen des internen Spiels oder der Passungen).

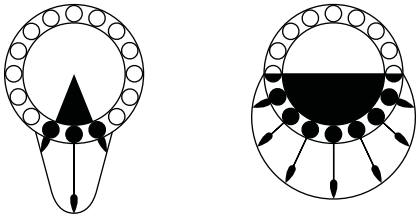


Abb. 69. Lastzonen des Lagers und Wälzkörper-Laufbahn-Kontaktbelastung.

SCHMIERFAKTOR ZUR BERECHNUNG DER LEBENSDAUER (a_{3l})

Die Auswirkung des Schmierfilms auf die Lagerleistung hängt mit der Verminderung oder Vermeidung der Reibung an Unebenheiten der Kontaktflächen (Metall auf Metall) zusammen. Im Timken Technologiezentrum wurden umfangreiche Tests vorgenommen, um zu ermitteln, welche Auswirkungen die Schmierung auf die Lagerlebensdauer hat. Es wurde festgestellt, dass die Oberflächenbeschaffenheit der Rollen und der Laufbahn relativ zur Schmierfilmdicke die deutlichste Wirkung zur Verbesserung der Lagerleistung hat. Faktoren wie Lagergeometrie, Material, Lasten und Belastungszonen spielen ebenfalls eine große Rolle bei der Lagerleistung.

Die folgende Gleichung stellt eine Methode zur Berechnung des Schmierfaktors dar, der eine genauere Voraussage der Auswirkungen der Schmierung auf die Lagerlebensdauer (L_{10a}) zulässt:

$$a_{3l} = C_g C_l C_j C_s C_v C_{gr}$$

Das Maximum von a_{3l} beträgt für alle Lager 2,88. Der kleinste a3l-Wert beträgt für Lager mit Randaufkohlung 0,200 und für durchgehärtete Lager 0,126.

Der Schmierfaktor enthält keinen Faktor für Schmierstoffverunreinigungen, da Timken Dauerlauftests üblicherweise mit einem 40-µm-Filter vorgenommen werden, um einen für die meisten Anwendungen realistischen Schmierstoffreinheitsgrad zu simulieren.

Geometriefaktor (C_g)

C_g wird für die meisten Teilenummern angegeben, die in den Lagerkatalogen unter www.timken.com verfügbar sind. In den Geometriefaktor fließen auch die Materialeffekte und Erwägungen zum Belastungsbereich für nicht Kegelrollenlager ein, sofern diese die Bauform des Lagers betreffen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich der Belastungsbereich primär auf die Lastenverteilung auf die Rollen und die Kontaktspannungen innerhalb des Lagers auswirkt, die nicht im Schmierfaktor quantifiziert sind. Weitere Informationen sind dem vorangegangenen Abschnitt zum Belastungsbereichsfaktor zur Berechnung der Lebensdauer (a_{3k}) zu entnehmen.

Der Geometriefaktor (C_g) kann nicht auf das DuraSpexx™-Produkt angewendet werden. Weitere Informationen zum DuraSpexx-Produkt erhalten Sie von Ihrem Timken-Techniker.

Lastfaktor (C_l)

Der C_l-Faktor lässt sich aus Abb. 70 erhalten. Es ist zu beachten, dass der Faktor vom verwendeten Lagertyp abhängig ist. P_r ist die auf das Lager angewandte äquivalente Last in Newton. Ihre Bestimmung ist im Abschnitt Äquivalente dynamische Lagerlasten (P_r) angegeben.

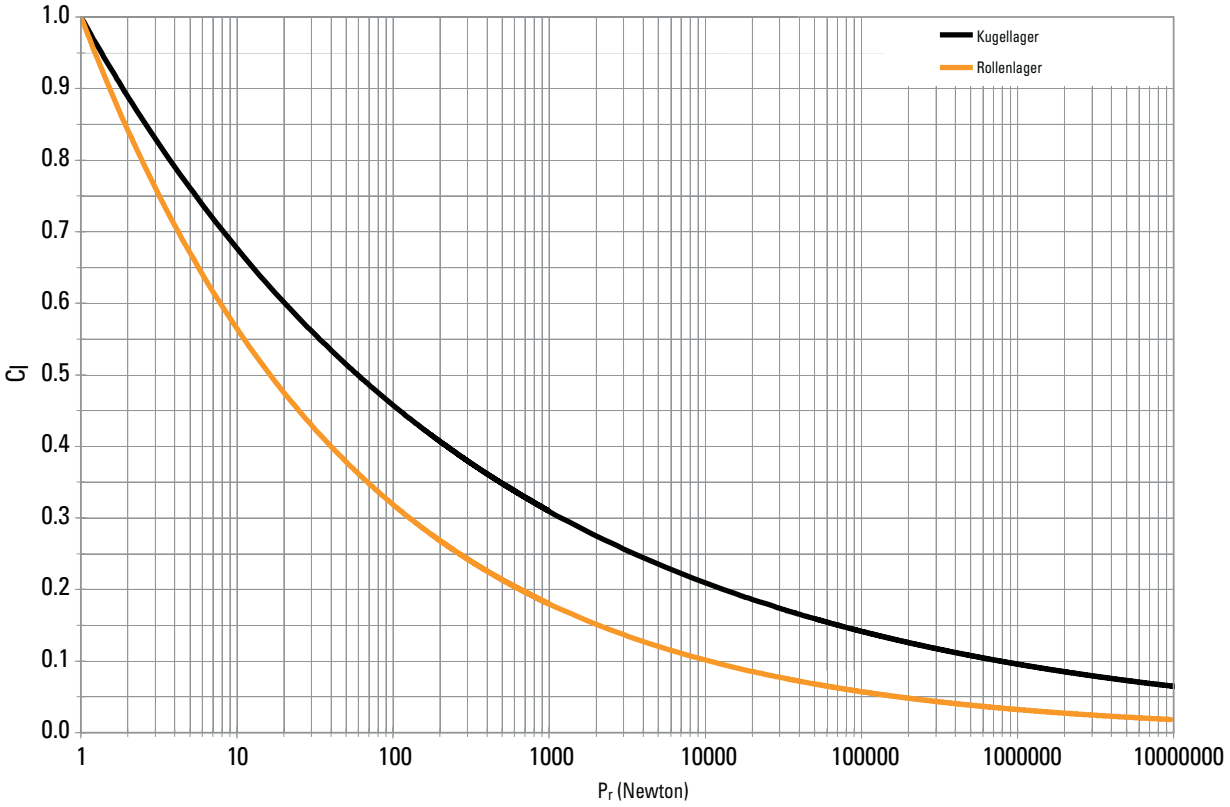


Abb. 70. Lastfaktor (C_l) als Funktion der äquivalenten dynamischen Lagerlast (P_r)

Belastungsbereichsfaktor (C_j)

Der Belastungsbereichsfaktor beträgt für alle Bauformen aus Kegelrollenlagern eins (1). Der Lastzonenfaktor für Kegelrollenlager kann aus Abb. 71 entnommen werden.

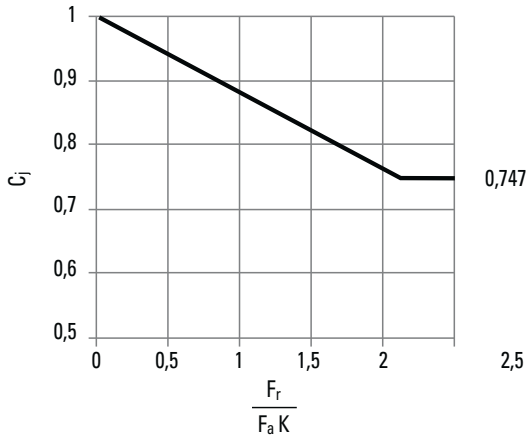


Abb. 71. Lastzonenfaktor (Cj) für Kegelrollenlager

Drehzahlfaktor (C_s)

C_s kann aus Abb. 72 bestimmt werden, wobei es sich bei U/min um die Drehzahl des Innenrings relativ zum Außenring handelt.

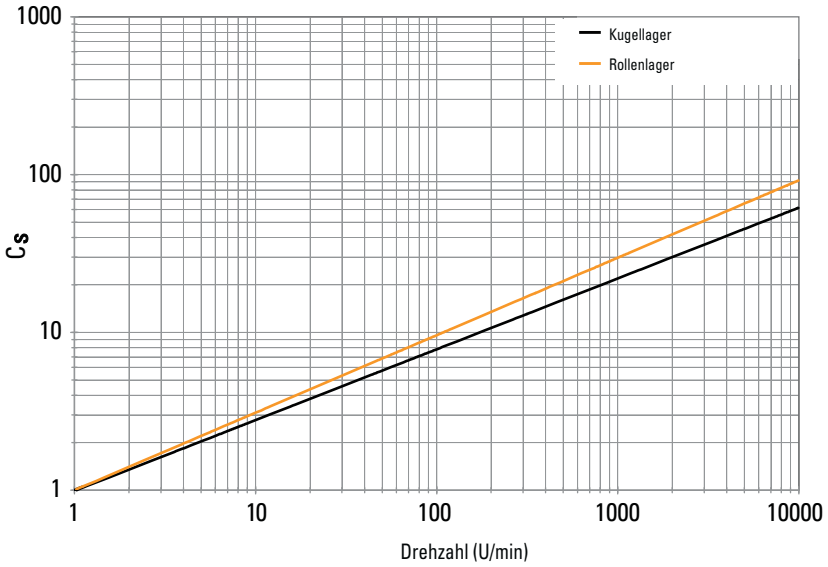


Abb. 72. Drehzahlfaktor (C_s) als Funktion der Drehzahl.

Viskositätsfaktor (C_v)

Die kinematische Viskosität des Schmierstoffs (Centistokes [cSt]) wird bei der Betriebstemperatur des Lagers bestimmt. Die Betriebsviskosität lässt sich anhand von Abbildung 73 abschätzen. Der Viskositätsfaktor (C_v) kann dann aus den Abbildungen bestimmt werden. Hier finden Sie Abbildung 73 und 74.

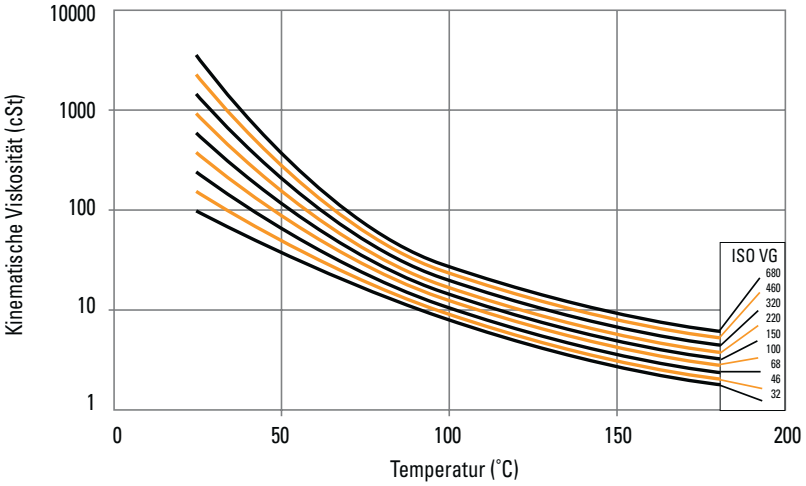


Abb. 73. Temperatur als Funktion der kinematischen Viskosität

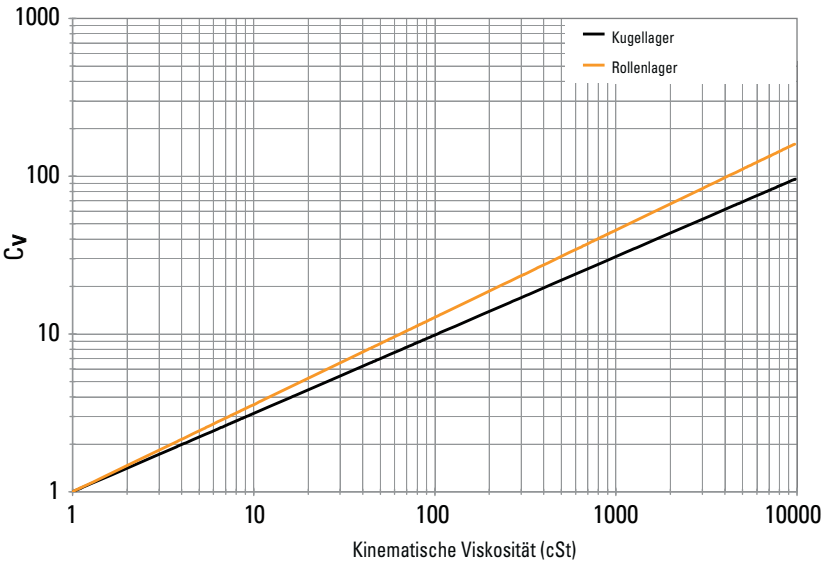


Abb. 74. Viskositätsfaktor (C_v) als Funktion der kinematischen Viskosität.

FETTSCHMIERUNGSFAKTOR (C_{gr})

Im Laufe der Zeit tritt eine Veränderung des Schmierfetts auf, die zu einer Reduzierung der Schmierfilmdicke führt. Um diesen Effekt zu kompensieren, sollte daher ein Reduktionsfaktor (C_{gr}) verwendet werden.

C_{gr} = 0,79

NIEDRIGLASTFAKTOR ZUR BERECHNUNG DER LEBENSDAUER (a_{3p})

Bei Tests zur Lagerlebensdauer wird deutlich, dass sich eine Erhöhung der Lager-Lebensdauer durch niedrige Kontaktspannungen und einen ausreichend dicken Schmierfilm erreichen lässt, durch den die Mikrostrukturen der Kontaktflächen vollständig voneinander getrennt werden. Timken-Ingenieure konnten die Testdaten mit hochentwickelten Computerprogrammen zur Vorhersage der Lagerleistung korrelieren und entwickelten einen Niedriglastfaktor, der die Erhöhung der Lebensdauer bei Betrieb unter Niedriglasten vorhersagt. Abb. 75 zeigt einen Niedriglastfaktor (a_{3p}) als Funktion des Schmierstofffaktors zur Berechnung der Lebensdauer (a_{3l}) und das Verhältnis der dynamischen Lagertragzahl zur äquivalenten Lagerbelastung.

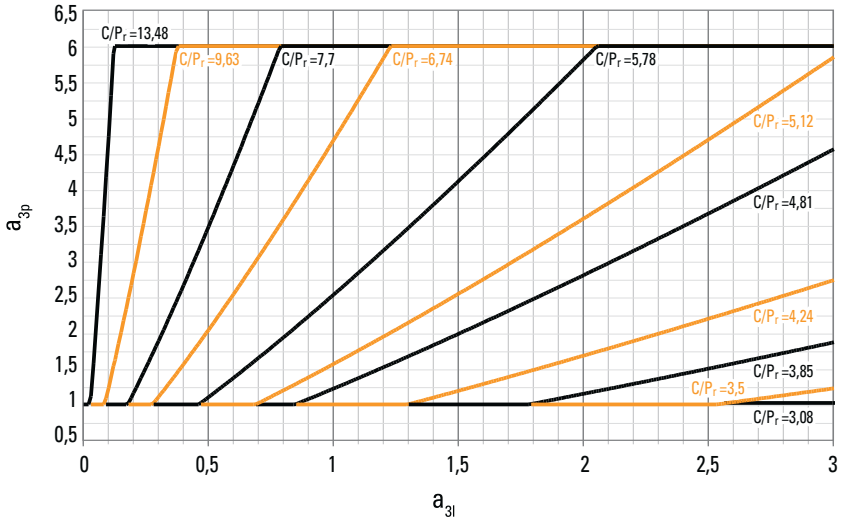


Abb. 75. Niedriglastkorrekturfaktor zur Berechnung der Lebensdauer

FEHLAUSRICHTUNGSFAKTOR ZUR BERECHNUNG DER LEBENSDAUER (a_{3m})

Die genaue Ausrichtung der Welle im Verhältnis zum Gehäuse ist für die Lagerleistung entscheidend. Eine Fehlausrichtung nimmt bei mittleren bis schweren Lasten zu, und es können hohe Kontaktspannungen an den Kontaktkanten zwischen der Laufbahn und den Wälzelementen auftreten. Eine spezielle Profilierung der Laufbahn oder der Wälzkörper kann die Auswirkungen einer Fehlausrichtung in den meisten Fällen kompensieren (siehe Abb. 76). Die Abbildung zeigt die Kontaktspannung zwischen Wälzkörper und Innenring bei einer Fehlausrichtung für Kegelrollenlager mit und ohne spezielle Profilierung. Durch die Profilierung wird die Kantenspannung deutlich verringert, was zu einer Steigerung der Lagerleistung führt. Mit dem Fehlausrichtungsfaktor werden die Auswirkungen der Profilierung auf die Lagerlebensdauer berücksichtigt.

Für Kegelrollenlager ist in den Basis- oder Referenzbedingungen, die als Grundlage für die Berechnung der Lagerleistung gelten, eine Fehlausrichtung von 0,0005 Radiant enthalten. Oberhalb dieses Fehlausrichtungswerts ist von einer verminderten Lebensdauer auszugehen, die sich im Fehlausrichtungsfaktor widerspiegelt.

Für Zylinderrollenlager ist der Fehlausrichtungsfaktor auch ein Maß für die Auswirkungen der Axiallast auf die Lagerlebensdauer. Durch die Axiallast des Lagers wirkt ein Moment auf die Rollenmitte, durch das die Kontaktspannungen der Rollenlaufbahn zum Rollenende hin verschoben werden, ähnlich wie bei einer Lager-Fehlausrichtung.

Die empfohlenen Höchstwerte für die Fehlausrichtung von Zylinderrollenlagern mit profilierten Rollen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

TABELLE 12. EMPFEHLUNGEN FÜR ZYLINDERROLLENLAGER BEI MAXIMALER FEHLAUSRICHTUNG

Last als %C	Empfohlene maximale Fehlausrichtung	
	mrad	Grad
<20	1,2	0,07
20-35	0,5	0,03
>35	Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrem Timken-Techniker.	

Der Fehlausrichtungsfaktor für Pendelrollenlager beträgt wegen ihrer Fähigkeit zur Selbstausrichtung 1,0. Die zulässige Fehlausrichtung eines Pendelrollenlagers liegt zwischen 0,5 und 1,25 Grad, abhängig von der Lagerbaureihe, wie in Tabelle 13 angegeben. Bei Überschreitung dieser Grenzen vermindert sich die Lebensdauer.

Mithilfe hochentwickelter Computerprogramme kann die Leistung aller Timken Lager bei unterschiedlich starken Fehlausrichtungen und bei Radial- und Axialbelastung vorherbestimmt werden. Anhand dieser Programme können Timken-Ingenieure spezifische Lagerkontaktprofile entwickeln, um so den Einfluss von Radial- und/oder Axiallasten bzw. Fluchtungsfehlern in Ihren Anwendungen zu kompensieren. Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrem Timken-Techniker.

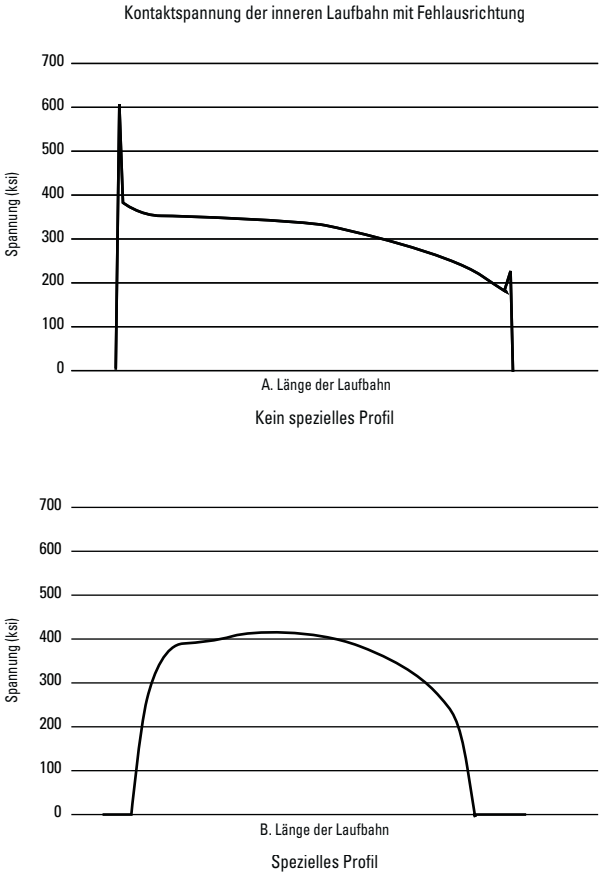


Abb. 76. Kontaktspannung bei fehlausgerichtetem Kegelrollenlager

TABELLE 13. EMPFEHLUNGEN FÜR PENDELROLLENLAGER BEI MAXIMALER FEHLAUSRICHTUNG

Lagerbaureihe	Maximale Fehlausrichtung (Grad)
238	±0,5
222, 230, 231, 239, 249	±0,75
223, 240	±1
232, 241	±1,25

SYSTEMLEBENSDAUER UND GEWICHTETE DURCHSCHNITTLICHE BELASTUNG UND LEBENSDAUER

SYSTEMLEBENSDAUER

Die Systemzuverlässigkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass alle gegebenen Lager in einem System die erforderliche Lebensdauer erreichen oder überschreiten. Die Systemzuverlässigkeit ist das Produkt der Zuverlässigkeiten der einzelnen Lager im System:

$$R_{(System)} = R_A\, R_B\, R_C \ldots .\, R_n$$

Die L_{10}-Systemlebensdauer für mehrere Lager mit jeweils unterschiedlicher L_{10}-Lebensdauer beträgt in der Anwendung:

$$L_{10(system)} = [(1/L_{10A})^{3/2} + (1/L_{10B})^{3/2} + \ldots .(1/L_{10n})^{3/2}]^{-2/3}$$

GLEICHUNGEN FÜR GEWICHTETE MITTLERE BELASTUNG UND LAGERLEBENSDAUER

In vielen Anwendungen werden Lager unterschiedlichen Belastungsbedingungen ausgesetzt, und die Auswahl der Lager erfolgt häufig auf der Grundlage der maximalen Belastung und Geschwindigkeit. Eine sinnvollere Analyse besteht unter solchen Bedingungen jedoch darin, den Belastungszyklus zu untersuchen, um die gewichtete durchschnittliche Belastung zu berechnen.

Eine auf der gewichteten durchschnittlichen Belastung beruhende Lager-Auswahl bezieht die Abweichungen bei Geschwindigkeit, Belastung und Zeitanteil mit ein, die während variabler Geschwindigkeiten und Belastungen auftreten. Allerdings ist die Berücksichtigung extremer Belastungszustände immer noch notwendig, um die Kontaktspannungen und die Fehlausrichtung des Lagers zu bewerten.

GEWICHTETE DURCHSCHNITTLICHE BELASTUNG

Variable Drehzahl und Belastung und variabler Zeitanteil:

$$F_{wt} = [(n_1 t_1 F_1^{10/3} + \ldots . n_n t_n F_n^{10/3}) / n_a]^{0,3}$$

Gleichmäßig steigende Belastung, konstante Drehzahl:

$$F_{wt} = [(3/13)\,(F_{max}^{13/3} - F_{min}^{13/3}) / (F_{max} - F_{min})]^{0,3}$$

Die gewichtete durchschnittliche Last in der Gleichung für die Lagerlebensdauer berücksichtigt nicht die Auswirkungen unterschiedlicher Drehzahlen auf den Schmierfaktor a_{3I}. Für Belastungszyklen mit wechselnden Geschwindigkeiten empfiehlt es sich, die Berechnungen der Lebensdauer für jeden Zustand gesondert vorzunehmen und die entsprechende Lebensdauer jeweils in die Gleichung für die gewichtete durchschnittliche Lebensdauer einzufügen.

GEWICHTETE DURCHSCHNITTLICHE LEBENSDAUER

$$L_{nwt} = 1/\left\{[t_1 / (L_n)_1] + [t_2 / (L_n)_2] + \ldots [t_n / (L_n)_n]\right\}$$

LAGERTOLERANZEN, METRISCHES UND ZOLLSYSTEM

LAGERTOLERANZEN, METRISCHES UND ZOLLSYSTEM

Kugel- und Rollenlager werden nach einer Reihe von Spezifikationen mit jeweiligen Klassen gefertigt, die Toleranzen und Abmessungen angeben, wie z. B. Bohrung, Außendurchmesser, Breite und Rundlauf. Außerdem werden Lager mit unterschiedlichen Toleranzen der Grenzabmessungen jeweils für das metrische bzw. für das Zollsystem hergestellt. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Systemen besteht darin, dass zöllige Lager traditionell nach positiven Bohrungs- und Außendurchmessertoleranzen gefertigt wurden, während metrische Lager nach negativen Toleranzen hergestellt wurden.

In der folgenden Tabelle sind die unterschiedlichen Spezifikationen und Klassen von Kugel-, Kegelrollen-, Zylinderrollen- und Pendelrollenlagern zusammengefasst. Die ISO-Spezifikationen werden im Rahmen dieses Handbuchs für Kugel-, Zylinderrollen- und Pendelrollenlager angeführt. Für Kegelrollenlager werden die Timken Spezifikationen dargestellt.

Die Toleranzen der Grenzabmessungen für Kugel- und Rollenlager sind in den folgenden Tabellen aufgeführt. Diese Toleranzen dienen zur Orientierung bei der Auswahl von Lagern für allgemeine Anwendungen in Verbindung mit Vorgehensweisen zur Lagermontage und -einbau, die in späteren Abschnitten beschrieben werden.

TABELLE 14. LAGER-AUSFÜHRUNGEN UND -KLASSEN

System	Ausführung	Lagertyp	Standardklasse		Präzisionsklasse			
metrisch	Timken	Kegelrollenlager	K	N	C	B	A	AA
	ISO/DIN	Alle Lagertypen	P0	P6	P5	P4	P2	-
	ABMA	Zylinder-, Pendelrollenlager	RBEC 1	RBEC 3	RBEC 5	RBEC 7	RBEC 9	-
		Kugellager	ABEC 1	ABEC 3	ABEC 5	ABEC 7	ABEC 9	-
		Kegelrollenlager	K	N	C	B	A	-
Zoll	Timken	Kegelrollenlager	4	2	3	0	00	000
	ABMA	Kegelrollenlager	4	2	3	0	00	-

METRISCHES SYSTEM

RADIALKUGEL-, PENDELROLLEN- UND ZYLINDERROLLENLAGER

Standard--Rillenkugellager, radiale Standard-Pendelrollenlager und radiale Standard-Zylinderrollenlager von Timken halten übliche Toleranzen entsprechend ISO 492-Standard ein. In den Tabellen 15 und 16 sind die kritischen Toleranzen für diese Lagertypen aufgeführt. Für Anwendungen mit kritischer Betriebstoleranz wird eine P6- oder P5-Toleranz empfohlen.

Der Begriff ‚Abweichung' ist definiert als die Differenz zwischen den Ist-Maßen eines einzelnen Rings und den nominalen Abmessungen. Für metrische Toleranzen liegt die Nominalabmessung bei einer Toleranz von +0 mm (0 "). Mit Abweichung wird der Toleranzbereich des aufgeführten Parameters bezeichnet. Als Toleranzfeld wird die Differenz zwischen der größten und der kleinsten Abmessung eines gegebenen Parameters eines einzelnen Rings bezeichnet.

TABELLE 15. TOLERANZEN FÜR RILLENKUGEL-, PENDELROLLEN- UND ZYLINDERROLLENLAGER – INNENRING (Metrisch)

Lagerbohrung		Bohrungsabweichung[1] Δ_{dmp}			Breite - Toleranzfeld V_{BS}			Rundlauf K_{ia}			Planlauf-abweichung mit Bohrung S_d	Axiallauf S_{ia}	Breitenabweichung der Innen- und Außenringe[1] Δ_{Bs} und Δ_{Cs}	
Über	Inklusive	P0	P6	P5	P0	P6	P5	P0	P6	P5	P5	P5	P0, P6	P5
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
2,5000 0,0984	**10,000** 0,3937	**-0,008** -0,0003	**-0,007** -0,0003	**-0,005** -0,0002	**0,015** 0,0006	**0,015** 0,0006	**0,005** 0,0002	**0,010** 0,0004	**0,006** 0,0002	**0,004** 0,0002	**0,007** 0,0003	**0,007** 0,0003	**-0,120** -0,0047	**-0,040** -0,0157
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,008** -0,0003	**-0,007** -0,0003	**-0,005** -0,0002	**0,020** 0,0008	**0,020** 0,0008	**0,005** 0,0002	**0,010** 0,0004	**0,007** 0,0003	**0,004** 0,0002	**0,007** 0,0003	**0,007** 0,0003	**-0,120** -0,0047	**-0,080** -0,0031
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,010** -0,0004	**-0,008** -0,0003	**-0,006** -0,0002	**0,020** 0,0008	**0,020** 0,0008	**0,005** 0,0002	**0,013** 0,0005	**0,008** 0,0003	**0,004** 0,0002	**0,008** 0,0003	**0,008** 0,0003	**-0,120** -0,0047	**-0,120** -0,0047
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,012** -0,0005	**-0,010** -0,0004	**-0,008** -0,0003	**0,020** 0,0008	**0,020** 0,0008	**0,005** 0,0002	**0,015** 0,0006	**0,010** 0,0004	**0,005** 0,0002	**0,008** 0,0003	**0,008** 0,0003	**-0,120** -0,0047	**-0,120** -0,0047
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,015** -0,0006	**-0,012** -0,0005	**-0,009** -0,0004	**0,025** 0,0010	**0,025** 0,0010	**0,006** 0,0002	**0,020** 0,0008	**0,010** 0,0004	**0,005** 0,0002	**0,008** 0,0003	**0,008** 0,0003	**-0,150** -0,0059	**-0,150** -0,0059
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,020** -0,0008	**-0,015** -0,0006	**-0,010** -0,0004	**0,025** 0,0010	**0,025** 0,0010	**0,007** 0,0003	**0,025** 0,0010	**0,013** 0,0005	**0,006** 0,0002	**0,009** 0,0004	**0,009** 0,0004	**-0,200** -0,0079	**-0,200** -0,0079
120,000 4,7244	**150,000** 5,9055	**-0,025** -0,0010	**-0,018** -0,0007	**-0,013** -0,0005	**0,030** 0,0012	**0,030** 0,0012	**0,008** 0,0003	**0,030** 0,0012	**0,018** 0,0007	**0,008** 0,0003	**0,010** 0,0004	**0,010** 0,0004	**-0,250** -0,0098	**-0,250** -0,0098
150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**-0,018** -0,0007	**-0,013** -0,0005	**0,030** 0,0012	**0,030** 0,0012	**0,008** 0,0003	**0,030** 0,0012	**0,018** 0,0007	**0,008** 0,0003	**0,010** 0,0004	**0,010** 0,0004	**-0,250** -0,0098	**-0,250** -0,0098
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**-0,022** -0,0009	**-0,015** -0,0006	**0,030** 0,0012	**0,030** 0,0012	**0,010** 0,0004	**0,040** 0,0016	**0,020** 0,0008	**0,010** 0,0004	**0,011** 0,0004	**0,013** 0,0005	**-0,300** -0,0018	**-0,300** -0,0018
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**-0,035** -0,0014	**-0,025** -0,0010	**-0,018** -0,0007	**0,035** 0,0014	**0,035** 0,0014	**0,013** 0,0005	**0,050** 0,0020	**0,025** 0,0010	**0,013** 0,0005	**0,013** 0,0005	**0,015** 0,0006	**-0,350** -0,0138	**-0,350** -0,0138
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**-0,040** -0,0016	**-0,030** -0,0012	**-0,023** -0,0009	**0,040** 0,0016	**0,040** 0,0016	**0,015** 0,0006	**0,060** 0,0024	**0,030** 0,0012	**0,015** 0,0006	**0,015** 0,0006	**0,020** 0,0008	**-0,400** -0,0157	**-0,400** -0,0157
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**-0,045** -0,0018	**-0,035** -0,0014	– –	**0,050** 0,0020	**0,045** 0,0018	– –	**0,065** 0,0026	**0,035** 0,0014	– –	– –	– –	**-0,450** -0,0177	– –
500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**-0,050** -0,0020	**-0,040** -0,0016	– –	**0,060** 0,0024	**0,050** 0,0020	– –	**0,070** 0,0028	**0,040** 0,0016	– –	– –	– –	**-0,500** -0,0197	– –
630,000 24,8031	**800,000** 31,4961	**-0,075** -0,0030	– –	– –	**0,070** 0,0028	– –	– –	**0,080** 0,0031	– –	– –	– –	– –	**-0,750** -0,0295	– –

[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert..

TABELLE 16. TOLERANZEN FÜR RILLENKUGEL-, PENDELROLLEN- UND ZYLINDERROLLENLAGER – AUSSENRING (Metrisch)

Außendurchmesser des Lagers		Außenabweichung[1] Δ_{Dmp}			Breite - Toleranzfeld V_{CS}		Rundlauf K_{ea}			Axiallauf S_{ea}	Außen-durchmesser, Planlauf S_D
Über	Inklusive	P0	P6	P5	P0	P6	P0	P6	P5	P5	P5
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**18,000** 0,7087	**-0,008** -0,0003	**-0,007** -0,0003	**-0,005** -0,0002	**0,015** 0,0006	**0,005** 0,0002	**0,015** 0,0006	**0,008** 0,0003	**0,005** 0,0002	**0,008** 0,0003	**0,008** 0,0003
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,009** -0,0004	**-0,008** -0,0003	**-0,006** -0,00024	**0,020** 0,0008	**0,005** 0,0002	**0,015** 0,0006	**0,009** 0,0004	**0,006** 0,00024	**0,008** 0,0003	**0,008** 0,0003
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,011** -0,0004	**-0,009** -0,0004	**-0,007** -0,0003	**0,020** 0,0008	**0,005** 0,0002	**0,020** 0,0008	**0,010** 0,0004	**0,007** 0,0003	**0,008** 0,0003	**0,008** 0,0003
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,013** -0,0005	**-0,011** -0,0004	**-0,009** -0,0004	**0,025** 0,0010	**0,006** 0,00024	**0,025** 0,0010	**0,013** 0,0005	**0,008** 0,0003	**0,010** 0,0004	**0,008** 0,0003
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,015** -0,0006	**-0,013** -0,0005	**-0,010** -0,0004	**0,025** 0,0010	**0,008** 0,0003	**0,035** 0,0014	**0,018** 0,0007	**0,010** 0,0004	**0,011** 0,0004	**0,009** 0,0004
120,000 4,7244	**150,000** 5,9055	**-0,018** -0,0007	**-0,015** -0,0006	**-0,011** -0,0004	**0,030** 0,0012	**0,008** 0,0003	**0,040** 0,0016	**0,020** 0,0008	**0,011** 0,0004	**0,013** 0,0005	**0,010** 0,0004
150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**-0,018** -0,0007	**-0,013** -0,0005	**0,030** 0,0012	**0,008** 0,0003	**0,045** 0,0018	**0,023** 0,0009	**0,013** 0,0005	**0,014** 0,0006	**0,010** 0,0004
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**-0,020** -0,0008	**-0,015** -0,0006	**0,030** 0,0012	**0,010** 0,0004	**0,050** 0,0020	**0,025** 0,0010	**0,015** 0,0006	**0,015** 0,0006	**0,011** 0,0004
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**-0,035** -0,0014	**-0,025** -0,0010	**-0,018** -0,0007	**0,035** 0,0014	**0,011** 0,0004	**0,060** 0,0024	**0,030** 0,0012	**0,018** 0,0007	**0,018** 0,0007	**0,013** 0,0005
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**-0,040** -0,0016	**-0,028** -0,0011	**-0,020** -0,0008	**0,040** 0,0016	**0,013** 0,0005	**0,070** 0,0028	**0,035** 0,0014	**0,020** 0,0008	**0,020** 0,0008	**0,013** 0,0005
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**-0,045** -0,0018	**-0,033** -0,0013	**-0,023** -0,0009	**0,045** 0,0018	**0,015** 0,0006	**0,080** 0,0031	**0,040** 0,0016	**0,023** 0,0009	**0,023** 0,0009	**0,015** 0,0006
500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**-0,050** -0,0020	**-0,038** -0,0015	**-0,028** -0,0011	**0,050** 0,0020	**0,018** 0,0007	**0,100** 0,0039	**0,050** 0,0020	**0,025** 0,0010	**0,025** 0,0010	**0,018** 0,0007
630,000 24,8031	**800,000** 31,4961	**-0,075** -0,0030	**-0,045** -0,0018	**-0,035** -0,0014	**–** –	**0,020** 0,0008	**0,120** 0,0047	**0,060** 0,0024	**0,030** 0,0012	**0,030** 0,0012	**0,020** 0,0008
800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**-0,100** -0,0040	**-0,060** -0,0024	– –	– –	– –	**0,140** 0,0055	**0,075** 0,0030	– –	– –	– –
1000,000 39,3701	**1250,000** 49,2126	**-0,125** -0,0050	– –	– –	– –	– –	**0,160** 0,0063	– –	– –	– –	– –

[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

TABELLE 17. TOLERANZEN FÜR AXIALKUGELLAGER – TYP TVB

Bohrung			Außendurchmesser			Höhe			
Lagerbohrung		Toleranz[1]	Außendurchmesser des Lagers		Toleranz[1]	Lagerbohrung		Toleranz-	
Über	Inklusive		Über	Inklusive		Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**171,450** 6,7500	**+0,127** +0,0050	**0,000** 0,0000	**134,938** 5,3125	**-0,051** -0,0020	**0,000** 0,0000	**46,038** 1,8125	**+0,127** +0,0050	**-0,127** -0,0050
171,450 6,7500	**508,000** 20,0000	**+0,178** +0,0070	**134,938** 5,3125	**441,325** 17,3750	**-0,076** -0,0030	**46,038** 1,8125	**304,800** 12,0000	**+0,254** +0,0100	**-0,254** -0,0100
– –	– –	– –	**441,325** 17,3750	**1000,000** 39,3701	**-0,102** -0,0040	**304,800** 12,0000	**508,000** 20,0000	**+0,381** +0,0150	**-0,381** -0,0150

[1]Die Toleranzen in dieser Tabelle entsprechen ABMA-Standard 21.2.

TABELLE 18. TOLERANZEN FÜR AXIALKUGELLAGER – TYPEN TVL UND DTVL

Bohrung			Außendurchmesser			Höhe		
Lagerbohrung		Toleranz[1]	Lager-Außendurchmesser		Toleranz[1]	Lagerbohrung		Toleranz-
Über	Inklusive		Über	Inklusive		Über	Inklusive	Max.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**504,825** 19,8750	**-0,076** -0,0030	**0,000** 0,0000	**584,000** 23,0000	**-0,076** -0,0030	All Sizes		**±0,381** ±0,0150
504,825 19,8750	**1524,000** 60,0000	**-0,127** -0,0050	**584,000** 23,0000	**1778,000** 70,0000	**-0,127** -0,0050			– –

[1]Die Toleranzen in dieser Tabelle entsprechen ABMA-Standard 21.2.

TABELLE 19. TOLERANZEN FÜR AXIAL-PENDELROLLENLAGER

Innenring				Außenring							
Bohrung		Toleranz-		Außendurchmesser		Toleranz-		Bohrungsdurchmesser		Toleranz-	
		Bohrung[1]	Radial-schlag			Außendurch-messer[1]	Radial-schlag			Höhe	
Über	Inklusive			Über	Inklusive			Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,020** -0,0008	**0,025** 0,0010	**120,000** 4,7244	**150,000** 5,9055	**-0,020** -0,0080	**0,041** 0,0016	**80,000** 3,1496	**120,000** 4,7244	**+0,094** +0,0037	**-0,254** -0,0100
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**0,030** 0,0012	**150,000** 5,9055	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**0,046** 0,0018	**120,000** 4,7244	**180,000** 7,0866	**+0,109** +0,0043	**-0,300** -0,0118
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**0,041** 0,0016	**180,000** 7,0866	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**0,051** 0,0020	**180,000** 7,0866	**250,000** 9,8425	**+0,130** +0,0051	**-0,366** -0,0144
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**-0,036** -0,0014	**0,051** 0,0020	**250,000** 9,8425	**315,000** 12,4016	**-0,036** -0,0014	**0,061** 0,0024	**250,000** 9,8425	**315,000** 12,4016	**+0,155** +0,0061	**-0,434** -0,0171
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**-0,041** -0,0016	**0,061** 0,0024	**315,000** 12,4016	**400,000** 15,7480	**-0,041** -0,0016	**0,071** 0,0028	**315,000** 12,4016	**400,000** 15,7480	**+0,170** +0,0067	**-0,480** -0,0189
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**-0,046** -0,0018	**0,066** 0,0026	**400,000** 15,7480	**500,000** 19,6850	**-0,046** -0,0018	**0,081** 0,0032	**400,000** 15,7480	**500,000** 19,6850	**+0,185** +0,0073	**-0,526** -0,0207
500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**-0,051** -0,0020	**0,071** 0,0028	**500,000** 19,6850	**630,000** 24,8031	**-0,051** -0,0020	**0,102** 0,0040	**500,000** 19,6850	**and up**	**+0,203** +0,0080	**-0,584** -0,0230
630,000 24,8031	**800,000** 31,4961	**-0,076** -0,0030	**0,081** 0,0032	**630,000** 24,8031	**800,000** 31,4961	**-0,076** -0,0030	**0,119** 0,0047	– –	– –	– –	– –
800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**-0,102** -0,0040	**0,089** 0,0035	**800,000** 31,4961	**1000,000** 39,3701	**-0,102** -0,0040	**0,140** 0,0055	– –	– –	– –	– –
1000,000 39,3701	**1250,000** 49,2126	**-0,127** -0,0050	**0,102** 0,0040	**1000,000** 39,3701	**1250,000** 49,2126	**-0,127** -0,0050	**0,163** 0,0064	– –	– –	– –	– –
– –	– –	– –	**1250,000** 49,2126	**1600,000** 62,9921	**-0,165** -0,0065	**0,193** 0,0076	– –	– –	– –	– –	– –
– –	– –	– –	**1600,000** 62,9921	**2000,000** 78,7402	**-0,203** -0,0080	**0,229** 0,009	– –	– –	– –	– –	– –

[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert..

KEGELROLLENLAGER

METRISCHE LAGER (ISO-TEILE UND TEILE MIT PRÄFIX „J")

Timken fertigt metrische Lager in sechs Toleranzklassen. Die Klassen K und N werden üblicherweise als Standardklassen bezeichnet. Hierbei verfügt Klasse N über eine engere Toleranz der Lagerbreite als Klasse K. Die Klassen C, B, A und AA sind Präzisionsklassen. Diese Toleranzen liegen, mit Ausnahme einer kleinen Anzahl in den Tabellen ausgewiesener Dimensionen, innerhalb der in ISO 492 festgelegten Toleranzen. Diese Unterschiede haben normalerweise einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Montage und Leistung von Kegelrollenlagern.

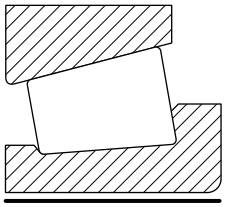
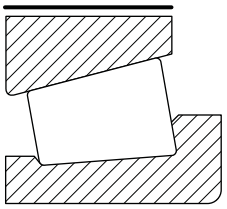


TABELLE 20. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – INNENRINGBOHRUNG (Metrisch)

Lagertypen	Bohrung Über	Bohrung Inklusive	Standardklasse K Max.	Standardklasse K Min.	Standardklasse N Max.	Standardklasse N Min.	Präzisionsklasse C Max.	Präzisionsklasse C Min.	Präzisionsklasse B Max.	Präzisionsklasse B Min.	Präzisionsklasse A Max.	Präzisionsklasse A Min.	Präzisionsklasse AA Max.	Präzisionsklasse AA Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF SR[1]	**10,000** 0,3937	**18,000** 0,7087	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,00047	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,00047	**0,000** 0,0000	**-0,007** -0,0002	**0,000** 0,0000	**-0,005** -0,0001	**0,000** 0,0000	**-0,005** -0,0001	**0,000** 0,0000	**-0,005** -0,0001
	18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,006** -0,0002	**0,000** 0,0000	**-0,006** -0,0002	**0,000** 0,0000	**-0,006** -0,0002
	30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,010** -0,0004	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**0,000** 0,0000	**-0,015** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,015** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,009** -0,0004	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**0,000** 0,0000	**-0,020** -0,00079	**0,000** 0,0000	**-0,020** -0,00079	**0,000** 0,0000	**-0,015** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,010** -0,0004	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	120,000 4,7244	**180,000** 7,0886	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,00098	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,00098	**0,000** 0,0000	**-0,018** -0,0007	**0,000** 0,0000	**-0,013** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,000** 0,0000	**-0,030** -0,0012	**0,000** 0,0000	**-0,030** -0,0012	**0,000** 0,0000	**-0,022** -0,0009	**0,000** 0,0000	**-0,015** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	250,000 9,8425	**265,000** 10,4331	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,000** 0,0000	**-0,022** -0,0009	**0,000** 0,0000	**-0,015** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	265,000 10,4331	**315,000** 12,4016	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,000** 0,0000	**-0,022** -0,0009	**0,000** 0,0000	**-0,015** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0016	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0016	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,0010	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**0,000** 0,0000	**-0,045** -0,0018	**0,000** 0,0000	**-0,045** -0,0018	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,0010	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,030** -0,0012	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	630,000 24,8031	**800,000** 31,4961	**0,000** 0,0000	**-0,080** -0,0031	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0014	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1000,000 39,3701	**1200,000** 47,2441	**0,000** 0,0000	**-0,130** -0,0051	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,060** -0,0024	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1200,000 47,2441	**1600,000** 62,9921	**0,000** 0,0000	**-0,150** -0,0065	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,080** -0,0031	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1600,000 **62,9921**	**2000,000** **78,7402**	**0,000** **0,0000**	**-0,200** **-0,0079**	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	2000,000 78,7402	– –	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –

[1]SR-Bausätze werden nur nach Toleranzklasse N hergestellt.

TABELLE 21. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – AUSSENRINGDURCHMESSER (Metrisch)



Lagertypen	Außendurchmesser Über	Außendurchmesser Inklusive	Standardklasse K Max.	Standardklasse K Min.	Standardklasse N Max.	Standardklasse N Min.	Präzisionsklasse C Max.	Präzisionsklasse C Min.	Präzisionsklasse B Max.	Präzisionsklasse B Min.	Präzisionsklasse A Max.	Präzisionsklasse A Min.	Präzisionsklasse AA Max.	Präzisionsklasse AA Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF SR[1]	**10,000** 0,3937	**18,000** 0,7087	**0,000** 0,0000	- -	- -		- -	- -	- -	- -	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,00047	**0,000** 0,0000	**-0,012** -0,00047	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,0006** -0,0002	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**0,000** 0,0000	**-0,014** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,014** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,009** -0,0004	**0,000** 0,0000	**-0,007** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**0,000** 0,0000	**-0,016** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,016** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,011** -0,0004	**0,000** 0,0000	**-0,009** -0,0004	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**0,000** 0,0000	**-0,018** -0,0007	**0,000** 0,0000	**-0,018** -0,0007	**0,000** 0,0000	**-0,013** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,010** -0,0004	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	120,000 4,7244	**150,000** 5,9055	**0,000** 0,0000	**-0,020** -0,00079	**0,000** 0,0000	**-0,020** -0,00079	**0,000** 0,0000	**-0,015** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,011** -0,0004	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,00098	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,00098	**0,000** 0,0000	**-0,018** -0,0007	**0,000** 0,0000	**-0,013** -0,0005	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,000** 0,0000	**-0,030** -0,0012	**0,000** 0,0000	**-0,030** -0,0012	**0,000** 0,0000	**-0,020** -0,0008	**0,000** 0,0000	**-0,015** -0,0006	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	250,000 9,8425	**265,000** 10,4331	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,0010	**0,000** 0,0000	**-0,018** -0,0007	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	265,000 10,4331	**315,000** 12,4016	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,0010	**0,000** 0,0000	**-0,018** -0,0007	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003
	315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0016	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0016	**0,000** 0,0000	**-0,028** -0,0011	**0,000** 0,0000	**-0,020** -0,0008	– –	– –	– –	– –
	400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**0,000** 0,0000	**-0,045** -0,0018	**0,000** 0,0000	**-0,045** -0,0018	**0,000** 0,0000	**-0,030** -0,0012	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	630,000 24,8031	**800,000** 31,4961	**0,000** 0,0000	**-0,075** -0,0030	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,040** *0,0016	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1000,000 39,3701	**1200,000** 47,2441	**0,000** 0,0000	**-0,130** -0,0051	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,060** -0,0024	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1200,000 **47,2441**	**1600,000** **62,9921**	**0,000** **0,0000**	**-0,165** **-0,0065**	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,080** -0,0031	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1600,000 62,9921	**2000,000** 78,7402	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	2000,000 78,7402	– –	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –

[1]SR-Bausätze werden nur nach Toleranzklasse N hergestellt.

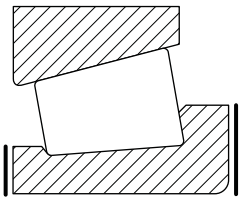


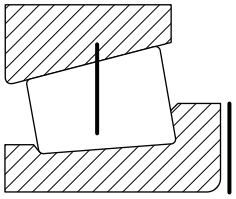
TABELLE 22. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – INNENRINGBREITE (Metrisch)

Lagertypen	Bohrung		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			K		N		C		B		A		AA	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF	**10,000** 0,3937	**50,000** 1,9685	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079
	50,000 1,9685	**120,000** 4,7244	**0,000** 0,0000	**-0,150** -0,0059	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118
	120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118
	180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138
	250,000 **9,8425**	**265,000** **10,4331**	**0,000** **0,0000**	**-0,200** **-0,0079**	**0,000** **0,0000**	**-0,050** **-0,0020**	**0,000** **0,0000**	**-0,350** **-0,0138**	**0,000** **0,0000**	**-0,350** **-0,0138**	**0,000** **0,0000**	**-0,350** **-0,0138**	**0,000** **0,0000**	**-0,350** **-0,0138**
	265,000 10,4331	**315,000** 12,4016	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138
	315,000 12,4016	**500,000** 19,6850	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –
	500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –
	630,000 24,8031	**1200,000** 47,2441	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**–** –	**–** –	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –
	1200,000 47,2441	**1600,000** 62,9921	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**–** –	**–** –	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –
	1600,000 62,9921	**–** –	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –	**–** –

TABELLE 23. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – LAGE DES INNENRINGS IM MEISTER-AUSSENRING(Metrisch)

Lager-typen	Bohrung		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			K		N		C		B		A		AA	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF	**10,000** 0,3937	**80,000** 3,1496	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,050** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,100** -0,0039						
	80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**+0,100** +0,0039	**-0,100** -0,0039	**+0,050** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,100** -0,0039						
	120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**+0,150** +0,0059	**-0,150** -0,0059	**+0,050** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,100** -0,0039			(1)	(1)	(1)	(1)
	180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**+0,150** +0,0059	**-0,150** -0,0059	**+0,050** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,150** -0,0059	(1)	(1)				
	250,000 9,8425	**265,000** 10,4331	**+0,150** +0,0059	**-0,150** -0,0059	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,150** -0,0059						
	265,000 10,4331	**315,000** 12,4016	**+0,150** +0,0059	**-0,150** -0,0059	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,150** -0,0059			– –	– –	– –	– –
	315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**+0,200** +0,0079	**-0,200** -0,0079	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,150** +0,0059	**-0,150** -0,0059	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	400,000 15,7480	– –	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	– –	– –	– –	– –	– –	– –

(1)Diese Größen werden nur als abgestimmte Lagersätze gefertigt.



Lage des Innenringes im Meister-Außenring. Die Lage des Innenrings im Meister-Außenring gibt die Abweichung der Größe der Innenringlaufbahn sowie der Kegel- und Rollendurchmesser an. Diese wird kontrolliert, indem die axiale Positionierung auf der Referenzoberfläche eines Masteraußenrings oder eines anderen Typenmessgeräts in Bezug auf die Referenzfläche des Innenrings gemessen wird.

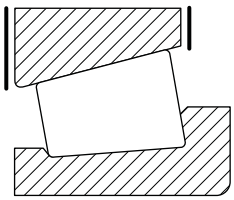


TABELLE 24. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – AUSSENRINGBREITE (Metrisch)

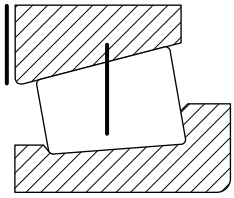
Lagertypen	Außendurchmesser		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			K		N		C		B		A		AA	
	Über	Inklusive	Max.	Min.[1]	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF	**10,000** 0,3937	**80,000** 3,1496	**0,000** 0,0000	**-0,150** -0,0059	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,150** -0,0059	**0,000** 0,0000	**-0,150** -0,0059	**0,000** 0,0000	**-0,150** -0,0059	**0,000** 0,0000	**-0,150** -0,0059
	80,000 3,1496	**150,000** 5,9055	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079
	150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098
	180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098
	250,000 **9,8425**	**265,000** **10,4331**	**0,000** **0,0000**	**-0,250** **-0,0098**	**0,000** **0,0000**	**-0,100** **-0,0040**	**0,000** **0,0000**	**-0,300** **-0,0118**	**0,000** **0,0000**	**-0,300** **-0,0118**	**0,000** **0,0000**	**-0,300** **-0,0118**	**0,000** **0,0000**	**-0,300** **-0,0118**
	265,000 10,4331	**315,000** 12,4016	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118
	315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**0,000** 0,0000	**-0,250** -0,0098	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	– –	– –	– –	– –
	400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	500,000 19,6850	**800,000** 31,4961	**0,000** 0,0000	**-0,300** -0,0118	**0,000** 0,0000	**-0,100** -0,0040	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	800,000 31,4961	**1200,000** 47,2441	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,400** -0,0157	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1200,000 47,2441	**1600,000** 62,9921	**0,000** 0,0000	**-0,400** -0,0157	– –	– –	**0,000** 0,0000	**-0,400** -0,0157	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1600,000 62,9921	– –	**0,000** 0,0000	**-0,400** -0,0157	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –

[1]Diese unterscheiden sich geringfügig von den Toleranzen in ISO 492. Diese Abweichungen haben in der Regel einen zu vernachlässigenden Einfluss auf die Montage und Leistung von Kegelrollenlagern. Die ISO-Lager der Serie 30000 sind auch mit dem oben genannten Parameter entsprechend ISO 492 erhältlich.

TABELLE 25. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – LAGE DES AUSSENRINGES IM MEISTER-INNENRING (Metrisch)

Lager-typen	Außendurchmesser		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			K		N		C		B		A		AA	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF(1)	**10,000** 0,3937	**18,000** 0,7087	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,050** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,100** -0,0039						
	18,000 0,7087	**80,000** 3,1496	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,050** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,100** -0,0039						
	80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**+0,100** +0,0039	**-0,100** -0,0039	**+0,050** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,100** -0,0039			(2)	(2)	(2)	(2)
	120,000 4,7244	**265,000** 10,4331	**+0,200** +0,0079	**-0,100** -0,0039	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,150** -0,0059	(2)	(2)				
	265,000 10,4331	**315,000** 12,4016	**+0,200** +0,0079	**-0,100** -0,0039	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,150** -0,0059						
	315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**+0,200** +0,0079	**-0,200** -0,0079	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**-0,150** -0,0059			– –	– –	– –	– –
	315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**+0,200** +0,0079	**-0,200** -0,0079	**+0,100** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,150** +0,0059	**-0,150** -0,0059	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	400,000 15,7480	– –	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	– –	– –	– –	– –	– –	– –

(1)Die Lage des Außenrings im Meister-Innenring mit Flansch wird von der Rückfläche des Flansches (Auflagefläche) gemessen.
(2)Diese Größen werden nur als abgestimmte Lagersätze gefertigt.



Lage des Außenrings im Meister-Innenring Die Lage des Außenrings im Meister-Innenring gibt die Abweichung der Größe des Außenringinnendurchmessers und des Kegels an. Diese wird axial von der Bezugsfläche des Meister-Innenrings gegen die Referenzfläche des Außenrings gemessen.

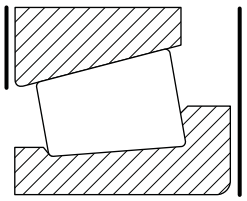


TABELLE 26. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – GESAMTLAGERBREITE (Metrisch)

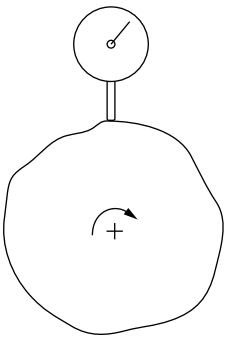
Lagertypen	Bohrung		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			K		N		C		B		A		AA	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF[1]	**10,000** 0,3937	**80,000** 3,1496	**+0,200** +0,0078	**0,000** 0,0000	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078
	80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078	**+0,100** +0,0039	**0,000** 0,0000	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078	**+0,200** +0,0078	**-0,200** -0,0078
	120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**+0,350** +0,0137	**-0,250** -0,0098	**+0,150** +0,0059	**0,000** 0,0000	**+0,350** +0,0137	**-0,250** -0,0098	**+0,200** +0,0078	**-0,250** -0,0098	**+0,200** +0,0078	**-0,250** -0,0098	**+0,200** +0,0078	**-0,250** -0,0098
	180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**+0,350** +0,0137	**-0,250** -0,0098	**+0,150** +0,0059	**0,000** 0,0000	**+0,350** +0,0137	**-0,250** -0,0098	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118
	250,000 9,8425	**265,000** 10,4331	**+0,350** +0,0137	**-0,250** -0,0098	**+0,200** +0,0078	**0,000** 0,0000	**+0,350** +0,0137	**-0,300** -0,0118	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118
	265,000 10,4331	**315,000** 12,4016	**+0,350** +0,0137	**-0,250** -0,0098	**+0,200** +0,0078	**0,000** 0,0000	**+0,350** +0,0137	**-0,300** -0,0118	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118	**+0,200** +0,0078	**-0,300** -0,0118
	315,000 12,4016	**500,000** 19,6850	**+0,400** +0,0157	**-0,400** -0,0157	**+0,200** +0,0078	**0,000** 0,0000	**+0,350** +0,0137	**-0,300** -0,0118	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	500,000 19,6850	**800,000** 31,4961	**+0,400** +0,0157	**-0,400** -0,0157	– –	– –	**+0,350** +0,0137	**-0,400** -0,0157	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**+0,450** +0,0177	**-0,450** -0,0177	– –	– –	**+0,350** +0,0137	**-0,400** -0,0157	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1000,000 39,3701	**1200,000** 47,2441	**+0,450** +0,0177	**-0,450** -0,0177	– –	– –	**+0,350** +0,0137	**-0,450** -0,0177	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1200,000 47,2441	**1600,000** 62,9921	**+0,450** +0,0177	**-0,450** -0,0177	– –	– –	**+0,350** +0,0137	**-0,500** -0,0196	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1600,000 62,9921		**+0,450** +0,0177	**-0,450** -0,0177	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
SR[2]	**180,000** 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,000** 0,0000	**-0,200** -0,0079	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138	**0,000** 0,0000	**-0,350** -0,0138

[1]Für Lager vom Typ TSF gilt die Toleranz für das Maß T_1. Siehe den unterwww.timken.com verfügbaren Katalog für Kegelrollenlager.
[2]SR-Bausätze werden nur nach Toleranzklasse N hergestellt.

TABELLE 27. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – RADIALSCHLAG (Metrisch)

Lagertypen	Außendurchmesser Über	Außendurchmesser Inklusive	Standardklasse K	Standardklasse N	Präzisionsklasse C	Präzisionsklasse B	Präzisionsklasse A	Präzisionsklasse AA
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF SR[1]	**10,000** 0,3937	**18,000** 0,7087	– –	– –	– –	– –	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**0,018** 0,0007	**0,018** 0,0007	**0,005** 0,0002	**0,003** 0,0001	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**0,020** 0,0008	**0,020** 0,0008	**0,006** 0,0002	**0,003** 0,0001	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**0,025** 0,0010	**0,025** 0,0010	**0,006** 0,0002	**0,004** 0,0002	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**0,035** 0,0014	**0,035** 0,0014	**0,006** 0,0002	**0,004** 0,0002	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	120,000 4,7244	**150,000** 5,9055	**0,040** 0,0016	**0,040** 0,0016	**0,007** 0,0003	**0,004** 0,0002	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**0,045** 0,0018	**0,045** 0,0018	**0,008** 0,0003	**0,004** 0,0002	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,050** 0,0020	**0,050** 0,0020	**0,010** 0,0004	**0,005** 0,0002	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	250,000 9,8425	**265,000** 10,4331	**0,060** 0,0024	**0,060** 0,0024	**0,011** 0,0004	**0,005** 0,0002	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	265,000 10,4331	**315,000** 12,4016	**0,060** 0,0024	**0,060** 0,0024	**0,011** 0,0004	**0,005** 0,0002	**0,002** 0,00008	**0,001** 0,00004
	315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**0,070** 0,0028	**0,070** 0,0028	**0,013** 0,0005	**0,005** 0,0002	– –	– –
	400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**0,080** 0,0031	**0,080** 0,0031	– –	– –	– –	– –
	500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**0,100** 0,0039	– –	– –	– –	– –	– –
	630,000 24,8031	**800,000** 31,4961	**0,120** 0,0047	– –	– –	– –	– –	– –
	800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**0,140** 0,0055	– –	– –	– –	– –	– –
	1000,000 39,3701	**1200,000** 47,2441	**0,160** 0,0063	– –	– –	– –	– –	– –
	1200,000 47,2441	**1600,000** 62,9921	**0,180** 0,0071	– –	– –	– –	– –	– –
	1600,000 62,9921	**2000,000** 78,7402	**0,200** 0,0079	– –	– –	– –	– –	– –
	2000,000 78,7402	– –	**0,200** 0,0079	– –	– –	– –	– –	– –

[1]SR-Bausätze werden nur nach Toleranzklasse N hergestellt.



Rundlauf. Der Rundlauf gibt die Rotationsgenauigkeit als „Total Indicator Reading" („Gesamtanzeigewert", T.I.R.) an. Die Gesamtverschiebung wird mithilfe eines Instruments gemessen, das entweder eine sich bewegende Oberfläche abtastet oder das selbst gegenüber einer starren Oberfläche bewegt wird. Die Messung der Rundlaufabweichung umfasst sowohl Rundheitsfehler als auch Zentrierfehler der vom Messkopf des Instruments abgetasteten Oberfläche.

ZOLLSYSTEM

KEGELROLLENLAGER

Lager im Zollsystem werden nach einer Reihe von Toleranzklassen gefertigt. Die Klassen 4 und 2 werden häufig als Standardklassen bezeichnet. Die Klassen 3, 0, 00 und 000 sind Präzisionsklassen. Die Lager im Zollsystem entsprechen dem ABMA-Standard 19.2.

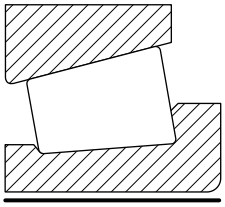


TABELLE 28. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – INNENRINGBOHRUNG (Zoll)

Lagertypen	Bohrung		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			4		2		3		0		00		000	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF TSL[1] TDI TDIT TDO TNA	**0,000** 0,0000	**76,200** 3,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**+0,008** +0,0003	**0,000** 0,0000	**+0,008** +0,0003	**0,000** 0,0000
	76,200 3,0000	**304,800** 12,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**+0,008** +0,0003	**0,000** 0,0000	**+0,008** +0,0003	**0,000** 0,0000
	304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	– –	– –	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	– –	– –	**+0,038** +0,0015	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	914,400 36,0000	**1219,200** 48,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	– –	– –	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1219,200 48,0000	– –	**+0,127** +0,0050	**0,000** 0,0000	– –	– –	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –

[1]Für TSL-Lager sind dies die üblichen Toleranzen der Innenringbohrung. Der Bohrungsdurchmesser auf der großen Seite kann jedoch aufgrund der engen Passung der Dichtung am Führungsbord geringfügig reduziert werden. Dies sollte die Lagerleistung nicht beeinflussen.

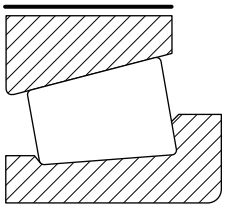
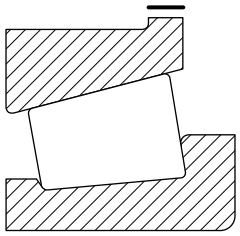


TABELLE 29. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – AUSSENDURCHMESSER DES AUSSENRINGS (Zoll)

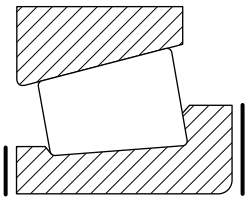
Lagertypen	Außendurchmesser		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			4		2		3		0		00		000	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF TSL TDI TDIT TDO TNA TNASW TNASWE	**0,000** 0,0000	**304,800** 12,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**+0,008** +0,0003	**0,000** 0,0000	**+0,008** +0,0003	**0,000** 0,0000
	304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	**+0,038** +0,0015	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	914,400 36,0000	**1219,200** 48,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	– –	– –	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	1219,200 48,0000	– –	**+0,127** +0,0050	**0,000** 0,0000	– –	– –	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –

TABELLE 30. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – AUSSENRINGFLANSCH (Zoll)



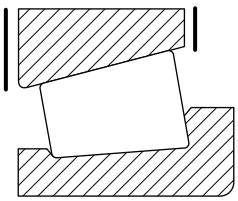
Lagertypen	Außendurchmesser		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			4		2		3		0		00		000	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TSF	**0,000** 0,0000	**304,800** 12,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,052** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000
	304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000
	609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	914,400 36,0000	– –	**+0,127** +0,0050	**0,000** 0,0000	– –	– –	**+0,127** +0,0050	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –

TABELLE 31. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – INNENRINGBREITE (Zoll)

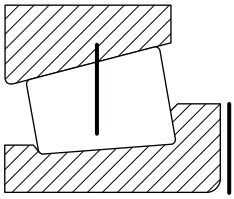


Lagertypen	Bohrung		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			4		2		3		0		00		000	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF TSL 2S TDI TDIT TDO	Alle Größen		**+0,076** +0,0030	**-0,254** -0,0100	**+0,076** +0,0030	**-0,254** -0,0100	**+0,076** +0,0030	**-0,254** -0,0100	**+0,076** +0,0030	**-0,254** -0,0100	**+0,076** +0,0030	**-0,254** -0,0100	**+0,076** +0,0030	**-0,254** -0,0100

TABELLE 32. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – AUSSENRINGBREITE (Zoll)



Lagertypen	Außendurchmesser		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			4		2		3		0		00		000	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
Alle Typen	Alle Größen		**+0,051** +0,0020	**-0,254** -0,0100	**+0,051** +0,0020	**-0,254** -0,0100	**+0,051** +0,0020	**-0,254** -0,0100	**+0,051** +0,0020	**-0,254** -0,0100	**+0,051** +0,0020	**-0,254** -0,0100	**+0,051** +0,0020	**-0,254** -0,0100

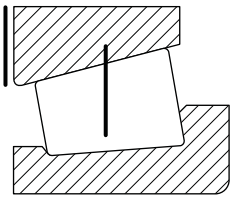


Lage des Innenrings im Meister-Außenring. Die Lage des Innenrings im Meister-Außenring ist ein Maß für die Variation der Maßhaltigkeit der Innenringlaufbahn, der Kegeligkeit und des Wälzkörperdurchmessers. Diese wird kontrolliert, indem die axiale Positionierung auf der Referenzoberfläche eines Meisteraußenrings oder eines anderen Typenmessgeräts in Bezug auf die Referenzfläche des Innenrings gemessen wird.

TABELLE 33. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – LAGE DES INNENRINGS IM MEISTER-AUSSENRING(Zoll)

Lager-typen	Bohrung		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			4		2		3		0		00		000	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF TSL 2S TDI[1] TDIT[1] TDO	**0,000** 0,0000	**101,600** 4,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**-0,102** -0,0040						
	101,600 4,0000	**266,700** 10,5000	**+0,152** +0,0060	**-0,152** -0,0060	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**+0,102** -0,0040	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	266,700 10,5000	**304,800** 12,0000	**+0,152** +0,0060	**-0,152** -0,0060	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**-0,102** -0,0040			– –	– –	– –	– –
	304,800 12,0000	**406,400** 16,0000	– –	– –	**+0,178** +0,0070	**-0,178** -0,0070	**+0,178** +0,0070	**-0,178** -0,0070	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	406,400 16,0000	– –	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	– –	– –	– –	– –	– –	– –

[1]Bei Klasse-2-Lagern der Typen TDI und TDIT mit einer Innenringbohrung von 101,600 bis 304,800 mm (4,0000 bis 12,0000 Zoll) ist die Lage des Innenrings im Meister-Außenring ±0,102 mm (±0,0040 Zoll).
[2]Diese Größen werden nur als abgestimmte Lagersätze gefertigt.



Lage des Außenrings im Meister-Innenring. Die Lage des Außenrings im Meister-Innenring gibt die Abweichung der Größe des Außenringinnendurchmessers und des Kegels an. Diese wird axial von der Bezugsfläche des Meister-Innenrings gegen die Referenzfläche des Außenrings gemessen.

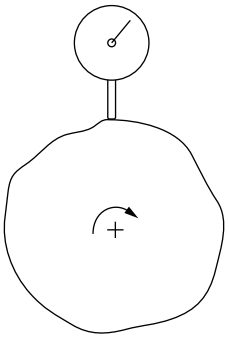
TABELLE 34. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – LAGE DES AUSSENRINGS IM MEISTER-INNENRING(Zoll)

Lager-typen	Bohrung		Standardklasse				Präzisionsklasse							
			4		2		3		0		00		000	
	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF[1] TSL TDI TDIT	**0,000** 0,0000	**101,600** 4,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**-0,102** -0,0040						
	101,600 4,0000	**266,700** 10,5000	**+0,203** +0,0080	**-0,102** -0,0040	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**-0,102** -0,0040	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	266,700 10,5000	**304,800** 12,0000	**+0,203** +0,0080	**-0,102** -0,0040	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,102** +0,0040	**-0,102** -0,0040			– –	– –	– –	– –
	304,800 12,0000	**406,400** 16,0000	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	406,400 16,0000	– –	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	– –	– –	– –	– –	– –	– –

[1]Die Lage des Außenrings im Meister-Innenring mit Flansch wird von der Rückfläche des Flansches (Auflagefläche) gemessen.
[2]Diese Größen werden nur als abgestimmte Lagersätze gefertigt.

TABELLE 35. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – RADIALSCHLAG (Zoll)

Lager-typen	Außendurchmesser		Standardklasse		Präzisionsklasse			
	Über	Inklusive	4	2	3	0	00	000
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF TSL 2S TDI TDIT TDO TNA TNASW TNASWE	**0,000** 0,0000	**266,700** 10,5000	**0,051** 0,0020	**0,038** 0,0015	**0,008** 0,0003	**0,004** 0,00015	**0,002** 0,000075	**0,001** 0,000040
	266,700 10,5000	**304,800** 12,0000	**0,051** 0,0020	**0,038** 0,0015	**0,008** 0,0003	**0,004** 0,00015	**0,002** 0,000075	**0,001** 0,000040
	304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**0,051** 0,0020	**0,038** 0,0015	**0,018** 0,0007	– –	– –	– –
	609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**0,076** 0,0030	**0,051** 0,0020	**0,051** 0,0020	– –	– –	– –
	914,400 36,0000	– –	**0,076** 0,0030	– –	**0,076** 0,0030	– –	– –	– –



Rundlauf. Die Rundlaufabweichung gibt die Rotationsgenauigkeit als „Total Indicator Reading" („Gesamtanzeigewert", T.I.R.) an. Die Gesamtverschiebung wird mithilfe eines Instruments gemessen, das entweder eine sich bewegende Oberfläche abtastet oder das selbst gegenüber einer starren Oberfläche bewegt wird. Die Messung der Rundlaufabweichung umfasst sowohl Rundheitsfehler als auch Zentrierfehler der vom Messkopf des Instruments abgetasteten Oberfläche.

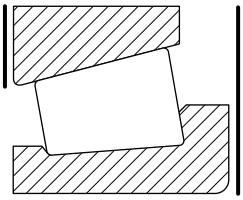
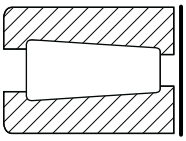


TABELLE 36. TOLERANZEN FÜR KEGELROLLENLAGER – GESAMTLAGERBREITE (Zoll)

Lagertypen	Bohrung		Außendurchmesser		Standardklasse				Präzisionsklasse							
					4		2		3		0		00		000	
	Über	Inklusive	Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
TS TSF[1] TSL	**0,000** 0,0000	**101,600** 4,0000	– –	– –	**+0,203** +0,0080	**0,000** 0,0000	**+0,203** +0,0080	**0,000** 0,0000	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080
	101,600 4,0000	**304,800** 12,0000	– –	– –	**+0,356** +0,0140	**-0,254** -0,0100	**+0,203** +0,0080	**0,000** 0,0000	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080
	304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**0,000** 0,0000	**508,000** 20,0000	– –	– –	**+0,381** +0,0150	**-0,381** -0,0150	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**508,000** 20,0000	– –	– –	– –	**+0,381** +0,0150	**-0,381** -0,0150	**+0,381** +0,0150	**-0,381** -0,0150	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	609,600 24,0000	– –	– –	– –	**+0,381** +0,0150	**-0,381** -0,0150	– –	– –	**+0,381** +0,0150	**-0,381** -0,0150	– –	– –	– –	– –	– –	– –
TNA TNASW TNASWE	**0,000** 0,0000	**127,000** 5,0000	– –	– –	– –	– –	**+0,254** +0,0100	**0,000** 0,0000	**+0,254** +0,0100	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	127,000 5,0000	– –	– –	– –	– –	– –	**+0,762** +0,0300	**0,000** 0,0000	**+0,762** +0,0300	**0,000** 0,0000	– –	– –	– –	– –	– –	– –
TDI TDIT TDO	**0,000** 0,0000	**101,600** 4,0000	– –	– –	**+0,406** +0,0160	**0,000** 0,0000	**+0,406** +0,0160	**0,000** 0,0000	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160
	101,600 4,0000	**304,800** 12,0000	– –	– –	**+0,711** +0,0280	**-0,508** -0,0200	**+0,406** +0,0160	**-0,203** -0,0080	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160
	304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**0,000** 0,0000	**508,000** 20,0000	– –	– –	**+0,762** +0,0300	**-0,762** -0,0300	**+0,406** +0,0160	**-0,406** -0,0160	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**508,000** 20,0000	– –	– –	– –	**+0,762** +0,0300	**-0,762** -0,0300	**+0,762** +0,0300	**-0,762** -0,0300	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	609,600 24,0000	– –	– –	– –	**+0,762** +0,0300	**-0,762** -0,0300	– –	– –	**+0,762** +0,0300	**-0,762** -0,0300	– –	– –	– –	– –	– –	– –
2S	**0,000** 0,0000	**101,600** 4,0000	– –	– –	**+0,457** +0,0180	**-0,051** -0,0020	**+0,457** +0,0180	**-0,051** -0,0020	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –

[1]Für Lager vom Typ TSF gilt die Toleranz für das Maß T1. Siehe den unter www.timken.com verfügbaren Katalog für Kegelrollenlager.

TABELLE 37. TOLERANZEN FÜR AXIAL-KEGELROLLENLAGER – BOHRUNG (Zoll)



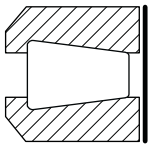
TTHD, TTHDFL, TTVS

TTHD, TTHDFL, TTVS

Bohrung		Lagerklasse			
Bereich		Genauigkeit 2		Genauigkeit 3	
Über	Inklusive	Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**304,800** 12,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000
304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**+0,051** 0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000
609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	**+0,038** +0,0015	**0,000** 0,0000
914,400 36,0000	**1219,200** 48,0000	**+0,102** +0,0040	**0,000** 0,0000	**+0,051** 0,0020	**0,000** 0,0000
1219,200 48,0000	– –	**+0,127** +0,0050	**0,000** 0,0000	**+0,076** +0,030	**0,000** 0,0000

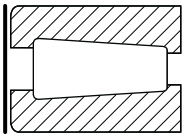
TTC, TTSP – CLASS 4

Bohrung		Abweichung	
Bereich		Genauigkeit 4	
Über	Inklusive	Über	Inklusive
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**25,400** 1,0000	**+0,076** +0,0030	**-0,076** -0,0030
25,400 1,0000	**76,200** 3,0000	**+0,102** +0,0040	**-0,102** -0,0040
76,200 3,0000	– –	**+0,127** +0,0050	**-0,127** -0,0050



TTC, TTSP

TABELLE 38. TOLERANZEN FÜR AXIAL-KEGELROLLENLAGER – AUSSENDURCHMESSER (Zoll)



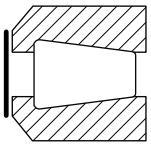
TTHD, TTHDFL, TTVS

TTHD, TTHDFL, TTVS

Außendurchmesser		Lagerklasse			
Bereich		Genauigkeit 2		Genauigkeit 3	
Über	Inklusive	Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**304,800** 12,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000
304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**+0,051** 0,0020	**0,000** 0,0000	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000
609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**+0,076** +0,0030	**0,000** 0,0000	**+0,038** +0,0015	**0,000** 0,0000

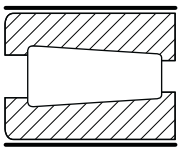
TTC, TTSP – CLASS 4

Außendurchmesser		Abweichung	
Bereich		Genauigkeit 4	
Über	Inklusive	Über	Inklusive
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**127,000** 5,0000	**+0,254** +0,0100	**0,000** 0,0000
127,000 5,0000	**203,200** 8,0000	**+0,381** +0,0150	**0,000** 0,0000
203,200 8,0000	– –	**+0508** +0,200	**0,000** 0,0000



TTC, TTSP

TABELLE 39. TOLERANZEN FÜR AXIAL-KEGELROLLENLAGER – BREITE (Zoll)



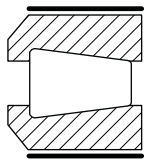
TTHD, TTHDFL, TTVS

TTHD, TTHDFL, TTVS

Breite		Lagerklasse			
Bereich		Genauigkeit 2		Genauigkeit 3	
Über	Inklusive	Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
Alle Größen		**+0,381** +0,0150	**-0,381** -0,0150	**+0,203** +0,0080	**-0,203** -0,0080

TTC, TTSP – CLASS 4

Breite		Abweichung	
Bereich		Genauigkeit 4	
Über	Inklusive	Über	Inklusive
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**76,200** 3,0000	**+0,254** +0,0100	**-0,254** -0,0100
76,200 3,0000	**127,000** 5,0000	**+0,381** +0,0150	**-0,381** -0,0150
127,000 5,0000	– –	**+0508** +0,200	**-0,508** -0,0200



TTC, TTSP

AUSLEGUNG, PASSUNGEN, EINSTELLUNG UND MONTAGE

Damit die Lagerleistung den Erwartungen entspricht, müssen die richtigen Verfahren in Bezug auf Konstruktion, Passungen, Einstellung und Montageschritte angewendet werden. Obwohl es gewisse Unterschiede in Bezug auf diese Arbeiten zwischen Kegelrollen-, Zylinderrollen-, Pendelrollen-, Radialkugel- bzw. Schrägkugellagern gibt, bestehen zahlreiche Gemeinsamkeiten, die auf alle zutreffen. Diese Gemeinsamkeiten werden in den folgenden Abschnitten zusammengefasst. Danach folgt für jeden Lagertyp eine Zusammenfassung der jeweiligen spezifischen Arbeiten.

MONTAGE

Alle Lagertypen werden grundsätzlich auf eine Welle und in ein Gehäuse montiert, die jeweils über Schultern verfügen, um die Ringe zu stützen. Der Zweck dieser Schultern besteht darin, die axiale Positionierung und Ausrichtung des Lagers in allen Betriebszuständen absolut sicherzustellen. Wie in Abb. 77 gezeigt, können unterschiedliche Stützschulterkonstruktionen verwendet werden. Die übliche Methode besteht aus einer auf einer Welle oder im Gehäuse angebrachten Schulter. In einigen Anwendungen werden Sprengringe als Schulter genutzt. Sowohl bei integrierten Schultern als auch in Konstruktionen mit Sprengringen können bei Bedarf Distanzringe zwischen dem Lagerring und der Schulter verwendet werden. Dabei muss eine Schulter unbedingt am jeweiligen Lagerring ausgerichtet sein und einen ausreichenden Durchmesser haben, um den Lagerring ordnungsgemäß zu stützen. Um einer Axialbewegung unter Belastung standzuhalten, muss die Schulter einen ausreichenden Querschnitt haben und verschleißfest sein.

Es wird empfohlen, die Wellensitze für Rollenlager auf eine Oberflächengüte von maximal Ra 1,6 µm (65 µ“) zu bearbeiten. Kugellagersitze sollten auf Ra 0,8 µm (32 µ“) für Wellen kleiner als 2 “ und auf 1,6 µm (65 µ“) für alle anderen Größen bearbeitet werden.

Bei Drehbearbeitung von Wellensitzen sollte eine engere Passung für höhere Beanspruchung verwendet werden. Der Wellendurchmesser sollte auf maximal Ra 3,2 µm (125 µ“) bearbeitet werden.

Gehäusebohrungen sollten auf maximal Ra 3,2 µm (125 µ“) bearbeitet werden.

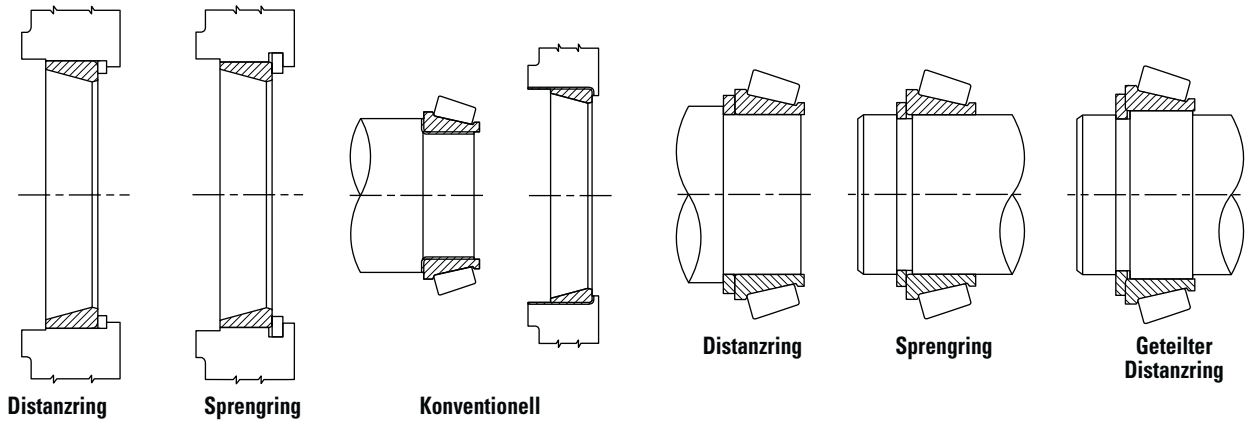


Abb. 77. Schulterkonstruktionen

⚠ WARNUNG

Die Nichtbeachtung der folgenden Warnungen kann tödliche oder schwere Verletzungen zur Folge haben.

Ordnungsgemäße Wartung und Handhabung sind von größter Wichtigkeit.
Beachten Sie stets die Montageanweisungen, und sorgen Sie für eine ordnungsgemäße Schmierung.

Drehen Sie Lager nie mit Druckluft.
Die Rollen können dabei herausgeschleudert werden.

PASSUNGEN

Als generelle Empfehlung, sollte der rotierende Lagerring mit einer Presspassung versehen sein. Lossitze können zum Kriechen oder Mitdrehen des Rings bzw. zu einem erhöhten Verschleiß an Passfläche und Stützschulter führen. Dieser Verschleiß kann zu einem extremen Lossitz des Lagers führen und Lager, Welle oder Gehäuse beschädigen.

Die Wahl des Montageverfahrens hängt vor allem von folgenden Parametern ab:

- Präzisionsklasse des Lagers.
- Rotierender oder stationärer Ring.
- Aufbau (Ein- oder doppelreihige Lager).
- Typ und Richtung der Belastung (kontinuierlich/reversierend).
- Besondere Betriebsbedingungen wie Stoßbelastungen, Vibrationen, Überlast oder hohe Drehzahlen.
- Art der Sitzbearbeitung (Schleifen, Drehen oder Bohren).
- Wellen- und Gehäusequerschnitt und Werkstoff.
- Montage und Einstellbedingungen.

Abb. 78 ist eine grafische Darstellung zur Auswahl der Passungen für Welle und Gehäuse eines Wälzlagers, die anerkannten Industriestandards und Verfahrensweisen entsprechen. Die mit g6, h6 usw. bezeichneten Balken repräsentieren die Durchmesser- bzw. Toleranzbereiche von Welle und Gehäuse, die für lose Passungen und Presspassungen bei unterschiedlichen Belastungs- und Drehbedingungen benötigt werden.

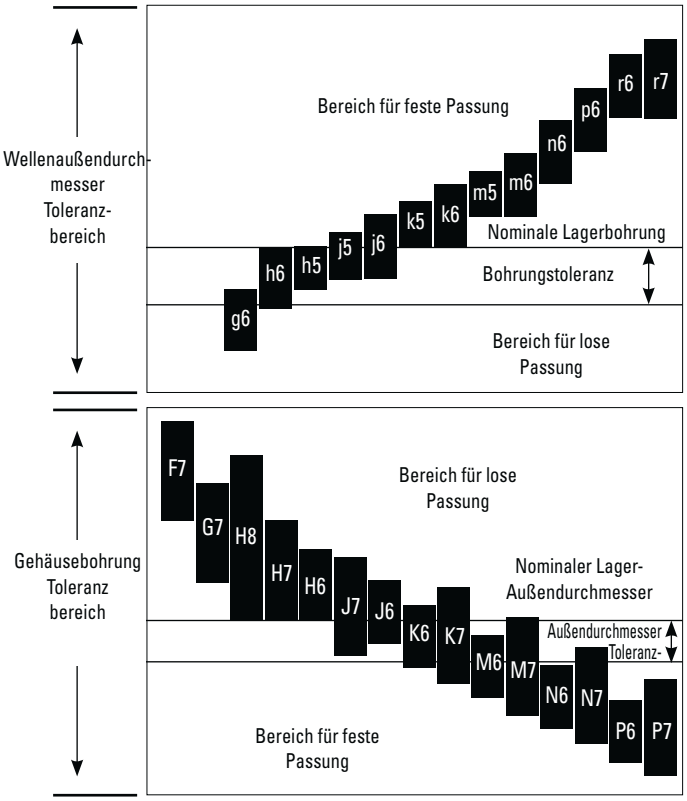


Abb. 78. Passungsauswahl für Welle und Gehäuse.

EINSTELLUNG

Bei der Herstellung von Lagern mit Wälzelementen besteht die übliche Vorgehensweise darin, Ringe und Wälzelemente mit einem festgelegten internen Spiel zu fertigen.

Das interne Spiel dient häufig dazu, die Wirkungen von Presspassungen und Wärmeausdehnung auf Lager, Wellen und Gehäuse auszugleichen. Bei einigen Lagertypen kann es zudem für einen erwünschten Kontaktwinkel im Lager nach der Montage sorgen.

Das interne Spiel kann entweder mithilfe radialer oder axialer Messungen ermittelt werden. Radialspiel wird als die typischerweise gemessene Einstellungseigenschaft bei den meisten Lagertypen akzeptiert, da es direkter mit den Lagerpassungen in Beziehung steht. Dies wird als internes Radialspiel (Radial Internal Clearance, RIC) bezeichnet. Kegelrollenlager und Schrägkugellager bilden dabei eine Ausnahme, da die Einstellung bei diesen Lagern nur in axialer Richtung gemessen wird.

Korrekte Montage- und Einpassverfahren sind kritische Voraussetzungen für eine fachgerechte Lagereinstellung.

MONTAGE

Sowohl die ordnungsgemäße Montage des Lagers einschließlich der Sauberkeit der Komponenten, als auch der Gebrauch passender Werkzeuge ist für die Lagerleistung von entscheidender Bedeutung.

Die Sauberkeit des Lagers bzw. der entsprechenden angrenzenden Bauteile ist für das Erreichen seiner maximalen Betriebslebensdauer von entscheidender Bedeutung. Grate, Fremdmaterial sowie Aufwürfe können zu einer Fehlausrichtung des Lagers führen. Um diese Zustände zu vermeiden, sollte mit Vorsicht vorgegangen werden. Wellen und Gehäuse, einschließlich der Schmieröffnungen, sollten vor der Installation des Lagers gründlich gereinigt werden. Wenn Sacklöcher vorhanden sind, führen Sie einen magnetischen Stab in diese ein, um Metallsplitter zu entfernen, die sich bei der Bearbeitung angesammelt haben können. Druckluft zum Ausblasen kann an Wellen und Gehäusen verwendet werden, jedoch nicht an Lagern. In ihrer Transportverpackung sind Lager typischerweise mit einem Korrosionsschutzmittel beschichtet. Dieses Öl ist kompatibel mit den meisten Schmierstoffen und braucht nicht vor der Installation entfernt zu werden.

Um Schäden zu vermeiden, müssen geeignete Werkzeuge für die Montage der Innenringe auf die Welle und der Außenringe im Gehäuse verwendet werden. Direkte Stoßbelastungen auf die Ringe müssen vermieden werden.

Die meisten Anwendungen erfordern eine Presspassung eines oder beider Ringe. Um den Zusammenbau zu erleichtern, ist es zulässig, Ringe zu erhitzen oder zu kühlen. Standardlager sollten nicht auf über 120 °C (250 °F) erhitzt und nicht auf unter -55 °C (-65 °F) abgekühlt werden. Präzisionslager sollten nicht auf über 65 °C (150 °F) erhitzt und nicht auf unter -30 °C (-20 °F) abgekühlt werden.

Eine andere Montagemethode, die üblicherweise für kleinere Größen verwendet wird, besteht darin, das Lager mithilfe einer Dornpresse auf die Welle bzw. in das Gehäuse zu drücken.

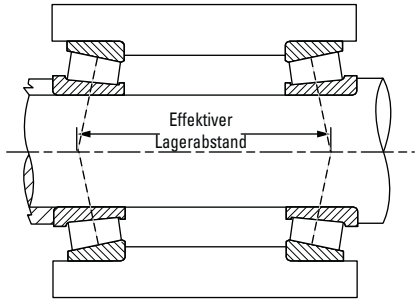
Wenden Sie sich für weitere Informationen über diese Montagearbeiten an Ihren Timken-Techniker.

Auf den folgenden Seiten finden Sie spezifische Empfehlungen für Konstruktionen, Passung, Einstellung und Montage für Kegelrollen-, Zylinderrollen-, Pendelrollen-, Radialkugel- sowie Schrägkugellager.

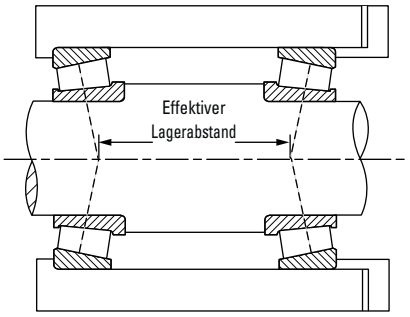
KEGELROLLENLAGER

MONTAGE

Kegelrollenlager sind dafür ausgelegt, sowohl radiale als auch axiale Belastungen aufzunehmen. Unter radialen Belastungen wird eine Kraft in axialer Richtung induziert, die eine Gegenwirkung erzwingt. Kegelrollenlager werden daher üblicherweise gegen ein zweites Lager angestellt. Sie können entweder in direkter (X-Anordnung) oder indirekter (O-Anordnung) Anordnung montiert werden, wie Abb. 79 zeigt. Bei Anwendungen, bei denen eine direkte Montageanordnung verwendet wird und der Außenring zur Justierung der Lagereinstellung genutzt wird, wird der Außenring üblicherweise durch einen Deckel positioniert oder in eine entsprechende Trägerhülse montiert. Siehe Abb. 80.



Indirekte Montage



Direkte Montage

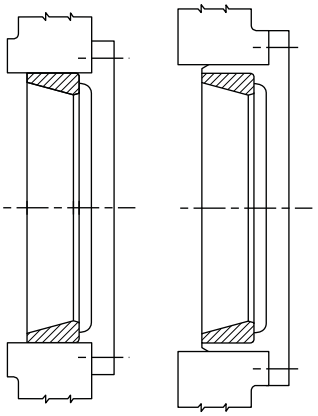
Abb. 79. Vergleich der Systemsteifigkeit zwischen indirekter und direkter Montage.

Bei indirekter Montage wird die Einstellung des Lagers typischerweise durch Klemmen gegen einen der Innenringe erreicht. Wie in Abb. 81 gezeigt, können unterschiedliche Konstruktionen, einschließlich Kontermuttern, Bundmuttern und Scheiben verwendet werden. Für Anwendungen der Präzisionsklassenlager, kann eine spezielle Präzisionsmutter verwendet werden.

Stützschulterdurchmesser für Kegelrollenlager sind im Katalog für Kegelrollenlager, verfügbar unter www.timken.com, aufgeführt.

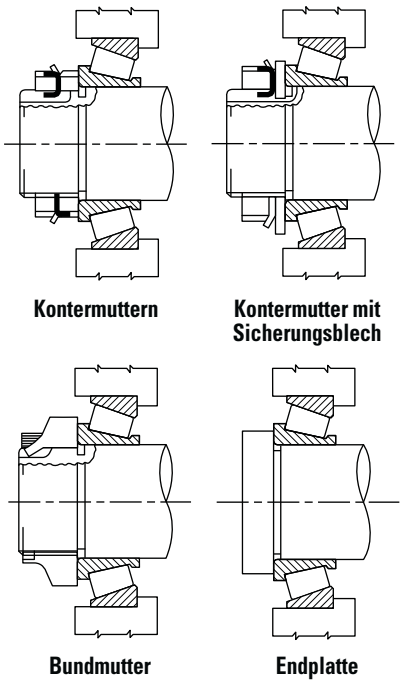
PASSUNGEN

Für allgemeine industrielle Anwendungen sind die Standard-Einbauempfehlungen für Innenringe und Außenringe in den Tabellen ab Seite 154 aufgeführt. Diese Tabellen gelten für Voll- oder Schwerprofilstahlwellen, Großprofil-Eisengehäuse unter gängigen Betriebsbedingungen. Um die Tabellen benutzen zu können, muss bestimmt werden, ob es sich um ein rotierendes oder ein feststehendes Element handelt, und es muss das Ausmaß, die Richtung und die Art der Belastung sowie die Wellenoberfläche festgestellt werden.



Zentrierter Abschlussdeckel **Außenring im Abschlussdeckel**

Abb. 80. Vorrichtungen zur Lagereinstellung - direkte Montage.



Kontermuttern **Kontermutter mit Sicherungsblech**

Bundmutter **Endplatte**

Abb. 81. Vorrichtungen zur Lagereinstellung - indirekte Montage.

Einige der in der Tabelle aufgeführten Passungen sind möglicherweise nicht geeignet für Hohlwellen und dünnwandige Gehäuse, für Wellen, die nicht aus Stahl bzw. Eisen bestehen oder für kritische Betriebsbedingungen wie z. B. hohe Drehzahlen, ungewöhnliche Wärme- oder Belastungsbedingungen oder eine Kombination davon. Die Montageverfahren erfordern möglicherweise spezielle Passungen, um die Lagereinstellung zu unterstützen und zu vereinfachen. In diesen Fällen sollte auf Erfahrungswerte zurückgegriffen bzw. ein Timken-Techniker zu Rate gezogen werden.

Generell sollten rotierende Innenringe mit einer Presspassung montiert werden. In besonderen Fällen können Spielpassungen in Frage kommen, wenn Tests und Erfahrungswerte eine zufriedenstellende Leistung ergeben. Als „rotierender Innenring" wird bezeichnet, wenn der Innenring in Bezug auf die Last rotiert. Dies kann bei einem rotierenden Innenring unter feststehender Last bzw. einem feststehenden Innenring unter rotierender Last vorkommen. Zu lose Spielpassungen führen zum Kriechen des Rings bzw. zu einem erhöhten Verschleiß an Welle und Stützschulter. Dies kann zu einer extremen Lockerung des Lagers führen und unter Umständen Lager und Welle beschädigen.

Passungen feststehender Innenringe hängen von der Art der Anwendung ab. Bei hohen Drehzahlen, schweren Lasten oder Stoßbelastungen sind schwere Festsitze zu bevorzugen. Wenn an ungeschliffene Wellen montierte Innenringe mäßigen Lasten (keine Stoßbelastungen) und mäßigen Drehzahlen ausgesetzt sind, wird eine Übergangspassung verwendet. In Seilscheiben- bzw. Radlagerungen, in denen ungeschliffene Wellen zum Einsatz kommen, oder bei geschliffenen Wellen mit mäßigen Lasten (keine Stoßbelastungen) werden Übergangspassungen oder leichte Lossitze empfohlen. In Anwendungen mit gehärteter und geschliffener Welle sollte möglicherweise ein etwas größerer Lossitz gewählt werden. Spezielle Passungen sind beispielsweise bei der Verwendung von Kran-Seilblöcken mit mehreren Rollen notwendig.

Rotierende Außenringanwendungen, in denen der Außenring in Bezug auf die Last rotiert, werden generell mit Presspassung montiert.

Stationäre, nicht einstellbare und seitlich verspannte einreihige Außenringe sollten nach Möglichkeit mit fester Passung montiert werden. Einstellbare Passungen eignen sich grundsätzlich dort, wo die Lagereinstellung durch axiale Verschiebung des Außenrings in der Gehäusebohrung erfolgt. In einigen Anwendungen mit starker Beanspruchung und schweren Belastungen sind jedoch enge Passungen notwendig, um das Ausschlagen bzw. eine plastische Verformungen des Gehäuses zu verhindern. In diesen Fällen können Außenringe auch mit Festsitz in Buchsen montiert werden. Bei umlaufenden Lasten werden ausnahmslos Festsitze verwendet und empfohlen.

Wenn die Außendurchmesser eines Lagerpaars identisch und eines der beiden Lager einstellbar und das andere fixiert ist, sollte die gleiche einstellbare Passung für beide Enden gewählt werden, um ein Durchbohren zu ermöglichen. Bei Einsatz von Sprengringen sollten die Außenringe fest montiert werden, um ein Ausschlagen des Sprengrings zu vermeiden. Für eine Stützung mit Sprengringen sollten lediglich Außenringe verwendet werden, die der Anforderung eines maximalen Gehäuserundungsradius von 1,3 mm (0,05 Zoll) oder weniger entsprechen.

Doppelreihige stationäre Außenringe sind generell mit Lossitz montiert, um einen einfachen Ein- und Ausbau zu ermöglichen. Dieser Lossitz erlaubt ebenfalls den Einsatz eines doppelreihigen Lagers als Loslager.

Die Tabellen 70-81 mit Passungsempfehlungen auf den Seiten 138-163 enthalten Angaben für das metrische System und das Zollsystem.

Für die Lager im Zollsystem wurden die Klassen 4 und 2 (Standardklassen) und die Klassen 3, 0 und 00 (Präzisionsklassen) hinzugefügt.

Metrische Lager umfassen: Klassen K und N (Metrische Standardlager) sowie Klassen C, B und A (Metrische Präzisionslager).

Präzisionslager sollten auf Wellen und in Gehäuse montiert werden, deren Oberflächenspezifikation gleich oder besser als die der Lagerbohrung und Lageraußendurchmesser sind. Hohe Oberflächengüten sollten zur Verfügung stehen. Die empfohlenen Oberflächengüten sind für Kegelrollenlager auf Seite 119 und für Kugellager auf den Seiten 121-122 dargestellt.

Die Auswirkungen von Presspassungen auf die Einstellung bzw. Breite des Lagers

Presspassungen des Innenrings verursachen eine Ausdehnung des Innenrings und Presspassungen des Außenrings verursachen eine Einschnürung des Außenrings. Da sich der Innenringdurchmesser vergrößert und der Außenringdurchmesser verkleinert, reduziert sich das interne Spiel des Lagers, und die Lagerbreite vergrößert sich. Dabei ist die Reduzierung des Spiels bzw. der Einstellung annähernd gleich zur Veränderung der Breite.

Bei abgestimmten Lagereinheiten mit werkseitiger Voreinstellung und bei SET-RIGHT-Lagereinheiten müssen die Auswirkungen der Passung für die gewünschte Einstellung der montierten Einheit berücksichtigt werden.

Voreingestellte Lagereinheiten sind beispielsweise doppelreihige bzw. vierreihige, mit Abstandsringen ausgestattete Lager. Diese Lager werden vor ihrem Einbau in der Anwendung auf eine besondere Lagerluft voreingestellt. Wenn dieses Lager mit einer Presspassung montiert wird, reduziert sich diese anwendungsbezogene Lagerluft. Um diese aber zu erhalten, muss die Passungsüberdeckung ausgeglichen werden.

SET-RIGHT-Lagereinheiten setzen auf die Einhaltung bewährter Lager-, Wellen- und Gehäusetoleranzen und verfügen über einen statistisch ermittelten Einstellungsbereich für das montierte Lager. Diese Art von Lagereinstellung kann auch sämtliche Verluste als Folge von Presspassungen berücksichtigen.

Eine Vergrößerung der Lagerbreite kann die Einstellung in bestimmten Anwendungen beeinflussen, wie z. B. in einer mit dem Außenring eingestellten, direkten Lageranordnung. In einem solchen Fall wird eine Passscheibe zwischen dem Außenring und der Stützschulter eingesetzt. Die Berechnung der Dicke der Passscheibe wird durch Presspassungen beeinflusst. In Anwendungen, in denen Berechnungen zur Summierung der Axialtoleranzen vorgenommen werden, müssen die Auswirkungen von Presspassungen berücksichtigt werden.

Für Vollstahlwellen und Schwerprofil-Stahlgehäuse wird eine Lagereinstellungsänderung wie folgt berechnet:

Innenring-Reduzierung der Lagereinstellung/Breitenvergrößerung:

$$= 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{d}{d_o}\right)\delta_S$$

Außenring-Reduzierung der Einstellung/Breitenvergrößerung:

$$= 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{D_o}{D}\right)\delta_H$$

Presspassungen bei dünnwandigen Wellen und Leichtprofilstahlgehäusen neigen dazu, dass der Innenringsitz zusammengepresst und der Außenringsitz auseinanderdrückt wird, was eine Verringerung der Lagereinstellung und der Gesamtbreite bewirkt. Diese Auswirkungen können mit Hilfe der folgenden Formeln berechnet werden.

Innenring-Reduzierung der Lagereinstellung/Breitenvergrößerung:

$$= 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left\{\frac{\left(\frac{d}{d_o}\right)\left[1 - \left(\frac{d_{si}}{d}\right)^2\right]}{1 - \left(\frac{d_{si}}{d_o}\right)^2}\right\}\delta_S$$

Außenring-Reduzierung der Einstellung/Breitenvergrößerung:

$$= 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left\{\frac{\left(\frac{D_o}{D}\right)\left[1 - \left(\frac{D}{D_H}\right)^2\right]}{1 - \left(\frac{D_o}{D_H}\right)^2}\right\}\delta_H$$

Wenden Sie sich für andere Wellen- oder Gehäusematerialien als Stahl an Ihren Timken-Techniker.

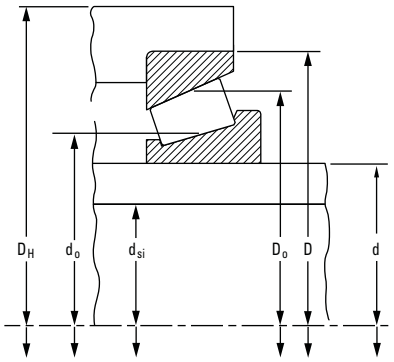


Abb. 82. Parameter für die Berechnung der Passungsauswirkung auf die Einstellung.

EINSTELLUNG

Die Einstellung ist definiert als ein bestimmter Wert von entweder Lagerspiel oder Vorspannung zwischen Rolle und Laufbahn. Ein bedeutender Vorteil von Kegelrollenlagern besteht darin, die Einstellung während der Montage vornehmen zu können. Sie können für die optimale Lagerleistung in beinahe jeder Anwendung punktgenau eingestellt werden. Ein Beispiel für den Zusammenhang von Ermüdungslebensdauer und Lagereinstellung zeigt Abb. 83. Anders als bei anderen Lagertypen sind Kegelrollenlager nicht unmittelbar von Gehäuse- oder Wellenpassungen abhängig, um eine bestimmte Lagereinstellung zu erlangen. Die Lagereinstellung wird einfach durch die axiale Positionierung eines Lagerrings relativ zum anderen erzielt.

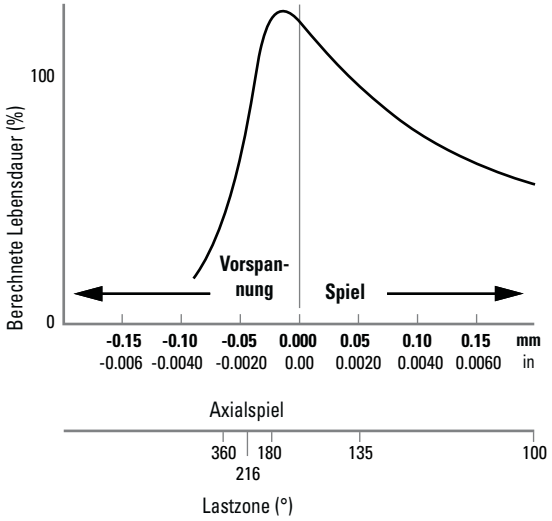


Abb. 83. Graph der typischen Lebensdauer im Verhältnis zur Einstellung.

Bei der Montage sind die Bedingungen der Lagereinstellung wie folgt definiert:

- **Axialspiel (Endplay, EP)** – Ein Axialspiel zwischen Wälzkörpern und Laufflächen, das eine messbare axiale Wellenbewegung erzeugt, wenn eine kleine Axialkraft angewandt wird, zunächst in eine Richtung und dann in die andere Richtung, während die Welle oszilliert bzw. rotiert. Siehe Abb. 84.
- **Vorspannung (Preload, PL)** – Eine Axialbeeinflussung zwischen Wälzkörpern und Laufflächen ohne messbare axiale Wellenbewegung, wenn eine kleine Axialkraft in beide Richtungen angewandt wird, während die Welle oszilliert bzw. rotiert.

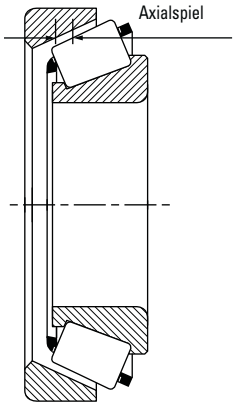


Abb. 84. Internes Spiel – Lagerspiel.

- **Linienberührung (Line-to-Line)** – Die Null-Einstellung ist der Übergangspunkt zwischen Axialspiel und Vorspannung.

Die Lagereinstellung, die nach dem Einbau der Lager erreicht wird, bezeichnet man als Montageeinstellung.

Die Lagereinstellung, die sich während des Betriebes ergibt, wird als Betriebseinstellung bezeichnet.

Sie ist das Ergebnis der durch Wärmeausdehnung und Verformung unter Last geänderten Lagereinstellung im Montagezustand. Für jeden Betriebszustand existiert eine optimale Lagereinstellung. Häufig ist das exakte Verhältnis zwischen Umgebungs- und Betriebseinstellung jedoch nicht bekannt, und es muss eine fachmännische Einschätzung vorgenommen werden. Wenden Sie sich an einen Timken-Techniker, um die empfohlene Umgebungslagereinstellung für eine bestimmte Anwendung zu bestimmen.

Im Allgemeinen ist die ideale Betriebseinstellung nahe null, um die Lagerlebensdauer zu erhöhen (Abb. 83). Die meisten Lager werden bei der Montage mit Lagerspiel eingestellt, sodass bei Betriebstemperatur die gewünschte Einstellung annähernd Null erreicht wird.

Für jede Anwendung besteht ein idealer Lagereinstellungswert. Um diesen zu bestimmen, müssen für die Lagereinstellung unter anderem die Durchbiegung unter radialer und axialer Belastung, die Wärmeausdehnung sowie das verwendete Material berücksichtigt werden.

1. Standardeinstellung

Lagereinstellung im Betriebszustand = montierte Lagereinstellung (kalt) ± Temperatureffekt + Durchbiegung

2. Voreingestellte Lagereinheiten

Einstellung im montierten Zustand (PL) oder (EP) = werksseitige Einstellung – Passungseffekte

Lagereinstellung im Betriebszustand = montiertes EP oder PL (MEP oder MPL) + Durchbiegung ± Temperatureffekt

Die Veränderungen des Lagerspiels durch Temperaturunterschiede und Presspassungen sind abhängig von der Lageranordnung, der inneren Geometrie, der Lagergröße, Wellen- und Gehäuseabmessungen sowie dem Werkstoff, wie nachfolgend beschrieben. Dimensionale Parameter, die die Lagereinstellung beeinflussen, sind in Abb. 85 aufgeführt.

Passungseffekt[1]

Vollwelle/Gehäuse mit großem Querschnitt

Einstellungsreduzierung/Verbreiterung für einen einzelnen Innenring

$$= 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{d}{d_o}\right)\delta_S$$

Spielverlust/Verbreiterung Gesamtbreite einer Reihe

$$= 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{D_o}{D}\right)\delta_H$$

Hohlwelle/dünnwandiger Abschnitt

Wellenreduzierung/Verbreiterung für einen einzelnen Innenring

$$= 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{d}{d_o}\right)\left[\frac{1-\left(\frac{d_{si}}{d}\right)^2}{1-\left(\frac{d_{si}}{d_o}\right)^2}\right]\delta_S$$

Wellenreduzierung/Verbreiterung für einen einzelnen Außenring

$$= 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{D_o}{D}\right)\left[\frac{1-\left(\frac{D}{D_H}\right)^2}{1-\left(\frac{D_o}{D_H}\right)^2}\right]\delta_H$$

[1]Diese Gleichungen gelten nur für Wellen und Gehäuse aus Stahl.

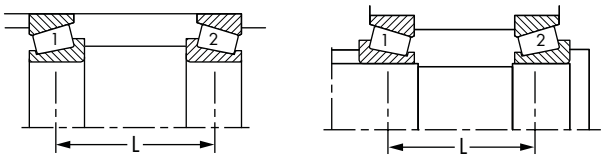
Temperatureffekt

Direkte Montage - Einstellungsänderung in Abhängigkeit von der Temperatur

$$= \alpha_T \Delta T \left[\left(\frac{K_1}{0{,}39}\right)\left(\frac{D_{o1}}{2}\right) + \left(\frac{K_2}{0{,}39}\right)\left(\frac{D_{o2}}{2}\right) + L\right]$$

Indirekte Montage - Einstellungsänderung in Abhängigkeit von der Temperatur

$$= \alpha_T \Delta T \left[\left(\frac{K_1}{0{,}39}\right)\left(\frac{D_{o1}}{2}\right) + \left(\frac{K_2}{0{,}39}\right)\left(\frac{D_{o2}}{2}\right) - L\right]$$



Direkte Montage **Indirekte Montage**

Abb. 86. Direkte und indirekte Montage.

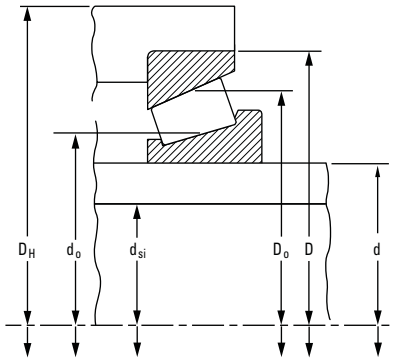


Abb. 85. Einfluss auf die Lagereinstellung durch Temperatur und Passung.

Einstellmethoden

Die oberen und unteren Grenzwerte der Lagereinstellung werden unter Berücksichtigung folgender Faktoren bestimmt:

- Anwendungstyp.
- Lastzyklen/Belastung.
- Betriebseigenschaften benachbarter mechanischer Antriebselemente.
- Änderungen der Lagereinstellung durch Temperaturunterschiede und Durchbiegungen.
- Lagergröße und die zur Lagereinstellung verwendete Methode.
- Schmiermethode.
- Gehäuse- und Wellenwerkstoff.

Der während der Montage eingestellte Wert hängt von allen Änderungen ab, die während des Betriebs auftreten können. Wenn Sie über keine Erfahrung mit Lagern ähnlicher Größe und unter ähnlichen Betriebsbedingungen verfügen, sollten Sie sich für eine Empfehlung zum Lagereinstellungsbereich an einen Timken-Techniker wenden.

PENDEL- UND ZYLINDERROLLENLAGER

MONTAGE

Pendelrollenlager können einzeln montiert werden, werden jedoch meistens in Kombination mit einem anderen Pendel- oder Zylinderrollenlager montiert.

Bei Pendelrollenlagern wird in der Regel ein Lager axial positioniert und das andere mit einem Lossitz und axialer Verschiebbarkeit montiert. Dadurch wird bei bestimmten äußeren Einflüssen, z. B. bei Temperaturdifferenzen zwischen Welle und Gehäuse, Bewegung oder Spiel ermöglicht.

Zylinderrollenlager können einzeln eingebaut werden, meist werden sie jedoch zusammen mit einem weiteren Zylinderrollenlager, einem Pendelrollenlager oder einem Kegelrollenlager montiert.

In Abb. 87 ist eine typische Getriebeanwendung mit zwei Pendelrollenlagern dargestellt, bei der ein Lager lose gelagert und das andere Lager axial positioniert ist.

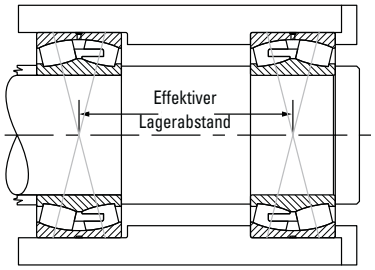


Abb. 87. Pendelrollenlager in X-Anordnung.

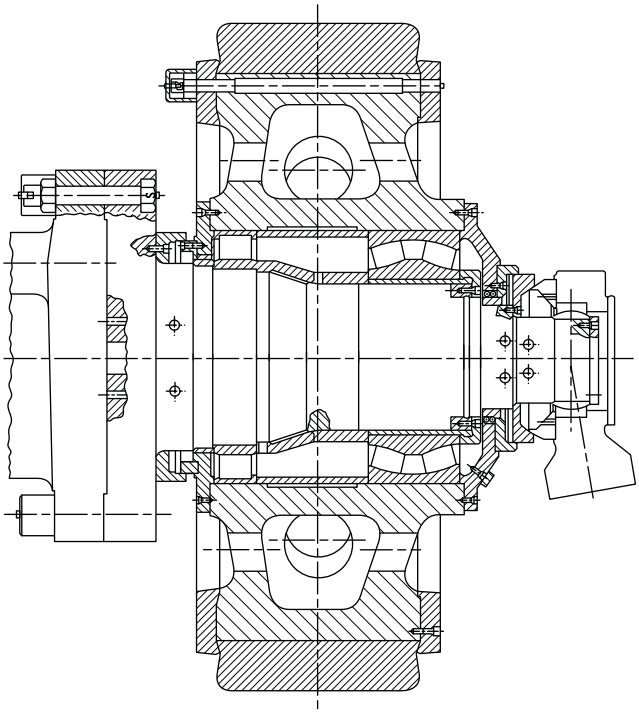


Abb. 88. Walze einer Kohlemühle.

Abb. 88 zeigt die Walze einer Kohlemühle, in dem ein Pendelrollenlager zusammen mit einem Zylinderrollenlager montiert ist. In dieser Anwendung erlaubt das Zylinderrollenlager der Welle ein gewisses Axialspiel.

In Abb. 89 ist ein einfaches Untersetzungsgetriebe mit Pfeilverzahnung dargestellt. An der oberen Welle ist ein Kegelrollenlager in Verbindung mit einem Zylinderrollenlager, und an der unteren Welle sind zwei Zylinderrollenlager montiert.

PASSUNGEN

In den Tabellen 55 bis 67 auf den Seiten 120 bis 129 sind Passungsempfehlungen für Pendelrollen- und Zylinderrollenlager aufgeführt. Für die Tabellen wird Folgendes vorausgesetzt:

- Das Lager ist ein Standardlager (kein Präzisionslager).
- Das dickwandige Gehäuse ist aus Stahlguss oder Gusseisen gefertigt.
- Die Welle ist massiv und aus Stahl gefertigt.
- Die Lagersitze sind geschliffen oder auf eine Oberflächengüte von etwa 1,6 Ra µm oder weniger bearbeitet.

Die Symbole für die Passungen stimmen mit ISO 286 überein. Fragen zu den empfohlenen Anpassungsverfahren beantwortet Ihr Timken-Techniker.

Generell müssen rotierende Innenringe mit einer Presspassung montiert werden. Eine Übergangs- oder lose Passung kann zum Kriechen oder Mitdrehen der Innenringe führen und Welle und Stützschulter verschleißen. Dieser Verschleiß kann zu einer extremen Lockerung des Lagers führen und unter Umständen Lager und Welle beschädigen. Darüber hinaus kann durch Kriechen oder Mitdrehen freigesetzter Metallabrieb in das Lager eindringen und Beschädigungen und Vibrationen verursachen.

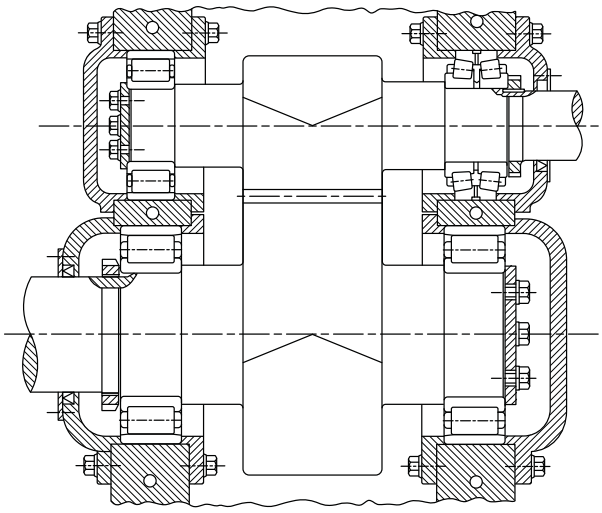


Abb. 89. Einfaches Untersetzungsgetriebe.

Eine Innenringpassung für nicht drehende Wellen ist abhängig von der Belastung der Anwendung. Die Lastungsbedingungen und Lagerabmessungen müssen bei der Auswahl der empfohlenen Wellenpassung aus der Tabelle berücksichtigt werden.

Entsprechend müssen rotierende Außenringe mit einer Presspassung im Gehäuse montiert werden.

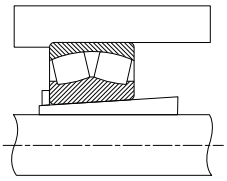
Nicht drehende Außenringe werden generell mit Lossitz montiert, um Ein- und Ausbau zu erleichtern. Der Lossitz ermöglicht auch eine Axialverschiebung, wenn ein Pendelrollenlager in Loslagerposition montiert ist.

Für dünnwandige Gehäuse, Leichtmetallgehäuse oder Hohlwellen müssen festere Presspassungen verwendet werden als die, die für dickwandige Gehäuse, Stahl- oder Gusseisengehäuse oder Vollwellen empfohlen werden. Festere Passungen sind auch erforderlich, wenn das Lager auf relativ rauen oder ungeschliffenen Oberflächen montiert wird.

Konstruktionen mit Kegelbohrung

Lager mit Kegelbohrung werden üblicherweise ausgewählt, um den Ein- und Ausbau der Welle zu erleichtern. Da das Pendelrollenlager nicht zerlegbar ist, lässt sich die Montage durch Verwendung einer Adapterhülse mit zylindrischer Bohrung und konischem Außendurchmesser erleichtern. Ein Wälzlager mit konischer Bohrung kann auch direkt auf einer konischen Welle montiert werden.

Abb. 90. Pendelrollenlager, das mit einer Adapterhülse montiert wurde.



Lager mit Kegelbohrung benötigen meist eine festere Passung auf der Welle als Lager mit Zylinderbohrung. Üblicherweise wird eine Kontermutter verwendet, um den Innenring auf eine Kegelwellenhülse zu montieren. Die Position der Kontermutter wird anschließend mit einem Sicherungsring oder einer Schlossplatte gesichert. Timken bietet umfangreiches Zubehör zur Erleichterung der Montage von Pendelrollenlagern mit konischer Bohrung (siehe Seite 89). Zum Einschätzen des Spielverlusts für den axialen Aufschubweg kann ein Näherungswert von 85 Prozent veranschlagt werden. Das Verhältnis zwischen radialem Spielverlust und axialem Verschiebeweg liegt für eine Kegelbohrung von 1:12 etwa bei 71 µm/mm und für eine Kegelbohrung von 1:30 bei 28 µm/mm. In Tabelle 41 auf Seite 85 ist die Beziehung zwischen der Axialverschiebung des Innenrings und der Reduktion des internen Radialspiels (RIC) bei Anwendungen mit konischer Bohrung dargestellt.

EINSTELLUNG

Um ein erforderliches Betriebsspiel zu erhalten, müssen neben den Effekten der Überdeckungen auch die Auswirkungen einer möglichen thermischen Ausdehnung beachtet werden.

Passungen

- Eine Presspassung zwischen dem Innenring und einer massiven Stahlwelle reduziert das Radialspiel im Lager um ungefähr 80 Prozent der Passung.
- Presspassungen zwischen dem Außenring und einem Stahl- oder Gusseisengehäuse reduzieren das Radialspiel um ungefähr 60 Prozent.
- Pendelrollenlager mit konischer Bohrung erfordern eine etwas größere Presspassung auf der Welle als Lager mit einer zylindrischen Bohrung.

HINWEIS

Achten Sie unbedingt darauf, das der Reduktion entsprechende interne Radialspiel (RIC) auszuwählen.

Temperaturgradienten

- Temperaturgradienten innerhalb des Lagers sind in erster Linie von der Lagerdrehzahl abhängig. Mit ansteigender Drehzahl erhöht sich auch die thermische Ausdehnung. Die Temperatur steigt an, und das Radialspiel wird reduziert.
- Als Faustregel sollte das Radialspiel erhöht werden, wenn die Drehzahl 70 Prozent der Nenndrehzahl übersteigt.

Wenn Sie Hilfe bei der Auswahl des korrekten internen Radialspiels für Ihre Anwendung benötigen, wenden Sie sich an Ihren Timken Techniker.

Toleranzen für das interne Radialspiel von Pendelrollen- bzw. Zylinderrollenlagern sind in den Tabellen 40 bzw. 41 aufgeführt.

Pendel- und Zylinderrollenlager werden mit dem entsprechenden standardmäßigen oder nicht-standardmäßigen Wert für das interne Radialspiel bestellt. Die interne radiale Lagerluft (RIC) wird mit C2, C0 (normal), C3, C4 oder C5 bezeichnet und steht in Übereinstimmung mit ISO 5753. C2 stellt den minimalen und C5 den maximalen Spielwert dar. Besondere Größen sind auf Anfrage ebenso verfügbar.

Das für eine bestimmte Anwendung erforderliche Spiel hängt von der gewünschten Genauigkeit, der Drehzahl des Lagers und dem angewendeten Montageverfahren ab. Die meisten Anwendungen benötigen ein gängiges (C0) oder vergrößertes (C3) Spiel. Typischerweise reduziert größeres Spiel die Lastzone des Lagers, erhöht die Belastung auf die Wälzkörper und verkürzt somit die Lagerlebensdauer. Ein Pendel- oder Zylinderrollenlager unter Vorspannung kann jedoch vorzeitige Lagerschäden durch extreme Hitzeentwicklung und/oder Materialermüdung davontragen. Generell sollten Pendel- und Zylinderrollenlager nicht unter Vorspannung betrieben werden.

TABELLE 40. GRENZWERTE FÜR DIE RADIALE LAGERLUFT – ZYLINDERROLLENLAGER – ZYLINDERBOHRUNG

Bohrung (Nominell)		Radiale Lagerluft vor der Montage					
			Normal CO		C4		
			Min.	Max.	Min.	Max.	
		C2		C3		C5	
Über	Inklusive	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
20 0,9449	**30** 1,1811	**0,015** 0,0006	**0,025** 0,0010	**0,040** 0,0016	**0,055** 0,0022	**0,075** 0,0030	**0,095** 0,0037
30 1,1811	**40** 1,5748	**0,015** 0,0006	**0,030** 0,0012	**0,045** 0,0018	**0,060** 0,0024	**0,080** 0,0031	**0,100** 0,0039
40 1,5748	**50** 1,9685	**0,020** 0,0008	**0,035** 0,0014	**0,055** 0,0022	**0,075** 0,0030	**0,100** 0,0039	**0,125** 0,0049
50 1,9685	**65** 2,5591	**0,020** 0,0008	**0,040** 0,0016	**0,065** 0,0026	**0,090** 0,0035	**0,120** 0,0047	**0,150** 0,0059
65 2,5591	**80** 3,1496	**0,030** 0,0012	**0,050** 0,0020	**0,080** 0,0031	**0,110** 0,0043	**0,145** 0,0057	**0,180** 0,0071
80 3,1496	**100** 3,9370	**0,035** 0,0014	**0,060** 0,0024	**0,100** 0,0039	**0,135** 0,0053	**0,180** 0,0071	**0,225** 0,0089
100 3,9370	**120** 4,7244	**0,040** 0,0016	**0,075** 0,0030	**0,120** 0,0047	**0,160** 0,0063	**0,210** 0,0083	**0,260** 0,0102
120 4,7244	**140** 5,5118	**0,050** 0,0020	**0,095** 0,0037	**0,145** 0,0057	**0,190** 0,0075	**0,240** 0,0094	**0,300** 0,0118
140 5,5118	**160** 6,2992	**0,060** 0,0024	**0,110** 0,0043	**0,170** 0,0067	**0,220** 0,0087	**0,280** 0,0110	**0,350** 0,0138
160 6,2992	**180** 7,0866	**0,065** 0,0026	**0,120** 0,0047	**0,180** 0,0071	**0,240** 0,0094	**0,310** 0,0122	**0,390** 0,0154
180 7,0866	**200** 7,8740	**0,070** 0,0028	**0,130** 0,0051	**0,200** 0,0079	**0,260** 0,0102	**0,340** 0,0134	**0,430** 0,0169
200 7,8740	**225** 8,8582	**0,080** 0,0031	**0,140** 0,0055	**0,220** 0,0087	**0,290** 0,0114	**0,380** 0,0150	**0,470** 0,0185
225 8,8582	**250** 9,8425	**0,090** 0,0035	**0,150** 0,0059	**0,240** 0,0094	**0,320** 0,0126	**0,420** 0,0165	**0,520** 0,0205
250 9,8425	**280** 11,0236	**0,100** 0,0039	**0,170** 0,0067	**0,260** 0,0102	**0,350** 0,0138	**0,460** 0,0181	**0,570** 0,0224
280 11,0236	**315** 12,4016	**0,110** 0,0043	**0,190** 0,0075	**0,280** 0,0110	**0,370** 0,0146	**0,500** 0,0197	**0,630** 0,0248
315 12,4016	**355** 13,9764	**0,120** 0,0047	**0,200** 0,0079	**0,310** 0,0122	**0,410** 0,0161	**0,550** 0,0217	**0,690** 0,0272
355 13,9764	**400** 15,7480	**0,130** 0,0051	**0,220** 0,0087	**0,340** 0,0134	**0,450** 0,0177	**0,600** 0,0236	**0,750** 0,0295
400 15,7480	**450** 17,7165	**0,140** 0,0055	**0,240** 0,0094	**0,370** 0,0146	**0,500** 0,0197	**0,660** 0,026	**0,820** 0,0323
450 17,7165	**500** 19,6850	**0,140** 0,0055	**0,260** 0,0102	**0,410** 0,0161	**0,550** 0,0217	**0,720** 0,0283	**0,900** 0,0354
500 19,6850	**560** 22,0472	**0,150** 0,0059	**0,280** 0,0110	**0,440** 0,0173	**0,600** 0,0236	**0,780** 0,0307	**1,000** 0,0394
560 22,0472	**630** 24,8031	**0,170** 0,0067	**0,310** 0,0122	**0,480** 0,0189	**0,650** 0,0256	**0,850** 0,0335	**1,100** 0,0433

Fortsetzung von der vorherigen Seite.

Bohrung (Nominell)		Radiale Lagerluft vor der Montage					
			Normal CO		C4		
			Min.	Max.	Min.	Max.	
		C2		C3		C5	
Über	Inklusive	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
630 24,8031	**710** 27,9528	**0,190** 0,0075	**0,350** 0,0138	**0,530** 0,0209	**0,700** 0,0276	**0,920** 0,0362	**1,190** 0,0469
710 27,9528	**800** 31,4961	**0,210** 0,0083	**0,390** 0,0154	**0,580** 0,0228	**0,770** 0,0303	**1,010** 0,0398	**1,300** 0,0512
800 31,4961	**900** 35,4331	**0,230** 0,0091	**0,430** 0,0169	**0,650** 0,0256	**0,860** 0,0339	**1,120** 0,0441	**1,440** 0,0567
900 35,4331	**1000** 39,3701	**0,260** 0,0102	**0,480** 0,0189	**0,710** 0,0280	**0,930** 0,0366	**1,220** 0,0480	**1,570** 0,0618
1000 39,3701	**1120** 44,0950	**0,290** 0,0114	**0,530** 0,0209	**0,780** 0,0307	**1,020** 0,0402	**1,330** 0,0524	**1,720** 0,0677
1120 44,0950	**1250** 49,2130	**0,320** 0,0126	**0,580** 0,0228	**0,860** 0,0339	**1,120** 0,0441	**1,460** 0,0575	**1,870** 0,0736

TABELLE 41 AXIALSPIEL FÜR PENDELROLLENLAGER

	Baureihen	E.P. / RIC
Pendelrollenlager	39	8,7
	30	7,0
	22	5,5
	31	5,0
	40	4,8
	32	4,4
	23	4,3
	41	4,2
	33	3,9

TABELLE 42. GRENZWERTE FÜR DIE RADIALE LAGERLUFT – PENDELROLLENLAGER – KONISCHE BOHRUNG

Bohrung (Nominell)		Radiale Lagerluft vor der Montage						Empfohlene Reduktion der radialen Lagerluft während der Montage		Axialverschiebung des Innenrings zur Reduzierung der radialen Lagerluft (RIC)– Kegelige Welle[1][2]				Minimal zulässiges RIC nach der Montage[1]		
			Normal CO		C4					1:12-Kegel		01:30-Kegel				
		C2		C3		C5										
Über	Inklusive	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	CO	C3	C4
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
20	**30**	**0,020**	**0,030**	**0,040**	**0,055**	**0,075**	**0,095**	**0,015**	**0,020**	**0,230**	**0,300**	**–**	**–**	**0,015**	**0,025**	**0,040**
0,9449	1,1811	0,0008	0,0012	0,0016	0,0022	0,0030	0,0037	0,0006	0,0008	0,0091	0,0118	–	–	0,0006	0,0010	0,0016
30	**40**	**0,025**	**0,035**	**0,050**	**0,065**	**0,085**	**0,105**	**0,020**	**0,025**	**0,300**	**0,380**	**–**	**–**	**0,015**	**0,025**	**0,040**
1,1811	1,5748	0,0010	0,0014	0,0020	0,0026	0,0033	0,0041	0,0008	0,0010	0,0118	0,0150	–	–	0,0006	0,0010	0,0016
40	**50**	**0,030**	**0,045**	**0,060**	**0,080**	**0,100**	**0,130**	**0,025**	**0,030**	**0,380**	**0,460**	**–**	**–**	**0,02**	**0,030**	**0,050**
1,5748	1,9685	0,0012	0,0018	0,0024	0,0031	0,0039	0,0051	0,0010	0,0012	0,0150	0,0181	–	–	0,0008	0,0012	0,0020
50	**65**	**0,040**	**0,055**	**0,075**	**0,095**	**0,120**	**0,160**	**0,030**	**0,038**	**0,460**	**0,560**	**–**	**–**	**0,025**	**0,040**	**0,060**
1,9685	2,5591	0,0016	0,0022	0,0030	0,0037	0,0047	0,0063	0,0012	0,0015	0,0181	0,0220	–	–	0,0010	0,0015	0,0025
65	**80**	**0,050**	**0,070**	**0,0950**	**0,120**	**0,150**	**0,200**	**0,038**	**0,051**	**0,560**	**0,760**	**–**	**–**	**0,025**	**0,045**	**0,075**
2,5591	3,1496	0,0020	0,0028	0,0037	0,0047	0,0059	0,0079	0,0015	0,0020	0,0220	0,0299	–	–	0,0010	0,0017	0,0030
80	**100**	**0,055**	**0,080**	**0,110**	**0,140**	**0,180**	**0,230**	**0,046**	**0,064**	**0,680**	**0,970**	**–**	**–**	**0,036**	**0,050**	**0,075**
3,1496	3,9370	0,0022	0,0030	0,0043	0,0055	0,0071	0,0091	0,0018	0,0025	0,0268	0,0382	–	–	0,0014	0,0020	0,0030
100	**120**	**0,065**	**0,100**	**0,135**	**0,170**	**0,220**	**0,280**	**0,051**	**0,071**	**0,760**	**1,070**	**1,900**	**2,540**	**0,051**	**0,060**	**0,100**
3,9370	4,7244	0,0026	0,0039	0,0053	0,0067	0,0087	0,0110	0,0020	0,0028	0,0299	0,0421	0,0748	0,1000	0,0020	0,0025	0,0040
120	**140**	**0,080**	**0,120**	**0,160**	**0,200**	**0,260**	**0,330**	**0,064**	**0,089**	**0,890**	**1,270**	**2,290**	**3,050**	**0,056**	**0,075**	**0,115**
4,7244	5,5118	0,0031	0,0047	0,0063	0,0079	0,0102	0,0130	0,0025	0,0035	0,0350	0,0500	0,0902	0,1201	0,0022	0,0030	0,0045
140	**160**	**0,090**	**0,130**	**0,180**	**0,230**	**0,300**	**0,380**	**0,076**	**0,102**	**1,140**	**1,520**	**2,670**	**3,430**	**0,056**	**0,075**	**0,125**
5,5118	6,2992	0,0035	0,0051	0,0071	0,0091	0,0118	0,0150	0,0030	0,0040	0,0449	0,0598	0,1051	0,1350	0,0022	0,0030	0,0050
160	**180**	**0,100**	**0,140**	**0,200**	**0,260**	**0,340**	**0,430**	**0,076**	**0,114**	**1,140**	**1,650**	**2,670**	**4,060**	**0,061**	**0,090**	**0,150**
6,2992	7,0866	0,0039	0,0055	0,0079	0,0102	0,0134	0,0169	0,0030	0,0045	0,0449	0,0650	0,1051	0,1598	0,0024	0,0035	0,0060
180	**200**	**0,110**	**0,160**	**0,220**	**0,290**	**0,370**	**0,470**	**0,089**	**0,127**	**1,400**	**1,900**	**3,050**	**4,450**	**0,071**	**0,100**	**0,165**
7,0866	7,8740	0,0043	0,0063	0,0087	0,0114	0,0146	0,0185	0,0035	0,0050	0,0551	0,0748	0,1201	0,1752	0,0028	0,0040	0,0065
200	**225**	**0,120**	**0,180**	**0,250**	**0,320**	**0,410**	**0,520**	**0,102**	**0,140**	**1,520**	**2,030**	**3,560**	**4,830**	**0,076**	**0,115**	**0,180**
7,8740	8,8582	0,0047	0,0071	0,0098	0,0126	0,0161	0,0205	0,0040	0,0055	0,0598	0,0799	0,1402	0,1902	0,0030	0,0045	0,0070
225	**250**	**0,140**	**0,200**	**0,270**	**0,350**	**0,450**	**0,570**	**0,114**	**0,152**	**1,780**	**2,290**	**4,060**	**5,330**	**0,089**	**0,115**	**0,200**
8,8582	9,8425	0,0055	0,0079	0,0106	0,0138	0,0177	0,0224	0,0045	0,0060	0,0701	0,0902	0,1598	0,2098	0,0035	0,0045	0,0080
250	**280**	**0,150**	**0,220**	**0,300**	**0,390**	**0,490**	**0,620**	**0,114**	**0,165**	**1,780**	**2,540**	**4,060**	**5,840**	**0,102**	**0,140**	**0,230**
9,8425	11,0236	0,0059	0,0087	0,0118	0,0154	0,0193	0,0244	0,0045	0,0065	0,0701	0,1000	0,1598	0,2299	0,0040	0,0055	0,0090
280	**315**	**0,170**	**0,240**	**0,330**	**0,430**	**0,540**	**0,680**	**0,127**	**0,178**	**1,900**	**2,670**	**4,450**	**6,220**	**0,102**	**0,150**	**0,250**
11,0236	12,4016	0,0067	0,0094	0,0130	0,0169	0,0213	0,0268	0,0050	0,0070	0,0748	0,1051	0,1752	0,2449	0,0040	0,0060	0,0100
315	**355**	**0,190**	**0,270**	**0,360**	**0,470**	**0,590**	**0,740**	**0,140**	**0,190**	**2,030**	**2,790**	**4,830**	**6,600**	**0,114**	**0,165**	**0,280**
12,4016	13,9764	0,0075	0,0106	0,0142	0,0185	0,0232	0,0291	0,0055	0,0075	0,0799	0,1098	0,1902	0,2598	0,0045	0,0065	0,0110
355	**400**	**0,210**	**0,300**	**0,400**	**0,520**	**0,650**	**0,820**	**0,152**	**0,203**	**2,290**	**3,050**	**5,330**	**7,110**	**0,127**	**0,190**	**0,330**
13,9764	15,7480	0,0083	0,0118	0,0157	0,0205	0,0256	0,0323	0,0060	0,0080	0,0902	0,1201	0,2098	0,2799	0,0050	0,0075	0,0130

Fortsetzung von der vorherigen Seite.

Bohrung (Nominell)		Radiale Lagerluft vor der Montage						Empfohlene Reduktion der radialen Lagerluft während der Montage		Axialverschiebung des Innenrings zur Reduzierung der radialen Lagerluft (RIC)– – Kegelige Welle[1][2]				Minimal zulässiges RIC nach der Montage[1]		
			Normal CO		C4											
		C2		C3		C5				1:12-Kegel		01:30-Kegel				
Über	Inklusive	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	CO	C3	C4
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
400	**450**	**0,230**	**0,330**	**0,440**	**0,570**	**0,720**	**0,910**	**0,165**	**0,216**	**2,540**	**3,300**	**5,840**	**7,620**	**0,152**	**0,230**	**0,360**
15,7480	17,7165	0,0091	0,0130	0,0173	0,0224	0,0283	0,0358	0,0065	0,0085	0,1000	0,1299	0,2299	0,3000	0,0060	0,0090	0,0140
450	**500**	**0,260**	**0,370**	**0,490**	**0,630**	**0,790**	**1,000**	**0,178**	**0,229**	**2,670**	**3,430**	**6,220**	**8,000**	**0,165**	**0,270**	**0,410**
17,7165	19,6850	0,0102	0,0146	0,0193	0,0248	0,0311	0,0394	0,0070	0,0090	0,1051	0,1350	0,2449	0,3150	0,0065	0,0105	0,0160
500	**560**	**0,290**	**0,410**	**0,540**	**0,680**	**0,870**	**1,100**	**0,203**	**0,254**	**3,050**	**3,810**	**7,110**	**8,890**	**0,178**	**0,290**	**0,440**
19,6850	22,0472	0,0114	0,0161	0,0213	0,0268	0,0343	0,0433	0,0080	0,0100	0,1201	0,1500	0,2799	0,3500	0,0070	0,0115	0,0175
560	**630**	**0,320**	**0,460**	**0,600**	**0,760**	**0,980**	**1,230**	**0,229**	**0,279**	**3,430**	**4,190**	**8,000**	**9,780**	**0,203**	**0,320**	**0,510**
22,0472	24,8031	0,0126	0,0181	0,0236	0,0299	0,0386	0,0484	0,0090	0,0110	0,1350	0,1650	0,3150	0,3850	0,0080	0,0125	0,0200
630	**710**	**0,350**	**0,510**	**0,670**	**0,850**	**1,090**	**1,360**	**0,254**	**0,305**	**3,810**	**4,570**	**8,890**	**10,670**	**0,203**	**0,370**	**0,550**
24,8031	27,9528	0,0138	0,0201	0,0264	0,0335	0,0429	0,0535	0,0100	0,0120	0,1500	0,1799	0,3500	0,4201	0,0080	0,0145	0,0215
710	**800**	**0,390**	**0,570**	**0,750**	**0,960**	**1,220**	**1,500**	**0,279**	**0,356**	**4,190**	**5,330**	**9,780**	**12,450**	**0,229**	**0,390**	**0,610**
27,9528	31,4961	0,0154	0,0224	0,0295	0,0378	0,0480	0,0591	0,0110	0,0140	0,1650	0,2098	0,3850	0,4902	0,0090	0,0155	0,0240
800	**900**	**0,440**	**0,640**	**0,840**	**1,070**	**1,370**	**1,690**	**0,305**	**0,381**	**4,570**	**5,720**	**10,670**	**13,330**	**0,252**	**0,460**	**0,690**
31,4961	35,4331	0,0173	0,0252	0,0331	0,0421	0,0539	0,0665	0,0120	0,0150	0,1799	0,2252	0,4201	0,5248	0,0100	0,0180	0,0270
900	**1000**	**0,490**	**0,710**	**0,930**	**1,190**	**1,520**	**1,860**	**0,356**	**0,432**	**5,330**	**6,480**	**12,450**	**15,110**	**0,279**	**0,490**	**0,750**
35,4331	39,3701	0,0193	0,0280	0,0366	0,0469	0,0598	0,0732	0,0140	0,0170	0,2100	0,2551	0,4902	0,5949	0,0110	0,0195	0,0300
1000	**1120**	**0,530**	**0,770**	**1,030**	**1,300**	**1,670**	**2,050**	**0,400**	**0,480**	**6,100**	**7,240**	**14,220**	**16,890**	**0,280**	**0,550**	**0,810**
39,3701	44,0950	0,0209	0,0303	0,0406	0,0512	0,0657	0,0807	0,0160	0,0190	0,2400	0,2850	0,5600	0,6650	0,0110	0,0215	0,0320
1120	**1250**	**0,570**	**0,830**	**1,120**	**1,420**	**1,830**	**2,250**	**0,430**	**0,500**	**6,480**	**7,620**	**15,110**	**17,780**	**0,330**	**0,610**	**0,910**
44,0950	49,2130	0,0224	0,0327	0,0441	0,0559	0,0720	0,0886	0,0170	0,0200	0,2550	0,3000	0,5950	0,7000	0,0130	0,0240	0,0360

Hinweis: Die Axialverschiebungswerte beziehen sich auf massive Stahlwellen oder Hohlwellen, deren Bohrungsdurchmesser weniger als die Hälfte des Wellendurchmessers beträgt. Für andere Wellenwerkstoffe als Stahl oder für dünnwandige Wellen wenden Sie sich an Ihren Timken Vertriebsingenieur.

[1]Dieser Verschiebungswert gilt für Baugruppen von Lagern mit Kegelbohrung und ist ausgehend von einer exakten Passung („line-to-line fit") der Lagerbohrung an die Kegelwelle bemessen.

[2]1:12-Kegel werden in den Baureihen 213, 222, 223, 230, 231, 232, 233, 238 und 239 verwendet. 1:30-Kegel werden in den Serien 240, 241 und 242 verwendet. Multiplizieren Sie zur Montage der Hülsen die Axialverschiebungswerte für 1:12-Kegel mit 1,1 und für 1:30-Kegel mit 1,05. Wenden Sie sich an Ihren Timken Vertriebsingenieur, wenn Sie weitere Fragen zu Daten von kegeligen Wellen haben.

TABELLE 43. TOLERANZEN FÜR INTERNES RADIALSPIEL – ZYLINDERROLLENLAGER – ZYLINDERBOHRUNG

Bohrung – Internes Radialspiel (RIC)											
Bohrung (nominal)		C2		C0		C3		C4		C5	
Über	Inklusive	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
– –	**10** 0,3937	**0,000** 0,0000	**0,025** 0,0010	**0,020** 0,0008	**0,0045** 0,0018	**0,035** 0,0014	**0,060** 0,0024	**0,050** 0,0020	**0,075** 0,0030	– –	– –
10 0,3937	**24** 0,9449	**0,000** 0,0000	**0,025** 0,0010	**0,020** 0,0008	**0,0045** 0,0018	**0,035** 0,0014	**0,060** 0,0024	**0,050** 0,0020	**0,075** 0,0030	**0,065** 0,0026	**0,090** 0,0035
24 0,9449	**30** 1,1811	**0,000** 0,0000	**0,025** 0,0010	**0,020** 0,0008	**0,0045** 0,0018	**0,035** 0,0014	**0,060** 0,0024	**0,050** 0,0020	**0,075** 0,0030	**0,070** 0,0028	**0,095** 0,0037
30 1,1811	**40** 1,5748	**0,005** 0,0002	**0,030** 0,0012	**0,025** 0,0010	**0,050** 0,0020	**0,0045** 0,0018	**0,070** 0,0028	**0,060** 0,0024	**0,085** 0,0033	**0,080** 0,0031	**0,105** 0,0041
40 1,5748	**50** 1,9685	**0,005** 0,0002	**0,035** 0,0014	**0,030** 0,0012	**0,060** 0,0024	**0,050** 0,0020	**0,080** 0,0031	**0,070** 0,0028	**0,100** 0,0039	**0,095** 0,0037	**0,125** 0,0049
50 1,9685	**65** 2,5591	**0,010** 0,0004	**0,040** 0,0016	**0,040** 0,0016	**0,070** 0,0028	**0,060** 0,0024	**0,090** 0,0035	**0,080** 0,0031	**0,110** 0,0043	**0,110** 0,0043	**0,140** 0,0055
65 2,5591	**80** 3,1496	**0,010** 0,0004	**0,0045** 0,0018	**0,040** 0,0016	**0,075** 0,0030	**0,065** 0,0026	**0,100** 0,0039	**0,090** 0,0035	**0,125** 0,0049	**0,130** 0,0051	**0,165** 0,0065
80 3,1496	**100** 3,9370	**0,015** 0,0006	**0,050** 0,0020	**0,050** 0,0020	**0,085** 0,0033	**0,075** 0,0030	**0,110** 0,0043	**0,105** 0,0041	**0,140** 0,0055	**0,155** 0,0061	**0,190** 0,0075
100 3,9370	**120** 4,7244	**0,015** 0,0006	**0,055** 0,0022	**0,050** 0,0020	**0,090** 0,0035	**0,085** 0,0033	**0,125** 0,0049	**0,125** 0,0049	**0,165** 0,0065	**0,180** 0,0071	**0,220** 0,0087
120 4,7244	**140** 5,5118	**0,015** 0,0006	**0,060** 0,0024	**0,060** 0,0024	**0,105** 0,0041	**0,100** 0,0039	**0,145** 0,0057	**0,145** 0,0057	**0,190** 0,0075	**0,200** 0,0079	**0,245** 0,0096
140 5,5118	**160** 6,2992	**0,020** 0,0008	**0,070** 0,0028	**0,070** 0,0028	**0,120** 0,0047	**0,115** 0,0045	**0,165** 0,0065	**0,165** 0,0065	**0,215** 0,0085	**0,225** 0,0089	**0,275** 0,0108
160 6,2992	**180** 7,0866	**0,025** 0,0010	**0,075** 0,0030	**0,075** 0,0030	**0,125** 0,0049	**0,120** 0,0047	**0,170** 0,0067	**0,170** 0,0067	**0,220** 0,0087	**0,250** 0,0098	**0,300** 0,0118
180 7,0866	**200** 7,8740	**0,035** 0,0014	**0,090** 0,0035	**0,090** 0,0035	**0,145** 0,0057	**0,140** 0,0055	**0,195** 0,0077	**0,195** 0,0077	**0,250** 0,0098	**0,275** 0,0108	**0,330** 0,0130
200 7,8740	**225** 8,8583	**0,045** 0,0018	**0,105** 0,0041	**0,105** 0,0041	**0,165** 0,0065	**0,160** 0,0063	**0,220** 0,0087	**0,220** 0,0087	**0,280** 0,0110	**0,305** 0,0120	**0,365** 0,0144
225 8,8583	**250** 9,8425	**0,045** 0,0018	**0,110** 0,0043	**0,110** 0,0043	**0,175** 0,0069	**0,170** 0,0067	**0,235** 0,0093	**0,235** 0,0093	**0,300** 0,0118	**0,330** 0,0130	**0,395** 0,0156
250 9,8425	**280** 11,0236	**0,055** 0,0022	**0,125** 0,0049	**0,125** 0,0049	**0,195** 0,0077	**0,190** 0,0075	**0,260** 0,0102	**0,260** 0,0102	**0,330** 0,0130	**0,370** 0,0146	**0,440** 0,0173
280 11,0236	**315** 12,4016	**0,055** 0,0022	**0,130** 0,0051	**0,130** 0,0051	**0,205** 0,0081	**0,200** 0,0079	**0,275** 0,0108	**0,275** 0,0108	**0,350** 0,0138	**0,410** 0,0161	**0,485** 0,0191
315 12,4016	**355** 13,9764	**0,065** 0,0026	**0,145** 0,0057	**0,145** 0,0057	**0,225** 0,0089	**0,225** 0,0089	**0,305** 0,0120	**0,305** 0,0120	**0,385** 0,0152	**0,455** 0,0179	**0,535** 0,0211
355 13,9764	**400** 15,7480	**0,100** 0,0039	**0,190** 0,0075	**0,190** 0,0075	**0,280** 0,0110	**0,280** 0,0110	**0,370** 0,0146	**0,370** 0,0146	**0,460** 0,0181	**0,510** 0,0201	**0,600** 0,0236
400 15,7480	**450** 17,7165	**0,110** 0,0043	**0,210** 0,0083	**0,210** 0,0083	**0,310** 0,0122	**0,310** 0,0122	**0,410** 0,0161	**0,410** 0,0161	**0,510** 0,0201	**0,565** 0,0222	**0,665** 0,0262
450 17,7165	**500** 19,6850	**0,110** 0,0043	**0,220** 0,0087	**0,220** 0,0087	**0,330** 0,0130	**0,330** 0,0130	**0,440** 0,0173	**0,440** 0,0173	**0,550** 0,0217	**0,625** 0,0246	**0,735** 0,0289
500 19,6850	**560** 22,0472	**0,120** 0,0047	**0,240** 0,0095	**0,240** 0,0095	**0,360** 0,0142	**0,360** 0,0142	**0,480** 0,0189	**0,480** 0,0189	**0,600** 0,0236	**0,690** 0,0272	**0,810** 0,0319
560 22,0472	**630** 24,8031	**0,140** 0,0055	**0,260** 0,0102	**0,260** 0,0102	**0,380** 0,0150	**0,380** 0,0150	**0,500** 0,0197	**0,500** 0,0197	**0,620** 0,0244	**0,780** 0,0307	**0,900** 0,0354
630 24,8031	**710** 27,9528	**0,145** 0,0057	**0,285** 0,0112	**0,285** 0,0112	**0,425** 0,0167	**0,425** 0,0167	**0,565** 0,0222	**0,565** 0,0222	**0,705** 0,0278	**0,865** 0,0341	**1,005** 0,0396
710 27,9528	**800** 31,4961	**0,150** 0,0059	**0,310** 0,0122	**0,310** 0,0122	**0,470** 0,0185	**0,470** 0,0185	**0,630** 0,0248	**0,630** 0,0248	**0,790** 0,0311	**0,975** 0,0384	**1,135** 0,0447
800 31,4961	**900** 35,4331	**0,180** 0,0071	**0,350** 0,0138	**0,350** 0,0138	**0,520** 0,0205	**0,520** 0,0205	**0,690** 0,0272	**0,690** 0,0272	**0,860** 0,0339	**1,095** 0,0431	**1,265** 0,0498
900 35,4331	**1000** 39,3701	**0,200** 0,0079	**0,390** 0,0154	**0,390** 0,0154	**0,580** 0,0228	**0,580** 0,0228	**0,770** 0,0303	**0,770** 0,0303	**0,960** 0,0378	**1,215** 0,0478	**1,405** 0,0553

BEISPIEL Nr. 1 –
Berechnung der Reduzierung der radialen Lagerluft für ein Pendelrollenlager mit konischer Bohrung

Schritt 1:
Stellen Sie das Lager aufrecht und richten Sie den Innenring und die Wälzkörper zentrisch aus. Belasten Sie den Innenring axial und bewegen Sie ihn mehrmals hin und her, sodass sich die Wälzkörper setzen.

Schritt 2:
Messen Sie für beide Lagerreihen das interne Radialspiel (RIC) vor der Montage mithilfe einer Fühlerlehre.

- Das interne Radialspiel (RIC) muss am unbelasteten Wälzkörper überprüft werden.
- Die Fühlerlehre muss die gesamte Länge des Wälzkörpers abdecken.
- Die radiale Lagerluft (RIC, radial internal clearance) vor der Montage entspricht der stärksten Fühlerlehre, die sich durch den Spalt zwischen dem Wälzkörper und dem Außenring schieben lässt.
- Die radiale Lagerluft (RIC) vor der Montage ist dann der Mittelwert der Messungen beider Reihen.



Abb. 91. Messen Sie das interne Radialspiels (RIC) vor der Installation.

Beispiel: 22328KEJW33C3 140 mm Bohrung (5,5118 Zoll)
RIC-Messung ist 0,178 mm (0,0070 Zoll)

Schritt 3:
Verwenden Sie Tabelle 42 (Seite 86), um zu bestätigen, dass der gemessene Wert für das interne Radialspiel (RIC) vor der Montage innerhalb der Spezifikationen liegt.

Beispiel: 22328KEJW33C3 140 mm Bohrung (5,5118 Zoll)
Der Bereich für die radiale Lagerluft (RIC) beträgt 0,160 mm – 0,200 mm (0,0063 Zoll – 0,0079 Zoll); der im Beispiel gemessene Wert beträgt 0,178 mm (0,007 Zoll), d. h. er liegt innerhalb des angegebenen Bereichs.

Schritt 4:
Verwenden Sie Tabelle 42 (Seite 86), um die empfohlene Reduktion des internen Radialspiels (RIC) aufgrund der Installation zu bestimmen.

Beispiel: 22328KEJW33C3 140 mm Bohrung (5,5118 Zoll)
Die empfohlene Reduktion der radialen Lagerluft (RIC) aufgrund der Installation beträgt 0,064 mm – 0,089 mm (0,0025 Zoll – 0,0035 Zoll).

Schritt 5:
Bestimmen Sie die Maximal- und Mindestwerte für das interne Radialspiel (RIC) nach der Montage.

Max. RIC = tatsächliches RIC vor der Montage – maximal empfohlene Reduktion des RIC

Min. RIC = tatsächliches RIC vor der Montage – minimal empfohlene Reduktion des RIC

Beispiel: 22328KEJW33C3 140 mm Bohrung (5,5118 Zoll)

Max. RIC nach der Montage: 0,178 mm – 0,064 mm = 0,114 mm (0,0070 Zoll – 0,0025 Zoll = 0,0045 Zoll)

Min. RIC nach der Montage: 0,178 mm – 0,089 mm = 0,089 mm (0,0070 Zoll – 0,0035 Zoll = 0,0035 Zoll)

Schritt 6:
Verwenden Sie Tabelle 42 (Seite 86), um den Aufschiebeweg des Innenrings für die Reduktion des internen Radialspiels (RIC) zu bestimmen.

Beispiel: 22328KEJW33C3 140 mm Bohrung (5,5118 Zoll)

22328KEJW33C3 ist eine 223-er Baureihe mit einer 1:12-Kegelbohrung.

Der Aufschiebeweg des Innenrings zur RIC-Reduktion beträgt 0,890 mm – 1,270 mm (0,035 Zoll – 0,050 Zoll).

Schritt 7:
Schieben Sie das Lager auf die Kegelwelle (oder die Kegelhülse) auf, bis ein vollflächiger Kontakt mit der Lagerbohrung vorliegt.



Abb. 92. Während der Montage muss das RIC am unbelasteten Wälzkörper überprüft werden.

Schritt 8:
Verwenden Sie eine Kontermutter (oder eine Hydraulikmutter) zum Aufschieben des Lagers auf die Welle bzw. die Kegelhülse bis die radiale Lagerluft nach der Montage den in Schritt 5 bestimmten gewünschten Bereich erzielt. Während der Montage sollte die radiale Lagerluft (RIC) am unbelasteten Wälzkörper gemessen werden.

Beispiel: 22328KEJW33C3 140 mm Bohrung (5,5118 Zoll)
Der RIC-Bereich nach der Montage beträgt 0,089 mm – 0,114 mm (0,0035 Zoll – 0,0045 Zoll).

Schritt 9:
Verwenden Sie Tabelle 42 (Seite 86), um das interne Radialspiel (RIC) nach der Montage im Hinblick auf das minimal zulässige RIC nach der Installation zu überprüfen.

Beispiel: 22328KEJW33C3 140 mm Bohrung (5,5118 in.)
Die kleinste zulässige radiale Lagerluft (RIC) nach der Montage wäre 0,075 mm (0,0030 Zoll).

Schritt 7 (Alternatives Verfahren):
Verwenden Sie eine Kontermutter (oder eine Hydraulikmutter) zum Aufschieben und verschieben Sie das Lager auf der Welle bzw. der Kegelhülse, bis die Axialverschiebung des Innenrings den gewünschten Bereich erreicht. Während der Montage sollte die Axialverschiebung des Innenrings gemessen werden.

Beispiel: 22328KEJW33C3 140 mm Bohrung (5,5118 Zoll)
Die Axialverschiebung des Innenrings zur RIC-Reduktion beträgt 0,890 mm – 1,270 mm (0,035 Zoll – 0,050 Zoll).

BEISPIEL Nr. 2 –
Berechnung der RIC-Reduktion für ein Pendelrollenlager mit zylindrischer Bohrung

Schritt 1:
Entnehmen Sie die Daten der zugehörigen Passungsempfehlung.

- Abmessungen von Lagerbohrung und Außendurchmesser/ Toleranzen
- Betriebsbedingungen für das Lager (Last/Drehzahl)

Berechnen Sie das Verhältnis von Lagerbelastung zu Tragzahl, indem Sie die erwartete Radiallast durch die dynamische Tragzahl für Radialbelastung (BDLR, Basic Dynamic Radial Load Rating) des Lagers dividieren.

Beispiel: 22230EMW33

- Bohrung: 149,975 mm -150,00 mm (5,9045 Zoll – 5,9055 Zoll)
- Außendurchmesser: 269,965 mm – 270,00 mm (10,6285 Zoll – 10,6299 Zoll)
- Dynamische Tragzahl: 1000 KN (225.000 lbf)
- Drehzahl: 1200 U/min; rotierende Welle
- Radialbelastung: 90 KN (20.250 lbf)
- Schmierung: Fett
- Verhältnis Last/Lagertragzahl:
  90 KN/1000 KN (20.250 lbf/225.000 lbf) = 0,09
  P= 0,09

Schritt 2:
Bestimmen Sie die zu verwendenden Wellen- und Gehäusepassungen.

- Verwenden Sie Tabelle 56 (Seite 126) zur Bestimmung der empfohlenen Passungen für den Innenring auf der Welle.
- Verwenden Sie Tabelle 57 (Seite 127) zur Bestimmung der empfohlenen Passungen für den Außenring im Gehäuse.

Beispiel: 22230EMW33

Innenring/Welle: 150 mm (5,9055 Zoll)

- Rotierender Innenring
- *Anwendung gängiger/leichter Lasten*
- *Empfohlene ISO-Passung – p6*

Außenring: Außendurchmesser 270 mm (10,6299 Zoll)

- Einteiliges massives Gehäuse
- Anwendung gängiger/leichter Lasten
- Empfohlene ISO-Passung – H8

Schritt 3:
Bestimmen Sie die Abmessungen und Toleranzen für Wellenaußendurchmesser (AD) und Gehäusebohrung.

- Verwenden Sie Tabellen 68 und 69 (Seiten 132-137) zur Bestimmung der empfohlenen Maße für den Wellendurchmesser
- Verwenden Sie Tabellen 70 und 71 (Seiten 138-145) zur Bestimmung der empfohlenen Maße für die Gehäusebohrung

Beispiel: 22230EMW33

Wellenabmessungen: Passung p6 wurde gewählt

Wellentoleranz: +0,043 mm/+0,068 mm (+0,0017 Zoll/+0,0027 Zoll)

Wellendurchmesser: 150,043 mm – 150,068 mm (5,9072 Zoll – 5,9082 Zoll)

Gehäuseabmessungen: Für Passung H8

Gehäusetoleranz: +0,000 mm/+0,081 mm (+0,0000 Zoll/+0,0032 Zoll)

Gehäusedurchmesser: 270,000 mm – 270,081 mm (10,6299 Zoll – 10,6331 Zoll)

Schritt 4:
Berechnen Sie die resultierenden Passungen auf der Welle und im Gehäuse.

- Berechnen Sie die maximale und minimale Presspassung auf der Welle.
- Berechnen Sie die maximale und minimale Presspassung im Gehäuse.
- Hinweis: Negative Werte sind Übermaßpassungen (Festsitz).
- Hinweis: Positive Werte sind Untermaßpassungen (Lossitz).

Beispiel: 22230EMW33

<u>Wellenpassung</u>:

Max. Passung = min. Bohrung – max. Wellen-AD 149,975 mm – 150,068 mm = -0,093 mm (Festsitz) **ODER**
5,9045 Zoll – 5,9082 Zoll = -0,0037 Zoll (Festsitz)

Min. Passung = max. Bohrung – min. Wellen-AD 150,000 mm – 150,043 mm = -0,043 mm (Festsitz) **ODER**
5,9055 Zoll – 5,9072 Zoll = -0,0017 Zoll (Festsitz)

<u>Gehäusepassung</u>:

Max. Passung = min. Gehäusebohrung – max. Lager-AD 270,000 mm – 270,000 mm = 0,000 mm (Lossitz) **ODER**
10,6299 Zoll – 10,6299 Zoll = 0,0000 Zoll (Lossitz)

Min. Passung = max. Gehäusebohrung – min. Lager-AD 270,081 mm – 269,965 mm = +0,116 mm (Lossitz) **ODER**
10,6331 Zoll – 10,6285 Zoll = +0,0046 Zoll (Lossitz)

Schritt 5:
Berechnung der Reduktion des internen Radialspiels (RIC) aufgrund der Passungen.

- RIC-Reduktion aufgrund des Festsitzes auf der Welle = ca. 80 % der Passung
- RIC-Reduktion aufgrund des Festsitzes auf dem Gehäuse = ca. 60 % der Passung

Beispiel: 22230EMW33
RIC-Reduktion aufgrund des Festsitzes auf der Welle:

Max. RIC-Reduktion: 0,80 x 0,093 mm = 0,074 mm (0,80 x 0,0037 Zoll = 0,0030 Zoll)

Min. RIC-Reduktion: 0,080 x 0,043 mm = 0,034 mm (0,80 x 0,0017 in. = 0,0014 in.)

RIC-Reduktion ist durch lose Passung im Gehäuse bedingt.
Keine RIC-Reduktion ist durch lose Passung bedingt.

Schritt 6:
Verwenden Sie Tabelle 40 (Seite 84), um das interne Radialspiel (RIC) vor der Montage zu bestimmen.

Beispiel: 22230EMW33
RIC-Kennzeichnung ist C0 (normal)
RIC vor der Montage: 0,110 mm – 0.170 mm (0,0043 Zoll – 0,0067 Zoll)

Schritt 7:
Berechnen Sie das interne Radialspiel (RIC) nach der Montage.

- Berechnen Sie die maximale radiale Lagerluft nach der Montage aus der maximalen radialen Lagerluft vor der Montage minus der minimalen RIC-Reduktion aufgrund der Passung
- Berechnen Sie die minimale radiale Lagerluft nach der Montage aus der minimalen radialen Lagerluft vor der Montage minus der maximalen RIC-Reduktion aufgrund der Passung

Beispiel: 22230EMW33

Max. RIC nach der Montage: 0,170 mm – 0,034 mm = 0,136 mm (0,0067 Zoll – 0,0014 Zoll = 0,0053 Zoll)

Min. RIC nach der Montage: RIC 0,110 mm – 0,074 mm = 0,036 mm (0,0043 Zoll – 0,0030 Zoll = 0,0013 Zoll)

Schritt 8:
Verwenden Sie Tabelle 40 (Seite 84) zur Auswertung des internen Radialspiels (RIC) nach der Montage.

Beispiel: 22230EMW33 (mit Passung C0)
Minimal zulässiges RIC ist 0,056 mm (0,0022 Zoll)

Da das minimale RIC nach der Montage unterhalb des zulässigen Werts liegt, muss die Auswahl der C0-Passung überprüft werden.

Schritt 9:
Überprüfen Sie die Anpassungsschritte 6-8 unter Verwendung der C3-Spielpassungen.

Beispiel: 22230EMW33C3

RIC vor der Montage: 0,170 mm – 0.220 mm (0,0067 Zoll – 0,0087 Zoll)

RIC nach der Montage: 0,096 mm – 0.186 mm (0,0037 Zoll – 0,0073 Zoll)

Da das RIC größer ist als der minimal zulässige Wert, scheint die C3-Passung geeignet zu sein.

Schritt 10:
Bestätigen Sie die Wahl der RIC-Kennzeichnung im Hinblick auf die Betriebsdrehzahlen.

Als Faustregel gilt, dass der RIC-Wert für Lager erhöht wird, die bei Drehzahlen oberhalb von 70 % der thermischen Bezugsdrehzahl laufen (Seite 56).

Beispiel: 22230EMW33C3

Thermische Bezugsdrehzahl auf Seite 74 des Katalogs für Pendelrollenlager (Best.-Nr. 10446): 2.000 U/min

2.000 U/min x 0,7 = 1.400 U/min

Die aktuelle Betriebsdrehzahl der Anwendung beträgt 1.200 U/min.

Die aktuelle Spielpassung C3 scheint geeignet zu sein.

MONTAGE

Bei einem Innenring mit fester Passung hängt die Montagemethode davon ab, ob das Lager eine Zylinder- oder eine Kegelbohrung aufweist.

SAUBERKEIT

- Wählen Sie eine saubere, staubfreie und trockene Umgebung.
- Der Monteur sollte auf größtmögliche Sauberkeit des Montageplatzes achten. Montageplätze in direkter Umgebung zu spanabhebender, mechanischer Bearbeitung sollte vermieden werden.

PLANEN SIE DIE ARBEIT

- Planen Sie Arbeiten im Voraus, und sorgen Sie dafür, dass die nötigen Werkzeuge zur Hand sind. Hierdurch verringern Sie die Arbeitszeit und damit das Risiko, dass das Lager verunreinigt wird.

INSPEKTION UND VORBEREITUNG

- Sämtliche Komponenten sollten bereitliegen und sorgfältig gereinigt sein, bevor mit der Montage begonnen wird.
- Die Gehäuse müssen gereinigt und die Schmieröffnungen ausgeblasen werden.
- Verwenden Sie keine Druckluft an Lagern.
- Wenn Sacklöcher verwendet werden, führen Sie einen magnetischen Stab in diese ein, um Metallsplitter zu entfernen, die sich bei der Herstellung dort abgesetzt haben können.
- Wellenschultern und Distanzringe, die Kontakt mit dem Lager haben, dürfen mit der Wellenachse nicht verkanten.
- Der Radius zwischen Wellensitz und Anlageschulter muss klein genug sein, um den Radius des Lagers nicht zu behindern.
- Bei Erstausrüstungen sollten sämtliche Bauteile zur Überprüfung der Maßgenauigkeit mit den gedruckten detaillierten technischen Angaben abgeglichen werden. Welle und Gehäuse müssen sorgfältig auf Form und Lage (Rundheit usw.) überprüft werden.

WELLEN- UND GEHÄUSEOBERFLÄCHEN

- Wellenoberflächen, auf die das Lager montiert wird, müssen sauber und frei von Aufwürfen und Graten sein.
- Bei Anwendungen mit stationärem Gehäuse und rotierender Welle wird empfohlen, den Lagersitz auf der Welle auf 1,6 µm (65 µZoll) zu bearbeiten. Ra max.
- Wenn keine geschliffene Oberfläche verwendet werden kann, ist eine bearbeitete Oberflächengüte von 3,2 µm (125 µZoll) zu verwenden. Ra ist in vielen Fällen akzeptabel, der Festsitz sollte jedoch leicht erhöht werden.
- Gehäusebohrungen sollten auf maximal 3,2 µm (125 µZoll) Ra bearbeitet werden.

Hinweis: *Entfernen Sie das Lager erst unmittelbar vor der Montage aus seiner Verpackung.*

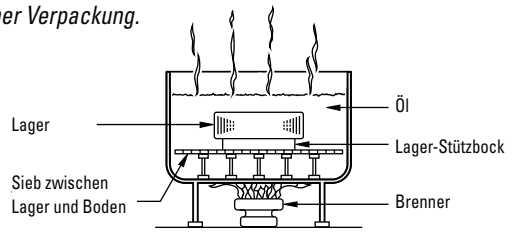


Abb. 93. Thermisches Fügen.

MONTAGE VON LAGERN MIT ZYLINDRISCHER BOHRUNG

Methode der Wärmeausdehnung

- Die meisten Anwendungen erfordern eine enge Presspassung auf der Welle.
- Die Montage lässt sich durch Erwärmen des Lagers vereinfachen, wobei sich das Lager ausdehnt und dann leicht auf die Welle geschoben werden kann.
- Zur Erwärmung werden üblicherweise folgende Methoden verwendet:
  - Behälter mit erhitztem Öl.
  - Induktionserwärmung.
- Bei der ersten Methode wird das Lager in einem Ölbad mit hohem Flammpunkt erwärmt.
- Dabei darf die Temperatur des Öls 121 °C (250 °F) nicht übersteigen. Für die meisten Anwendungen reicht eine Temperatur von 93° C (200° F) aus.
- Das Lager sollte 20 oder 30 Minuten lang erwärmt werden, oder bis es sich so weit ausgedehnt hat, dass es leicht auf die Welle aufgeschoben werden kann.
- Die Methode der Induktionserwärmung kann ebenfalls bei der Lagermontage verwendet werden.
- Die Induktionserwärmung ist eine schnelle Methode. Achten Sie darauf, dass die Temperatur des Lagers 93° C nicht überschreitet.
- Probeläufe mit dem Induktionsgerät und dem Lager werden empfohlen, um einen ordnungsgemäßen Zeitablauf zu gewährleisten.
- Temperaturstifte, die bei vorgegebenen Temperaturen schmelzen, können zur Überprüfung der Lagertemperatur verwendet werden.
- Solange das Lager warm ist, sollte es ohne Verkanten an der Schulter positioniert werden.
- Anschließend werden Sicherungsringe und Kontermuttern bzw. Spannplatten befestigt, um das Lager an der Wellenschulter zu sichern.
- Während des Abkühlens des Lagers sollte die Kontermutter bzw. die Spannplatte festgezogen werden.
- Bei einem rotierenden Außenring kann das Gehäuse bei enger Passung des Außenrings im Gehäuse durch Erwärmen ausgedehnt werden.
- Das Ölbad ist in Abb. 93 dargestellt. Das Lager sollte sich nicht in einem direkten Kontakt mit der Wärmequelle befinden.
- Es hat sich bewährt, wenn einige Zentimeter über dem Boden des Behälters ein Sieb angebracht wird. Zwischen Lager und Sieb befinden sich kleine Stützböcke.
- Vermeiden Sie den Kontakt des Lagers mit einer lokalen Wärmequelle, da dies zu übermäßiger Temperaturerhöhung und zu einer Verringerung der Härte führen kann.
- Häufig werden Flammenbrenner verwendet. Wir empfehlen ein Gerät zur automatischen Temperaturkontrolle.
- Wenn die Verwendung eines offen beheizten Ölbads aufgrund der Sicherheitsbestimmungen verboten ist, kann eine Mischung von 15% löslichem Öl in Wasser verwendet werden. Diese Mischung kann auf bis zu 93° C erhitzt werden, ohne dass sie sich entzündet.

Hydraulisch mit Dornpresse

- Eine alternative Montagemethode, die meist für kleinere Lager verwendet wird, besteht darin, das Lager auf die Welle aufzupressen bzw. in das Gehäuse einzupressen. Hierfür können eine Dornpresse und ein Montagerohr verwendet werden (vgl. Abb. 94).
- Das Rohr sollte aus nicht gehärtetem Stahl bestehen und einen geringfügig größeren Innendurchmesser als die Welle aufweisen.
- Der Außendurchmesser des Rohrs sollte den Durchmesser der Wellenschulter nicht überschreiten.
- Das Rohr muss an beiden Enden plan sein. Es muss innen und außen sorgfältig gereinigt werden und es muss lang genug sein, um das Lager vollständig aufpressen zu können.
- Wenn der Außenring in das Gehäuse eingepresst wird, muss der Außendurchmesser des Rohrs etwas kleiner als die Gehäusebohrung sein. Der Innendurchmesser darf nicht kleiner sein als der in der Abmessungstabelle empfohlene Gehäuseschulterdurchmesser.
- Benetzen Sie die Welle mit einem leichten Maschinenöl, um die erforderliche Kraft zu verringern.
- Setzen Sie das Lager vorsichtig auf die Welle, und vergewissern Sie sich, dass es nicht an der Welle verkantet.

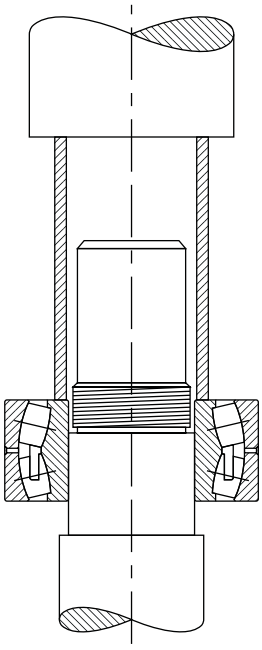


Abb. 94. Hydraulisch mit Dornpresse

- Üben Sie mit dem Kolben einen gleichmäßigen Druck aus, um das Lager fest gegen die Schulter anzudrücken.

HINWEIS

Versuchen Sie niemals, eine Presspassung auf einer Welle durch Druck auf den Außenring bzw. eine Presspassung in einem Gehäuse durch Druck auf den Innenring herzustellen.

HINWEIS

Zur Reinigung von Wälzlagern bitte niemals Dampf oder heißes Wasser verwenden, da dies zu Rost- oder Korrosionsbildung führen kann.

HINWEIS

Lageroberflächen dürfen nicht mit der Flamme eines Brenners in Berührung kommen.

HINWEIS

Lager nicht auf Temperaturen über 150 °C erwärmen.

Montage von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung

- Benutzen Sie eine Fühlerlehre mit einem möglichst dünnen Blatt von 0.05 mm.
- Stellen Sie das Lager aufrecht hin, sodass Innen- und Außenring parallel zueinander stehen.
- Bbewegen Sie den Innenring über eine Entfernung von zwei oder drei Wälzkörperabständen hin und her.
- Positionieren Sie die einzelnen Wälzkörpereinheiten so, dass sich auf beiden Reihen des Lagers jeweils am höchsten Punkt des Innenrings ein Wälzkörper befindet.
- Wenn der Wälzkörper korrekt positioniert ist, führen Sie ein dünnes Blatt der Fühlerlehre zwischen Wälzkörper und Außenring ein.
- Schieben Sie den Fühler vorsichtig entlang des oberen Wälzkörpers zwischen dem Wälzkörper und der Lauffläche des Außenrings. Wiederholen Sie diesen Vorgang mit zunehmend dickeren Fühlerblätterklingen, bis Sie ein Blatt finden, das nicht mehr hindurchpasst.
- Das dickste Blatt, das noch hindurchpasst, ist ein Maß für die radiale Lagerluft vor der Installation.
- Beginnen Sie mit der Montage, indem Sie einen dünnen Film Maschinenöl auf die kegelige Welle auftragen.
- Schieben Sie das Lager so weit wie möglich mit der Hand auf die Welle auf.
- Beim Anziehen der Kontermutter baut sich die Presspassung auf, wobei sich der Innenring aufweitet.
- Nehmen Sie regelmäßig Messungen vor, um die Reduktion der Lagerluft im Blick zu halten.
- Fahren Sie damit fort, bis die gewünschte Lagerluft erreicht ist. Gehen Sie nicht über den empfohlenen Reduktionswert hinaus.
- Vergewissern Sie sich,, dass die verbleibende radiale Lagerluft den kleinsten in Tabelle 42 angegebenen Wert für das Spiel nach der Montage nicht unterschreitet.
- Während der Montage muss die Lagerluft am unbelasteten Wälzkörper überprüft werden. Wenn dieser sich unten befindet, ist darauf zu achten, dass der Wälzkörper fest an der Innenseite des Innenrings anliegt.
- Wenn die empfohlene Lagerluftreduktion erreicht ist, wurde das Lager ordnungsgemäß eingestellt.
- Beenden Sie das Verfahren, indem Sie den Zapfen des Sicherungsrings in den Schlitz der Kontermutter einhämmern oder die Sicherungsbügel befestigen.



Abb. 95. Messen Sie das interne radiale Lagerspiel (RIC) vor der Installation.

Montage von Lagern mit zylindrischer Bohrung -*Fortsetzung*

Hydraulisch mit Dornpresse

- Eine alternative Montagemethode, die meist nur für kleinere Lager verwendet wird, besteht darin, das Lager auf die Welle aufzupressen bzw. in das Gehäuse einzupressen. Hierfür können eine Dornpresse und ein Montagerohr verwendet werden (siehe Abb. 96).
- Das Rohr sollte aus nicht gehärtetem Stahl bestehen und einen geringfügig größeren Innendurchmesser als die Welle aufweisen.
- Der Außendurchmesser des Rohrs darf den Durchmesser der Wellenschulter, der im Timken Katalog für Zylinderrollenlager (Best.-Nr. 10446) angegeben ist, nicht überschreiten. Der Katalog ist unter www.timken.com verfügbar.
- Das Rohr muss an beiden Enden plan abgeschnitten werden. Es muss innen und außen sorgfältig gereinigt werden, und es muss lang genug sein, um das Lager vollständig aufpressen zu können.

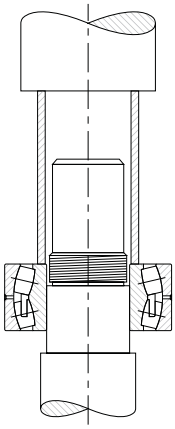


Abb. 96. Hydraulisch mit Dornpresse.

- Wenn der Außenring in das Gehäuse eingepresst wird, muss der Außendurchmesser des Rohrs etwas kleiner als die Gehäusebohrung sein. Der Innendurchmesser des Rohrs darf nicht kleiner als der empfohlene Durchmesser der Gehäuseschulter sein, der in der Maßtabelle im Timken Katalog für Pendelrollenlager (Best.-Nr. 10446) angegeben ist. Der Katalog ist unter www.timken.com verfügbar.
- Benetzen Sie die Welle mit einem leichten Maschinenöl, um die erforderliche Kraft zu verringern.
- Setzen Sie das Lager vorsichtig auf die Welle und vergewissern Sie sich, dass es nicht an der Welle verkantet.
- Üben Sie mit dem Kolben einen gleichmäßigen Druck aus, um das Lager fest gegen die Schulter anzudrücken.

HINWEIS

Versuchen Sie niemals, eine Pressspannung auf einer Welle durch Druck auf den Außenring bzw. eine Pressspannung in einem Gehäuse durch Druck auf den Innenring herzustellen.

Montage von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung

- Benutzen Sie eine Fühlerlehre mit einem möglichst dünnen Blatt von 0,038 mm (0,0015 Zoll).
- Stellen Sie das Lager aufrecht hin, sodass Innen- und Außenring parallel zueinander stehen.
- Bewegen Sie den Innenring über eine Entfernung von zwei oder drei Wälzkörperabständen hin und her.
- Positionieren Sie die einzelnen Wälzkörpereinheiten so, dass sich am höchsten Punkt des Innenrings ein Wälzkörper befindet.
- Wenn der Wälzkörper korrekt positioniert ist, führen Sie ein dünnes Blatt der Fühlerlehre zwischen Wälzkörper und Außenring ein.
- Schieben Sie den Fühler vorsichtig entlang des oberen Wälzkörpers zwischen dem Wälzkörper und der Lauffläche des Außenrings. Wiederholen Sie diesen Vorgang mit zunehmend dickeren Blättchen, bis Sie ein Blatt finden, das nicht mehr hindurchpasst.
- Das dickste Blatt, das noch hindurchpasst, ist ein Maß für die radiale Lagerluft vor der Installation.
- Beginnen Sie mit der Montage, indem Sie einen dünnen Film Maschinenöl auf die kegelige Welle auftragen.
- Schieben Sie das Lager so weit wie möglich mit der Hand auf die Welle auf.
- Beim Anziehen der Kontermutter baut sich die Presspassung auf, wobei sich der Innenring aufweitet.
- Nehmen Sie regelmäßig Messungen vor, um die Reduktion der Lagerluft im Blick zu halten.
- Fahren Sie damit fort, bis die gewünschte Lagerluft erreicht ist. Gehen Sie nicht über den empfohlenen Reduktionswert hinaus.
- Vergewissern Sie sich, , dass die verbleibende radiale Lagerluft den kleinsten in Tabelle 42 angegebenen Wert für das Spiel nach der Montage nicht unterschreitet.
- Während der Montage muss die Lagerluft am unbelasteten Wälzkörper überprüft werden. Wenn dieser sich unten befindet, ist darauf zu achten, dass der Wälzkörper fest an der Innenseite des Innenrings anliegt.
- Wenn die empfohlene Lagerluftreduktion erreicht ist, wurde das Lager ordnungsgemäß eingestellt.
- Beenden Sie das Verfahren, indem Sie den Zapfen des Sicherungsrings in den Schlitz der Kontermutter einhämmern oder die Sicherungsbügel befestigen.



Abb. 97. Messen Sie das interne Radialspielvor der Montage.

SCHRÄGKUGELLAGER

MONTAGE

Schrägkugellager können wie Kegelrollenlager kombinierte Belastung wie radiale als auch für axiale Belastungen aufnehmen. Kräfte werden von der inneren Laufbahn auf die äußere Laufbahn entlang eines bestimmten Kontaktwinkels übertragen. Der Kontaktwinkel ist definiert als Wirkungslinie zwischen den beiden Berührungspunkten der Kugel zur Innen- und Außenringlaufbahn, vgl. Abb. 98. Die Kräfte entlang dieses Kontaktwinkels können in Radial- und Axialkomponenten aufgeteilt werden. Der Axialkraft muss entgegengewirkt werden. Daher werden die meisten Schrägkugellager paarweise montiert und gegeneinander angestellt, um der vom jeweils gegenüberliegenden Lager verursachten Axialkraft entgegenzuwirken und die Konstruktion in axialer Richtung zu versteifen.

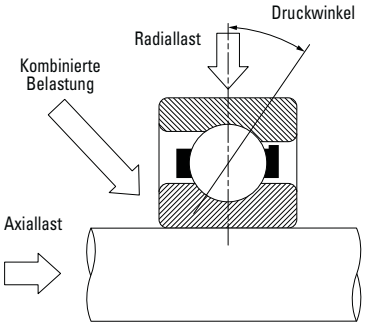


Abb. 98. Beispiel einer Kugellagerbelastung.

Wenn ein Schrägkugellager einzeln montiert wird, müssen erforderliche Anpassungen vorgenommen werden, und es muss mit Vorsicht bei der Installation vorgegangen werden. Da die Komponenten des Schrägkugellagers verhältnismäßig viel axiales Spiel vor dem Einbau aufweisen, ist es unbedingt erforderlich, dass die Konstruktion über Möglichkeiten verfügt, den Außenring axial relativ zum Innenring zu verspannen. Diese Anpassung sollte bei der Montage des Lagers vorgenommen werden. Eine vorgespannte Feder oder Unterlegscheiben zwischen der inneren Laufbahn und der Wellenschulter oder der äußeren Laufbahn und dem Gehäuse ist so anzubringen, dass die äußere Laufbahn gegen die innere Laufbahn verspannt wird.

Duplex-Lagersätze bestehen aus zwei einreihigen Lagern, die speziell zur Verwendung in einer Einheit zusammengepasst wurden. Die Bohrung und der Außendurchmesser entsprechen einem zweireihigen Schrägkugellager, die Breite entspricht dem Zweifachender einreihigen Breite. Duplex-Lagersätze können in O-Anordnung-, X-Anordnung- oder Tandem-Anordung montiert werden, wie in den folgenden Abbildungen gezeigt: 100-102. Die Tandem-Anordung wird eingesetzt, um die Tragfähigkeit bei Axiallasten zu erhöhen.

Typische Anwendungen von Duplex-Schrägkugellagersätzen sind unter anderem Tiefbrunnenpumpen, Schiffspropellerwellen, Werkzeugmaschinenspindeln, Reduktionsgetriebe und Schneckengetriebe für Aufzüge.

Duplex-Schrägkugellager können mit Distanzringen verwendet werden, um den Lagerabstand anzupassen und dadurch den Widerstand gegen Momentbelastungen zu verbessern bzw. die Wellendurchbiegung zu vermindern. Die Innen- und Außenringdistanzringe müssen sorgfältig auf die gewünschten Breiten geschliffen werden, um die Einhaltung der korrekten Vorspannung sicherzustellen. Ebenfalls müssen die Wellen- und Gehäusepassung, die Rechtwinkligkeit von Wellen- und Gehäuseschultern und die Ausrichtung der Umbauteile beachtet werden.

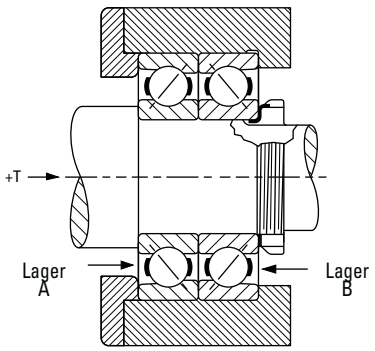


Abb. 99. Typische Anordnung mit vorgespannten Lagern

Typische Montageanordnungen von Duplex-Lagersätzen

Montage mit O-Anordnung oder DB (die Kontaktwinkel laufen in Richtung der Wellenmittellinie auseinander)

Vor der Montage ist zwischen den zwei gegenüberliegenden Stirnflächen der Innenringe ein axiales Spiel vorhanden. Nach der Montage sind diese Stirnflächen verspannt, sodass jedes Lager eine interne Vorspannung hat. Diese Anordnung ist gut für Riemenscheiben, Seilscheiben und andere Anwendungen geeignet, bei denen Kippmomente auftreten. Das gilt auch für alle Loslagerpositionen, wenn es zu einer thermischen Ausdehnung der Welle kommt. Die Anordnung bietet axiale und radiale Steifigkeit bei gleicher axialer Tragfähigkeit in beide Richtungen, wenn sie in einer Festlagerposition verwendet wird. Die O-Anordnung ist die am häufigsten verwendete Duplex Anordnung.

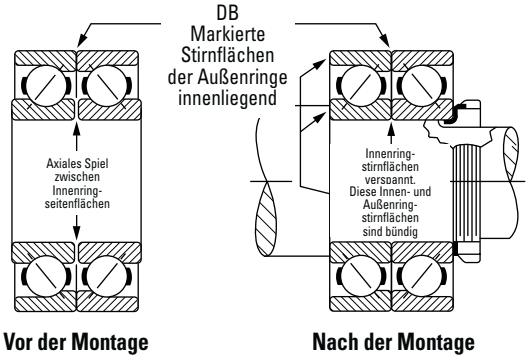


Abb. 100. In O-Anordnung zusammengepasster Lagersatz vor und nach der Montage.

Montage mit X-Anordnung oder DF (die Kontaktwinkel laufen in Richtung der Wellenmittellinie zusammen)

Vor der Montage ist zwischen den zwei gegenüberliegenden Seitenflächen der Außenringe ein axiales Spiel vorhanden. Nach der Montage sind diese Seiten zwischen der Gehäuseschulter und der Schulter des Verschlussdeckels verspannt. Auf jedem Lager ist hierdurch eine interne Vorspannung vorhanden. Diese Anordnung bietet gleiche axiale Tragfähigkeit in beide Richtungen sowie radiale und axiale Steifigkeit.

Da die X-Anordnung inhärente Nachteile in Form eines geringen Widerstands gegen Momentbelastungen und thermische Instabilität hat, sollte sie nur in Erwägung gezogen werden, wenn sich der Ein- und Ausbau der Lager dadurch wesentlich vereinfachen lässt.

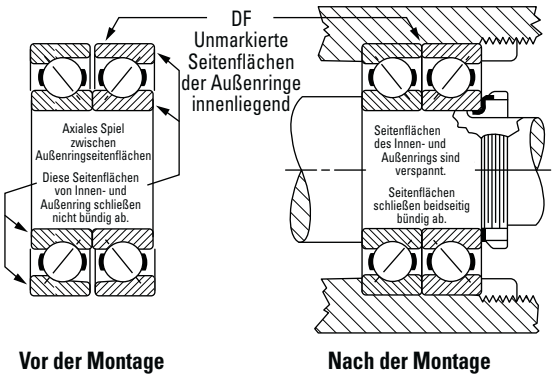


Abb. 101. In X-Anordnung zusammengepasster Lagersatz vor und nach der Montage.

Tandem-Anordnung, DT

Vor der Montage sind die Innenringseitenflächen jedes Lagers gegenüber den Außenringseitenflächen versetzt. Wenn nach der Montage Axiallasten angelegt werden, die dem Doppelten der gängigen Vorspannung entsprechen, werden die Seitenflächen der Innen- und Außenringe ausgerichtet. Diese Anordnung bietet die doppelte axiale Tragfähikeit, jedoch nur in eine Belastungsrichtung. Falls eine zusätzliche axiale Kapazität erforderlich ist, können auch mehr als zwei Lager in der Tandem-Anordnung verwendet werden.

Andere Montageanordnungen

Planparallel geschliffene DuplexPaare (DU) können in Kombination mit einem einzelnen planparallel geschliffenen Schrägkugellager als Triplexeinheit (TU) montiert werden (vgl. unten, Abb. 103). Außerdem ist ein Quadruplex (QU)-Lagersatz dargestellt, in dem drei Lager in Tandem-Anordnung mit einem einzelnen Lager in O-Anordnung kombiniert werden. Diese Anordnungen bieten hohe axiale Tragfähigkeit in einer Richtung und außerdem eine zwangsläufig starre Lagerung, die ein gewisses Maß an Axialbelastung in umgekehrter Richtung aufnehmen kann.

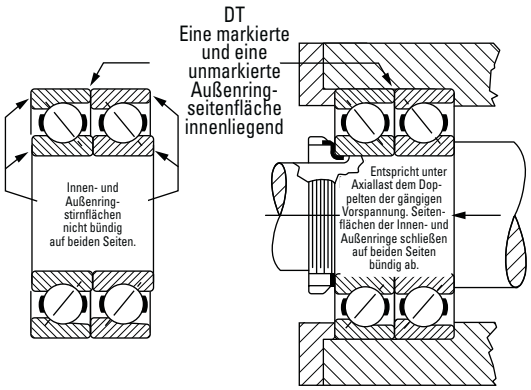


Abb. 102. Tandem-Lagersatz vor und nach der Montage.

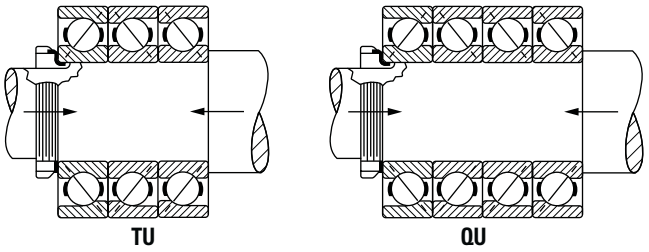


Abb. 103. Typische Triplex- und Quadruplex-Lageranordnungen.

PASSUNGEN

Empfohlene Wellenpassungen für die Baureihen 7000WN, 7200WU, 7300WN und 7400WN sind in Tabelle 72 auf Seite 146 aufgeführt. Diese Tabelle wird bei Anwendungen verwendet, in denen nur ein Lagerring (entweder der Innen- oder der Außenring) eine Presspassung hat. Wenn beide Ringe über eine Presspassung verfügen, werden Lager mit einem speziellen internen Spiel benötigt. Die Abmessungen der Wellendurchmesser gelten für massive Stahlwellen. Wenn spezielle Passungen benötigt oder Hohlwellen verwendet werden, wenden Sie sich an Ihren Timken Techniker.

EINSTELLUNG

Für die meisten Duplex-Lagersätze hat Timken geeignete standardisierte Vorspannwerte festgelegt. Für extreme Bedingungen können spezielle Vorspannungen gefertigt werden. Zum Beispiel benötigt eine hoch belastete, langsam drehende Welle eine stärkere Vorspannung, um eine Durchbiegung zu minimieren. Obwohl eine starke Vorspannung eine etwas höhere Steifigkeit bietet, reduziert sie die Lagerlebensdauer und erhöht die Verlustleistung. Daher sollten höhere Vorspannungen mit Vorsicht ausgewählt werden.

Die axiale Einfederung eines Lagers unter Axiallast basiert auf den Hertz´schen Gesetzen über in Kontakt stehende elastische Körper. Die allgemeine Aussage ist Folgende:

$$\delta = K \left(\frac{F_a^2}{Zd^2} \right)^{1/3}$$

Eine typische Kurve für die axiale Einfederung eines nicht vorgespannten einreihigen Schrägkugellagers ist in Abb. 104 als Kurve A dargestellt. Diese Kurve zeigt die Eigenschaften des Lagers A unter der Axiallast F_a. Die Einfederung unter Last F_{a1} ist wesentlich größer als der Anstieg, der durch eine Verdopplung der Axiallast auf F_{a2} verursacht wird. Dies verdeutlicht die nicht lineare Einfederung eines Kugellagers.

Die Kurven C_1 und C_2 zeigen die Einfederung eines doppelreihigen vorgespannten Lagers (Abb. 104). Kurve C_1 stellt das Lager mit einer Vorspannung von F_{a1} dar und Kurve C_2 das Lager mit einer Vorspannung von F_{a2}. Der Vergleich der Kurven C_1 und C_2 mit Kurve A zeigt, dass die Einfederung des vorgespannten Lagerpaares geringer ist als die des nicht vorgespannten Lagers.

Die Kurven B_1 und B_2 zeigen die axiale Einfederung des gemäß Abb. 105 montierten Lagers B von den vorgespannten Zuständen F_{a1} bzw. F_{a2} bis zu einem nicht vorgespannten Zustand.

Eine Vorspannung lässt sich durch die Verwendung von Federn oder die Anpassung der Breite der Distanzringe erzielen. Wenden Sie sich aber an Ihren Timken Techniker, um die Konstruktion zu überprüfen.

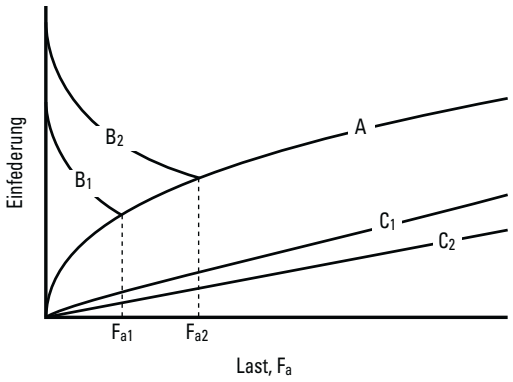


Abb. 104. Axiallast-Einfederungskurve von in O-Anordnung montierten Schrägkugellagern. Kurve A für Lager A; B für Lager B; und C_1 bzw. C_2 sind Vorspannungskurven.

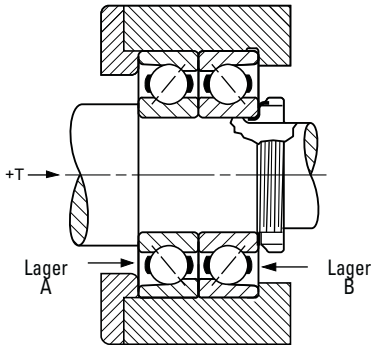


Abb. 105. Typische Anordnung mit vorgespannten Lagern

RILLENKUGELLAGER

Rillenkugellager werden traditionell nach von ABEC und ABMA begründeten Standards gefertigt. Diese Standards werden nach und nach durch ISO-Standards ersetzt. Tabelle 44 führt ABEC-Standards und den entsprechenden ISO-Standard auf.

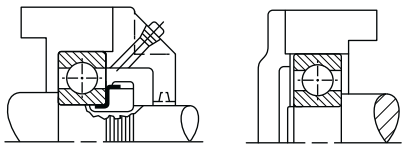
TABELLE 44. STANDARDS FÜR KUGELLAGERTOLERANZEN

Ausführung	Standardklasse	Präzisionsklasse			
ISO	P0	P6	P5	P4	P2
ABMA	ABEC 1	ABEC 3	ABEC 5	ABEC 7	ABEC 9

Von den Toleranzklassen gilt ISO P0/ABEC 1 für Kugellager, die für Standardanwendungen gefertigt wurden. Die Klassen ISO P6, P5, P4, P2 bzw. ABEC 3, 5, 7 und 9 gelten für Kugellager mit erhöhter Präzision. Im Rahmen dieses Handbuchs werden Kugellager nach ISO P0/ABEC 1 und ISO P6/ABEC 3 in diesem Abschnitt behandelt. Die verbleibenden Lagerklassen werden im Abschnitt PRÄZISIONSLAGER ab Seite 109 behandelt.

AUSLEGUNG

Obwohl Rillenkugellager überwiegend für Radiallasten ausgelegt sind, erbringen sie gute Leistungen auch unter kombinierten Radial- und Axiallasten. Rillenkugellager eignen sich auch für hohe Drehzahlen. Im Ergebnis werden sie in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt. Sowohl der Conrad-Typ als auch Varianten mit Füllnut können mit oder ohne Kontermuttern montiert werden. Sie können außerdem in Fest- oder Loslagerpositionen verwendet werden, wie in Abb. 106 dargestellt.



Einbau als Festlager **Einbau als Loslager**

Abb. 106. Typische Montageanordnungen

Wellen- und Gehäuseschultern

Empfehlungen für die Durchmesser der Wellen- und Gehäuseschultern sind für jede Teilenummer individuell in den Tabellen 45-49 aufgeführt.

Abb. 107.

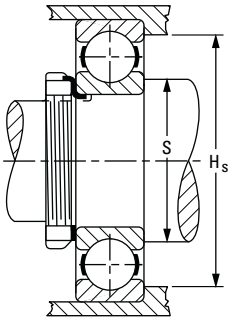


TABELLE 45. RILLENKUGELLAGER – WELLEN- UND GEHÄUSESCHULTERN

EXTRALEICHT • BAUREIHE 9300		
Lager-bezeichnung	S Wellen-schulter **± 0,25 mm** ±0,010 Zoll	H_s Gehäuse-schulter **± 0,25 mm** ±0,010 Zoll
	mmZoll	**mm**Zoll
9301K	**14,7** 0,58	**21,6** 0,85
9302K	**17,8** 0,70	**25,4** 1,00
9303K	**19,8** 0,78	**27,4** 1,08
9304K	**23,9** 0,94	**33,5** 1,32
9305K	**29,0** 1,14	**38,6** 1,52
9306K	**33,5** 1,32	**43,4** 1,71
9307K	**39,6** 1,56	**50,8** 2,00
9308K	**45,0** 1,77	**57,4** 2,26
9309K	**50,3** 1,98	**63,2** 2,49
9310K	**54,9** 2,16	**67,6** 2,66
9311K	**61,0** 2,40	**74,7** 2,94
9312K	**65,8** 2,59	**79,8** 3,14

Um Lager auf Wellen oder in Gehäusen anzubringen, sollten bevorzugt Schultern bei der Entwicklung berücksichtigt werden, die genau senkrecht zur Wellenachse stehen. Die Schultern sollten ausreichend dimensioniert sein, um über die Übergangsradien hinauszugehen und dem Lager eine ausreichende Stützfläche zu bieten Sie sollten ebenfalls klein genug sein, um den Ausbau des Lagers mit Abziehern zu erlauben.

In den Tabellen 45-49 werden die empfohlenen maximalen und minimalen Durchmesser für Wellen- und Gehäuseschultern für die Mehrzahl von Anwendungen aufgelistet. Wenn diese empfohlenen Durchmesser konstruktionsbedingt nicht eingehalten werden können, wenden Sie sich an Ihren Timken-Techniker.

Den jeweils empfohlenen Wellen- und Gehäuseausrundungsradius finden Sie in den Maßtabellen des entsprechenden Produktkatalogs. Diese Empfehlungen sollten eingehalten werden, um einen ordnungsgemäßen Sitz gegenüber Wellen- und Gehäuseschultern zu gewährleisten.

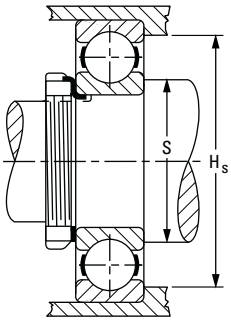


Abb. 108.

TABELLE 46. RILLENKUGELLAGER – WELLEN- UND GEHÄUSESCHULTERN

EXTRAKLEINE BAUREIHE				
Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser			
	S Welle		H_s Gehäuse	
	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
33K3	**5,1** 0,20	**4,8** 0,19	**8,1** 0,32	**7,9** 0,31
33K4	**6,1** 0,24	**5,8** 0,23	**11,2** 0,44	**10,9** 0,43
33K5	**6,6** 0,26	**6,4** 0,25	**11,2** 0,44	**10,9** 0,43
34K	**6,6** 0,26	**6,4** 0,25	**14,2** 0,56	**14,0** 0,55
35K	**9,4** 0,37	**9,1** 0,36	**17,0** 0,67	**16,8** 0,66
36K	**9,4** 0,37	**9,1** 0,36	**17,0** 0,67	**16,8** 0,66
37K	**11,2** 0,44	**10,7** 0,42	**20,1** 0,79	**19,6** 0,77
38K	**11,4** 0,45	**10,9** 0,43	**20,1** 0,79	**19,6** 0,77
38KV	**11,4** 0,45	**10,9** 0,43	**20,1** 0,79	**19,6** 0,77
39K	**13,0** 0,51	**12,5** 0,49	**23,1** 0,91	**22,6** 0,89
S1K7	**8,6** 0,34	**8,1** 0,32	**14,2** 0,56	**13,7** 0,54
S1K	**9,4** 0,37	**8,9** 0,35	**17,5** 0,69	**17,0** 0,67
S3K	**12,7** 0,50	**12,2** 0,48	**20,3** 0,80	**19,8** 0,78
S5K	**16,0** 0,63	**15,5** 0,61	**25,1** 0,99	**24,6** 0,97
S7K	**21,3** 0,84	**20,3** 0,80	**31,5** 1,24	**30,5** 1,20
S8K	**24,6** 0,97	**23,6** 0,93	**37,1** 1,46	**35,6** 1,40
S9K	**28,9** 1,14	**27,9** 1,10	**41,9** 1,65	**40,9** 1,61
S10K	**31,5** 1,24	**30,5** 1,20	**46,7** 1,84	**45,7** 1,80
S11K	**34,0** 1,34	**33,0** 1,30	**49,5** 1,95	**48,5** 1,91
S12K	**39,4** 1,55	**38,4** 1,51	**55,9** 2,20	**50,8** 2,00

TABELLE 47. RILLENKUGELLAGER – WELLEN- UND GEHÄUSESCHULTERN

EXTRALEICHT • BAUREIHE 9100					LEICHT • BAUREIHEN 200, 5200, 7200WN					MITTEL • BAUREIHEN 300, 5300, 7300WN				
Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser				Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser				Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser			
	S Welle		H_s Gehäuse			S Welle		H_s Gehäuse			S Welle		H_s Gehäuse	
	Max.	Min.	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
9100	**13,2** 0,52	**11,9** 0,47	**24,1** 0,95	**23,1** 0,91	200	**14,2** 0,56	**12,7** 0,50	**24,9** 0,98	**24,6** 0,97	300	**15,0** 0,59	**12,7** 0,50	**30,0** 1,18	**29,2** 1,15
9101	**18,0** 0,71	**14,0** 0,55	**25,9** 1,02	**24,6** 0,97	201	**16,3** 0,64	**14,7** 0,58	**26,9** 1,06	**26,7** 1,05	301	**17,5** 0,69	**16,0** 0,63	**31,0** 1,22	**30,7** 1,21
9102	**19,0** 0,75	**17,0** 0,67	**30,0** 1,18	**28,7** 1,13	202	**19,0** 0,75	**17,5** 0,69	**30,0** 1,18	**29,2** 1,15	302	**20,6** 0,81	**19,0** 0,75	**36,1** 1,42	**35,6** 1,40
9103	**20,6** 0,81	**19,0** 0,75	**33,0** 1,30	**31,8** 1,25	203	**21,3** 0,84	**19,6** 0,77	**34,0** 1,34	**33,3** 1,31	303	**23,1** 0,91	**21,1** 0,83	**40,9** 1,61	**40,6** 1,60
9104	**24,9** 0,98	**22,6** 0,89	**37,1** 1,46	**35,8** 1,41	204	**25,4** 1,00	**23,9** 0,94	**40,9** 1,61	**40,1** 1,58	304	**26,9** 1,06	**23,9** 0,94	**45,0** 1,77	**44,4** 1,75
9105	**30,0** 1,18	**27,4** 1,08	**41,9** 1,65	**40,6** 1,60	205	**31,0** 1,22	**29,0** 1,14	**46,0** 1,81	**45,2** 1,78	305	**33,3** 1,31	**29,0** 1,14	**55,1** 2,17	**53,1** 2,09
9106	**35,1** 1,38	**34,0** 1,34	**49,0** 1,93	**47,8** 1,88	206	**37,3** 1,47	**34,0** 1,34	**56,1** 2,21	**54,9** 2,16	306	**39,6** 1,56	**34,0** 1,34	**65,0** 2,56	**62,0** 2,44
9107	**41,4** 1,63	**38,9** 1,53	**56,1** 2,21	**54,6** 2,15	207	**43,7** 1,72	**38,9** 1,53	**65,0** 2,56	**62,7** 2,47	307	**45,2** 1,78	**42,9** 1,69	**71,1** 2,80	**69,1** 2,72
9108	**46,0** 1,81	**43,9** 1,73	**62,0** 2,44	**60,7** 2,39	208	**49,3** 1,94	**43,9** 1,73	**72,9** 2,87	**70,6** 2,78	308	**50,8** 2,00	**49,0** 1,93	**81,0** 3,19	**77,7** 3,06
9109	**51,6** 2,03	**49,3** 1,94	**69,1** 2,72	**67,8** 2,67	209	**54,1** 2,13	**49,3** 1,94	**78,0** 3,07	**75,4** 2,97	309	**57,9** 2,28	**54,1** 2,13	**90,9** 3,58	**86,6** 3,41
9110	**56,4** 2,22	**54,1** 2,13	**73,9** 2,91	**72,6** 2,86	210	**59,4** 2,34	**54,1** 2,13	**83,1** 3,27	**80,5** 3,17	310	**63,5** 2,50	**59,9** 2,36	**100,1** 3,94	**95,2** 3,75
9111	**63,0** 2,48	**59,2** 2,33	**83,1** 3,27	**81,8** 3,22	211	**64,5** 2,54	**61,2** 2,41	**93,5** 3,68	**90,4** 3,56	311	**69,8** 2,75	**65,0** 2,56	**110,0** 4,33	**104,9** 4,13
9112	**67,8** 2,67	**64,3** 2,53	**88,1** 3,47	**86,9** 3,42	212	**71,4** 2,81	**67,8** 2,67	**101,1** 3,98	**98,3** 3,87	312	**74,7** 2,94	**72,1** 2,84	**118,1** 4,65	**112,8** 4,44
9113	**72,1** 2,84	**69,1** 2,72	**93,0** 3,66	**81,7** 3,61	213	**77,0** 3,03	**72,6** 2,86	**111,0** 4,37	**106,4** 4,19	313	**81,0** 3,19	**77,0** 3,03	**128,0** 5,04	**122,2** 4,81
9114	**79,0** 3,11	**73,9** 2,91	**103,1** 4,06	**100,8** 3,97	214	**81,8** 3,22	**77,7** 3,06	**116,1** 4,57	**112,0** 4,41	314	**87,4** 3,44	**82,0** 3,23	**137,9** 5,43	**130,3** 5,13
9115	**84,1** 3,31	**79,0** 3,11	**108,0** 4,25	**105,7** 4,16	215	**87,4** 3,44	**82,6** 3,25	**120,9** 4,76	**116,6** 4,59	315	**98,6** 3,88	**87,1** 3,43	**148,1** 5,83	**139,7** 5,50
9116	**90,4** 3,56	**84,1** 3,31	**118,1** 4,65	**114,3** 4,50	216	**93,7** 3,69	**90,2** 3,55	**130,0** 5,12	**125,2** 4,93	316	**100,1** 3,94	**91,9** 3,62	**158** 6,22	**149,4** 5,88
9117	**95,2** 3,75	**88,9** 3,50	**122,9** 4,84	**119,6** 4,71	217	**98,6** 3,88	**95,2** 3,75	**140,0** 5,51	**134,9** 5,31	317	**104,9** 4,13	**99,1** 3,90	**166,1** 6,54	**157,2** 6,19
9118	**102,4** 4,03	**97,5** 3,84	**131,1** 5,16	**130,3** 5,13	218	**105,7** 4,16	**100,1** 3,94	**150,1** 5,91	**142,7** 5,62	318	**111,3** 4,38	**103,9** 4,09	**176,0** 6,93	**165,1** 6,50
9120	**111,3** 4,38	**107,4** 4,23	**141,0** 5,55	**138,2** 5,44	219	**111,3** 4,38	**106,9** 4,21	**158,0** 6,22	**153,9** 6,06	319	**117,6** 4,63	**109,0** 4,29	**185,9** 7,32	**174,8** 6,88
9121	**118,4** 4,66	**115,1** 4,53	**150,1** 5,91	**146,0** 5,75	220	**117,6** 4,63	**112,0** 4,41	**167,9** 6,61	**160,3** 6,31	320	**124,0** 4,88	**114,0** 4,49	**200,9** 7,91	**187,4** 7,38
9122	**124,7** 4,91	**119,9** 4,72	**160,0** 6,30	**157,0** 6,18	221	**124,0** 4,88	**117,1** 4,61	**178,1** 7,01	**174,8** 6,88	321	**130,3** 5,13	**119,1** 4,69	**211,1** 8,31	**196,8** 7,75

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

Fortsetzung von der vorherigen Seite.

EXTRALEICHT • BAUREIHE 9100					LEICHT • BAUREIHEN 200, 5200, 7200WN					MITTEL • BAUREIHEN 300, 5300, 7300WN				
Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser				Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser				Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser			
	S Welle		H_s Gehäuse			S Welle		H_s Gehäuse			S Welle		H_s Gehäuse	
	Max.	Min.	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
9124	**134,1** 5,28	**130,0** 5,12	**169,9** 6,69	**165,1** 6,50	222	**130,3** 5,13	**121,9** 4,80	**188,0** 7,40	**179,3** 7,06	322	**139,7** 5,50	**124,0** 4,88	**226,1** 8,90	**209,6** 8,25
9126	**147,6** 5,81	**140,0** 5,51	**190,0** 7,48	**184,1** 7,25	224	**143,0** 5,63	**132,1** 5,20	**202,9** 7,99	**192,0** 7,56	324	**152,4** 6,00	**134,1** 5,28	**246,1** 9,69	**226,8** 8,93
9128	**153,9** 6,06	**147,6** 5,81	**200,2** 7,88	**195,1** 7,68	226	**152,4** 6,00	**144,0** 5,67	**215,9** 8,50	**206,5** 8,13	326	**163,6** 6,44	**148,1** 5,83	**262,1** 10,32	**246,1** 9,69
9130	**167,4** 6,59	**162,1** 6,38	**213,1** 8,39	**206,5** 8,13	228	**165,1** 6,50	**153,9** 6,06	**236,0** 9,29	**223,8** 8,81	328	**176,0** 6,93	**158,0** 6,22	**281,9** 11,10	**263,7** 10,38
9132	**176,8** 6,96	**166,6** 6,56	**228,6** 9,00	**222,2** 8,75	230	**177,0** 6,97	**164,1** 6,46	**256,0** 10,08	**241,3** 9,50	330	**189,0** 7,44	**167,9** 6,61	**302,0** 11,89	**280,9** 11,06
9134	**192,0** 7,56	**182,1** 7,17	**247,9** 9,76	**239,8** 9,44	232	**186,9** 7,36	**174,0** 6,85	**276,1** 10,87	**260,4** 10,25	332	**188,0** 7,84	**178,0** 7,01	**322,1** 12,68	**294,1** 11,58
9138	**212,9** 8,38	**201,9** 7,95	**278,1** 10,95	**266,7** 10,5	234	**202,7** 7,98	**188,0** 7,40	**292,1** 11,50	**276,4** 10,88	334	**213,4** 8,40	**188,0** 7,40	**342,1** 13,47	**311,7** 12,27
9140	**224,5** 8,84	**212,1** 8,35	**297,9** 11,73	**285,0** 11,22	236	**212,9** 8,38	**198,1** 7,80	**302,0** 11,89	**281,7** 11,09	336	**223,5** 8,80	**198,1** 7,80	**362,0** 14,25	**331,5** 13,05
9144	**246,4** 9,70	**233,9** 9,21	**326,1** 12,84	**310,9** 12,24	238	**222,8** 8,77	**208,0** 8,19	**322,1** 12,68	**301,8** 11,88	338	**237,5** 9,35	**212,1** 8,35	**378,2** 14,89	**345,2** 13,59
9148	**266,7** 10,50	**254,0** 10,00	**345,9** 13,62	**330,7** 13,02	240	**239,3** 9,42	**217,9** 8,58	**342,1** 13,47	**319,3** 12,57	340	**249,9** 9,84	**222,0** 8,74	**398,0** 15,67	**365,0** 14,37
9152	**291,8** 1 1,49	**278,1** 10,95	**382,0** 15,04	**366,8** 14,44	242	**246,1** 9,69	**225,3** 8,87	**362,2** 14,26	**336,8** 13,26	342	**260,1** 10,24	**232,2** 9,14	**418,3** 16,47	**385,3** 15,17
9156	**313,2** 12,33	**297,9** 11,73	**402,1** 15,83	**386,8** 15,23	244	**257,6** 10,14	**238,0** 9,37	**382,0** 15,04	**356,6** 14,04	344	**272,5** 10,73	**242,1** 9,53	**437,9** 17,24	**405,4** 15,96
9160	**339,3** 1 3,36	**318,0** 12,52	**442,0** 17,40	**421,6** 16,60	246	**268,7** 10,58	**247,9** 9,76	**402,1** 15,83	**370,8** 14,60	348	**292,6** 11,52	**262,1** 10,32	**478,0** 18,82	**439,9** 17,32
9164	**360,4** 14,19	**338,1** 13,31	**462,0** 18,19	**441,7** 17,39	248	**283,5** 11,16	**258,1** 10,16	**421,9** 16,61	**385,6** 15,18	352	**318,5** 12,54	**288,0** 11,34	**512,1** 20,16	**474,0** 18,66
9180	**457,2** 18,00	**431,8** 17,00	**561,8** 22,12	**549,1** 21,62	250	**293,4** 11,55	**268,0** 10,55	**442,0** 17,40	**398,8** 15,70	356	**341,1** 13,43	**308,1** 12,13	**551,9** 21,73	**511,3** 20,13

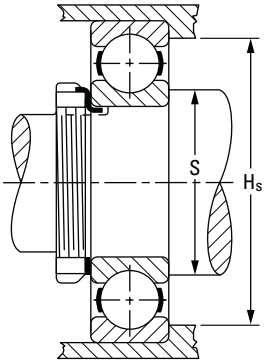


Abb. 109. Nicht standardisiert, extragroß

TABELLE 48. RILLENKUGELLAGER – WELLEN- UND GEHÄUSESCHULTERN

SCHWER – BAUREIHEN 400, 7400					NICHT STANDARDISIERT EXTRAGROß				
Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser				Lager-bezeichnung	Schulterdurchmesser			
	S Welle		H_s Gehäuse			S Welle		H_s Gehäuse	
	Max.	Min.	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
7405	**37,3** 1,47	**34,0** 1,34	**71,1** 2,80	**66,8** 2,63	120W2	**117,6** 4,63	**111,8** 4,40	**150,1** 5,91	**146** 5,75
7406	**43,7** 1,72	**39,1** 1,54	**81,0** 3,19	**76,2** 3,00	122W	**124,7** 4,91	**120,1** 4,73	**162,8** 6,41	**158,8** 6,25
7407	**49,0** 1,93	**43,9** 1,73	**90,9** 3,58	**85,9** 3,38	124W	**134,1** 5,28	**130,0** 5,12	**178,1** 7,01	**174,5** 6,87
7408	**55,6** 2,19	**50,0** 1,97	**100,1** 3,94	**93,7** 3,69	126W	**147,8** 5,82	**139,7** 5,50	**193,0** 7,60	**185,7** 7,31
7409	**62,0** 2,44	**55,1** 2,17	**110,0** 4,33	**101,6** 4,00	128W	**157,2** 6,19	**150,1** 5,91	**207,8** 8,18	**202,2** 7,96
7410	**68,3** 2,69	**62,0** 2,44	**118,1** 4,65	**111,3** 4,38	130W	**167,4** 6,59	**162,1** 6,38	**223,0** 8,78	**216,2** 8,51
7411	**74,4** 2,93	**67,1** 2,64	**128,0** 5,04	**120,7** 4,75	132W	**189,0** 7,44	**174,0** 6,85	**234,7** 9,24	**223,8** 8,81
7412	**81,0** 3,19	**72,1** 2,84	**137,9** 5,43	**130,3** 5,13	134W	**191,0** 7,52	**185,2** 7,29	**249,7** 9,83	**244,1** 9,61
7413	**88,9** 3,50	**77,0** 3,03	**148,1** 5,83	**139,7** 5,50	136W	**203,2** 8,00	**195,3** 7,69	**264,7** 10,42	**257,8** 10,15
7414	**93,7** 3,69	**84,1** 3,31	**166,1** 6,54	**155,7** 6,13	138W	**214,4** 8,44	**205,2** 8,08	**284,7** 11,21	**276,1** 10,87
7415	**99,8** 3,93	**88,9** 3,50	**176,0** 6,93	**163,6** 6,44	224W	**143,0** 5,63	**132,1** 5,20	**203,2** 8,00	**192** 7,56
7416	**104,9** 4,13	**94,0** 3,70	**185,9** 7,32	**173,0** 6,81	226	**152,4** 6,00	**144,0** 5,67	**215,9** 8,50	**206,5** 8,13
7418	**119,1** 4,69	**108,0** 4,25	**207,0** 8,15	**196,9** 7,75	228	**165,1** 6,50	**153,9** 6,06	**236,0** 9,29	**223,8** 8,81
7420	**131,3** 5,17	**119,9** 4,72	**233,9** 9,21	**223,3** 8,79	276-2	**401,8** 15,82	**400,1** 15,75	**463,6** 18,25	**461,5** 18,17

Die Gehäuseschulterdurchmesser für Lager mit Mechani-Dichtungen unterscheiden sich geringfügig von den Durchmessern anderer Typen, um zwischen dem äußeren , mitdrehenden Elementder Dichtung und der Gehäuseschulter ein Spiel zu ermöglichen.

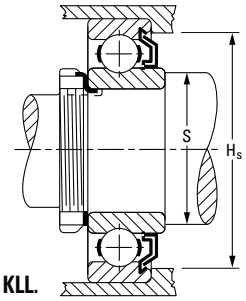


Abb. 110. Mechani-Dichtung Typen KL, KLD, KLL.

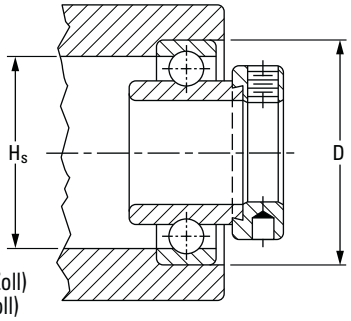
TABELLE 49. RILLENKUGELLAGER – WELLEN- UND GEHÄUSESCHULTERN

MECHANI-DICHTUNG TYPEN KL, KLD, KLL		
Lager-bezeichnung	Gehäuseschulter H_s Durchmesser	
	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll
36	**17,0** 0,67	**16,8** 0,66
36V	**17,0** 0,67	**16,8** 0,66
37	**20,1** 0,79	**19,6** 0,77
37V	**20,1** 0,79	**19,6** 0,77
34	**20,1** 0,79	**19,6** 0,77
38V	**20,1** 0,79	**19,6** 0,77
39	**23,1** 0,91	**22,6** 0,89
39V	**23,1** 0,91	**22,6** 0,89
200	**27,7** 1,09	**26,2** 1,03
201	**29,5** 1,16	**27,7** 1,09
20-2	**29,5** 1,16	**27,7** 1,09
201-3	**29,5** 1,16	**27,7** 1,09
202	**32,5** 1,28	**31,0** 1,22
202-2	**32,5** 1,28	**31,0** 1,22

Fortsetzung nächste Spalte.

MECHANI-DICHTUNG TYPEN KL, KLD, KLL		
Lager-bezeichnung	Gehäuseschulter H_s Durchmesser	
	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll
202-3	**32,5** 1,28	**31,0** 1,22
202-4	**32,5** 1,28	**31,0** 1,22
203	**36,6** 1,44	**35,8** 1,41
204	**43,7** 1,72	**41,1** 1,62
204-2	**43,7** 1,72	**41,1** 1,62
205	**48,5** 1,91	**46,7** 1,84
205-2	**48,5** 1,91	**46,7** 1,84
206	**57,9** 2,28	**56,4** 2,22
207	**67,6** 2,66	**64,3** 2,53
208	**75,4** 2,97	**71,4** 2,81
209	**80,3** 3,16	**77,0** 3,03
209-2	**80,3** 3,16	**77,0** 3,03
211	**93,7** 3,69	**90,4** 3,56

Kugellager mit breitem Innenring



Bei Lagern mit breitem Innenring wird ein Spannring verwendet, um das Lager an der Welle zu arretieren. Empfohlen wird eine Lospassung des Lagers auf der Welle, da eine Bewegung des Lagers relativ zur Welle kein Problem darstellt. Die Lagerbohrungs- und empfohlenen Wellentoleranzen werden im Folgenden aufgelistet. In einigen Fällen ist möglicherweise die Verwendung vergrößerter Wellentoleranzen zulässig. Wenden Sie sich gegebenenfalls für eine Überprüfung an Ihren Timken-Techniker.

Toleranz der Lagerbohrung:
½ Zoll - 2 3⁄16 Zoll = nominal bis **+0,013 mm** (+0,0005 Zoll)
2 ¼ Zoll - 3 3⁄16 Zoll = nominal bis **+0,015 mm** (+0,0006 Zoll)
3 7⁄16 Zoll - 3 15⁄16 Zoll = nominal bis **+0,018 mm** (+0,0007 Zoll)

Wellentoleranzen:
½ Zoll - 1 15⁄16 Zoll = nominal bis **-0,013 mm** (-0,0005 Zoll)
2 Zoll - 3 15⁄16 Zoll = nominal bis **-0,025 mm** (-0,0010 Zoll)

TABELLE 50. KUGELLAGER MIT BREITEM INNENRING – GEHÄUSE-, SCHULTER- UND WELLENDURCHMESSER

Lagerbezeichnung					Wellen-durchmesser	Außenring-bezeichnung	Feststehendes Gehäuse			Schulterdurchmesser	
							D Gehäusebohrung		Mittlere Passung	H_s	
TYP KRR	**TYP G-KRR**	**TYP RA-RR**	**TYP GRA-RR**	**TYP GYA-RR(1)**			Min.	Max.	Lose	Max.	Min.
					mm Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
E17KRR	GE17KRR	RAE17RR	GRAE17RR	GYAE17RR	**17**						
1008KRR	–	RA008RR	GRA008RR	GYA0008RR	1/2	203	**40,000**	**40,015**	**0,013**	**34,8**	**34,0**
–	–	RA009RR	GRA009RR	GYA009RR	9/16		1,5748	1,5754	0,0005	1,37	1,34
1010KRR(KR)	G1010KRR	RA010RR	GRA010RR	GYA010RR	5/8						
1011KRR	G1011KRR	–	–	–	11/16						
E20KRR	GE20KRR	RAE20RR	GRAE20RR	GYAE20RR	**20**	204	**47,000**	**47,015**	**0,013**	**40,9**	**40,6**
1012KRR(KR)	G1012KRR	RA012RR	GRA012RR	GYA012RR	3/4		1,8504	1,8510	0,0005	1,61	1,60
E25KRR	GE25KRR	RAE25RR	GRAE25RR	GYAE25RR	**25**						
1013KRR	–	RA013RR	GRA013RR	GYA013RR	13/16	205	**51,999**	**52,017**	**0,015**	**46,0**	**45,7**
1014KRR	G1014KRR	RA014RR	GRA014RR	GYA014RR	7/8		2,0472	2,0479	0,0006	1,81	1,80
1015KRR(KR)	G1015KRR	RA015RR	GRA015RR	GYA015RR	15/16						
1100KRR(KR)	G1100KRR	RA100RR	GRA100RR	GYA100RR	1						
E30KRR	GE30KRR	RAE30RR	GRAE30RR	GYAE30RR	**30**						
–	G1101KRR	RA101RR	GRA101RR	GYA101RR	1 1/16	206	**61,999**	**62,017**	**0,015**	**56,1**	**54,9**
1102KRR(KR)	G1102KRR	RA102RR	GRA102RR	GYA102RR	1 1/8		2,4409	2,4416	0,0006	2,21	2,16
1103KRR(KR)	G1103KRR	RA103RR	GRA103RR	GYA103RR	1 3/16						
–	–	–	–	GYA103RR2	1 1/4						
E35KRR	GE35KRR	RAE35RR	GRAE35RR	GYAE35RR	**35**						
1104KRR(KR)	G1104KRR	RA104RR	GRA104RR	GYA104RR	1 1/4	207	**71,999**	**72,017**	**0,015**	**56,1**	**54,9**
1105KRR	–	RA105RR	GRA105RR	GYA105RR	1 5/16		2,8346	2,8353	0,0006	2,56	2,47
1106KRR	G1106KRR	RA106RR	GRA106RR	GYA106RR	1 3/8						
1107KRR(KR)	G1107KR	RRA107RR	GRA107RR	GYA107RR	1 7/16						
–	–	–	GRAE40RR	GYAE40RR	**40**	208	**80,000**	**80,018**	**0,020**	**78,0**	**75,4**
1108KRR(KR)	G1108KRR	RA108RR	GRA108RR	GYA108RR	1 1/2		3,1496	3,1503	0,0006	2,87	2,78
–	–	RA106RR	GRA109RR	GYA109RR	1 9/16						
E45KRR	–	–	GRAE45RR	GYAE45RR	**45**						
1110KRR	G1110KRR	RA110RR	GRA110RR	GYA110RR	1 5/8	209	**85,001**	**85,024**	**0,020**	**78,0**	**75,4**
1111KRR(KR)	G1111KRR	RA111RR	GRA111RR	GYA111RR	1 11/16		3,3465	3,3474	0,0008	3,07	2,97
1112KRR(KR)	G1112KRR	RA112RR	GRA112RR	GYA112RR	1 3/4						
E50KRR	GE50KRR	RAE50RR	GRAE50RR	GYAE50RR	**50**						
–	–	RA113RR	GRA113RR	GYA113RR	1 13/16	210	**90,000**	**90,023**	**0,020**	**83,1**	**81,0**
1114KRR	–	RA114RR	GRA114RR	GYA114RR	1 7/8		3,5433	3,5442	0,0008	3,27	3,19
1115KRR(KR)	G1115KRR	RA115RR	GRA115RR	GYA115RR	1 15/16						
–	–	–	GRA115RR2	–	2						
E55KRR	GE55KRR	RAE55RR	GRAE55RR	GYAE55RR	**55**						
1200KRR(KR)	G1200KRR	RA200RR	GRA200RR	GYA200RR	2	211	**100,000**	**100,023**	**0,020**	**90,9**	**90,4**
–	–	RA201RR	GRA201RR	GYA201RR	2 1/16		3,9370	3,9379	0,0008	3,58	3,56
1202KRR	–	RA202RR	GRA202RR	GYA202RR	2 1/8						
1203KRR(KR)	G1203KRR	RA203RR	GRA203RR	GYA203RR	2 3/16						
E60KRR	GE60KRR	–	–	–	**60**	212	**110,000**	**110,02**	**0,020**	**101,1**	**98,3**
1204KRR	–	–	–	–	2 1/4		4,3307	4,3316	0,0008	3,98	3,87
1207KRR(KR)	G1207KRR	–	–	–	2 7/16						
E75KRR	–	–	–	–	**75**	215	**130,000**	**130,025**	**0,023**	**120,9**	**116,6**
1215KRR	–	–	–	–	2 15/16		5,1181	5,1191	0,0009	4,76	4,59

(1)In Anwendungen verfügbar, in denen nicht nachgeschmiert werden kann (Präfix „g" wird weggelassen).

PASSUNGEN

Tabelle 73 auf Seite 147 dient als Richtlinie für Wellen- und Gehäusepassungen bei bestimmten Betriebsbedingungen Rillenkugellagerfür ISO P0 (ABEC 1) und ISO P6 (ABEC 3) Rillenkugellagern. Die Richtlinien für Wellen- und Gehäusetoleranzen sind auf den Seiten 132-135 aufgeführt.

EINSTELLUNG

Die Auswahl des richtigen Verfahrens für die Montage und Anpassung des Lagers ist eine Schlüsselkomponente bei der Lagereinstellung. Die Einstellung ist die Luft oder Überschneidung der Wälzkörper in den Laufbahnen eines montierten Lagers. Das interne Lagerspiel eines Lagers wird durch die Festigkeit der Passung auf den Innen- und Außenringen beeinflusst. Eine ordnungsgemäße Lagereinstellung ist für Lagerlebensdauer und Leistung von entscheidender Bedeutung. Wenn die anwendungsbezogene Einstellung festgelegt wird, sollten von der Anwendung abhängige Faktoren, die das interne Spiel beeinflussen, berücksichtigt werden. Dazu gehören Faktoren wie Last, Drehzahl, Lagerposition, Installationsmethode, Konstruktionswerkstoffe, Rundlaufgenauigkeit, Wärmeentwicklung, Umfassungsspannung, Wellen- und Gehäusekonstruktion. In diesem Abschnitt wird durch die zur Verfügung gestellten Tabellen und Informationen bei der Auswahl der Lagermontage und Passungsverfahren unterstützt, um die Leistung in allgemeinen Anwendungen zu optimieren. Bei speziellen Anwendungen wenden Sie sich für eine Überprüfung an Ihren Timken-Techniker.

Bei der Herstellung von Kugellagern ist es üblich, Ringe und Rollenelemente mit einem festgelegten internen Spiel zu fertigen. Dieswird benötigt, um die Auswirkung einer Presspassung der Lagerringe bei der Montage zu absorbieren.

Das interne Spiel dient des Weiteren dazu, die Wärmeausdehnung von Lager, Wellen und Gehäusen auszugleichen bzw. nach der Montage einen Kontaktwinkel im Lager zu erreichen.

Das interne Lagerspiel kann entweder mithilfe radialer oder axialer Messungen ermittelt werden.

Das interne Spiel bei Rillenkugellagern wird typischerweise in radialer Richtung gemessen, da es direkter mit den Wellen- und Gehäusepassungen in Beziehung steht. Dieses Vorgehen ist zudem von der Industrie vorgeschrieben.

Die radiale Lagerluft (RIC – radial internal clearance) eines einreihigen Rillenkugellagers kann als mittlerer Durchmesser der Außenringlaufbahn minus dem mittleren Durchmesser der Innenringlaufbahn minus dem zweifachen Kugelduchmesser definiert werden.

Sie lässt sich mechanisch durch horizontales Verschieben des Außenrings bestimmen, wie in Abb. 111 gezeigt. Die Gesamtbewegung des Außenrings bei ordnungsgemäßem Sitz der Kugeln bestimmt die radiale Lagerluft. Mehrere Messwerte an unterschiedlichen Orientierungen sollten durchgeführt werden, um einen aussagekräftigen Durchschnittswert zu erhalten.

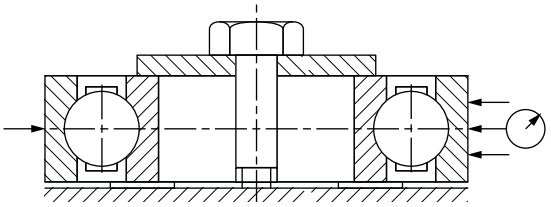


Abb. 111. Interne radiale Lagerluft

Die Bezeichnungen der Timken Company für das interne Radialspiel stimmen mit folgenden Industriebezeichnungen überein:

TABELLE 51. KENNZEICHNUNG DER RADIALEN LAGERLUFT

Lager-bezeichnung Präfix	Industrie-bezeichnung	Beschreibung
H	2	**Eng;** geringes internes Spiel; wird manchmal verwendet, um ein minimales radiales oder axiales Spiel in einer Lagereinheit zu erzielen. Beispiel: H204K.
R	0	**Normal;** internes Spiel, das üblicherweise für die empfohlene Wellen- und Gehäusepassungen ausreicht. Beispiel: RMM204K.
P	3	**Lose;** beträchtliches internes Spiel, notwendig für Anwendungen mit Presspassungen auf Außen- und Innenringen, besonderen Presspassungen oder Temperaturunterschieden. Beispiel: P204K.
J	4	**Extralose;** großes internes Spiel für Anwendungen mit großen Presspassungen oder Temperaturunterschieden. Beispiel: J204K.
JJ	5	**Extra-extralose;** besonders großes internes Spiel für Anwendungen mit großen Temperaturunterschieden und Presspassungen auf beiden Ringen.

Axialspiel

Das Messen des Axialspiels ist eine alternative Methode zur Bestimmung des internen Spiels und wird, außer für bestimmte spezielle Anwendungen, nur selten bei Rillenkugellagern verwendet. Zur Bestimmung des Axialspiels wird ein Ring des Lagers, wie in Abb. 112 dargestellt, verspannt, um eine axiale Bewegung zu verhindern. Eine Messlast wird am nicht eingeklemmten Ring angebracht, sodass die resultierende Bewegung dieses Rings parallel zur Lagerachse liegt. Das Axialspiel ist die gesamte Bewegung des nicht eingeklemmten Rings, wenn die Last zuerst in die eine und dann in die andere Richtung angelegt wird.

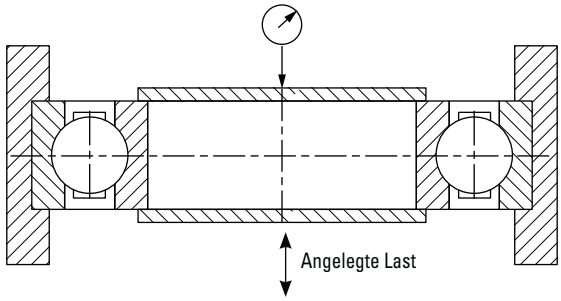


Abb. 112. Beispiel eines Axialspiels

Wenn die Schmiegungen der Laufbahnen von Innen- und Außenring bekannt sind, kann das Axialspiel leicht aus den Werten des Radialspiels unter Nulllast mit folgender Formel berechnet werden:

$$E = \sqrt{4d[RIC](K_o + K_i - 1) - RIC^2} \text{ oder } \cong \sqrt{4d[RIC](K_o + K_i - 1)}$$

Wobei: RIC^2 ist normalerweise ein sehr kleiner Wert, der in den meisten Berechnungen vernachlässigt werden kann, ohne größere Ungenauigkeiten zu verursachen.

Der Kontaktwinkel (α) hängt mit der radialen Lagerluft wie folgt zusammen:

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{E}{2 (K_o + K_i - 1) d}$$

Wobei: d = Kugeldurchmesser.

TABELLE 52. RILLENKUGELLAGER –GRENZWERTE FÜR DIE RADIALE LAGERLUFT[1]

Bohrungsdurchmesser		Timken® Präfix (Industriebezeichnung)									
		H(C2)		R(C0)		P(C3)		J(C4)		JJ(C5)	
Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
mm Zoll		**mm** Zoll		**mm** Zoll		**mm** Zoll		**mm** Zoll		**mm** Zoll	
2,5000 0,0984	**10,000** 0,3937	**0,007** 0,0003	**0,000** 0,0000	**0,013** 0,0005	**0,002** 0,0001	**0,023** 0,0009	**0,008** 0,0003	**0,029** 0,0011	**0,014** 0,0006	**0,037** 0,0015	**0,020** 0,0008
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**0,009** 0,00035	**0,000** 0,0000	**0,018** 0,0007	**0,003** 0,0001	**0,025** 0,001	**0,011** 0,0004	**0,033** 0,0013	**0,018** 0,0007	**0,045** 0,0018	**0,025** 0,0010
18,000 0,7087	**24,000** 0,9449	**0,010** 0,0004	**0,000** 0,0000	**0,020** 0,0008	**0,005** 0,0002	**0,028** 0,0011	**0,013** 0,0005	**0,036** 0,0014	**0,020** 0,0008	**0,048** 0,0019	**0,028** 0,0011
24,000 0,9449	**30,000** 1,811	**0,011** 0,00045	**0,001** 0,0001	**0,020** 0,0008	**0,005** 0,0002	**0,028** 0,0011	**0,013** 0,0005	**0,041** 0,0016	**0,023** 0,0009	**0,053** 0,0021	**0,030** 0,0012
30,000 1,811	**40,000** 1,5748	**0,011** 0,00045	**0,001** 0,0001	**0,020** 0,0008	**0,006** 0,0002	**0,033** 0,0013	**0,015** 0,0006	**0,046** 0,0018	**0,028** 0,0011	**0,064** 0,0025	**0,040** 0,0016
40,000 1,5748	**50,000** 1,9685	**0,011** 0,00045	**0,001** 0,0001	**0,023** 0,0009	**0,006** 0,00025	**0,036** 0,0014	**0,018** 0,0007	**0,051** 0,0020	**0,030** 0,0012	**0,073** 0,0029	**0,045** 0,0018
50,000 1,9685	**65,000** 2,5591	**0,015** 0,0006	**0,001** 0,0001	**0,028** 0,0011	**0,008** 0,00035	**0,043** 0,0017	**0,023** 0,0009	**0,061** 0,0024	**0,038** 0,0015	**0,090** 0,0035	**0,055** 0,0022
65,000 2,5591	**80,000** 3,1496	**0,015** 0,0006	**0,001** 0,0001	**0,030** 0,0012	**0,010** 0,0004	**0,051** 0,0020	**0,025** 0,0010	**0,071** 0,0028	**0,046** 0,0018	**0,105** 0,0041	**0,065** 0,0026
80,000 3,1496	**100,000** 3,9370	**0,018** 0,0007	**0,001** 0,0001	**0,036** 0,0014	**0,012** 0,00045	**0,058** 0,0023	**0,030** 0,0012	**0,084** 0,0033	**0,053** 0,0021	**0,120** 0,0047	**0,075** 0,0030
100,000 3,9370	**120,000** 4,7244	**0,020** 0,0008	**0,002** 0,0001	**0,041** 0,0016	**0,015** 0,0006	**0,066** 0,0026	**0,036** 0,0014	**0,097** 0,0038	**0,061** 0,0024	**0,140** 0,0055	**0,090** 0,0035
120,000 4,7244	**140,000** 5,5118	**0,023** 0,0009	**0,002** 0,0001	**0,048** 0,0019	**0,018** 0,0007	**0,081** 0,0032	**0,041** 0,0016	**0,114** 0,0045	**0,071** 0,0028	**0,160** 0,0063	**0,105** 0,0041
140,000 5,5118	**160,000** 6,2992	**0,023** 0,0009	**0,002** 0,0001	**0,053** 0,0021	**0,018** 0,0007	**0,091** 0,0036	**0,046** 0,0018	**0,130** 0,0051	**0,081** 0,0032	**0,180** 0,0071	**0,120** 0,0047
160,000 6,2992	**180,000** 7,0886	**0,025** 0,0010	**0,002** 0,0001	**0,061** 0,0024	**0,020** 0,0008	**0,102** 0,0040	**0,053** 0,0021	**0,147** 0,0058	**0,091** 0,0036	**0,200** 0,0079	**0,135** 0,0053
180,000 7,0886	**200,000** 7,8740	**0,030** 0,0012	**0,002** 0,0001	**0,071** 0,0028	**0,025** 0,0010	**0,117** 0,0046	**0,063** 0,0025	**0,163** 0,0064	**0,107** 0,0042	**0,230** 0,0091	**0,150** 0,0059
200,000 7,8740	**240,000** 9,4488	**0,036** 0,0014	**0,003** 0,0001	**0,081** 0,0032	**0,030** 0,0012	**0,137** 0,0054	**0,074** 0,0029	**0,193** 0,0076	**0,127** 0,0050	**0,267** 0,0105	**0,183** 0,0072
240,000 9,4488	**280,000** 11,0236	**0,041** 0,0016	**0,003** 0,0001	**0,097** 0,0038	**0,033** 0,0013	**0,157** 0,0062	**0,086** 0,0034	**0,224** 0,0088	**0,147** 0,0058	**0,310** 0,0122	**0,213** 0,0084
280,000 11,0236	**320,000** 12,5984	**0,048** 0,0019	**0,005** 0,0002	**0,114** 0,0045	**0,041** 0,0016	**0,180** 0,0071	**0,104** 0,0041	**0,257** 0,0101	**0,170** 0,0067	**0,353** 0,0139	**0,246** 0,0097
320,000 12,5984	**370,000** 14,5669	**0,053** 0,0021	**0,005** 0,0002	**0,127** 0,0050	**0,046** 0,0018	**0,208** 0,0082	**0,117** 0,0046	**0,295** 0,0116	**0,198** 0,0078	**0,409** 0,0161	**0,284** 0,0112
370,000 14,5669	**430,000** 26,9291	**0,064** 0,0025	**0,008** 0,0003	**0,147** 0,0058	**0,056** 0,0022	**0,241** 0,0095	**0,137** 0,0054	**0,340** 0,0134	**0,231** 0,0091	**0,475** 0,0187	**0,330** 0,013
430,000 26,9291	**500,000** 19,6850	**0,074** 0,0029	**0,010** 0,0004	**0,170** 0,0067	**0,066** 0,0026	**0,279** 0,0110	**0,160** 0,0063	**0,396** 0,0156	**0,269** 0,0106	**0,551** 0,0217	**0,386** 0,0152
500,000 19,6850	**570,000** 22,4409	**0,081** 0,0032	**0,010** 0,0004	**0,193** 0,0076	**0,074** 0,0029	**0,318** 0,0125	**0,183** 0,0072	**0,450** 0,0177	**0,307** 0,0121	**0,630** 0,0248	**0,439** 0,0173
570,000 22,4409	**640,000** 25,1969	**0,091** 0,0036	**0,013** 0,0005	**0,216** 0,0085	**0,085** 0,0033	**0,356** 0,0140	**0,206** 0,0081	**0,505** 0,0199	**0,345** 0,0136	**0,706** 0,0278	**0,495** 0,0195
640,000 25,1969	**710,000** 27,9528	**0,114** 0,0045	**0,020** 0,0008	**0,239** 0,0094	**0,107** 0,0042	**0,394** 0,0155	**0,229** 0,0090	**0,564** 0,0222	**0,384** 0,0151	**0,780** 0,0307	**0,554** 0,0218
710,000 27,9528	**800,000** 31,4961	**0,211** 0,0083	**0,028** 0,0011	**0,353** 0,0139	**0,201** 0,0079	**0,587** 0,0231	**0,345** 0,0136	**0,833** 0,0328	**0,577** 0,0227	**1,148** 0,0452	**0,823** 0,0324
800,000 31,4961	**1060,000** 41,7323	**0,211** 0,0083	**0,028** 0,0011	**0,353** 0,0139	**0,201** 0,0079	**0,587** 0,0231	**0,345** 0,0136	**0,833** 0,0328	**0,577** 0,0227	**1,148** 0,0452	**0,823** 0,0324

[1]Für Rillenkugellager von Timken sind die radialen Lagerluftwerte (RIC) R(C0) und P(C3) Standard. Für Lageraußendurchmesser größer 52 mm (2,0472 Zoll) wird P(C3) empfohlen.

PRÄZISIONSLAGER

AUSLEGUNG

Werkzeugmaschinen sind ein verbreitetes Anwendungsgebiet für Präzisionslager und werden auf den folgenden Seiten als typische Beispiele genannt. In der Terminologie der Werkzeugmaschinenbranche wird die Welle häufig als Spindel bezeichnet. Um die Terminologie einzuhalten, wird der Begriff Spindel im Abschnitt „Präzisionslager" dieses Handbuchs verwendet.

Das Erzielen einer hohen Spindelgenauigkeit hängt nicht nur von der Auswahl eines geeigneten Präzisionslagers ab, sondern auch von folgenden Faktoren:

- Gute Gestaltung und genaue Bearbeitung der Komponenten, die das Lager aufnehmen (Rundheit und Ausrichtung der Lagersitze, Rechtwinkligkeit der Stützschultern von Spindel und Gehäuse und Oberflächengüte)
- Richtige Anwendung der Hinweise, die mit den Lagern geliefert werden
- Korrektes Einhalten der Passungsempfehlungen.
- Sachgerechte Lagereinstellung.

Die Auswahl der am besten geeigneten Lagerbauform wird hauptsächlich durch die Anforderungen an Steifigkeit, Drehzahleignung und einfachen Einbau vorgegeben.

Gestaltung und Genauigkeit der Montageflächen

Der gesamte Rundlauf eines Systems aus Spindel, Lager und Gehäuse ist eine Kombination der Rundlauftoleranzen der Einzelkomponenten. Ein Lagerring kann sich der Form der Spindel oder des Gehäuses anpassen, in der/dem dieser montiert ist, und jeglicher Rundlauffehler wird in das System übertragen. Bei der Anwendung in werkzeugmaschinen wird der Rundlauffehler von Gehäuse, Spindel und Lager auf das Werkstück übertragen. Daher ist besonders auf die Gestaltung und Präzision der Montageflächen zu achten.

Die Hauptfunktion von Sitz und Anschlussflächen der Lagerringe besteht darin, die Position und die Ausrichtung des Lagers unter allen Last- und Betriebsbedingungen zu erhalten. Für eine optimale Leistungsfähigkeit der Lagerung ist es wichtig, die Rundheit der Sitze und Anschlussflächen präzise zu gestalten und diese rechtwinkligzur Spindelachse auszurichten. Die Anschlagschultern müssen ausreichend dimensioniert sein, sodass sie der axialen Verformung unter Last standhalten können.

Gehäusekonstruktion

Gehäuse werden meist aus Gusseisen oder Stahl gefertigt und sind im Allgemeinen wärmebehandelt, um eine mögliche Formänderung zu reduzieren. Für kleinere Anwendungen bei hoher Drehzahl werden Stahlgehäuse bevorzugt.

Die Gehäusebohrung sollte geschliffen oder gebohrt sein und die Einhaltung der Form- und Lagertoleranzen an verschiedenen Stellen geprüft werden.

Die Lager sollten vorzugsweise in einem aus einem Stück bestehenden Gehäuse installiert werden, damit die beiden Gehäusebohrungen möglichst gleichzeitig bearbeitet und die Lager präzise ausgerichtet werden können.

Häufig ist es von Vorteil, eine Stahlhülse zwischen dem Außenring des Lagers und dem Gehäuse einzufügen. Die Montage der Lager kann dann auf der Welle separat erfolgen und anschließend als Einheit in die Hülse eingefügt werden. Wenn Gehäuse aus Materialien mit einer niedrigen Brinellhärte wie z.B. Aluminium oder anderen Weichmetallen gefertig sind, kann dadurch eine ausreichende Oberflächenhärte erzielt werden.

Die Anschlagschultern von Spindel und Gehäuse sollten rechtwinklig und eben sein und über einen Durchmesser entsprechend den Empfehlungen der jeweiligen Teilenummern verfügen. Die Wahl zwischen Ausrundung und Freistich beruht auf der spezifischen Spindelbauform und den regulären Betriebsbedingungen.

Wenn Verschlusskappen mit Schrauben am Gehäuse befestigt werden, sollte ausreichend Abstand zwischen dem Schraubloch und der Gehäusebohrung vorhanden sein. Dies ist erforderlich, damit sich die Gehäusebohrung nicht verformt, wenn die Schrauben angezogen werden.

Vor dem Zusammenbau sollten Wellen und Gehäuse ebenso wie Schmiermittelöffnungen und -kanäle gründlich gereinigt werden, um alle Fremdkörper zu entfernen, die möglicherweise durch das Schmiermittel in das Lager eingebracht werden und dort zu Lagerschäden führen könnten.

Gehäusedichtungen

Eine Labyrinthkombination aus Schleuderscheibe und Abdeckung bietet eine effektive Abdichtung gegen das Eindringen von Fremdmaterialien. Diese Dichtung wird zur Abdichtung über einen breiten Drehzahlbereich empfohlen. Bei Anwendungen mit geringerer Drehzahl wird meist eine Kombination aus Schleuderscheibe und handelsüblichen Berührungsdichtungen verwendet.

Schleuderscheiben sollten über ihre gesamte Fläche bearbeitet werden, um einen gleichmäßigen Lauf zu gewährleisten. Ihr Durchmesser sollte konzentrisch zur Bohrung sein. Der Außendurchmesser der Schleuderscheibe ist häufig konisch, um Schneidmaterial, Kühlmittel usw. von der möglichen Eintrittsstelle in die Spindel abzulenken. Daher ist eine Tropf- oder Ablaufnut gegenüber der offenen Lippe der Endabdeckung sinnvoll und wird empfohlen.

Der axiale Spielraum zwischen Schleuderscheibe und Endabdeckung sollte etwa 1,600 mm (0,0629 Zoll) betragen. Der erste radiale Spalt, durch den Flüssigkeiten laufen können, sollte bei jeder Anordnung sehr eng entworfen werden, etwa 0,089 mm (0,0035 Zoll) pro Seite. Die innere Radialluft sollte im Bereich zwischen 0,380 mm (0,0149 Zoll) und 0,190 mm (0,0075 Zoll) liegen.

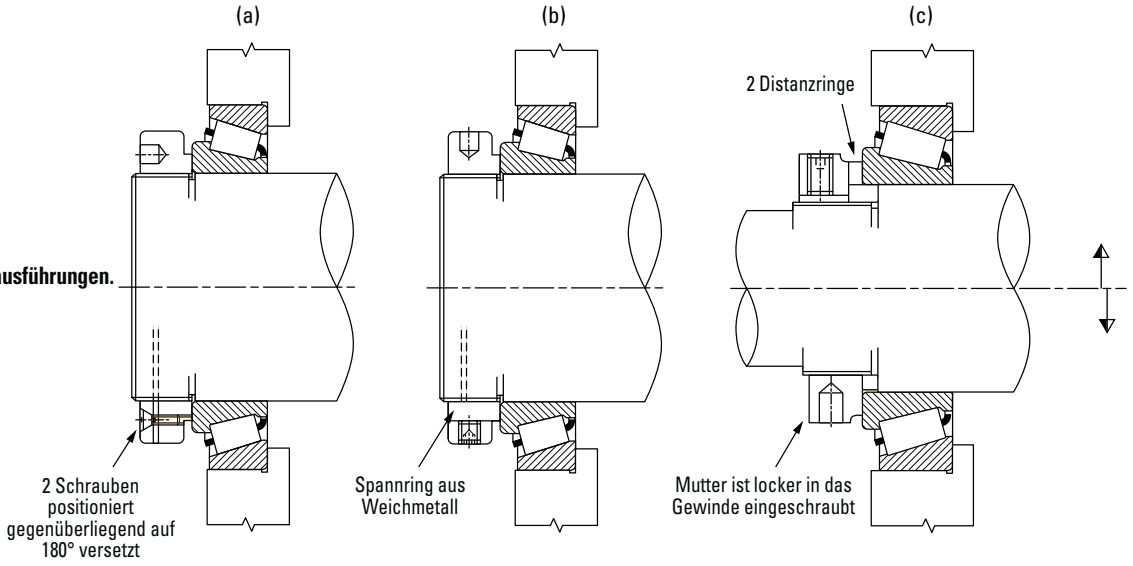


Abb. 113. Sicherungsausführungen.

Wellen

Wellen werden vorzugsweise aus gehärtetem und geschliffenem Stahl gefertigt; falls geeignet wird eine Härte von 45-50 HRC empfohlen. Wenn möglich, sollten die Stützschultern und Sitze des Lagers im gleichen Arbeitsschritt geschliffen werden. Dadurch werden Laufruhe und Rundlaufgenauigkeit verbessert, die bei Anwendungen mit hohen Drehzahlen von entscheidender Bedeutung sind. Die empfohlene Wellengeometrie finden Sie auf Seite 121.

Sicherungsausführungen

In den meisten Fällen werden Spindelanordnungen durch die ordnungsgemäße Positionierung des hinteren Lagerinnenrings eines aus zwei einreihigen Kegelrollenlagern bestehenden Systems 2TS(F)-eingestellt. Häufig wird für die Sicherung eine Einstellmutter verwendet. Zur Sicherung der Mutter nach der Einstellung ist eine Sicherung erforderlich. Dies geschieht entweder axial, mithilfe von zwei um 180° gegeneinander versetzte Schrauben, die das Gewinde verklemmen (Abb. 113a), oder radial, durch Verspannen einer Schraube auf einen Spannring aus Weichmetall (Abb. 113b).

Für bessere Genauigkeit kann auch ein geschliffener Abstandshalter in Verbindung mit einer quadratisch geschliffenen Spindelschulter und einer Präzisionssperrmutter verwendet werden (Abb. 114). Durch eine gute Parallelität der geschliffenen Seitenflächen der Distanzringe und die Rechtwinkligkeit der Spindelanschlagschulter wird sichergestellt, dass die Anlageflächen der Mutter fest angezogen werden kann und so der Innenring ordnungsgemäß ausgerichtet ist. Diese Einbausituation sorgt überdies dafür, dass die anfänglich definierte Einstellung vom Endanwender nicht geändert werden kann. Abbildung 113c zeigt zwei verschieden Lösungen mit geschliffenen Distanzringen. In der über der Mittellinie dargestellten Lösung kann die ursprüngliche Einstellung durch den Abstandshalter sowohl erhöht als auch verringert werden.

Eine gute Ausrichtung, Rundheit und Rechtwinkligkeit der Stützschultern einer Spindel kann erreicht werden, indem die Innenringsitze und Stützschultern in einem Arbeitsschritt geschliffen werden (Abb. 115). Außerdem kann bei dieser Methode die Anlagefläche der Nutmutter (falls vorhanden) ebenfalls abgeschliffen werden, indem die Mutter auf dem Gewinde fixiert wird. So wird eine mögliche Fehlausrichtung durch das interne Gewindespiel der Mutter verhindert.

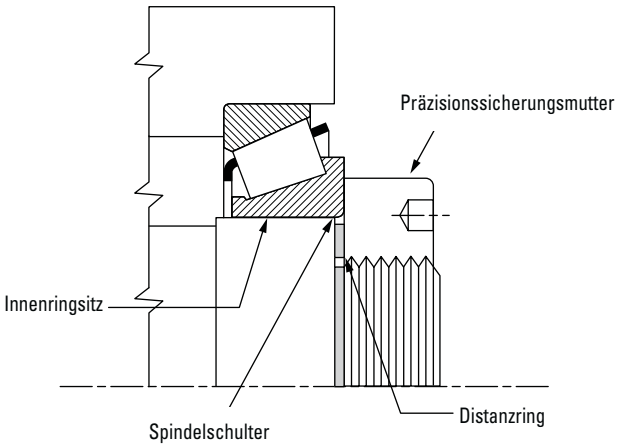


Abb. 114. Verwendung eingeschliffener Distanzringe und Spindelschultern mit einer Präzisionsmutter für verbesserte Genauigkeit.

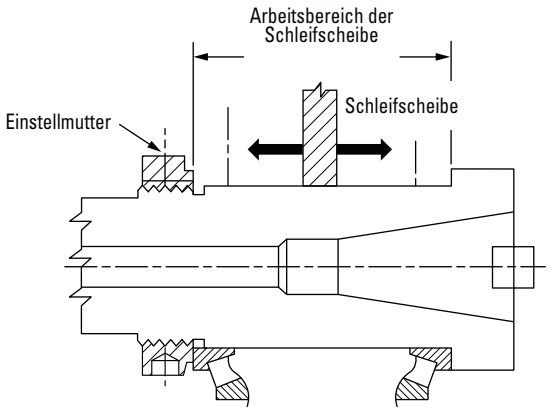


Abb. 115. Einschleifen der Innenringsitze und der Stützschultern.

Anordnungen von Präzisions-Kegelrollenlager

Kegelrollenlager werden hauptsächlich bei zwei grundlegenden Spindelausführungen verwendet:

- Lageranordnung mit dreifacher Abstützung für Schwerlastspindeln oder lange Spindeln.
- Lageranordnung mit zwei einreihigen Lagern.

Lageranordnung mit dreifacher Abstützung

In Abb. 116 ist eine gekapselte Konstruktion mit einer dreifachen Lageranordnung dargestellt. Die beiden vorderen einreihigen Kegelrollenlager (rechts) sind axial als Festlager angestellt und nehmen axiale Kräfte in beide Richtungen auf, während das hintere doppelreihige Kegelrollenlager als Loslager eingebaut ist, um die thermische Ausdehnung der Spindel aufzunehmen. Die Loslagerung kann entweder durch ein Kegelrollenlagerpaar oder ein Zylinderrollenlager unterstützt werden.

Diese Anordnung wird hauptsächlich im schweren Werkzeugmaschinenbau für Maschinen verwendet, die mit niedrigen oder mittleren Drehzahlen betrieben werden, sowie für Ausführungen mit langer Spindel.

Lageranordnung mit zwei einreihigen Lagern

Die Entwicklung von zwei einreihigen Lageranordnungen für Spindeln, die auf Seite 112 behandelt werden, hängt direkt mit den Drehzahlen und folglich mit den verwendeten Schmierverfahren zusammen.

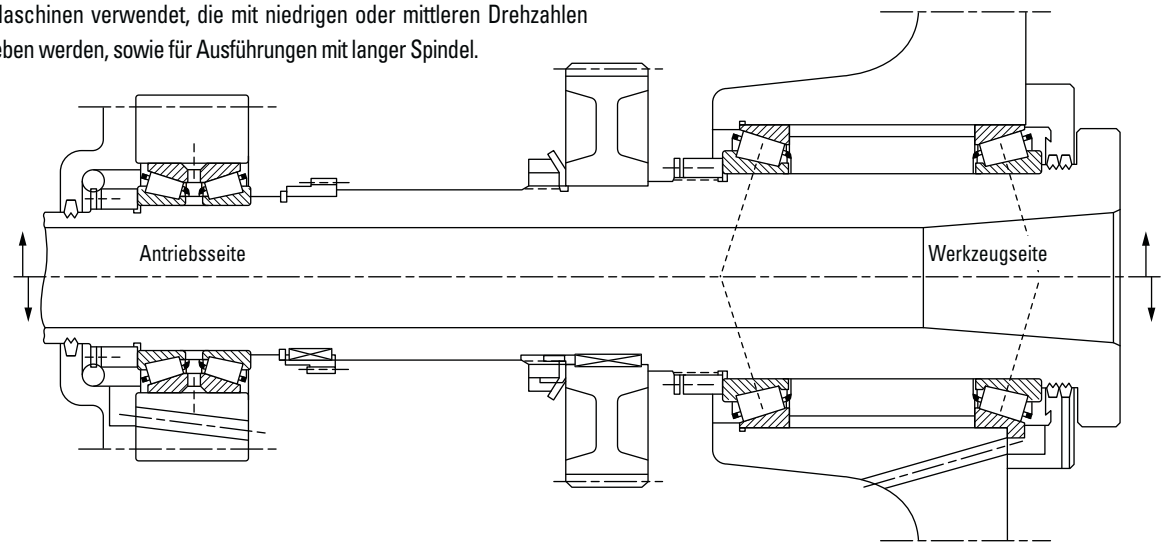


Abb. 116. Gekapselte Konstruktion mit einem doppelreihigen TDO-Lager in der Loslagerposition.

TS- und TSF-Anordnung

Die Spindel wird von einem Lager auf der Werkzeugseite und einem zweiten auf der Antriebsseite unterstützt. Diese Anordnung bietet den Vorteil einer montagefreundlichen Bauweise, bei der benachbarte Teile einfach bearbeitet werden können. Montage und Einstellung können mit Standardmethoden ausgeführt werden.

Durch Steifigkeitsberechnungen für das Spindellagersystem kann der optimale Lagerabstand bei jeder Anordnung als Funktion des Überstandswerts der Spindelnase genau bestimmt werden. Als gute Näherung dient die Faustregel, dass der Abstand zwischen dem effektiven Abstand der Lager etwa zweieinhalb- bis dreimal so groß sein sollte, wie der Durchmesser der Spindelnase. Dies ist nicht nur der optimale Wert in Bezug auf die Steifigkeit sondern betrifft auch die thermische Ausdehnung.

In Abb. 117 ist die einfachste Anordnung einer Lagerbauart mit zwei einreihigen Lagern dargestellt. Die Darstellung oberhalb der Mittellinie zeigt Außenringe mit Flansch (Typ TSF), die eine durchgehende Bearbeitung der Bohrung des Gehäuses ermöglichen. Dies erhöht die Genauigkeit, ohne dass Stützschultern für die Außenringe erforderlich sind. In der unterhalb der Mittellinie gezeigten Anordnung werden zwei einreihige Lager (Typ TS) verwendet.

Die Lager werden durch geschliffene Distanzringe eingestellt, die durch eine Präzisionsmutter gesichert sind. Die Schmierung erfolgt meist über umlaufendes Öl, das durch radiale Ölzuläufe ins System gelangt, oder über ein spezielles Hochgeschwindigkeitsfett.

Wie in den Abbildungen 118 und 119 dargestellt, besteht der nächste Entwicklungsschritt in der Verbesserung des Schmiersystems durch geeignete Düsen für den Öleinlass und die Kühlung.

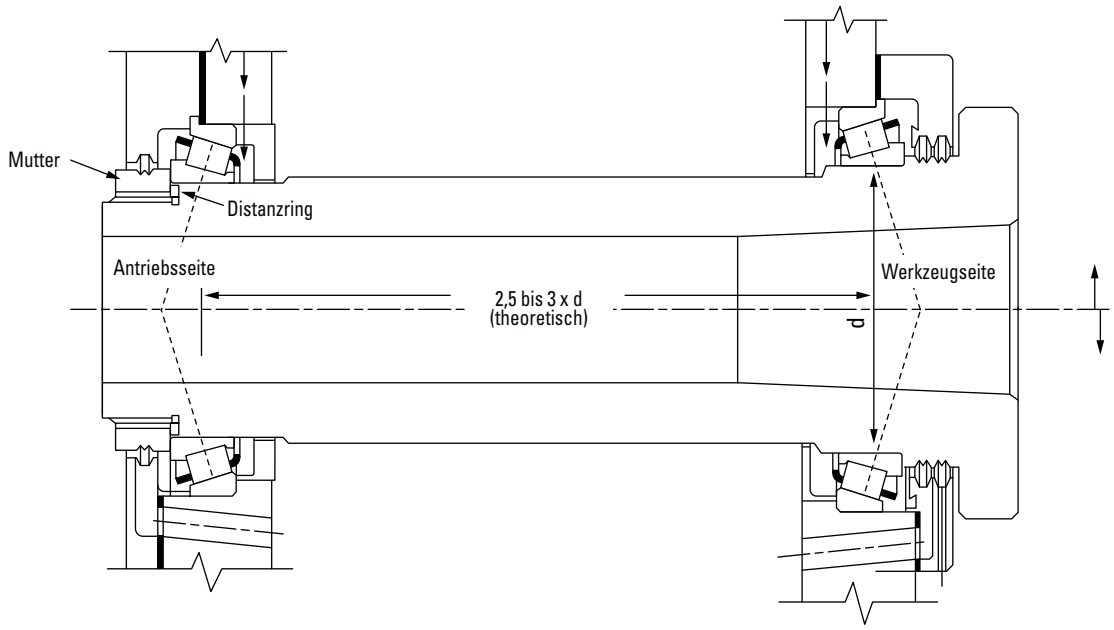


Abb. 117. Einfache Anordnung mit einem TS- oder TSF-Lagerpaar.

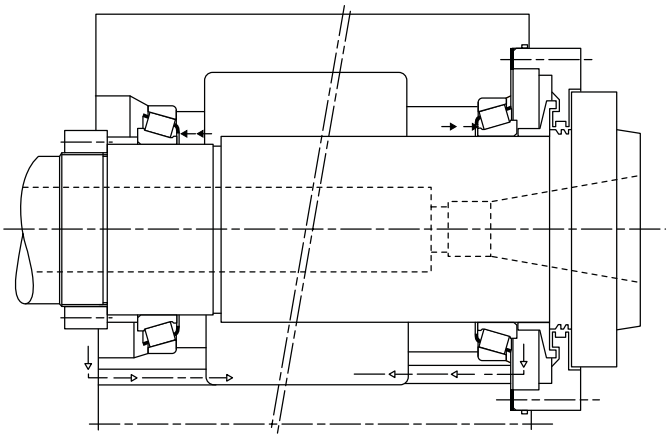


Abb. 118. Einfache Anordnung eines TS-Lagerpaars mit Öleinlass am kleinen Rollenende.

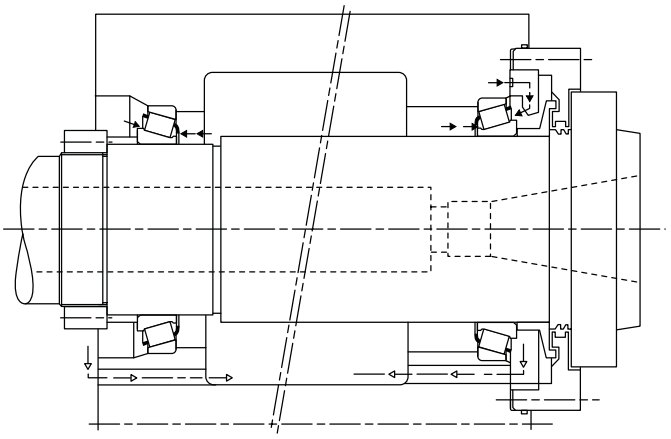


Abb. 119. Einfache Anordnung eines TS-Lagerpaars mit Öldüsen an beiden Rollenenden für Öleinlass und Kühlung.

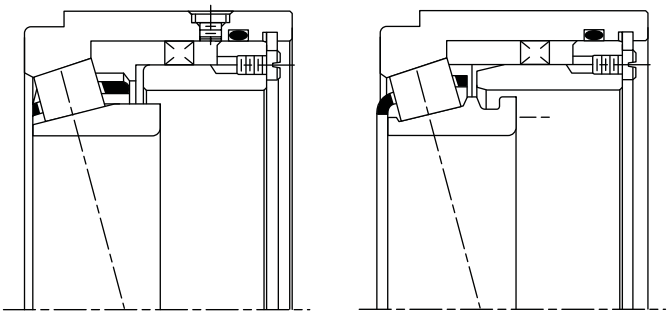


Abb. 120. Zwei Ausführungen des Hydra-Rib-Lagers.

TS (F) und Hydra-Rib

Eine typische Spindelanordnung ist die Kombination eines Hydra-Rib-Lagers mit einem einreihigen TS-Lager (Abb. 121). Das Hydra-Rib-Lager ist auf der Antriebsseite angebracht und das TS-Lager auf der Werkzeugseite der Spindel. Der Führungsbord des Außenrings verbessert die Schmierung bei hohen Drehzahlen, da der natürliche Ölfluss durch die Zentrifugalkraft an den Führungsbord geleitet wird. Ein einfacher axialer Öleinlass über dem Käfig am kleinen Rollenende reicht daher zur Schmierung des Hydra-Rib-Lagers.

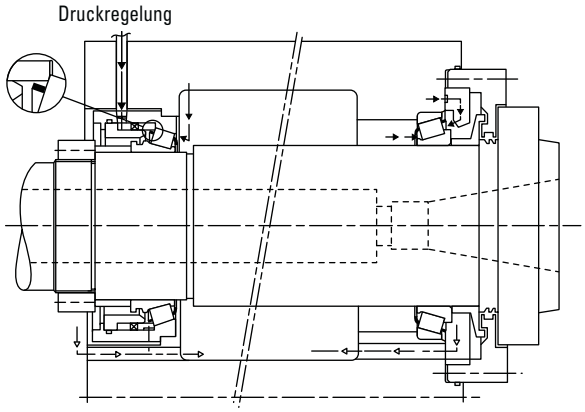


Abb. 121. Einfache Lagerung mit einem Hydra-Rib-Lager, das durch einen axialen Öleinlass gekühlt wird und einem TS-Lager mit Öldüsen zur Kühlung an beiden Rollenenden.

TSMA und Hydra-Rib

In Abb. 122 ist dieselbe Anordnung mit einem TSMA-Lager dargestellt. Diese Anordnung ermöglicht die größte Bandbreite an Betriebsdrehzahlen bei optimaler Vorspannung.

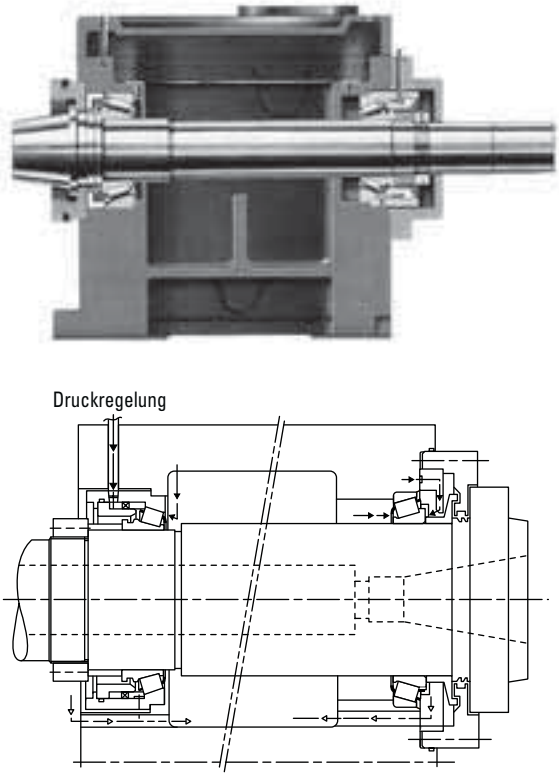


Abb. 122. Einfache Lagerung mit einem Hydra-Rib-Lager , das durch einen axialen Öleinlass gekühlt wird und einem TSMA-Lager mit Öldüsen für Öleinlass und Kühlung an beiden Rollenenden.

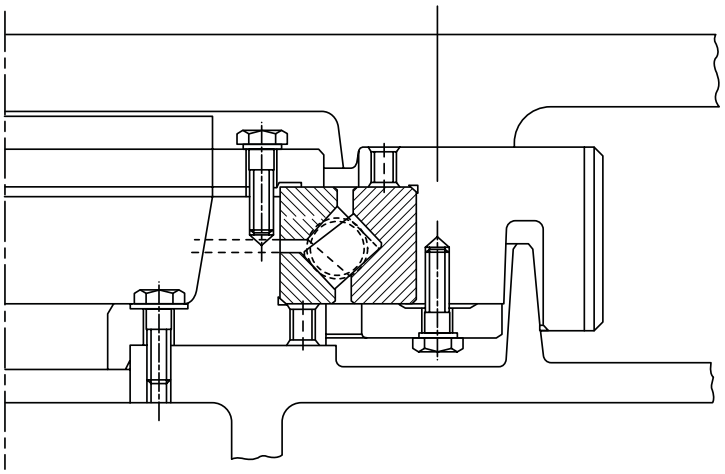


Abb. 123. Typische Lageranordnung eines TXRDO-Lagers.

Kreuzrollenlager

TXR (DO)

Eine typische Lageranordnung für das Kreuzrollenlager des Typs TXRDO ist in Abbildung 123 dargestellt.

Die gezeigte Anordnung wird durch einen Ölkreislauf in Verbindung mit einem Ölstand geschmiert, der innerhalb des Systems gehalten wird. Bei geeigneter Abdichtung ist auch ein Betrieb mit Schmierfett möglich.

Die Bohrung des Gehäuses (DH) und der Innendurchmesser des Aufnahmezapfens (DS) (Abb. 124) sollten bearbeitet werden, um den Mittelwert der empfohlenen Presspassungen zu erreichen (Seiten 178-179).

Das Lager wird von außen durch Segmente unter der oberen Klemmplatte justiert (Abb. 124), um die nötige Vorspannung zu erreichen.

Ausführlichere Informationen zum Einsatz von Kreuzrollenlagern erhalten Sie bei Ihrem Timken-Techniker.

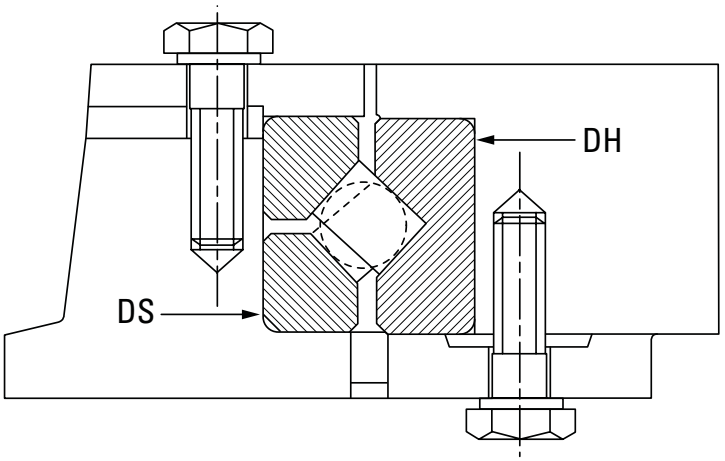
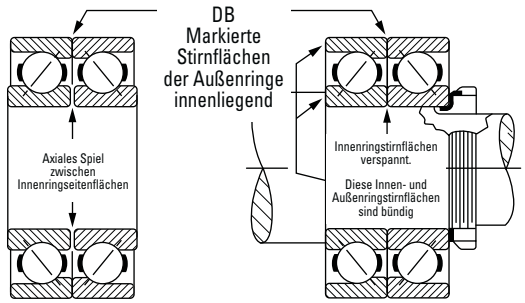


Abb. 124. Passung und Einstellung von TXR-Lagern.

Duplex-Präzisionskugellager

Montage DB oder O-Anordnung (Back-to-back, die Kontaktwinkel laufen in Richtung der Wellenmittellinie auseinander)

Vor der Montage ist zwischen den zwei benachbarten Seitenflächen der Innenringe ein Spiel vorhanden. Nach der Montage sind diese Stirnflächen verspannt, sodass jedes Lager eine interne Vorspannung hat. Diese Anordnung ist gut geeignet für Riemenscheiben, Seilscheiben und andere Anwendungen, bei denen Kippmomente auftreten, sowie für alle Loslagerpositionen, bei denen es zu einer thermischen Wellenausdehnung kommt. Außerdem bietet die Anordnung axiale und radiale Steifigkeit bei gleicher axialer Tragfähigkeit in beiden Richtungen, wenn sie in einer Festlagerposition verwendet wird. Die O-Anordnung ist die am häufigsten verwendete Duplex-Anordnung.

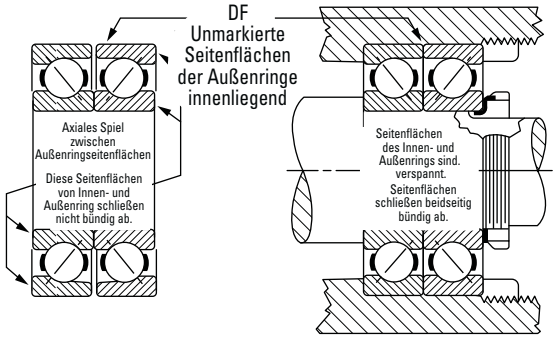


Vor der Montage **Nach der Montage**

Abb. 125. In O-Anordnung montierte Lagerbaugruppen vor und nach der Montage.

Montage mit DF- oder X-Anordnung (Face-to-Face, die Kontaktwinkel laufen in Richtung der Wellenmittellinie zusammen)

Vor der Montage ist zwischen den zwei benachbarten Seitenflächen der Außenringe ein Spiel vorhanden. Nach der Montage sind diese Stirnflächen zwischen der Gehäuseschulter und der Schulter der Abdeckplatte verspannt, sodass jedes Lager eine interne Vorspannung hat. Diese Anordnung bietet die gleiche axiale Tragfähigkeit in beiden Richtungen sowie radiale und axiale Steifigkeit. Da die Montage in X-Anordnung inhärente Nachteile in Form eines geringen Widerstands gegen Momentbelastungen und thermische Instabilität hat, sollte sie nur in Erwägung gezogen werden, wenn sich der Ein- und Ausbau der Lager dadurch wesentlich vereinfachen lässt.

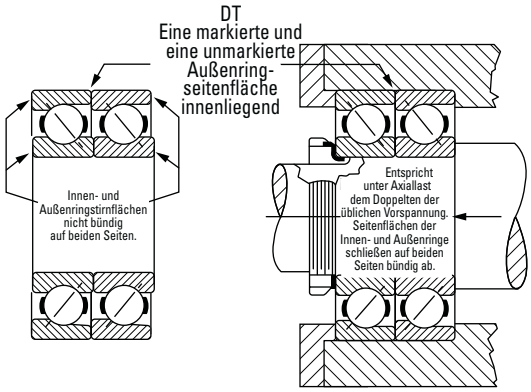


Vor der Montage **Nach der Montage**

Abb. 126. In X-Anordnung montierte Lagerbaugruppen vor und nach der Montage.

Tandem-Anordnung, DT

Vor der Montage sind die Innenringseitenflächen jedes Lagers zu den Außenringseitenflächen versetzt. Wenn nach der Montage Axiallasten angelegt werden, die dem Doppelten der üblichen Vorspannung entsprechen, werden die Seitenflächen der Innen- und Außenringe auf beiden Seiten ausgerichtet. Diese Anordnung bietet die doppelte axiale Tragfähigkeit, jedoch nur in eine Belastungsrichtung. Falls zusätzliche axiale Kapazität erforderlich ist, können auch mehr als zwei Lager in der Tandem-Stellung verwendet werden.

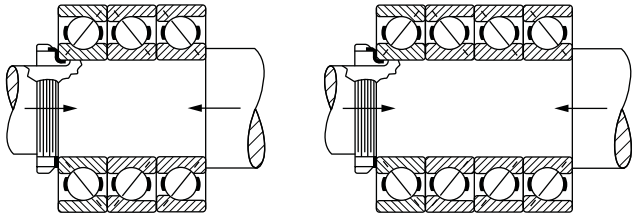


Vor der Montage **Nach der Montage**

Abb. 127. Tandem-Lagerbaugruppen vor und nach der Montage.

Andere Montageanordnungen

Planparallel geschliffene (DU) Paare können in Kombination mit einem einzelnen planparallel geschliffenen Lager als Triplex (TU)-Lagersatz montiert werden (vgl. Abb. unten). Außerdem ist ein Quadruplex (QU)-Lagersatz dargestellt, in dem drei Lager in Tandem-Anordnung mit einem einzelnen Lager in O-Anordnung kombiniert werden. Diese Anordnungen bieten hohe axiale Tragfähigkeit in einer Richtung und außerdem eine zwangsläufig starre Lagerung, die ein gewisses Maß an Axialbelastung in umgekehrter Richtung aufnehmen kann.



TU **QU**

Abb. 128. Typische Triplex- und Quadruplex-Lageranordnungen.

Lagerungen in O-Anordnung bzw. X-Anordnung

Lagerungen, in denen die Lager in X-Anordnung montiert sind, sind bedenklich, da sie die geringste Steifigkeit bieten. Außerdem kann bei dieser Anordnung aufgrund des Temperaturgradienten zwischen Gehäusen, Wellen und Lagern bei vergleichsweise hohen Drehzahlen eine enorme Lagervorspannung aufgebaut werden. Bei Zunahme dieses Gradienten steigt die Lagervorspannung und initiiert so einen nachteiligen Kreislauf, durch den die Spindel vorzeitig beschädigt werden kann.

In Anwendungen ändert sich die Temperatur der Spindel für gewöhnlich schneller als die Gehäusetemperatur und sorgt so für Temperaturunterschiede zwischen beiden Komponenten. Dies liegt daran, dass das freie Gehäuse mehr Wärme abgeben kann. Daher dehnen sich die Spindel und der Distanzring des Innenrings schneller aus als das Gehäuse und der Distanzring des Außenrings. Durch die Ausdehnung von Spindel und Distanzring in Längsrichtung werden Axiallasten auf jedes Lager aufgebaut, die so lange ansteigen, bis die Gleichgewichtstemperatur erreicht ist. Dies geschieht, wenn sich die mittlere Gehäusetemperatur angleicht und sich die von den Lagern übertragene Wärme an die innerhalb des Systems erzeugte Wärme annähert. Wenn das Gehäuse sehr hohe Temperaturen erreicht, steigt die anfängliche Lagertemperatur daher erheblich an.

Bei der Lagerung in X-Anordnung in Abb. 129 dehnt sich die Welle radial und axial aus, und der Distanzring des Innenrings verlängert sich, allerdings schneller als der Distanzring des Außenrings. Diese thermische Ausdehnung führt zu einer zusätzlichen axialen Belastung auf beide Innenringe, durch die die Vorspannung der Lager erhöht wird. Umgekehrt sorgt die Längenausdehnung des Innenring-Distanzrings bei der Lagerung in O-Anordnung in Abb. 130 eher für eine Abnahme als für eine Zunahme der Lagervorspannung.

Die beiden Paare in O-Anordnung in Abb. 131 sind so montiert, dass die beiden mittleren Lager sich in X-Anordnung gegenüberstehen. Wie bereits zuvor erörtert, sorgen die Temperaturgradienten dieser inneren Lager für einen Anstieg der Vorspannung während des Betriebs. Der Betrieb dieser Lageranordnung wird nicht empfohlen. Bei einer Lageranordnung, wie in Abb. 132 gezeigt, werden die äußeren zwei Lager übermäßigen Axiallasten ausgesetzt, wenn die Temperatur entlang der Welle über die des Gehäuses ansteigt. Die beiden inneren Lager werden entlastet, und es beginnt ein tückischer Kreislauf, in dem die Temperaturen steigen, die Vorspannung erhöht und der Schmierstoff zerstört wird. Diese nachteilige Montageanordnung wird ebenfalls nicht empfohlen. Die gleichen Lager sind in Abbildung 133 als korrekt in O-Anordnung montiertes Tandempaar dargestellt. Die laterale Ausdehnung der Welle und des Innenring-Distanzrings erhöht bei dieser Lagerung weder die Axialbelastung noch die Lagervorspannung.

Daher werden bei Werkzeugmaschinenspindeln vorzugsweise in O-Anordnung montierte Lagerungen verwendet, um ein Ansteigen der Vorspannung aufgrund thermischer Ausdehnung zu vermeiden. Bei Verwendung von zwei Paaren sollte die Montage der einzelnen Paare in Tandem-Anordnung erfolgen, die Kombination der beiden Paare jedoch in O-Anordnung wie in Abb. 133 gezeigt.

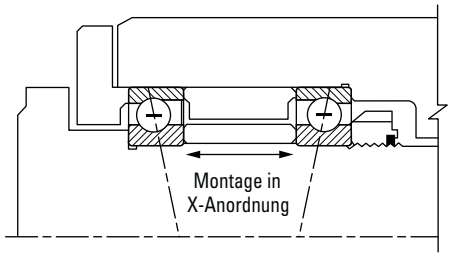


Abb. 129. X-Anordnung (nicht empfohlen).

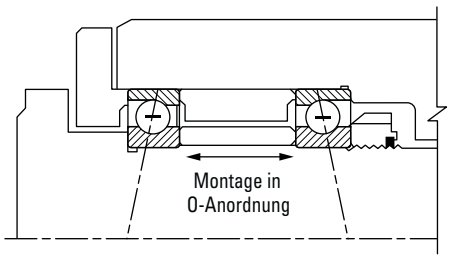


Abb. 130. O-Anordnung (empfohlen).

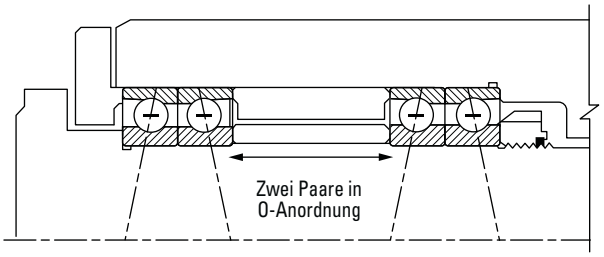


Abb. 131. O-Anordnung/O-Anordnung (nicht empfohlen).

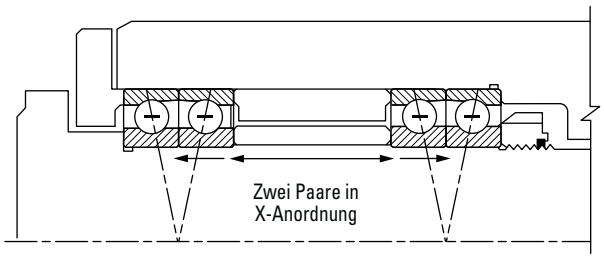


Abb. 132. X-Anordnung/X-Anordnung (nicht empfohlen).

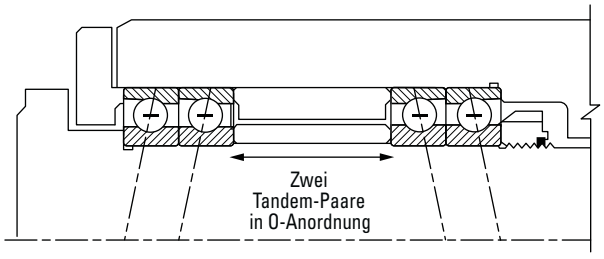


Abb. 133. Tandemanordnung/O-Anordnung (empfohlen).

Federvorgespannte Lagerungen

Bei Anwendungen mit hohen Drehzahlen, z. B. Werkzeugmaschinen, können radiale und axiale Steifigkeit sowie eine gleichmäßige Spindelleistung durch Federspannung der Kugellager mit einer festgelegten Axiallast erzielt werden. Die Federspannung ermöglicht ein laterales Gleiten der Spindel bei Temperaturänderungen, ohne dass die ursprüngliche Axiallast merklich steigt oder sinkt.

Bei Erwärmung des Innenrings während des Betriebs dehnt sich dieser radial aus. Diese radiale Ausdehnung übt eine steigende Last auf Wälzkörper und Außenring und schließlich auf die Vorspannungsfedern aus. Die Vorspannungsfedern werden leicht gestaucht, um die Belastung durch die thermische Ausdehnung aufzunehmen, und sorgen für eine gleichmäßige Lagerbelastung des Spindelsystems.

In manchen Anwendungen werden einzelne, federbelastete Lager an den vorderen und hinteren Positionen eingesetzt und in O-Anordnung montiert. Bei anderen Lagerungen mit Federbelastung werden Lagerpaare in Tandemanordnung an beiden Spindelenden in O-Anordnung montiert. In beiden Fällen wird der Federdruck auf die hintere Lagerposition (am Riemenscheibenende) angewandt, sodass die Welle zwischen den beiden Lagerpositionen unter Spannung liegt.

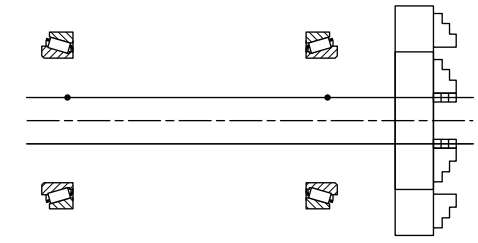
Höhepunkte des Radialschlags

Bei den meisten Präzisionskugellagern und --kegelrollenlagern ist der Höhepunkt des Radialschlags auf den Innen- und Außenringen markiert. Diese Hochpunkte können aufeinander ausgerichtet werden, um die Genauigkeit des Spindel-Gehäuse-Systems zu optimieren. Die Komponenten sollten so im Gehäuse und auf der Spindel montiert werden, dass die Hochpunkte aufeinander ausgerichtet sind. Anders ausgedrückt werden die Innenringe auf der Spindel angebracht, damit der Höhepunkt des hinteren Rings und der Höhepunkt des vorderen Rings aneinander ausgerichtet werden können. Auf ähnliche Weise werden die Höhepunkte der Außenringe im Gehäuse angeglichen.

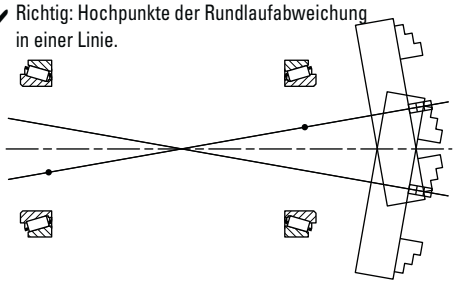
Für höchstmögliche Genauigkeit (und wenn die Hochpunkte der Rundlaufabweichung von Spindel und Gehäuse bekannt sind) sollten die jeweiligen Hochpunkte der Lagerkomponenten den Hochpunkten von Spindel und Gehäuse um 180 ° gegenüber liegen. Dies sorgt für eine Neutralisierung der Exzentrizität und minimiert die Auswirkungen der hohen Stellen aller Komponenten. Auf der rechten Seite sind typische Beispiele für die richtige und falsche Verwendung des Hochpunkts der Rundlaufabweichung von Lagern dargestellt.

Die Genauigkeit kann weiter verbessert werden, indem die Spindelnase nach Installation der Lager abgeschliffen wird. Durch diesen Vorgang ist der Radialschlag der Spindel erheblich niedriger als der Radialschlag des Lagers.

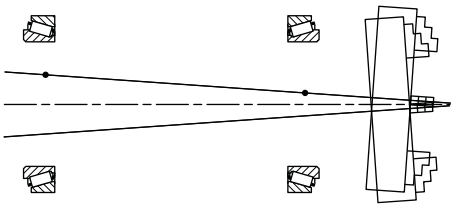
Abb. 134. Auswirkung der Lagerpositionen mit Hochpunkten der Rundlaufabweichung auf die Spindelgenauigkeit.



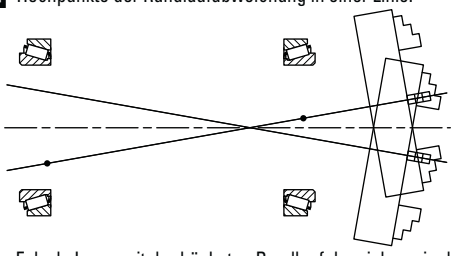
✔ Richtig: Hochpunkte der Rundlaufabweichung in einer Linie.



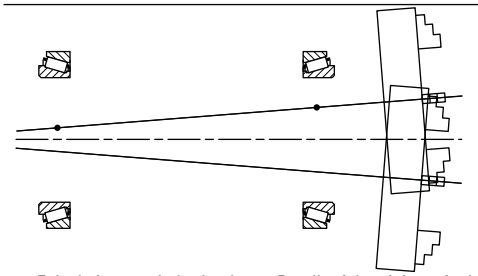
☒ Falsch: Hochpunkte der Rundlaufabweichung nicht in einer Linie.



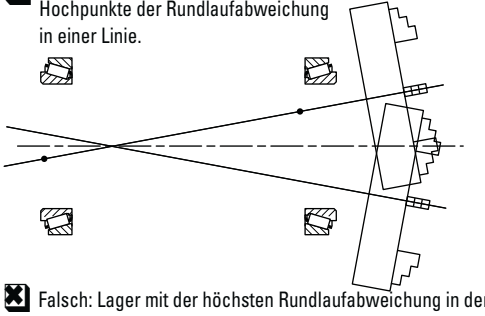
☑ Richtig: Lager mit der höchsten Rundlaufabweichung in der hinteren Position. Hochpunkte der Rundlaufabweichung in einer Linie.



☒ Falsch: Lager mit der höchsten Rundlaufabweichung in der hinteren Position. Hochpunkte der Rundlaufabweichung nicht in einer Linie.



☒ Falsch: Lager mit der höchsten Rundlaufabweichung in der vorderen Position. Hochpunkte der Rundlaufabweichung in einer Linie.



☒ Falsch: Lager mit der höchsten Rundlaufabweichung in der vorderen Position. Hochpunkte der Rundlaufabweichung nicht in einer Linie.

PASSUNGSEMPFEHLUNGEN

Allgemeine Richtlinien für Kegelrollenlager

Durch die Bauform von Kegelrollenlagern kann die Einstellung ungeachtet der Innen- und Außenringpassung von Welle und Gehäuse während der Installation vorgenommen werden (oder während des Betriebs, wenn ein Modell vom Typ Hydra-Rib zum Einsatz kommt). Hierdurch können die größtmöglichen Bearbeitungstoleranzen für Welle und Gehäuse und die bestmöglichen Passungen für Innen- und Außenringe genutzt und an die Leistung des Lagers angepasst werden.

Das Montageverfahren hängt von folgenden Parametern ab:

- Präzisionsklasse des Lagers.
- Lageranordnung.
- Typ und Richtung der Lasten.
- Betriebsbedingungen (Vibration, Drehzahl, Temperaturunterschiede).
- Wellen- und Gehäuseform sowie deren Materialien.
- Montage und Einstellbedingungen.

Einige der in der Tabelle aufgeführten Passungen sind möglicherweise nicht geeignet für Hohlwellen und dünnwandige Gehäuse, für Wellen, die nicht aus Stahl bzw. Eisen bestehen oder für kritische Betriebsbedingungen wie z. B. hohe Drehzahlen, ungewöhnliche Wärme- oder Belastungsbedingungen oder eine Kombination davon. Die Einbauverfahren erfordern möglicherweise spezielle Passungen, um die Lagereinstellung zu unterstützen und zu vereinfachen. In diesen Fällen sollte auf Erfahrungswerte zurückgegriffen bzw. ein Timken-Techniker zu Rate gezogen werden.

Präzisionslager sollten an Wellen und in Gehäusen montiert werden, die mit vergleichbaren Präzisionsgrenzen bearbeitet wurden, wie Lagerbohrung und Außendurchmesser.

In der Werkzeugmaschinenbranche kommen überwiegend rotierende Wellen zum Einsatz. Daher lautet die Grundregel hier, dass bei einfachen Anordnungen sowohl Innen- und Außenringe über eine feste Passung verfügen, um jegliches unerwünschtes Radialspiel zu unterbinden.

Gehäuse aus Nichteisenmetallen

Beim Einpressen der Außenringe in Aluminium- oder Magnesiumgehäuse sollte mit äußerster Vorsicht vorgegangen werden, um die Aufnahme von Metallablagerungen zu vermeiden. Dies kann zu einer mangelhaften Passung, Deckung und Ausrichtung durch Ablagerungen führen, die zwischen dem Außenring und der Stützschulter befinden. Wir empfehlen, den Außenring tiefzukühlen und/oder das Gehäuse während der Montage zu heizen. Außerdem können spezielle Gleitstoffe verwendet werden, um die Montage zu erleichtern. In manchen Fällen werden die Außenringe in Stahleinsätzen montiert, die am Aluminium- oder Magnesiumgehäuse befestigt sind. In diesem Fall können die Passungen aus der Tabelle verwendet werden. Wenn der Außenring direkt in ein Aluminiumgehäuse eingepasst wird, wird eine Presspassung von mindestens 1,0 µm pro mm (0,0010 Zoll pro Zoll) Außendurchmesser des Außenrings empfohlen. Für ein Gehäuse aus Magnesium wird eine Presspassung von mindestens 1,5 µm pro mm (0,0015 Zoll pro Zoll) Außendurchmesser des Außenrings empfohlen.

Überlegungen zu Wellen und Gehäusen bei Kegelrollenlagern

Grundsätzlich sind bei der Bearbeitung von Lagersitzen und -schultern in Spindeln und Gehäusen sorgfältige Überlegungen zu den folgenden Form- und Ausrichtungsmerkmalen erforderlich. Die ersten vier Merkmale beziehen sich auf den Sitz der Lagerringe.

- **Zirkularität** (Rundheit) jedes Sitzes bei allen Querschnitten.
- **Zylindrizität** jedes Sitzes. Zur Zylindrizität zählen Konizität, Rundheit und andere Formmerkmale des Sitzes.
- **Koaxialität** des Innenringsitzes auf der Spindel und Koaxialität des Außenringsitzes im Gehäuse. Zur Koaxialität zählen die Verschiebungsfehlausrichtung und die Winkelfehlausrichtung zwischen den Sitzen.
- **Winkligkeit** der einzelnen Lagerringsitze. Diese Erwägung gilt, wenn sich der Innenringsitz verjüngt.

Die folgenden beiden Merkmale gelten für die Schultern der einzelnen Lagersitze.

- **Rechtwinkligkeit** (Rechteckigkeit) jeder Schulter zum zugehörigen Lagersitz oder - als praktischeres Maß - die Rechtwinkligkeit jeder Schulter zur Spindel oder zur Mittellinie des Gehäuses ausgehend von den beiden Lagersitzen.
- **Ebenheit** jeder Schulter. Eine praktische Methode, um Rechtwinkligkeit und Ebenheit jeder Schulter zu messen, besteht darin, die gesamte Rundlaufabweichung der Schulter relativ zur Spindel oder zur Mittellinie des Gehäuses zu messen. Außerdem sollte ggf. die Stirnlaufabweichung der Stellmuttern gemessen werden.

Die Toleranzen, die diese Merkmale einhalten sollten, hängen von der Klasse, Größe und Anwendung des Lagers ab. Grundsätzlich sollten die Toleranzen jedoch nicht über dem „Gesamtanzeigewert" (Total Indicator Reading, T.I.R.) des montierten Lagers liegen.

Einige der Merkmale können möglicherweise nur schwer genau gemessen werden. Der individuelle Anwender kann eine Auswahl der zu messenden Merkmale treffen (Rundheit und Konizität als Alternative zur Zylindrizität). Der Anwender muss selbst bestimmen, welchen Aufwand und welche Kosten er in diese Messungen investieren möchte. Dies sollte auf Grundlage des vorgesehenen Einsatzzwecks und der angestrebten Genauigkeit im Bearbeitungsprozess bei der Herstellung von Spindel und Gehäuse erfolgen.

Oberflächengüten – Präzisionslager

Präzisionslager sollten auf Wellen und Gehäusen montiert werden, die mindestens mit den gleichen Präzisionsgrenzen bearbeitet wurden wie Lagerbohrung und Außendurchmesser.

Außerdem sollten hochwertige Oberflächengüten und enge Bearbeitungstoleranzen der Lagersitze eingehalten werden, vgl. hierzu Tabelle 53.

TABELLE 53. EMPFOHLENE OBERFLÄCHENGÜTEN FÜR WELLE UND GEHÄUSE BEI KEGELROLLENLAGERN

Alle Größen	Lagerklasse			
	C	B	A	AA
	3	0	00	000
	µm µin	**µm** µin	**µm** µin	**µm** µin
Welle - Ra	**0,8** 32	**0,6** 24	**0,4** 16	**0,2** 8
Gehäuse - Ra	**1,6** 63	**0,8** 32	**0,6** 24	**0,4** 16

Kugellager

Wellenpassung

Der Hauptzweck der Wellenpassung besteht darin, eine ordnungsgemäße Verbindung von Innenring und Welle zu gewährleisten. Bei normaler Wellenrotation „kriecht" ein locker montierter Innenring auf der Welle, was zu Abnutzung und Reibverschleiß führt. Durch zunehmende Lasten oder Drehzahlen wird dieser Zustand weiter verschlimmert. Um Kriechen oder Rutschen zu verhindern, sollte der Innenring fest an seiner Position montiert und fest gegen die Wellenschulter gesichert werden. Dabei ist es jedoch wichtig, dass die Wellenpassung nicht zu übermäßigem Anziehen des Lagers führt. Eine übermäßige Presspassung der Lagerbohrung mit der Welle könnte dabei zu einer proportionalen Ausdehnung des Lagerinnenrings führen, wodurch die interne Passung des Lagers gestört und Erwärmung und steigender Energieverbrauch ausgelöst werden könnten.

Als Grundregel wird empfohlen, dass die Wellengröße und die Toleranzen für den Sitz von Hochpräzisionskugellagern (ISO P4/ABEC 7 und ISO P2/ABEC 9) denen der Lagerbohrung entsprechen. Bei vorgespannten Lagern wird eine Wellenübergangspassung empfohlen, da der Innenring durch einen übermäßig festen Sitz ausgedehnt und somit die Vorspannung des Lagers erhöht wird. Dies kann zu Überhitzung führen. Beispielsweise erhöht sich die Vorspannung bei einem Doppellagersatz von Lagern des Typs 2MM9111WI DUL mit einer integrierten Vorspannung von 16 kg auf etwa 86 kg, wenn diese Lager auf eine Welle mit einer Presspassung von 0,010 mm (0,0004 Zoll) montiert werden. Dies kann zu erhöhten Betriebstemperaturen führen.

TABELLE 54. BEISPIEL FÜR WELLENPASSUNG: MMV (ISO P4/ABEC 7)

Bohrungsdurchmesser		Wellendurchmesser		Resultierende Montagepassung	
Max.	Min.	Max.	Min.	Lose	Fest
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
55,000 2,1654	**54,994** 2,1651	**55,000** 2,1654	**54,994** 2,1651	**0,004** 0,0002	**0,006** 0,0003

Gehäusepassungen

Unter üblichen Wellendrehbedingungen ist der Außenring feststehend und sollte von Hand in eine leicht anliegende Passung gedrückt werden. Sofern das Gehäuse das rotierende Element darstellt, gelten dieselben grundlegenden Überlegungen für die Montage des Außenrings wie im Fall eines auf einer rotierenden Welle montierten Innenrings. Wenden Sie sich für weitere Informationen bezüglich der Anforderungen für rotierende Außenringe an Ihren Timken-Techniker.

Als Grundregel sollte die minimale Bohrungstoleranz des Gehäuses für Hochpräzisionskugellager der Toleranz für den maximalen Außendurchmesser des Lagers entsprechen. Wenn die Toleranz des Lageraußendurchmessers 0,008 mm (0,0003 Zoll) beträgt, sollte die Bohrungstoleranz des Gehäuses ebenfalls bei diesem Wert liegen.

TABELLE 55. BEISPIEL FÜR GEHÄUSEBOHRUNGSPASSUNG: MMV (ISO P4/ABEC 7)

Außendurchmesser		Gehäusebohrung		Resultierende Lagerpassung		Durchschnittliche Passung
Max.	Min.	Max.	Min.	Lose	Fest	Lose
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
90,000 3,5433	**89,992** 3,5430	**90,008** 3,5436	**90,000** 3,5433	**0,015** 0,0006	**0,000** 0,0000	**0,008** 0,0003

Empfohlene Toleranzen der Wellen- und Gehäusegeometrie für Präzisionskugellager finden Sie auf den Seiten 121-122.

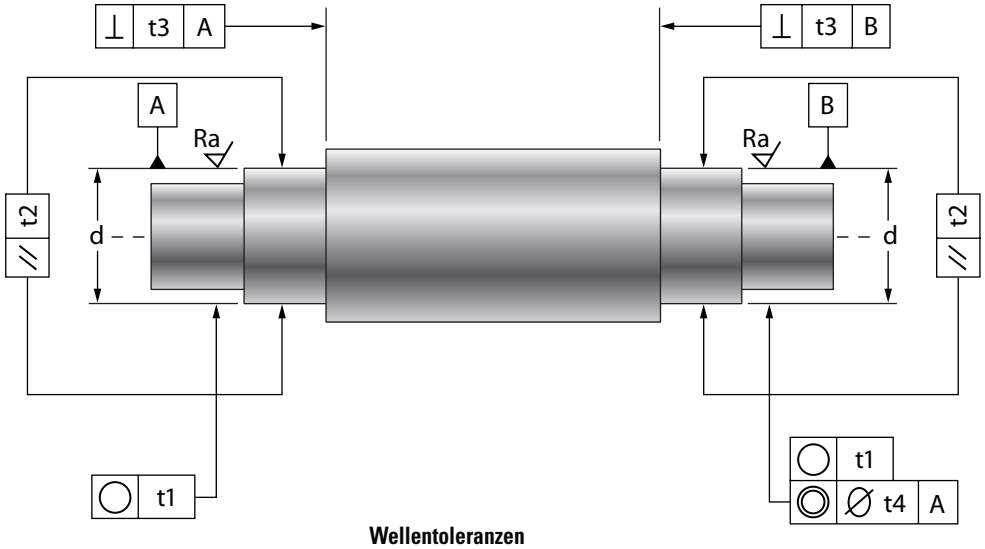
Für die optimalen Montagebedingungen sollten die Toleranzen in den Tabellen eingehalten werden, sofern Ihr Timken-Techniker keine Abweichungen empfiehlt. Außerdem ist es wichtig, dass alle Wellen- und Gehäuseschultern rechtwinklig und korrekt ausgearbeitet sind, um einen genauen Sitz und eine exakte Positionierung der Lager bei der Montage sicherzustellen.

Bei Anwendungen mit hoher Drehzahl, bei denen Wärme aus der Umgebung entlang der Welle zugeführt wird, ist es äußerst wichtig, dass sich die schwimmenden Lager in Axialrichtung bewegen können, damit die thermische Ausdehnung kompensiert werden kann. Bei Kugellagern ist keine Verschiebung in Axialrichtung möglich, wenn sie durch enge Gehäusebohrungen oder durch die radiale Ausdehnung des Lagers selbst aufgrund von Temperaturunterschieden in ihrer Bewegung eingeschränkt werden. Daher ist die empfohlene Passung für die Gehäusemontage in diesen Fällen etwas lockerer als bei der mittleren Passung, die in der Tabelle aufgeführt ist.

Ähnlich muss die Passung für die Gehäusemontage bei federgespannten Kugellageranwendungen genug Spiel haben, um die axiale Bewegung des Lagers unter Federspannung bei allen Betriebsbedingungen zu ermöglichen. Die empfohlenen Gehäusemaße zur Gewährleistung einer angemessenen schwimmenden Lagerung bei durchschnittlichen Bedingungen sind im Katalog „Timken Hochpräzisionslager für Werkzeugmaschinen" (Best.-Nr. 5918) angegeben. Der Katalog ist unter www.timken.com verfügbar.

Wellen- und Gehäusetoleranzen für Präzisionskugellager

Anforderungen an die Wellengeometrie



Wellentoleranzen

Beschreibung	Zeichen	Toleranz-Werte	MV ABEC 7 (ISO P4)	MMV/MM ABEC 7/9 (ISO P4S)	MMX ABEC 9 (ISO P2)
Rundheit	○	t1	IT2	IT1	IT0
Parallelität	//	t2	IT2	IT1	IT0
Rechtwinkligkeit	⊥	t3	IT2	IT1	IT0
Konzentrizität	◎	t4	IT3	IT2	IT2
Oberflächengüte	Ra		16 (µZoll) oder 0,4 µm	16 (µZoll) oder 0,4 µm	16 (µZoll) oder 0,4 µm

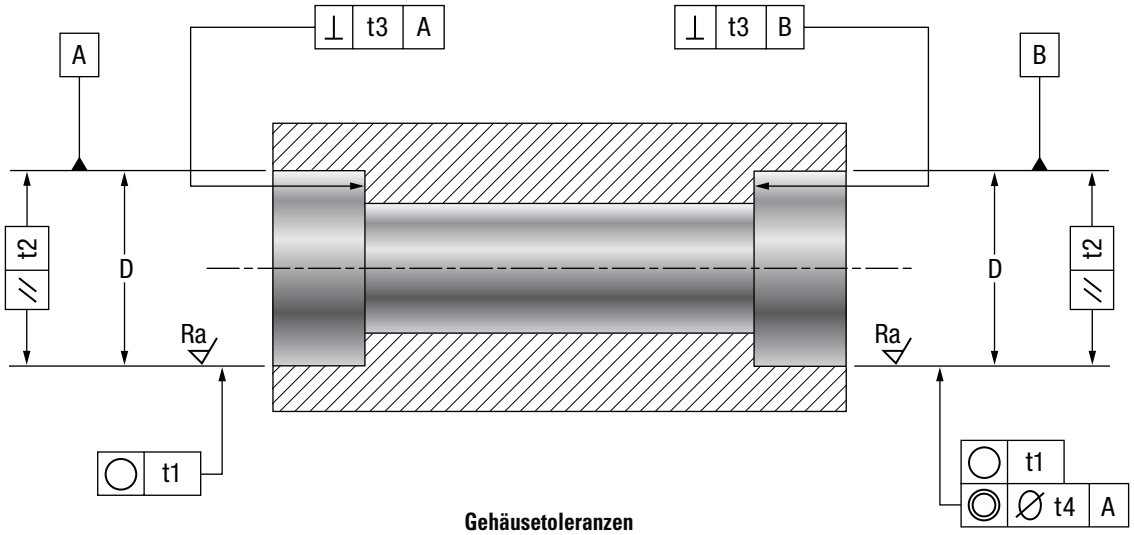
Durchmesser des Wellenzapfens d_{so} **mm**		Einheiten – Mikrometer (µm)			
>	≤	IT0	IT1	IT2	IT3
–	**10**	0,6	1,0	1,5	2,5
10	**18**	0,8	1,2	2,0	3,0
18	**30**	1,0	1,5	2,5	4,0
30	**50**	1,0	1,5	2,5	4,0
50	**80**	1,2	2,0	3,0	5,0
80	**120**	1,5	2,5	4,0	6,0
120	**180**	2,0	3,5	5,0	8,0
180	**250**	3,0	4,5	7,0	10,0
250	**315**	–	6,0	8,0	12,0

Durchmesser des Wellenzapfens d_{so} **mm**		Einheiten – Mikrozoll (µZoll)			
>	≤	IT0	IT1	IT2	IT3
–	**10**	20	40	60	100
10	**18**	30	50	80	120
18	**30**	40	60	100	160
30	**50**	40	60	100	160
50	**80**	50	80	120	200
80	**120**	60	100	160	240
120	**180**	80	140	200	310
180	**250**	120	180	280	390
250	**315**	–	240	310	470

Quelle: ISO 286.

Wellen- und Gehäusetoleranzen für Präzisionskugellager

Anforderungen an die Gehäusegeometrie



Gehäusetoleranzen

Beschreibung	Zeichen	Toleranz-Werte	MV ABEC 7 (ISO P4)	MMV/MM ABEC 7/9 (ISO P4S)	MMX ABEC 9 (ISOP2)
Rundheit	○	t1	IT2	IT1	IT0
Parallelität	//	t2	IT2	IT1	IT0
Rechtwinkligkeit	⊥	t3	IT2	IT1	IT0
Konzentrizität	◎	t4	IT3	IT2	IT2
Oberflächengüte	Ra		16 (µZoll) oder 0,4 µm	16 (µZoll) oder 0,4 µm	16 (µZoll) oder 0,4 µm

Durchmesser des Gehäusezapfens D **mm**		Einheiten – Mikrometer (µm)			
>	≤	IT0	IT1	IT2	IT3
10	**18**	0,8	1,2	2,0	3,0
18	**30**	1,0	1,5	2,5	4,0
30	**50**	1,0	1,5	2,5	4,0
50	**80**	1,2	2,0	3,0	5,0
80	**120**	1,5	2,5	4,0	6,0
120	**180**	2,0	3,5	5,0	8,0
180	**250**	3,0	4,5	7,0	10,0
250	**315**	3,5	6,0	8,0	12,0
315	**400**	4,5	6,0	8,0	12,0

Durchmesser des Gehäusezapfens D **mm**		Einheiten – Mikrozoll (µZoll)			
>	≤	IT0	IT1	IT2	IT3
10	**18**	30	50	80	120
18	**30**	40	60	100	160
30	**50**	40	60	100	160
50	**80**	50	80	120	200
80	**120**	60	100	160	240
120	**180**	80	140	200	310
180	**250**	120	180	280	390
250	**315**	140	240	310	470
315	**400**	180	240	310	470

Quelle: ISO 286.

RICHTLINIEN FÜR EINSTELLUNG UND VORSPANNUNG

KEGELROLLENLAGER

Die Betriebseinstellung für ein Lagersystem hat direkte Auswirkungen auf die Betriebstemperatur, die dynamische Steifigkeit, die Systemgenauigkeit oder Radialschlag und Lebensdauer des Lagers. Ein Anwendungsbeispiel für Präzisionslager, bei dem den Einstellungen eine entscheidende Bedeutung zukommt, sind Werkzeugmaschinen. Die Genauigkeit der Spindel beeinträchtigt die Schneidleistung, weshalb es entscheidend ist, die optimalen Einstellungen aufrechtzuerhalten.

Grundsätzlich ist eine leichte Vorspannung die optimale Betriebseinstellung für Anwendungen mit TS- oder TSF-Lagern. Um die Einstellung für die Montage im kalten Zustand zu bestimmen, durch die die gewünschte Betriebseinstellung erreicht wird, müssen die Parameter bewertet werden, die Einfluss auf diese Einstellung haben. Hierzu zählen:

- Drehgeschwindigkeit.
- Aufgebrachte Lasten.
- Lagerkonfiguration und -abstand
- Schmiertyp und -fluss
- Externe Wärmequellen

Viele dieser Parameter beeinflussen die Betriebstemperatur direkt oder indirekt, welche wiederum Auswirkungen auf die Lagereinstellung hat. Wenn möglich, sollten diese Auswirkungen am besten durch Anwendungstests im Labor untersucht werden. Temperaturmesswerte an verschiedenen Stellen können die Analysewerkzeuge bestätigen oder zusätzliche Informationen für diese liefern.

Typischerweise gibt es einen Temperaturgradienten innerhalb des Lagers, da der Innenring mehr Wärme als der Außenring erzeugt. Die Temperaturen von Innen- und Außenring werden an Welle und Gehäuse übertragen. Der Temperaturgradient zwischen Welle und Gehäuse liegt normalerweise zwischen 2 und 5 °C (4 bis 9 °F). Dieser gilt für alle Typen von Lagern und hat einen direkten Einfluss auf die Lagereinstellung.

Bei reinen Radiallagern wie z. B. Zylinderrollenlagern variiert die radiale Einstellung proportional zum radialen Temperaturgradienten, ohne dass dies korrigiert werden könnte.

Bei Verwendung von Kegelrollenlagern kann der aufgrund des Gradienten zwischen Spindel und Gehäuse auftretende radiale Endspielverlust durch die axiale Ausdehnung der Spindel in Bezug auf das Gehäuse ausgeglichen werden, indem der Lagerabstand optimiert wird.

Die Auswirkungen der Temperatur auf die Einstellung sind zwar wichtig, es ist jedoch auch erforderlich, die Auswirkungen von Lagerkonfiguration und -abstand auf die Betriebsbedingungen zu bedenken. Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Optimierung der Lageranordnung, damit sich die Einstellung während des Betriebs möglichst wenig ändert. In Abb. 135 ist der optimale Abstand grafisch dargestellt.

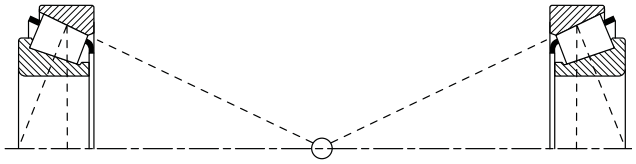


Abb. 135. Grafische Bestimmung des optimalen Lagerabstands zur thermischen Kompensierung.

Mithilfe der folgenden Formel können Auswirkungen auf die Betriebseinstellung für einen gegebenen Lagerabstand berechnet werden. In Abb. 136 sind einige der Variablen definiert, die in der Formel verwendet werden.

$$\text{Abnahme des Axialspiels} = 12 \times 10^{-6}\ \Delta T \left[\left(\frac{K_1}{0{,}39} \right) \left(\frac{D_{o1}}{2} \right) + \left(\frac{K_2}{0{,}39} \right) \left(\frac{D_{o2}}{2} \right) - L \right]$$

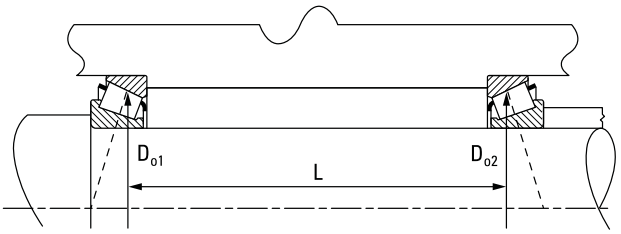
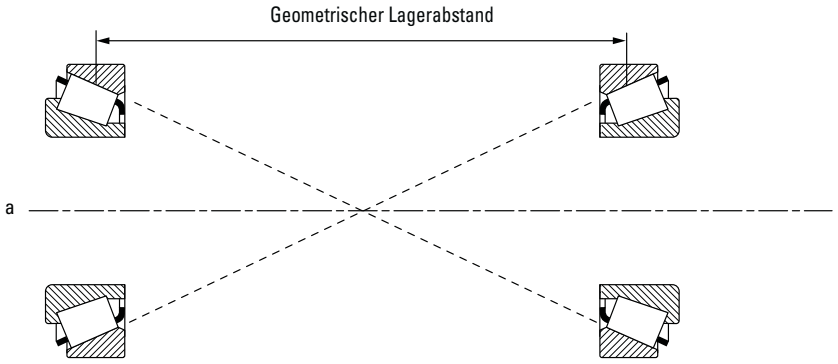


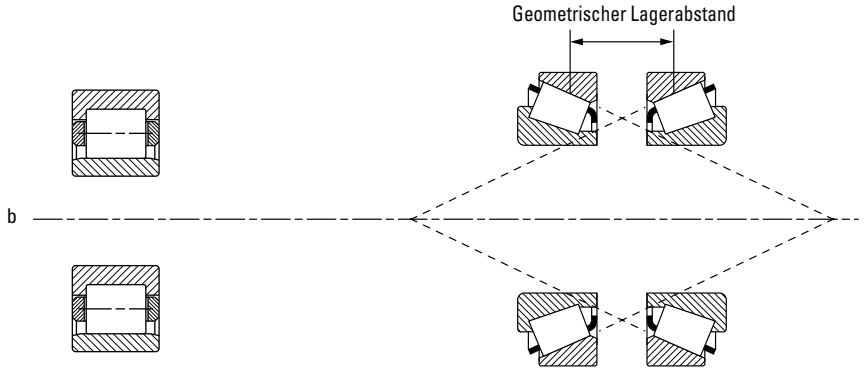
Abb. 136. Resultierender Abstand zwischen den geometrischen Lagermittellinien.

Während der Anlaufzeit muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die thermische Radialausdehnung nicht sofort durch die axiale Ausdehnung der Spindel ausgeglichen wird. Dies erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt. Während dieser Übergangsphase ist normalerweise eine Abnahme des Axialspiels oder ein Anstieg der Vorspannung zu beobachten (Abb. 138). Die Abnahme des Axialspiels kann anhand der Formel auf Seite 123 berechnet werden, wenn Parameter L vernachlässigt wird. Daher wird grundsätzlich empfohlen, die Lager zunächst mit einem leichten kalten Axialspiel einzustellen, um ein Heißlaufen des Lagers aufgrund von übermäßiger Vorspannung während des vorübergehenden Temperaturanstiegs zu vermeiden. Während der Testphase kann dieses Anfangsendspiel verändert werden, um die optimale Einstellung für die jeweilige Anwendung zu erreichen.

Abb. 138 zeigt, dass eine Anordnung mit dreifacher Abstützung empfindlicher gegen thermische Effekte ist als eine einfache Anordnung, was zu einem größeren Temperaturanstieg und einer größeren Abnahme des Axialspiels führt. Der Grund dafür ist der kürzere Lagerabstand in der Festlagerposition. (Abb. 137).



Montageanordnung mit zweifacher Abstützung.



Montageanordnung mit dreifacher Abstützung.

Abb. 137. Lageranordnungen

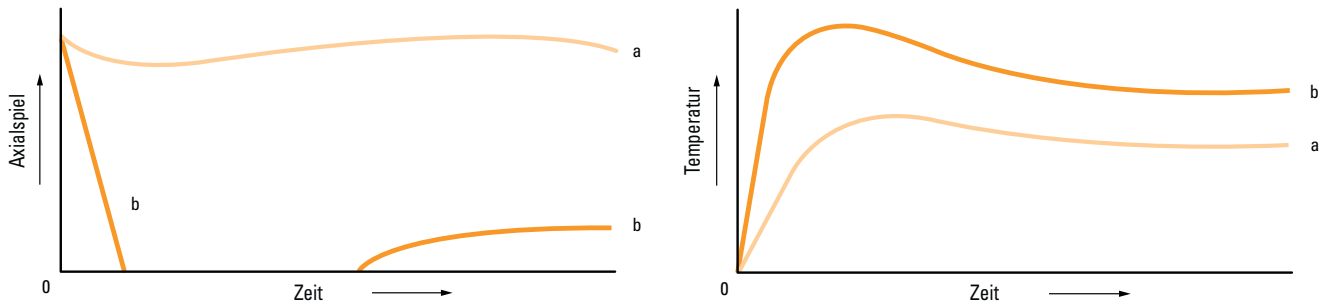


Abb. 138. Systemeinstellung und Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit:
a) Montage mit zweifacher Abstützung.
b) Montage mit dreifacher Abstützung.

Kugellager

Präzisionskugellager wurden für den Betrieb unter verschiedenen Bedingungen, von leichtem Endspiel bis zu starken Vorspannungen, entwickelt. Besonders häufig werden Sie für den Betrieb unter Vorspannung eingesetzt.

Die Vorspannung wird für die verschiedenen Lageranordnungen von Kugellagern wie auf Seite 115 beschrieben und in den Abbildungen dargestellt erhalten. 125-127. Wenn die Lager zusammengeklemmt sind, wird jegliches anfängliches Spiel der Lager beseitigt, und es werden axiale Kräfte innerhalb des Lagers aufgebaut, durch die die Kugeln in Kontakt mit den Laufflächen kommen. Dies führt zu Kompressionskräften in Richtung der Laufflächen. Unter diesen Bedingungen steigt die Steifigkeit des Lagers, wodurch sich die axiale und radiale Ablenkung verringert, wenn Lasten an die Lagerbaugruppe angelegt werden.

Die optimale Einstellung für eine gegebene Anwendung hängt von den Anforderungen an Steifigkeit, Lebensdauer und Drehzahl ab. Diese Anforderungen sorgen beim Festlegen der besten Einstellungen häufig für Konflikte. Beispielsweise steigt die Steifigkeit mit der Vorspannung an, die Drehzahlleistung sinkt jedoch. Bei hoher Vorspannung wird der Bereich der möglichen Betriebsdrehzahlen verringert, da die Lager bei steigender Drehzahl heißer werden. Dies sorgt für eine kürzere Lebensdauer. Wenn hohe Drehzahlen und eine hohe Steifigkeit erforderlich sind, müssen die Auswirkungen der Vorspannung auf diese Parameter bewertet werden. Möglicherweise muss daher ein Kompromiss zwischen Steifigkeit und Drehzahlleistung gefunden werden. Bei anderen Anwendungen kann auch die Lebensdauer des Lagers entscheidend sein. Die Lebensdauer steigt üblicherweise bis zu einem gewissen Punkt mit der Vorspannung an und sinkt unter schweren Vorspannungen dann rapide ab.

Es gibt drei verschiedene Vorspannungen für Kugellager, die häufig verwendet werden: leicht, mittel und stark. Die Auswahl der richtigen Vorspannung beruht auf den individuellen Anwendungsanforderungen. Vorspannungswerte für diese Klassen sind in den Maßtabellen des Katalogs „Timken Hochpräzisionslager für Werkzeugmaschinen“ (Best.-Nr. 5918) angegeben. Der Katalog ist unter www.timken.com verfügbar.

Die axialen Ablenkungskurven bei unterschiedlichen Vorspannungsbedingungen für Duplex-Paare von Hochpräzisionsk---ugellagern mit einem Kontaktwinkel von 15 Grad sind in Abbildung 139 dargestellt; die radialen Ablenkungskurven für diese Lager finden Sie in Abbildung 140.

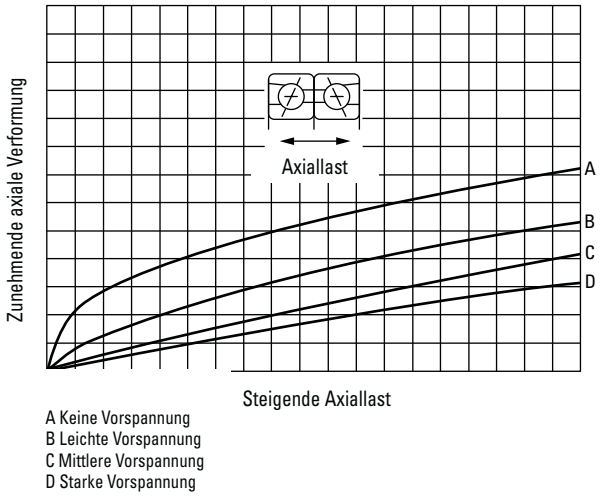


Abb. 139. Einfluss der am häufigsten verwendeten Vorspannungen auf die axiale Verformung.

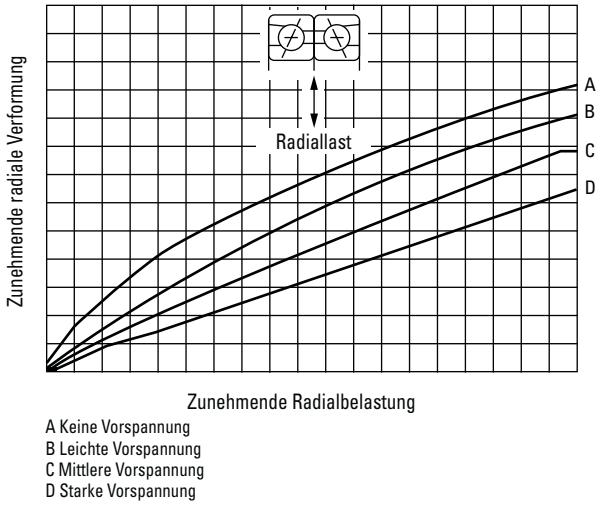


Abb. 140. Einfluss der am häufigsten verwendeten Vorspannungen auf die radiale Verformung.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLEN MIT PASSUNGSEMPFEHLUNGEN
PENDELROLLENLAGER

TABELLE 56: RICHTLINIEN FÜR DIE WELLENPASSUNG BEI PENDELROLLENLAGERN

	Bedingungen	Beispiele	Wellendurchmesser		Toleranzzeichen[1]	Anmerkungen
			mm Zoll			
Stationäre Innenringlast	Der Innenring ist leicht auf der Welle verschiebbar	Wellenmechanismus mit zwei Lagern	Siehe Tabelle 58 für Wellengröße		s4	Wellengrößen siehe Tabelle 58.
	Der Innenring ist nur schwer auf der Welle verschiebbar	Radlager an nicht rotierender Welle	Alle Durchmesser		g6	
		Spann- und Seilrollen			h6	
Belastung für rotierenden Innenring oder unbestimmte Lastrichtung	Leichte und wechselnde Lasten P ≤0,07C	Elektrische Betriebsmittel, Werkzeugmaschinen, Pumpen, Lüftungsanlagen, Industrielastwagen	über	inkl.	k6	In sehr präzisen Anwendungen werden k5 und m5 anstelle von k6 und m6 verwendet.
			18 0,7087	**100** 3,9370		
			100 3,9370	**200** 7,8740	m6	
	Normale und schwere Lasten P >0,07C ≤0,25C	Allgemeine Anwendungen, Elektromotoren, Turbinen, Pumpen, Verbrennungsmotoren, Zahnradgetriebe, Holzbearbeitungsmaschinen	**18** 0,7087	**65** 2,5590	m5	
			65 2,5590	**100** 3,9370	m6	
			100 3,9370	**140** 5,5118	n6	
			140 5,5118	**280** 11,0236	p6	
			280 11,0236	**500** 19,6850	r6	
			500 19,6850	**und höher**	r7	
	Sehr schwere Lasten und Stoßlasten P > 0,25C	Achslagergehäuse für Lokomotiven und andere schwere Schienenfahrzeuge, Traktionsmotoren	**18** 0,7087	**65** 2,5590	m6	Es müssen Lager mit Spiel verwendet werden, das über dem Normalwert liegt.
			65 2,5590	**100** 3,9370	n6	
			100 3,9370	**140** 5,5118	p6	
			140 5,5118	**200** 7,8740	r6	
			200 7,8740	**500** 19,6850	r7	
LAGER MIT KEGELBOHRUNG UND ADAPTERHÜLSE						
	Alle Lasten	Allgemeine Anwendungen	Alle Durchmesser			Siehe Tabellen zur RIC-Reduktion auf den Seiten 86 bis 87.

[1]Für massive Stahlwelle. Toleranzwerte sind zu finden in den Tabellen auf den Seiten 132-137.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLE 57. RICHTLINIEN FÜR DIE GEHÄUSEPASSUNG BEI PENDELROLLENLAGERN

Bedingungen			Beispiele	Toleranzzeichen[1]	Anmerkungen
Einteiliges Lagergehäuse	Rotierende Außenringlast	Wechselnde Lastrichtung	Exzentrischer Wellenmechanismus mit zwei Lagern	P6	Der Außenring ist nicht axial verschiebbar.
		Schwere Lasten auf Lagern in dünnwandigen Gehäusen	Stützräder für Kräne, Radnaben, Kurbellager	P7	
		Normale und schwere Lasten	Radnaben, Kurbellager	N7	
		Leichte und wechselnde Lasten	Rollen für Förderbänder, Seilrollen, Spannrollen	M7	
	Unbestimmte Lastrichtung	Schwere Stoßbelastungen	Elektrische Traktionsmotoren		
		Normale und schwere Lasten, Axialverschiebung des Außenrings nicht erforderlich	Elektromotoren, Pumpen, Hauptlager für Kurbelwellen	K7	Der Außenring ist generell nicht axial verschiebbar.
		Normale und leichte Lasten, Axialverschiebung des Außenrings empfohlen	Elektromotoren, Pumpen, Hauptlager für Kurbelwellen	J7	Der Außenring ist generell axial verschiebbar.
Geteilte oder einteilige Lagergehäuse	Stationäre Last auf dem Außenring	Stoßbelastungen, zeitweilig vollständige Entlastung	Achslagergehäuse für Schienenfahrzeuge		
		Alle Lasten	Lageranwendungen allgemein, Achslagergehäuse für Schienenfahrzeuge	H7	Der Außenring ist leicht axial verschiebbar.
		Normale und leichte Lasten, Lasten unter einfachen Betriebsbedingungen	Transmissionsgetriebe	H8	
		Hitze wird durch die Welle zugeführt	Trocknerzylinder	G7	
Einteiliges Lagergehäuse	Anwendungen, die besondere Genauigkeit erfordern	Große Laufgenauigkeit und kleine Ablenkungen bei wechselnden Lasten	Für Hauptspindel in Werkzeugmaschinen: Außendurchmesser kleiner als 125 mm / Außendurchmesser 125 bis 250 mm / Außendurchmesser über 250 mm	M6 / N6 / P6	Der Außenring ist nicht axial verschiebbar.
		Sehr hohe Laufgenauigkeit bei leichten Lasten und unbestimmter Lastrichtung	Festlager in Hochgeschwindigkeits-Zentrifugalkompressoren	K6	Der Außenring ist generell nicht axial verschiebbar.
		Sehr hohe Laufgenauigkeit, Axialverschiebung des Außenrings wünschenswert	Schwimmende Lager in Hochgeschwindigkeits-Zentrifugalkompressoren	J6	Der Außenring ist leicht axial verschiebbar.

[1]Gehäuse aus Gusseisen oder Stahl. Toleranzwerte sind zu finden in den Tabellen auf den Seiten 138-145. Bei Leichtmetallgehäusen werden üblicherweise Toleranzen gewählt, die eine geringfügig engere Passung bieten als in der Tabelle angegeben.

s4-Passungen für Pendelrollenlager

Eine Fliehkraftbelastung erzeugt eine rotierende Last auf dem Außenring und eine feststehende Last auf dem Innenring, obwohl der Innenring rotiert. Daher ist eine feste Passung des Außenrings im Gehäuse (P6-Passung, wie in Tabelle 71 angegeben) und eine lose s4-Passung des Innenrings an der Welle (wie in Tabelle 58 angegeben) sinnvoll. Hierfür kann das Standardlager W33 mit Ölnuten und -bohrungen verwendet werden.

Die auf dieser Seite angegebene Passung mit der Bezeichnung s4 verfügt über eine besondere Passungstoleranz, die von Timken speziell für Anwendungen mit Fliehkraftbelastung entwickelt wurde. Sie entspricht NICHT den ISO-Normen, die ebenfalls als Wellenpassungen mit s4-Präferenz veröffentlicht wurden.

TABELLE 58. s4-PASSUNGEN

Informationen zur Nominalbohrung finden Sie in den Maßtabellen.					
Bohrung		Abweichung von der Nominalbohrung			
			Wellendurchmesser		
Über	Inklusive	Toleranz[1]	Max.	Min.	Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm**Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,015** -0,0006	**-0,025** -0,0010	**-0,036** -0,0014	**0,010L** 0,0004L **0,036L** 0,0014L
80,000 3,4196	**120,000** 4,7244	**-0,020** -0,0008	**-0,033** -0,0013	**-0,043** -0,0017	**0,013L** 0,0005L **0,043L** 0,0017L
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**-0,041** -0,0016	**-0,053** -0,0021	**0,015L** 0,0006L **0,053L** 0,0021L
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**-0,048** -0,0019	**-0,064** -0,0025	**0,018L** 0,0007L **0,064L** 0,0025L

[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

ZYLINDERROLLENLAGER

TABELLE 59. RICHTLINIEN FÜR DIE WELLENPASSUNG BEI ZYLINDERROLLENLAGERN (MIT AUSNAHME DER BAUREIHE 5200 UND VIERREIHIGER ZYLINDERROLLENLAGER)

Betriebsbedingungen	Beispiele	Belastungsgrenze		Wellendurchmesser		Wellentoleranz
		Untergrenze	Obergrenze	**mm** Zoll	**mm** Zoll	Zeichen[1]
FESTSTEHENDER INNENRING						
Innenring sollte leicht auf der Welle verschiebbar sein	Räder Nicht rotierende Wellen	0	C[2]	Alle	Alle	g6
Innenring muss nicht leicht verschiebbar sein	Spannrollen	0	C	Alle	Alle	h6
ROTIERENDER INNENRING ODER UNBESTIMMT						
				Über	Inklusive	
Leichte Lasten	Elektrisches Gerät Werkzeugmaschinen Pumpen Ventilatoren Flurförderzeuge	0	0,08C	**0** 0 **40** 1,57 **140** 5,51 **320** 12,60 **500** 19,68	**40** 1,57 **140** 5,51 **320** 12,60 **500** 19,68 – –	j6[6] k6[3] m6[4] n6 p6
Normale Lasten	Elektromotoren Turbinen Pumpen Verbrennungsmotoren Zahnradgetriebe usw.	0,08C	0,18C	**0** 0 **40** 1,57 **100** 3,94 **140** 5,51 **320** 12,60 **500** 19,68	**40** 1,57 **100** 3,94 **140** 5,51 **320** 12,60 **500** 19,68 – –	k5 m5 m6 n6 p6 r6
Schwere Lasten Stoßbelastungen	Schienenfahrzeuge Traktionsmotoren	0,18C	C	**0** 0 **40** 1,57 **65** 2,56 **140** 5,51 **320** 12,60 **500** 19,68	**40** 1,57 **65** 2,56 **140** 5,51 **320** 12,60 **500** 19,68 – –	m5[5] m6[5] n6[5] p6[5] r6[5] r7[5]
AXIALLASTEN						
Reine Axiallasten	Alle	Wird nicht empfohlen. Wenden Sie sich an einen Techniker von Timken.				

[1]Für Vollwellen. Die Toleranzwerte finden Sie auf den Seiten 132-135.
[2]C = Dynamische Tragzahl.
[3]Für Anwendungen mit hoher Präzision k5 verwenden.
[4]Für Anwendungen mit hoher Präzision m5 verwenden.
[5]Es müssen Lager mit Spiel verwendet werden, das über dem Normalwert liegt.
[6]Für Anwendungen mit hoher Präzision j5 verwenden.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLE 60. RICHTLINIEN FÜR DIE WELLENPASSUNG BEI VIERREIHIGEN ZYLINDERROLLENLAGERN

Belastungsgrenze		Wellendurchmesser		Wellentoleranz
Untergrenze	Obergrenze	**mm** Zoll	**mm** Zoll	Zeichen[1]
Alle		**100** 3,93	**120** 4,72	n6
		120 4,72	**225** 8,85	p6
		225 8,85	**400** 15,75	r6
		400 15,75		s6

[1]Für Vollwellen. Die Toleranzwerte finden Sie auf den Seiten 132-135.

WELLEN- UND GEHÄUSEMASSE UND TOLERANZEN DER METRISCHEN BAUREIHEN 5200, A5200

TABELLE 61. RICHTLINIEN FÜR DIE GEHÄUSEPASSUNG BEI ZYLINDERROLLENLAGERN

	Betriebsbedingungen		Beispiele	Gehäuse Toleranzzeichen[1]	Außenring Axial verschiebbar
	ROTIERENDER AUSSENRING				
	Schwere Lasten mit dünnwandigen Gehäusen		Stützrollen für Kräne Radnaben (Rollenlager) Kurbelzapfenlager	P6	Nein
	Normale bis schwere Lasten		Radnaben (Kugellager) Kurbelzapfenlager	N6	Nein
	Leichte Lasten		Rollen für Förderbänder Seilrollen Spannrollen	M6	Nein
	UNBESTIMMTE LASTRICHTUNG				
	Schwere Stoßbelastungen		Elektrische Traktionsmotoren	M7	Nein
	Normale bis schwere Lasten. Eine Axialverschiebung des Außenrings ist nicht erforderlich.		Elektrische Motoren Pumpen Hauptlager für Kurbelwellen	K6	Normalerweise Nein
Für Anwendungen unterhalb dieser Linie kann das Gehäuse entweder einteilig oder geteilt sein. Für Anwendungen über dieser Linie wird ein geteiltes Gehäuse nicht empfohlen.	Leichte bis normale Lasten. Eine Axialverschiebung des Außenrings wird gewünscht.		Elektrische Motoren Pumpen Hauptlager für Kurbelwellen	J6	Normalerweise Ja
	FESTSTEHENDER AUSSENRING				
	Stoßbelastungen, zeitweilige vollständige Entlastung		Schwere Schienenfahrzeuge	J6	Normalerweise Ja
	Alle	Einteiliges Gehäuse	Allgemeine Anwendungen Schwere Schienenfahrzeuge	H6	Einfach
		Radial geteiltes Gehäuse	Getriebe	H7	Einfach
	Durchgehende Welle mit Wärmezufuhr		Trocknerzylinder	G7	Einfach

[1]Gehäuse aus Gusseisen. Die Werte sind zu finden auf den Seiten 138 bis 145. Bei einer größeren zulässigen Toleranz sollten die Werte P7, N7, M7, K7, J7 und H7 anstelle der Werte P6, N6, M6, K6, J6 und H6 verwendet werden.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLE 62. WELLENPASSUNGEN[1]

Lagerbohrung		Bohrungs-toleranz[2]	Presspassung Rotierender Innenring				Gleitpassung Stationärer Innenring			
			Wellendurchmesser		Passung		Wellendurchmesser		Passung	
Über	Inklusive		Max.	Min.			Max.	Min.		
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
80 3,1496	**120** 4,7236	**-0,020** -0,0008	**+0,048** +0,0019	**+0,025** +0,0010	**0,025T** 0,0010T	**0,069T** 0,0027T	**0,000** 0,0000	**-0,023** -0,0009	**0,023L** 0,0009L	**0,020T** 0,0008T
120 4,7236	**140** 5,5108	**-0,025** -0,0010	**+0,056** +0,0022	**+0,030** +0,0012	**0,030T** 0,0012T	**0,081T** 0,0032T	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,0010	**0,025L** 0,0010L	**0,025T** 0,0010T
140 5,5108	**180** 7,0856	**-0,025** -0,0010	**+0,071** +0,0028	**+0,046** +0,0018	**0,046T** 0,0018T	**0,097T** 0,0038T	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,0010	**0,025L** 0,0010L	**0,025T** 0,0010T
180 7,0856	**240** 9,4476	**-0,030** -0,0012	**+0,081** +0,0032	**+0,051** +0,0020	**0,051T** 0,0020T	**0,112T** 0,0044T	**0,000** 0,0000	**-0,030** -0,0012	**0,030L** 0,0012L	**0,030T** 0,0012T

[1] Wenn die Welle als Ringoberfläche verwendet wird, muss die Härte mindestens Rc58 und die Oberflächengüte 15 RMS betragen.
[2] Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

TABELLE 63. GEHÄUSEPASSUNGEN

Außendurchmesser des Lagers		Außendurch-messer Toleranz[1]	Gleitpassung Stationärer Außenring				Presspassung Rotierender Außenring			
			Gehäusedurchmesser		Passung		Gehäusedurchmesser		Passung	
Über	Inklusive		Max.	Min.			Max.	Min.		
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
– –	**180** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**+0,022** +0,0008	**-0,015** -0,0006	**0,015T** 0,0006T	**0,046L** 0,0018L	**-0,025** -0,0010	**-0,056** -0,0022	**0,056T** 0,0022T	**0,000L** 0,0000L
180 7,0866	**200** 7,8740	**-0,030** -0,0012	**+0,018** +0,0007	**-0,018** -0,0007	**0,018T** 0,0007T	**0,048L** 0,0019L	**-0,030** -0,0012	**-0,066** -0,0026	**0,066T** 0,0026T	**0,000L** 0,0000L
200 7,874	**230** 9,0551	**-0,030** -0,0012	**+0,023** +0,0009	**-0,018** -0,0007	**0,018T** 0,0007T	**0,053L** 0,0021L	**-0,030** -0,0012	**-0,066** -0,0026	**0,066T** 0,0026T	**0,000L** 0,0000L
230 9,0551	**250** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**+0,028** +0,0011	**-0,018** -0,0007	**0,018T** 0,0007T	**0,058L** 0,0023L	**-0,030** -0,0012	**-0,066** -0,0026	**0,066T** 0,0026T	**0,000L** 0,0000L
250 9,8425	**270** 10,6299	**-0,036** -0,0014	**+0,028** +0,0011	**-0,018** -0,0007	**0,018T** 0,0007T	**0,064L** 0,0025L	**-0,030** -0,0012	**-0,071** -0,0028	**0,071T** 0,0028T	**0,005L** 0,0002L
270 10,6299	**310** 12,2047	**-0,036** -0,0014	**+0,033** +0,0013	**-0,018** -0,0007	**0,018T** 0,0007T	**0,069L** 0,0027L	**-0,036** -0,0014	**-0,071** -0,0028	**0,071T** 0,0028T	**0,005L** 0,0002L
310 12,2047	**400** 15,7480	**-0,041** -0,0016	**+0,038** +0,0015	**-0,018** -0,0007	**0,018T** 0,0007T	**0,079L** 0,0031L	**-0,036** -0,0014	**-0,076** -0,0030	**0,079T** 0,0030T	**0,005L** 0,0002L
400 15,748	**440** 17,3228	**-0,046** -0,0018	**+0,041** +0,0016	**-0,023** -0,0009	**0,023T** 0,0009T	**0,086L** 0,0034L	**-0,036** -0,0014	**-0,086** -0,0034	**0,086T** 0,0034T	**0,010L** 0,0004L

[1] Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLE 64. INTERNES RADIALSPIEL (R6) DER METRISCHEN BAUREIHE 5200

Lagerbohrung		Internes Radialspiel	
Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
– –	**100** 3,937	**0,183** 0,0072	**0,127** 0,005
100 3,937	**120** 4,7244	**0,188** 0,0074	**0,127** 0,005
120 4,7244	**140** 5,5118	**0,208** 0,0082	**0,142** 0,0056
140 5,5118	**170** 6,6929	**0,224** 0,0088	**0,152** 0,006
170 6,6929	**180** 7,0866	**0,229** 0,009	**0,152** 0,006
180 7,0866	**220** 8,6614	**0,254** 0,01	**0,173** 0,0068
220 8,6614	**240** 9,4488	**0,269** 0,0106	**0,183** 0,0072

TABELLE 65. TOLERANZEN DES INNENRINGS DER METRISCHEN BAUREIHE 5200

Lagerbohrung		Bohrung und innerer Außendurch-messer[1]	Breite
Über	Inklusive		+0
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
80 3,1496	**120** 4,7244	**-0,020** -0,0008	**-0,203** -0,0080
120 4,7244	**80** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**-0,254** -0,0100
180 7,0866	**250** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**-0,305** -0,0120

[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

TABELLE 66. TOLERANZEN DES AUSSENRINGS DER METRISCHEN BAUREIHE 5200

Lagerbohrung		Außendurch-messer[1]	Breite
Über	Inklusive		+0
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
150 5,9055	**180** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**+0,036** +0,0014
180 7,0866	**250** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**+0,041** +0,0016
250 9,8425	**315** 12,4016	**-0,036** -0,0014	**+0,046** +0,0018
315 12,4016	**400** 15,748	**-0,041** -0,0016	**+0,051** +0,0020
400 15,748	**500** 19,685	**-0,046** -0,0018	**+0,056** +0,0022

[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

TABELLE 67. WELLENABMESSUNGEN DER 5200-LAGER OHNE INNENRING

Lagernummer	Gehäuse mit Gleitpassung[1]		Gehäuse mit Presspassung[1]	
	Max.	Min.	Max.	Min.
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
5220 WS	**121,064** 4,7663	**121,044** 4,7655	**121,036** 4,7652	**121,016** 4,7644
5222 WS	**133,007** 5,2365	**132,987** 5,2357	**132,969** 5,235	**132,949** 5,2343
5224 WS	**145,194** 5,7163	**145,174** 5,7155	**145,156** 5,7148	**145,136** 5,714
5226 WS	**155,042** 6,104	**155,016** 6,103	**155,004** 6,1025	**154,978** 6,1015
5228 WS	**168,529** 6,635	**168,504** 6,634	**168,491** 6,6335	**168,466** 6,6325
5230 WS	**181,623** 7,1505	**181,597** 7,1495	**181,587** 7,149	**181,559** 7,148
5232 WS	**193,713** 7,6265	**193,688** 7,6255	**193,675** 7,625	**193,65** 7,624
5234 WS	**205,562** 8,093	**205,537** 8,092	**205,524** 8,0915	**205,499** 8,0905
5236 WS	**216,37** 8,5185	**216,344** 8,5175	**216,319** 8,5165	**216,294** 8,5155
5238 WS	**229,032** 9,017	**229,001** 9,0158	**228,994** 9,0155	**228,963** 9,0143
5240 WS	**242,296** 9,5392	**242,265** 9,538	**242,245** 9,5372	**242,214** 9,536
5244 WM	**266,02** 10,4725	**265,971** 10,4713	**265,951** 10,4705	**265,92** 10,4693
5248WM	**291,292** 11,4682	**291,262** 11,467	**291,241** 11,4662	**291,211** 11,465

[1]Alle Wellendurchmesser basieren auf einem Verhältnis von Gehäusebohrung zu Gehäuseaußendurchmesser mit dem Wert 0,7.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

RADIALKUGEL-, PENDELROLLEN- UND ZYLINDERROLLENLAGER

WELLENTOLERANZEN

TABELLE 68. WELLENTOLERANZEN FÜR RADIALKUGEL-, PENDEL- UND ZYLINDERROLLENLAGER

Lagerbohrung			g6			h6			h5			j5		
Nominal (Max.)		Toleranz[1]	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung
Über	Inklusive		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
3,000 0,1181	**6,000** 0,2362	**-0,008** -0,003	**-0,004** -0,0002	**-0,012** -0,0005	**0,012L** **0,004T** 0,0005L 0,0001T	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,003	**0,008L** **0,008T** 0,0003L 0,0003T	**0,000** 0,0000	**-0,005** -0,0002	**0,005L** **0,008T** 0,0002L 0,0003T	**+0,003** +0,0001	**-0,002** -0,0001	**0,002L** **0,011T** 0,0001L 0,0004T
6,000 0,2362	**10,000** 0,3937	**-0,008** -0,003	**-0,005** -0,0002	**-0,014** -0,0006	**0,014L** **0,003T** 0,0006L 0,0001T	**0,000** 0,0000	**-0,009** -0,0004	**0,009L** **0,008T** 0,0004L 0,0003T	**0,000** 0,0000	**-0,006** -0,0002	**0,006L** **0,008T** 0,0002L 0,0003T	**+0,004** +0,0002	**-0,002** -0,0001	**0,002L** **0,012T** 0,0001L -0,0005T
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,008** -0,003	**-0,006** -0,0002	**-0,017** -0,0007	**0,017L** **0,002T** 0,0007L -0,0001T	**0,000** 0,0000	**-0,011** -0,0004	**0,011L** **0,008T** 0,0004L 0,0003T	**0,000** 0,0000	**-0,008** -0,0003	**0,008L** **0,008T** 0,0003L 0,0003T	**+0,005** +0,0002	**-0,003** -0,0001	**0,003L** **0,013T** 0,0001L 0,0005T
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,010** -0,0004	**-0,007** -0,0003	**-0,020** -0,0008	**0,020L** **0,003T** 0,0008L 0,0001T	**0,000** 0,0000	**-0,013** -0,0005	**0,013L** **0,010T** 0,0005L 0,0004T	–	–	–	**+0,005** +0,0002	**-0,004** -0,0002	**0,004L** **0,015T** 0,0002L 0,0006T
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,012** -0,0005	**-0,009** -0,0004	**-0,025** -0,0010	**0,025L** **0,003T** 0,0010L 0,0001T	**0,000** 0,0000	**-0,016** -0,0006	**0,016L** **0,012T** 0,0006L 0,0005T	–	–	–	**+0,006** +0,0002	**-0,005** -0,0002	**0,005L** **0,018T** 0,0002L 0,0007T
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,015** -0,0006	**-0,010** -0,0004	**-0,029** -0,0011	**0,029L** **0,005T** 0,0011L 0,0002T	**0,000** 0,0000	**-0,019** -0,0007	**0,019L** **0,015T** 0,0007L 0,0006T	–	–	–	**+0,006** +0,0002	**-0,007** -0,0003	**0,007L** **0,021T** 0,0003L 0,0008T
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,020** -0,0008	**-0,012** -0,0005	**-0,034** -0,0013	**0,034L** **0,008T** 0,0013L 0,0003T	**0,000** 0,0000	**-0,022** -0,0009	**0,022L** **0,020T** 0,0009L 0,0008T	–	–	–	**+0,006** +0,0002	**-0,009** -0,0004	**0,009L** **0,026T** 0,0004L 0,0010T
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**-0,014** -0,0006	**-0,039** -0,0015	**0,039L** **0,011T** 0,0015L 0,0004T	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,0010	**0,025L** **0,025T** 0,0010L 0,0010T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,011** -0,0004	**0,011L** **0,032T** 0,0004L 0,0013T
180,000 7,0866	**200,000** 7,8740	**-0,030** -0,0012	**-0,015** -0,0006	**-0,044** -0,0017	**0,044T** **0,015T** 0,0017L 0,0006T	**0,000** 0,0000	**-0,029** -0,0011	**0,029L** **0,030T** 0,0011L 0,0012T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,013** -0,0005	**0,013L** **0,037T** 0,0005L 0,0015T
200,000 7,8740	**225,000** 8,8583	**-0,030** -0,0012	**-0,015** -0,0006	**-0,044** -0,0017	**0,044T** **0,015T** 0,0017L 0,0006T	**0,000** 0,0000	**-0,029** -0,0011	**0,029L** **0,030T** 0,0011L 0,0012T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,013** -0,0005	**0,013L** **0,037T** 0,0005L 0,0015T
225,000 8,8583	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**-0,015** -0,0006	**-0,044** -0,0017	**0,044T** **0,015T** 0,0017L 0,0006T	**0,000** 0,0000	**-0,029** -0,0011	**0,029L** **0,030T** 0,0011L 0,0012T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,013** -0,0005	**0,013L** **0,037T** 0,0005L 0,0015T
250,000 9,8425	**280,000** 11,0236	**-0,035** -0,0014	**-0,017** -0,0007	**-0,049** -0,0019	**0,049L** **0,018T** 0,0019L 0,0007T	**0,000** 0,0000	**-0,032** -0,0013	**0,032L** **0,035T** 0,0013L 0,0014T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,016** -0,0006	**0,016L** **0,042T** 0,0006L 0,0017T
280,000 11,0236	**315,000** 12,4016	**-0,035** -0,0014	**-0,017** -0,0007	**-0,049** -0,0019	**0,049L** **0,018T** 0,0019L 0,0007T	**0,000** 0,0000	**-0,032** -0,0013	**0,032L** **0,035T** 0,0013L 0,0014T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,016** -0,0006	**0,016L** **0,042T** 0,0006L 0,0017T

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 68, Fortsetzung

j6			k5			k6			m5		
Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung
Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
+0,006 +0,0002	**-0,002** -0,0001	**0,002L** **0,014T** 0,0001L 0,0005T	**+0,006** +0,0002	**+0,001** +0,0000	**0,001T** **0,014T** 0,0000T 0,0005T	–	–	–	**+0,009** +0,0004	**+0,004** +0,0002	**0,004T** **0,017T** 0,0002T 0,0007T
+0,007 +0,0003	**-0,002** -0,0001	**0,002L** **0,015T** 0,0001L 0,0006T	**+0,007** +0,0003	**+0,001** +0,0000	**0,001T** **0,015T** 0,0000T 0,0006T	–	–	–	**+0,012** +0,0005	**+0,006** +0,0002	**0,006T** **0,020T** 0,0002T 0,0008T
+0,008 +0,0003	**-0,003** -0,0001	**0,003L** **0,016T** 0,0001L 0,0006T	**+0,009** +0,0004	**+0,001** +0,0000	**0,001T** **0,017T** 0,0000T 0,0007T	–	–	–	**+0,015** +0,0006	**+0,007** +0,0003	**0,007T** **0,023T** 0,0003T 0,0009T
+0,009 +0,0004	**-0,004** -0,0002	**0,004L** **0,019T** 0,0002L 0,0008T	**+0,011** +0,0004	**+0,002** +0,0001	**0,002T** **0,021T** 0,0001T 0,0008T	–	–	–	**+0,017** +0,0007	**+0,008** +0,0003	**0,008T** **0,027T** 0,0003T 0,0011T
+0,011 +0,0004	**-0,005** -0,0002	**0,005L** **0,023T** 0,0002L 0,00085T	**+0,013** +0,0005	**+0,002** +0,0001	**0,002T** **0,025T** 0,0001T 0,0010T	**+0,018** +0,0007	**+0,002** +0,0001	**0,002T** **0,030T** 0,0001T 0,0012T	**+0,020** +0,0008	**+0,009** +0,0004	**0,009T** **0,032T** 0,0004T 0,00125T
+0,012 +0,0005	**-0,007** -0,0003	**0,007L** **0,027T** 0,0003L 0,0011T	**+0,015** +0,0006	**+0,002** +0,0001	**0,002T** **0,030T** 0,0001T 0,0012T	**+0,021** +0,0008	**+0,002** +0,0001	**0,002T** **0,036T** 0,0001T 0,0014T	**+0,024** +0,0009	**+0,011** +0,0004	**0,011T** **0,039T** 0,0004T 0,0015T
+0,013 +0,0005	**-0,009** -0,0004	**0,009L** **0,033T** 0,0004L 0,0013T	**+0,018** +0,0007	**+0,003** +0,0001	**0,003T** **0,038T** 0,0001T 0,0015T	**+0,025** +0,0010	**+0,003** +0,0001	**0,003T** **0,045T** 0,0001T 0,0018T	**+0,028** +0,0011	**+0,013** +0,0005	**0,013T** **0,048T** 0,0005T 0,0019T
+0,014 +0,0006	**-0,011** -0,0004	**0,011L** **0,039T** 0,0004L 0,0016T	**+0,021** +0,0008	**+0,003** +0,0001	**0,003T** **0,046T** 0,0001T 0,0018T	**+0,028** +0,0011	**+0,003** +0,0001	**0,003T** **0,053T** 0,0001T 0,0021T	**+0,033** +0,0013	**+0,015** +0,0006	**0,015T** **0,058T** 0,0006T 0,0023T
+0,016 +0,0006	**-0,013** -0,0005	**0,013L** **0,046T** 0,0005L 0,0018T	**+0,024** +0,0009	**+0,004** +0,0002	**0,004T** **0,054T** 0,0002T 0,0021T	–	–	–	**+0,037** +0,0015	**+0,017** +0,0007	**0,017T** **0,067T** 0,0007T 0,0027T
+0,016 +0,0006	**-0,013** -0,0005	**0,013L** **0,046T** 0,0005L 0,0018T	**+0,024** +0,0009	**+0,004** +0,0002	**0,004T** **0,054T** 0,0002T 0,0021T	–	–	–	**+0,037** +0,0015	**+0,017** +0,0007	**0,017T** **0,067T** 0,0007T 0,0027T
+0,016 +0,0006	**-0,013** -0,0005	**0,013L** **0,046T** 0,0005L 0,0018T	**+0,024** +0,0009	**+0,004** +0,0002	**0,004T** **0,054T** 0,0002T 0,0021T	–	–	–	**+0,037** +0,0015	**+0,017** +0,0007	**0,017T** **0,067T** 0,0007T 0,0027T
+0,016 +0,0006	**-0,016** -0,0006	**0,016L** **0,051T** 0,0006L 0,0020T	**+0,027** +0,0011	**+0,004** +0,0002	**0,004T** **0,062T** 0,0002T 0,0025T	–	–	–	**+0,043** +0,0017	**+0,020** +0,0008	**0,020T** **0,078T** 0,0008T 0,0031T
+0,016 +0,0006	**-0,016** -0,0006	**0,016L** **0,051T** 0,0006L 0,0020T	**+0,027** +0,0011	**+0,004** +0,0002	**0,004T** **0,062T** 0,0002T 0,0025T	–	–	–	**+0,043** +0,0017	**+0,020** +0,0008	**0,020T** **0,078T** 0,0008T 0,0031T

RILLENKUGELLAGER, PENDELROLLENLAGER UND ZYLINDERROLLENLAGER

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 68, Fortsetzung

Lagerbohrung			g6			h6			h5			j5		
Nominal (Max.)		Toleranz[1]	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung
Über	Inklusive		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
315,000 12,4016	**355,000** 13,9764	**-0,040** -0,0016	**-0,018** -0,0007	**-0,054** -0,0021	**0,054L 0,022T** 0,0021L 0,0009T	**0,000** 0,0000	**-0,036** -0,0014	**0,036L 0,040T** 0,0014L 0,0016T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,018** -0,0007	**0,018L 0,047T** 0,0007L 0,0019T
355,000 13,9764	**400,000** 15,7480	**-0,040** -0,0016	**-0,018** -0,0007	**-0,054** -0,0021	**0,054L 0,022T** 0,0021L 0,0009T	**0,000** 0,0000	**-0,036** -0,0014	**0,036L 0,040T** 0,0014L 0,0016T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,018** -0,0007	**0,018L 0,047T** 0,0007L 0,0019T
400,000 15,7480	**450,000** 17,7165	**-0,045** -0,0018	**-0,020** -0,0008	**-0,060** -0,0024	**0,060L 0,025T** 0,0024L 0,0010T	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0016	**0,040L 0,045T** 0,0016L 0,0018T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,020** -0,0008	**0,020L 0,052T** 0,0008L 0,0021T
450,000 17,7165	**500,000** 19,6850	**-0,045** -0,0018	**-0,020** -0,0008	**-0,060** -0,0024	**0,060L 0,025T** 0,0024L 0,0010T	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0016	**0,040L 0,045T** 0,0016L 0,0018T	–	–	–	**+0,007** +0,0003	**-0,020** -0,0008	**0,020L 0,052T** 0,0008L 0,0020T
500,000 19,6850	**560,000** 22,0472	**-0,050** -0,0020	**-0,022** -0,0009	**-0,066** -0,0026	**0,066L 0,028T** 0,0026L 0,0011T	**0,000** 0,0000	**-0,044** -0,0017	**0,044L 0,050T** 0,0017L 0,0020T	–	–	–	**+0,008** 0,0003	**-0,022** -0,0009	**0,022L 0,058T** 0,0009L 0,0023T
560,000 22,0472	**630,000** 24,8032	**-0,050** -0,0020	**-0,022** -0,0009	**-0,066** -0,0026	**0,066L 0,028T** 0,0026L 0,0011T	**0,000** 0,0000	**-0,044** -0,0017	**0,044L 0,050T** 0,0017L 0,0020T	–	–	–	**+0,008** +0,0003	**-0,022** -0,0009	**0,022L 0,058T** 0,0009L 0,0023T
630,000 24,8032	**710,000** 27,9528	**-0,075** -0,0030	**-0,024** -0,0009	**-0,074** -0,0029	**0,074L 0,051T** 0,0029L 0,0021T	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,050L 0,075T** 0,0020L 0,0030T	–	–	–	**+0,010** +0,0004	**-0,025** -0,0010	**0,025L 0,085T** 0,0010L 0,0035T
710,000 27,9528	**800,000** 31,4961	**-0,075** -0,0030	**-0,024** -0,0009	**-0,074** -0,0029	**0,074L 0,051T** 0,0029L 0,0021T	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,050L 0,075T** 0,0020L 0,0030T	–	–	–	**+0,010** +0,0004	**-0,025** -0,0010	**0,025L 0,085T** 0,0010L 0,0035T
800,000 31,4961	**900,000** 35,4331	**-0,100** -0,0039	**-0,026** -0,0010	**-0,082** 0,0032	**0,082L 0,074T** 0,0032L 0,0029T	**0,000** 0,0000	**-0,056** -0,0022	**0,056L 0,100T** 0,0022L 0,0039T	–	–	–	**+0,012** +0,0005	**-0,028** -0,0011	**0,028L 0,112T** 0,0011L 0,0044T
900,000 35,4331	**1000,000** 39,3701	**-0,100** -0,0039	**-0,026** -0,0010	**-0,082** 0,0032	**0,082L 0,074T** 0,0032L 0,0029T	**0,000** 0,0000	**-0,056** -0,0022	**0,056L 0,100T** 0,0022L 0,0039T	–	–	–	**+0,012** +0,0005	**-0,028** -0,0011	**0,028L 0,112T** 0,0011L 0,0044T
1000,000 39,3701	**1120,000** 44,0945	**-0,125** -0,0049	**-0,028** -0,0011	**-0,094** -0,0037	**0,094L 0,097T** 0,0037L 0,0038T	**0,000** 0,0000	**-0,066** -0,0026	**0,066L 0,125T** 0,0022L 0,0039T	–	–	–	**+0,013** +0,0005	**-0,033** -0,0013	**0,033L 0,138T** 0,0013L 0,0054T
1120,000 44,0945	**1250,000** 49,2126	**-0,125** -0,0049	**-0,028** -0,0011	**-0,094** -0,0037	**0,094L 0,097T** 0,0037L 0,0038T	**0,000** 0,0000	**-0,066** -0,0026	**0,066L 0,125T** 0,0022L 0,0039T	–	–	–	**+0,013** +0,0005	**-0,033** -0,0013	**0,033L 0,138T** 0,0013L 0,0054T

HINWEIS: Toleranz und Wellendurchmesser werden in der Tabelle als Abweichungen von der nominalen Lagerbohrung dargestellt.
[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 68, Fortsetzung

j6			k5			k6			m5		
Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung	Wellendurchmesser		Passung
Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
+0,018 +0,0007	**-0,018** -0,0007	**0,018L** **w0,058T** 0,0007L 0,0023T	**+0,029** +0,0011	**+0,046** +0,0002	**0,004T** **0,069T** 0,0002T 0,0027T	–	–	–	**+0,046** +0,0018	**+0,021** +0,0008	**0,021T** **0,086T** 0,0008T 0,0034T
+0,018 +0,0007	**-0,018** -0,0007	**0,018L** **0,058T** 0,0007L 0,0023T	**+0,029** +0,0011	**+0,004** +0,0002	**0,004T** **0,069T** 0,0002T 0,0027T	–	–	–	**+0,046** +0,0018	**+0,021** +0,0008	**0,021T** **0,086T** 0,0008T 0,0034T
+0,020 +0,0008	**-0,020** -0,0008	**0,020L** **0,065T** 0,0008L 0,0026T	**+0,032** +0,0013	**+0,005** +0,0002	**0,005T** **0,077T** 0,0002T 0,0031T	–	–	–	**+0,050** +0,0020	**+0,023** +0,0009	**0,023T** **0,095T** 0,0009T 0,0037T
+0,020 +0,0008	**-0,020** -0,0008	**0,020L** **0,065T** 0,0008L 0,0026T	**+0,032** +0,0013	**+0,005** +0,0002	**0,005T** **0,077T** 0,0002T 0,0031T	–	–	–	**+0,050** +0,0020	**+0,023** +0,0009	**0,023T** **0,095T** 0,0009T 0,0037T
+0,022 +0,0009	**-0,022** -0,0009	**0,022L** **0,072T** 0,0009L 0,0029T	**+0,030** +0,0012	**0,000** 0,0000	**0,00T** **0,080T** 0,0000T 0,0032T	–	–	–	**+0,056** +0,0022	**+0,026** +0,0010	**0,026T** **0,106T** 0,0010T 0,0042T
+0,022 +0,0009	**-0,022** -0,0009	**0,022L** **0,072T** 0,0009L 0,0029T	**+0,030** +0,0012	**0,000** 0,0000	**0,00T** **0,080T** 0,0000T 0,0032T	–	–	–	**+0,056** +0,0022	**+0,026** +0,0010	**0,026T** **0,106T** 0,0010T 0,0042T
+0,025 +0,0010	**-0,025** -0,0010	**0,025L** **0,100T** 0,0010L 0,0040T	**+0,035** +0,0014	**0,000** 0,0000	**0,000T** **0,110T** 0,0000T 0,0044T	–	–	–	**+0,065** +0,0026	**+0,030** +0,0012	**0,030T** **0,140T** 0,0012T 0,0056T
+0,025 +0,0010	**-0,025** -0,0010	**0,025L** **0,100T** 0,0010L 0,0040T	**+0,035** +0,0014	**0,000** 0,0000	**0,000T** **0,110T** 0,0000T 0,0044T	–	–	–	**+0,065** +0,0026	**+0,030** +0,0012	**0,030T** **0,140T** 0,0012T 0,0056T
+0,025 +0,0010	**-0,025** -0,0010	**0,028L** **0,128T** 0,0011L 0,0050L	**+0,040** +0,0016	**0,000** 0,0000	**0,000T** **0,140T** 0,0000T 0,0055T	–	–	–	**+0,074** +0,0029	**+0,0030** +0,0012	**0,034T** **0,174T** 0,0012T 0,0056T
+0,028 +0,0011	**-0,028** -0,0011	**0,028L** **0,128T** 0,0011L 0,0050T	**+0,040** +0,0016	**0,000** 0,0000	**0,000T** **0,140T** 0,0000T 0,0055T	–	–	–	**+0,074** +0,0029	**+0,034** +0,0013	**0,034T** **0,174T** 0,0013T 0,0068T
+0,028 +0,0011	**-0,028** -0,0011	**0,033L** **0,158T** 0,0013L 0,0062T	**+0,046** +0,0018	**0,000** 0,0000	**0,000T** **0,171T** 0,0000T 0,0067T	–	–	–	**+0,086** +0,0034	**+0,040** +0,0016	**0,040T** **0,211T** 0,0016T 0,0083T
+0,033 +0,0013	**-0,033** -0,0013	**0,033L** **0,158T** 0,0013L 0,0062T	**+0,046** +0,0018	**0,000** 0,0000	**0,000T** **0,171T** 0,0000T 0,0067T	–	–	–	**+0,086** +0,0034	**+0,040** +0,0016	**0,040T** **0,211T** 0,0016T 0,0083T

HINWEIS: Toleranz und Wellendurchmesser werden in der Tabelle als Abweichungen von der nominalen Lagerbohrung dargestellt.
(1)Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLE 69. WELLENTOLERANZEN DER RADIALKUGEL-, PENDEL- UND ZYLINDERROLLENLAGER

Lagerbohrung			m6			n6			p6			r6			r7		
Nominal (Max.)		Toleranz[1]	Wellen-durchmesser		Passung	Wellen-durchmesser		Passung	Wellen-durchmesser		Passung	Wellen-durchmesser		Passung	Wellen-durchmesser		Passung
Über	Inklusive		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
3,000 0,1181	**6,000** 0,2362	**-0,008** -0,0003	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,000 0,2362	**10,000** 0,3937	**-0,008** -0,0003	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,008** -0,0003	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,010** -0,0004	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,012** -0,0005	**+0,025** +0,0010	**+0,009** +0,0004	**0,009T** **0,037T** 0,0004T 0,0145T	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,015** -0,0006	**+0,030** +0,0012	**+0,011** +0,0004	**0,011T** **0,045T** 0,0004T 0,0018T	**+0,039** +0,0015	**+0,020** +0,0008	**0,020T** **0,054T** 0,0008T 0,0021T	–	–	–	–	–	–	–	–	–
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,020** -0,0008	**+0,035** +0,0014	**+0,013** +0,0005	**0,013T** **0,055T** 0,0005T 0,0022T	**+0,045** +0,0018	**+0,023** +0,0009	**0,023T** **0,065T** 0,0009T 0,0026T	**+0,059** +0,0023	**+0,037** +0,0015	**0,037T** **0,079T** 0,0015T 0,0031T	–	–	–	–	–	–
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**+0,040** +0,0016	**+0,015** +0,0006	**0,015T** **0,065T** 0,0006T 0,0026T	**+0,052** +0,0020	**+0,027** +0,0011	**0,027T** **0,077T** 0,0011T 0,0030T	**+0,068** +0,0027	**+0,043** +0,0017	**0,043T** **0,093T** 0,0017T 0,0037T	**+0,090** +0,0035	**+0,065** +0,0026	**0,065T** **0,115T** 0,0026T 0,0045T	–	–	–
180,000 7,0866	**200,000** 7,8740	**-0,030** -0,0012	**+0,046** +0,0018	**+0,017** +0,0007	**0,017T** **0,076T** 0,0007T 0,0030T	**+0,060** +0,0024	**+0,031** +0,0012	**0,031L** **0,090T** 0,0012L 0,0036T	**+0,079** +0,0031	**+0,050** +0,0020	**0,050T** **0,109T** 0,0020T 0,0043T	**+0,106** +0,0042	**+0,077** +0,0030	**0,077T** **0,136T** 0,0030T 0,0054T	–	–	–
200,000 7,8740	**225,000** 8,8583	**-0,030** -0,0012	**+0,046** +0,0018	**+0,017** +0,0007	**0,017T** **0,076T** 0,0007T 0,0030T	**+0,060** +0,0024	**+0,031** +0,0012	**0,031L** **0,090T** 0,0012L 0,0036T	**+0,079** +0,0031	**+0,050** +0,0020	**0,050T** **0,109T** 0,0020T 0,0043T	**+0,109** +0,0043	**+0,080** +0,0031	**0,080T** **0,139T** 0,0031T 0,0055T	**+0,126** +0,0050	**+0,080** +0,0031	**0,080T** **0,156T** 0,0031T 0,0062T
225,000 8,8583	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**+0,046** +0,0018	**+0,017** +0,0007	**0,017T** **0,076T** 0,0007T 0,0030T	**+0,060** +0,0024	**+0,031** +0,0012	**0,031L** **0,090T** 0,0012L 0,0036T	**+0,079** +0,0031	**+0,050** +0,0020	**0,050T** **0,109T** 0,0020T 0,0043T	**+0,113** +0,0044	**+0,084** +0,0033	**0,084T** **0,143T** 0,0033T 0,0056T	**+0,130** +0,0051	**+0,084** +0,0033	**0,084T** **0,160T** 0,0033T 0,0063T
250,000 9,8425	**280,000** 11,0236	**-0,035** -0,0014	**+0,052** +0,0020	**+0,020** +0,0008	**0,020T** **0,087T** 0,0008T 0,0034T	**+0,066** +0,0026	**+0,034** +0,0013	**0,034T** **0,101T** 0,0013T 0,0040T	**+0,088** +0,0035	**+0,056** +0,0022	**0,056T** **0,123T** 0,0022T 0,0049T	**+0,126** +0,0050	**+0,094** +0,0037	**0,094T** **0,161T** 0,0037T 0,0064T	**+0,146** +0,0057	**+0,094** +0,0037	**0,094T** **0,181T** 0,0037T 0,0071T
280,000 11,0236	**315,000** 12,4016	**-0,035** -0,0014	**+0,052** +0,0020	**+0,020** +0,0008	**0,020T** **0,087T** 0,0008T 0,0034T	**+0,066** +0,0026	**+0,034** +0,0013	**0,034T** **0,101T** 0,0013T 0,0040T	**+0,088** +0,0035	**+0,056** +0,0022	**0,056T** **0,123T** 0,0022T 0,0049T	**+0,130** +0,0051	**+0,098** +0,0039	**0,098T** **0,165T** 0,0039T 0,0065T	**+0,150** +0,0059	**+0,098** +0,0039	**0,098T** **0,185T** 0,0039T 0,0073T

HINWEIS: Toleranz und Wellendurchmesser werden in der Tabelle als Abweichungen von der nominalen Lagerbohrung dargestellt.

[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 69, Fortsetzung

Lagerbohrung			m6			n6			p6			r6			r7		
Nominal (Max.)		Toleranz[1]	Wellen-durchmesser		Passung	Wellen-durchmesser		Passung	Wellen-durchmesser		Passung	Wellen-durchmesser		Passung	Wellen-durchmesser		Passung
Über	Inklusive		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
315,000 12,4016	**355,000** 13,9764	**-0,040** -0,0016	**+0,057** +0,0022	**+0,021** +0,0008	**0,021T** **0,097T** 0,0008T 0,0038T	**+0,073** +0,0029	**+0,037** +0,0015	**0,037T** **0,113T** 0,0015T 0,0045T	**+0,098** +0,0039	**+0,062** +0,0024	**0,062T** **0,138T** 0,0024T 0,0055T	**+0,144** +0,0057	**+0,108** +0,0043	**0,108T** **0,184T** 0,0043T 0,0073T	**+0,165** +0,0065	**+0,108** +0,0043	**0,108T** **0,205T** 0,0043T 0,0081T
355,000 13,9764	**400,000** 15,7480	**-0,040** -0,0016	–	–	–	**+0,073** +0,0029	**+0,037** +0,0015	**0,037T** **0,113T** 0,0015T 0,0045T	**+0,098** +0,0039	**+0,062** +0,0024	**0,062T** **0,138T** 0,0024T 0,0055T	**+0,150** +0,0059	**+0,114** +0,0045	**0,114T** **0,190T** 0,0045T 0,0075T	**+0,171** +0,0067	**+0,114** +0,0045	**0,114T** **0,211T** 0,0045T 0,0083T
400,000 15,7480	**450,000** 17,7165	**-0,045** -0,0018	–	–	–	**+0,080** +0,0031	**+0,040** +0,0016	**0,040T** **0,125T** 0,0016T 0,0049T	**+0,108** +0,0043	**+0,068** +0,0027	**0,068T** **0,153T** 0,0027T 0,0061T	**+0,166** +0,0065	**+0,126** +0,0050	**0,126T** **0,211T** 0,0050T 0,0083T	**+0,189** +0,0074	**+0,126** +0,0050	**0,126T** **0,234T** 0,0050T 0,0092T
450,000 17,7165	**500,000** 19,6850	**-0,045** -0,0018	–	–	–	**+0,080** +0,0031	**+0,040** +0,0016	**0,040T** **0,125T** 0,0016T 0,0049T	**+0,108** +0,0043	**+0,068** +0,0027	**0,068T** **0,153T** 0,0027T 0,0061T	**+0,172** +0,0068	**+0,132** +0,0052	**0,132T** **0,217T** 0,0052T 0,0086T	**+0,195** +0,0077	**+0,132** +0,0052	**0,132T** **0,240T** 0,0052T 0,0095T
500,000 19,6850	**560,000** 22,0472	**-0,050** -0,0020	–	–	–	–	–	–	**+0,122** +0,0048	**+0,078** +0,0031	**0,078T** **0,172T** 0,0031T 0,0068T	**+0,194** +0,0076	**+0,150** +0,0059	**0,150T** **0,244T** 0,0059T 0,0096T	**+0,220** +0,0087	**+0,150** +0,0059	**0,150T** **0,270T** 0,0059T 0,0107T
560,000 22,0472	**630,000** 24,8032	**-0,050** -0,0020	–	–	–	–	–	–	**+0,122** +0,0048	**+0,078** +0,0031	**0,078T** **0,172T** 0,0031T 0,0068T	**+0,199** +0,0078	**+0,155** +0,0061	**0,155T** **0,249T** 0,0061T 0,0098T	**+0,225** +0,0089	**+0,155** +0,0061	**0,155T** **0,275T** 0,0061T 0,0109T
630,000 24,8032	**710,000** 27,9528	**-0,075** -0,0030	–	–	–	–	–	–	**+0,138** +0,0054	**+0,088** +0,0035	**0,088T** **0,213T** 0,0035T 0,0084T	**+0,225** +0,0089	**+0,175** +0,0069	**0,175T** **0,300T** 0,0069T 0,0119T	**+0,255** +0,0100	**+0,175** +0,0069	**0,175T** **0,330T** 0,0069T 0,0130T
710,000 27,9528	**800,000** 31,4961	**-0,075** -0,0030	–	–	–	–	–	–	**+0,138** +0,0054	**+0,088** +0,0035	**0,088T** **0,213T** 0,0035T 0,0084T	**+0,235** +0,0093	**+0,185** +0,0073	**0,185T** **0,310T** 0,0073T 0,0123T	**+0,265** +0,0104	**+0,185** +0,0073	**0,185T** **0,340T** 0,0073T 0,0134T
800,000 31,4961	**900,000** 35,4331	**-0,100** -0,0039	–	–	–	–	–	–	**+0,156** +0,0061	**+0,100** +0,0039	**0,100T** **0,256T** 0,0039T 0,0100T	**+0,266** +0,0105	**+0,210** +0,0083	**0,210T** **0,366T** 0,0083T 0,0144T	**+0,300** +0,0118	**+0,210** +0,0083	**0,210T** **0,400T** 0,0083T 0,0157T
900,000 35,4331	**1000,000** 39,3701	**-0,100** -0,0039	–	–	–	–	–	–	**+0,156** +0,0061	**+0,100** +0,0039	**0,100T** **0,256T** 0,0039T 0,0100T	**+0,276** +0,0109	**+0,220** +0,0087	**0,220T** **0,366T** 0,0087T 0,0148T	**+0,0310** +0,0122	**+0,220** +0,0087	**0,220T** **0,410T** 0,0087T 0,0161T
1000,0001 39,3701	**120,000** 44,0945	**-0,125** -0,0049	–	–	–	–	–	–	**+0,186** +0,0073	**+0,120** +0,0047	**0,120T** **0,311T** 0,0047T 0,0122T	**+0,316** +0,0124	**+0,250** +0,0098	**0,250T** **0,441T** 0,0098T 0,0173T	**+0,355** +0,0140	**+0,250** +0,0098	**0,250T** **0,480T** 0,0098T 0,0189T
1120,0001 44,0945	**250,000** 49,2126	**-0,125** -0,0049	–	–	–	–	–	–	**+0,186** +0,0073	**+0,120** +0,0047	**0,120T** **0,311T** 0,0047T 0,0122T	**+0,326** +0,0128	**+0,260** +0,0102	**0,260T** **0,451T** 0,0102T 0,0177T	**+0,365** +0,0144	**+0,260** +0,0102	**0,260T** **0,490T** 0,0102T 0,0193T

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

GEHÄUSETOLERANZEN

TABELLE 70. GEHÄUSETOLERANZEN DER RADIALKUGEL-, PENDEL- UND ZYLINDERROLLENLAGER

Außendurchmesser des Lagers			F7			G7			H6			H7		
Nominal (Max.)		Toleranz[1]	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung
Über	Inklusive		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,008** -0,0003	**+0,034** +0,0013	**+0,016** +0,0006	**0,016L** **0,042L** 0,0006L 0,0016L	**+0,024** +0,0009	**+0,002** +0,0002	**0,006L** **0,032L** 0,0002L 0,0012L	**+0,011** +0,0004	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,019L** 0,0000L 0,0007L	**+0,018** +0,0007	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,026L** 0,0000L 0,0010L
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,009** -0,0035	**+0,041** +0,0016	**+0,020** +0,0008	**0,020L** **0,050L** 0,0008L 0,00195L	**+0,028** +0,0011	**+0,007** +0,0003	**0,007L** **0,037L** 0,0003L 0,00145L	**+0,013** +0,0005	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,022L** 0,0000L 0,00085L	**+0,021** +0,0008	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,030L** 0,0000L 0,00125L
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,011** -0,00045	**+0,050** +0,0020	**+0,025** +0,0010	**0,025L** **0,061L** 0,0010L 0,00245L	**+0,034** +0,0013	**+0,009** +0,0004	**0,009L** **0,045L** 0,0004L 0,00175L	**+0,016** +0,0006	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,027L** 0,0000L 0,00105L	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,036L** 0,0000L 0,00145L
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,013** -0,0005	**+0,060** +0,0024	**+0,030** +0,0012	**0,030L** **0,073L** 0,0012L 0,0029L	**+0,040** +0,0016	**+0,010** +0,0004	**0,010L** **0,053L** 0,0004L 0,0021L	**+0,019** +0,0007	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,032L** 0,0000L 0,0012L	**+0,030** +0,0012	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,059L** 0,0000L 0,0017L
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,015** -0,0006	**+0,071** +0,0028	**+0,036** +0,0014	**0,036L** **0,086L** 0,0014L 0,0034L	**+0,047** +0,0019	**+0,012** +0,0005	**0,012L** **0,062L** 0,0005L 0,0025L	**+0,022** +0,0009	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,037L** 0,0000L 0,0015L	**+0,035** +0,0014	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,050L** 0,0000L 0,0020L
120,000 4,7244	**150,000** 5,9055	**-0,018** -0,0007	**+0,083** +0,0033	**+0,043** +0,0017	**0,043L** **0,101L** 0,0017L 0,0040L	**+0,054** +0,0021	**+0,014** +0,0006	**0,014L** **0,072L** 0,0006L 0,0028L	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,043L** 0,0000L 0,0017L	**+0,040** +0,0016	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,058L** 0,0000L 0,0023L
150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**+0,083** +0,0033	**+0,043** +0,0017	**0,043L** **0,108L** 0,0017L 0,0043L	**+0,054** +0,0021	**+0,014** +0,0006	**0,014L** **0,079L** 0,0006L 0,0031L	**+0,025** +0,0010	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,050L** 0,0000L 0,0020L	**+0,040** +0,0016	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,065L** 0,0000L 0,0026L
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**+0,096** +0,0038	**+0,050** +0,0020	**0,050L** **0,126L** 0,0020L 0,0050L	**+0,061** +0,0024	**+0,015** +0,0006	**0,015L** **0,091L** 0,0006L 0,0036L	**+0,029** +0,0011	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,059L** 0,0000L 0,0023L	**+0,046** +0,0018	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,076L** 0,0000L 0,0030L
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**-0,035** -0,0014	**+0,108** +0,0043	**+0,056** +0,0022	**0,056L** **0,143L** 0,0022L 0,0057L	**+0,069** +0,0027	**+0,17** +0,0007	**0,017L** **0,104L** 0,0007L 0,0041L	**+0,032** +0,0013	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,067L** 0,0000L 0,0027L	**+0,052** +0,0020	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,087L** 0,0000L 0,0034L
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**-0,040** -0,0016	**+0,119** +0,0047	**+0,062** +0,0024	**0,063L** **0,159L** 0,0024L 0,0063L	**+0,075** +0,0030	**+0,018** +0,0007	**0,018L** **0,115L** 0,0007L 0,0046L	**+0,035** +0,0014	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,0762L** 0,0000L 0,0030L	**+0,057** +0,0022	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,097L** 0,0000L 0,0038L
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**-0,045** -0,0018	**+0,131** +0,0052	**+0,068** +0,0027	**0,068L** **0,176L** 0,0027L 0,0070L	**+0,083** +0,0033	**+0,020** +0,0008	**0,020L** **0,128L** 0,0008L 0,0051L	**+0,041** +0,0016	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,086L** 0,0000L 0,0034L	**+0,063** +0,0025	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,108L** 0,0000L 0,0043L
500,000 19,6850	**630,000** 24,8032	**-0,050** -0,0020	**+0,146** +0,0057	**+0,076** +0,0030	**0,076L** **0,196L** 0,0030L 0,0077L	**+0,092** +0,0036	**+0,022** +0,0009	**0,022L** **0,142L** 0,0009L 0,0056L	**+0,043** +0,0017	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,094L** 0,0000L 0,0037L	**+0,070** +0,0028	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,120L** 0,0000L 0,0048L

HINWEIS: Toleranz und Wellendurchmesser werden in der Tabelle als Abweichungen vom Außendurchmesser der nominalen Bohrung dargestellt.
[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 70, Fortsetzung

H8			J6			J7			K6			K7		
Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung
Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
+0,027 +0,0011	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,035L** 0,0000L 0,0014L	**+0,006** +0,0002	**-0,005** -0,0002	**0,005T** **0,014L** 0,0002T 0,0005L	**+0,10** +0,004	**-0,008** -0,0003	**0,008T** **0,018L** 0,0003T 0,0007L	**+0,002** +0,0001	**-0,009** -0,0004	**0,009T** **0,010L** 0,0004T 0,0004L	**+0,006** +0,0002	**-0,012** -0,0005	**0,012T** **0,014L** 0,0005T 0,0005L
+0,033 +0,0013	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,030L** 0,0000L 0,00165L	**+0,008** +0,0003	**-0,005** -0,0002	**0,005T** **0,017L** 0,0002T 0,00065L	**+0,012** +0,0005	**-0,009** -0,0004	**0,009T** **0,021L** 0,0004T 0,00085L	**+0,002** +0,0001	**-0,011** -0,0004	**0,011T** **0,011L** 0,0004T 0,00045L	**+0,006** +0,0002	**-0,015** -0,0006	**0,015T** **0,015L** 0,0006T 0,00055L
+0,039 +0,0015	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,050L** 0,0000L 0,00195L	**+0,010** +0,0002	**-0,006** -0,0002	**0,006T** **0,021L** 0,0002T 0,00085L	**+0,014** +0,0006	**-0,011** -0,0004	**0,011T** **0,025L** 0,0004T 0,00105L	**+0,003** +0,0001	**-0,014** -0,0005	**0,013T** **0,014L** 0,0005T 0,00055L	**+0,007** +0,0003	**-0,018** -0,0007	**0,018T** **0,018L** 0,0007T 0,00065L
+0,046 +0,0018	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,059L** 0,0000L 0,0023L	**+0,013** +0,0005	**-0,006** -0,0002	**0,006T** **0,026L** 0,0002T 0,0010L	**+0,018** +0,0007	**-0,012** -0,0005	**0,012T** **0,031L** 0,0005T 0,0012L	**+0,004** +0,0002	**-0,015** -0,0006	**0,015T** **0,017L** 0,0006T 0,0007L	**+0,009** +0,0004	**-0,021** -0,0008	**0,021T** **0,022L** 0,0008T 0,0009L
+0,054 **+0,054** +0,0021	**0,000** **0,000** 0,0000	**0,000L** **0,069L** 0,0000L 0,0027L	**+0,016** +0,0006	**-0,006** -0,0002	**0,006T** **0,031L** 0,0002T 0,0012L	**+0,022** +0,0009	**-0,013** -0,0005	**0,013T** **0,037L** 0,0005T 0,0015L	**+0,004** +0,0002	**-0,018** -0,0007	**0,018T** **0,019L** 0,0007T 0,0008L	**+0,010** +0,0004	**-0,025** -0,0010	**0,025T** **0,025L** 0,0010T 0,0010L
+0,063 +0,0025	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,081L** 0,0000L 0,0032L	**+0,018** +0,0007	**-0,007** -0,0003	**0,007T** **0,036L** 0,0003T 0,0014L	**+0,026** +0,0010	**-0,014** -0,0006	**0,014T** **0,044L** 0,0006T 0,0017L	**+0,004** +0,0002	**-0,021** -0,0008	**0,021T** **0,022L** 0,0008T 0,0009L	**+0,012** +0,0005	**-0,028** -0,0011	**0,028T** **0,030L** 0,0011T 0,0012L
+0,063 +0,0025	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,088L** 0,0000L 0,0035L	**+0,018** +0,0007	**-0,007** -0,0003	**0,007T** **0,043L** 0,0003T 0,0017L	**+0,026** +0,0010	**-0,014** -0,0006	**0,014T** **0,051L** 0,0006T 0,0020L	**+0,004** +0,0002	**-0,021** -0,0008	**0,021T** **0,029L** 0,008T 0,0012L	**+0,012** +0,0005	**-0,033** -0,028	**0,028T** **0,037L** 0,0011T 0,0015L
+0,072 +0,0028	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,102L** 0,0000L 0,0040L	**+0,022** +0,0007	**-0,007** -0,0003	**0,007T** **0,052L** 0,0003T 0,0021L	**+0,030** +0,0012	**-0,016** -0,0006	**0,016T** **0,060L** 0,0006T 0,0024L	**+0,005** +0,0002	**-0,024** -0,0009	**0,024T** **0,035L** 0,0009T 0,0014L	**+0,013** +0,0005	**-0,0011** -0,0013	**0,033T** **0,043L** 0,0013T 0,0017L
+0,081 +0,0032	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,116L** 0,0000L 0,0046L	**+0,025** +0,0010	**-0,007** -0,0003	**0,007T** **0,060L** 0,0003T 0,0024L	**+0,036** +0,0014	**-0,016** -0,0006	**0,016T** **0,071L** 0,0006T 0,0028L	**+0,005** +0,0002	**-0,027** -0,0011	**0,027T** **0,040L** 0,0011T 0,0016L	**+0,016** +0,0006	**-0,036** -0,0014	**0,036T** **0,051L** 0,0014T 0,0020L
+0,036 +0,035	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,076L** 0,0000L 0,0051L	**+0,029** +0,0011	**-0,007** -0,0003	**0,007T** **0,069L** 0,0003T 0,0027L	**+0,039** +0,0015	**-0,018** -0,0007	**0,018T** **0,079L** 0,0007T 0,0031L	**+0,007** +0,0003	**-0,029** -0,0011	**0,029T** **0,047L** 0,0011T 0,0019L	**+0,017** +0,0007	**-0,040** -0,0016	**0,040T** **0,057L** 0,0016T 0,0023L
+0,040 +0,0038	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,085** 0,0000L 0,0056L	**+0,033** +0,0013	**-0,007** -0,0003	**0,007T** **0,078L** 0,0003T 0,0031L	**+0,043** +0,0017	**-0,020** -0,0008	**0,020T** **0,088L** 0,0008T 0,0035L	**+0,008** +0,0003	**-0,032** -0,0013	**0,032T** **0,053L** 0,0013T 0,0021L	**+0,018** +0,0007	**-0,045** -0,0018	**0,045T** **0,063L** 0,0018T 0,0025L
+0,044 +0,0043	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,094L** 0,0000L 0,0063L	**+0,037** +0,0015	**-0,007** -0,0003	**0,022T** **0,098L** 0,0003T 0,0035L	**+0,048** +0,0019	**-0,022** -0,0009	**0,022T** **0,098L** 0,0009T 0,0039L	**0,000** 0,0000	**-0,044** -0,0017	**0,044T** **0,050L** 0,0017T 0,0020L	**0,000** 0,0000	**-0,070** -0,0028	**0,070T** **0,050L** 0,0028T 0,0020L

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

RILLENKUGELLAGER, PENDELROLLENLAGER UND ZYLINDERROLLENLAGER

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 70, Fortsetzung

Außendurchmesser des Lagers			F7			G7			H6			H7		
Nominal (Max.)		Toleranz[1]	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung
Über	Inklusive		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
630,000 24,8032	**800,000** 31,4961	**-0,075** -0,0030	**+0,160** +0,0063	**+0,080** +0,0031	**0,080L** **0,235L** 0,0031L 0,0093L	**+0,104** +0,0041	**+0,024** +0,0009	**0,024L** **0,179L** 0,0009L 0,0071L	**+0,051** +0,0020	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,076L** 0,0000L 0,0030L	**+0,080** +0,0031	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,155L** 0,0000L 0,0061L
800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**-0,100** -0,0039	**+0,179** +0,0063	**+0,086** +0,0034	**0,086L** **0,276L** 0,0034L 0,0108L	**+0,116** +0,0046	**+0,026** +0,0010	**0,026L** **0,216L** 0,0010L 0,0085L	**+0,056** +0,0022	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,155L** 0,0000L 0,0061L	**+0,090** +0,0035	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,190L** 0,0000L 0,0074L
1000,000 39,3701	**1250,000** 49,2126	**-0,125** -0,0049	**+0,203** +0,0080	**+0,098** +0,0039	**0,098L** **0,328L** 0,0039L 0,0129L	**+0,133** +0,0052	**+0,028** +0,0011	**0,028L** **0,258L** 0,0011L 0,0101L	**+0,066** +0,0026	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,191L** 0,0000L 0,0075L	**+0,105** +0,0041	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,230L** 0,0000L 0,0090L
1250,000 49,2126	**1600,000** 62,9921	**-0,160** -0,0063	**+0,155** +0,0093	**+0,030** +0,0043	**0,110L** **0,395L** 0,0043L 0,0156L	**+0,155** +0,0061	**+0,030** +0,0012	**0,030L** **0,315L** 0,0012L 0,0124L	**+0,079** +0,0031	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,239L** 0,0000L 0,0094L	**+0,125** +0,0049	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,355L** 0,0000L 0,0112L
1600,000 62,9921	**2000,000** 78,7402	**-0,200** -0,0079	**+0,270** +0,0106	**+0,120** +0,0047	**0,120L** **0,470L** 0,0047L 0,0185L	**+0,182** +0,0072	**+0,032** +0,0013	**0,032L** **0,382L** 0,0013L 0,0151L	**+0,091** +0,0036	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,292L** 0,0000L 0,0115L	**+0,150** +0,0059	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,350L** 0,0000L 0,0138L
2000,000 78,7402	**2500,000** 98,4252	**-0,250** -0,0098	**+0,305** 0,0120	**+0,0130** +0,0051	**0,130L** **0,555L** 0,0051L 0,0218L	**+0,209** +0,0082	**+0,034** +0,0013	**0,034L** **0,459L** 0,0013L 0,0180L	**+1,092** +0,043	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,358L** 0,0000L 0,0141L	**+0,175** +0,0069	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,425L** 0,0000L 0,0167L

HINWEIS: Toleranz und Wellendurchmesser werden in der Tabelle als Abweichungen vom Außendurchmesser der nominalen Bohrung dargestellt.
[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 70, Fortsetzung

H8			J6			J7			K6			K7		
Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung
Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
+0,050 +0,0049	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,125L** 0,0000L 0,0079L	**+0,040** +0,0016	**-0,010** -0,0004	**0,010T** **0,115L** 0,0004T 0,0046L	**+0,056** +0,0022	**-0,024** -0,0009	**0,024T** **0,131L** 0,0009T 0,0052L	**0,000** 0,0000	**-0,050** -0,0020	**0,050T** **0,075L** 0,0020T 0,0030L	**0,000** 0,0000	**-0,080** -0,0031	**0,080T** **0,075L** 0,0031T 0,0030L
+0,056 +0,0055	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,156L** 0,0000L 0,0094L	**+0,046** +0,0018	**-0,010** -0,0004	**0,010T** **0,146L** 0,0004T 0,0057L	**+0,064** +0,0025	**-0,026** -0,0010	**0,026T** **0,164L** 0,0010T 0,0064L	**0,000** 0,0000	**-0,056** -0,0022	**0,056T** **0,100L** 0,0022T 0,0039L	**0,000** 0,0000	**-0,090** -0,0035	**0,090T** **0,100L** 0,0035T 0,0039L
+0,066 +0,0065	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,191L** 0,0000L 0,0114L	**+0,056** +0,0022	**-0,010** -0,0004	**0,010T** **0,181L** 0,0004T 0,0071L	**+0,077** +0,0030	**-0,028** -0,0011	**0,028T** **0,202L** 0,0011T 0,0079L	**0,000** 0,0000	**-0,066** -0,0026	**0,066T** **0,125L** 0,0026T 0,0049L	**0,000** 0,0000	**-0,105** -0,0041	**0,105T** **0,125L** 0,0041T 0,0049L
+0,078 +0,0077	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,238L** 0,0000L 0,0104L	**+0,068** +0,0027	**-0,010** -0,0004	**0,010T** **0,228L** 0,0004T 0,0090L	**+0,095** +0,0037	**-0,030** -0,0012	**0,030T** **0,255L** 0,0012T 0,0100L	**0,000** 0,0000	**-0,078** -0,0031	**0,078T** **0,160L** 0,0031T 0,0063L	**0,000** 0,0000	**-0,125** -0,0049	**0,125T** **0,160L** 0,0049T 0,0063L
+0,092 +0,0091	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,292L** 0,0000L 0,0170L	**+0,082** +0,0032	**-0,010** -0,0004	**0,110T** **0,282L** 0,0004T 0,0111L	**+0,118** +0,0046	**-0,032** -0,0013	**0,032T** **0,318L** 0,0013T 0,0125L	**0,000** 0,0000	**-0,092** -0,0036	**0,092T** **0,200L** 0,0036T 0,0079L	**0,000** 0,0000	**-0,150** -0,0059	**0,150T** **0,200L** 0,0059T 0,0079L
+0,110 +0,0110	**0,000** 0,0000	**0,000L** **0,360L** 0,0000L 0,0208L	**+0,100** +0,0039	**-0,010** -0,0004	**0,010T** **0,350L** 0,0004T 0,0137L	**+0,141** +0,0056	**-0,034** -0,0013	**0,034T** **0,391L** 0,0013T 0,0154L	**0,000** 0,0000	**-0,110** -0,0043	**0,110T** **0,250L** 0,0043T 0,0098L	**0,000** 0,0000	**-0,175** -0,0069	**0,175T** **0,250L** 0,0069T 0,0098L

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLE 71. GEHÄUSETOLERANZEN DER RADIALKUGEL-, PENDEL- UND ZYLINDERROLLENLAGER

Außendurchmesser des Lagers			M6			M7			N6			N7		
Nominal (Max.)		Toleranz[1]	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung
Über	Inklusive		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,008** -0,0003	**-0,004** -0,0002	**-0,015** -0,0006	**0,015T 0,004L** 0,0006T 0,0001L	**0,000** 0,0000	**-0,018** -0,0007	**0,018T 0,008L** 0,0007T 0,0003L	**-0,009** -0,0004	**-0,020** -0,0008	**0,020T 0,001T** 0,0008T 0,0001T	**-0,005** -0,0002	**-0,023** -0,0009	**0,023T 0,003L** 0,0009T 0,0001L
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,009** -0,0035	**-0,004** -0,0002	**-0,017** -0,0007	**0,017T 0,005L** 0,0007T 0,00015L	**0,000** 0,0000	**-0,021** -0,0008	**0,021T 0,009L** 0,0008T 0,0035L	**-0,007** -0,0004	**-0,028** -0,0009	**0,024T 0,002T** 0,0009T 0,00005T	**-0,007** -0,0003	**-0,028** -0,0011	**0,028T 0,002L** 0,0011T 0,00005L
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,011** -0,0045	**-0,004** -0,0002	**-0,020** -0,0008	**0,020T 0,007L** 0,0008T 0,00025L	**0,000** 0,0000	**-0,025** -0,0010	**0,025T 0,011L** 0,0010T 0,00045L	**-0,012** -0,0005	**-0,028** -0,0011	**0,028T 0,001T** 0,0011T 0,00005T	**-0,008** -0,0003	**-0,033** -0,0013	**0,033T 0,003L** 0,0013T 0,00015L
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,013** -0,0005	**-0,005** -0,0002	**-0,024** -0,0009	**0,024T 0,008L** 0,0009T 0,0003L	**0,000** 0,0000	**-0,030** -0,0012	**0,030T 0,013L** 0,0012T 0,0005L	**-0,014** -0,0006	**-0,033** -0,0013	**0,033T 0,001T** 0,0013T 0,0001T	**-0,009** -0,0004	**-0,039** -0,0015	**0,039T 0,004L** 0,0015T 0,0001L
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,015** -0,0006	**-0,006** -0,0002	**-0,028** -0,0011	**0,028T 0,009L** 0,0011T 0,0004L	**0,000** 0,0000	**-0,035** -0,0014	**0,035T 0,015L** 0,0014T 0,0006L	**-0,016** -0,0006	**-0,038** -0,0015	**0,038T 0,001T** 0,0015T 0,0000T	**-0,010** -0,0004	**-0,045** -0,0018	**0,045T 0,005L** 0,0018T 0,0002L
120,000 4,7244	**150,000** 5,9055	**-0,018** -0,0007	**-0,008** -0,0003	**-0,033** -0,0013	**0,033T 0,010L** 0,0013T 0,0004L	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0016	**0,040T 0,018L** 0,0016T 0,0007L	**-0,020** -0,0008	**-0,045** -0,0018	**0,045T 0,002T** 0,0018T 0,0001T	**-0,012** -0,0005	**-0,052** -0,0020	**0,061T 0,018L** 0,0020T 0,0002L
150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**-0,025** -0,0010	**-0,008** -0,0003	**-0,033** -0,0013	**0,033T 0,017L** 0,0013T 0,0007L	**0,000** 0,0000	**-0,040** -0,0016	**0,040T 0,025L** 0,0016T 0,0010L	**-0,020** -0,0008	**-0,045** -0,0018	**0,045T 0,005T** 0,0018T 0,0002T	**-0,012** -0,0005	**-0,052** -0,0020	**0,052T 0,013L** 0,0020T 0,0005L
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**-0,030** -0,0012	**-0,008** -0,0003	**-0,037** -0,0015	**0,037T 0,022L** 0,0015T 0,0009L	**0,000** 0,0000	**-0,046** -0,0018	**0,046T 0,030L** 0,0018T 0,0012L	**-0,022** -0,0009	**-0,051** -0,0020	**0,051T 0,008T** 0,0020T 0,0003T	**-0,014** -0,0006	**-0,060** -0,0024	**0,060T 0,016L** 0,0024T 0,0006L
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**-0,035** -0,0014	**-0,009** -0,0004	**-0,041** -0,0016	**0,041T 0,026L** 0,0016T 0,0010L	**0,000** 0,0000	**-0,052** -0,0020	**0,052T 0,035L** 0,0020T 030014L	**-0,025** -0,0010	**-0,057** -0,0022	**0,057T 0,010T** 0,0022T 0,0004T	**-0,014** -0,0006	**-0,066** -0,0026	**0,066T 0,021L** 0,0025T 0,0008L
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**-0,040** -0,0016	**-0,010** -0,0004	**-0,046** -0,0018	**0,046T 0,030L** 0,0018T 0,0012L	**0,000** 0,0000	**-0,057** -0,0022	**0,057T 0,040L** 0,0022T 0,0016L	**-0,026** -0,0006	**-0,062** -0,0029	**0,062T 0,014T** 0,0024T 0,0006T	**-0,016** -0,0006	**-0,073** -0,0029	**0,073T 0,024L** 0,0029T 0,0010L
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**-0,045** -0,0018	**-0,010** -0,0004	**-0,050** -0,0020	**0,050T 0,035L** 0,0020T 0,0014L	**0,000** 0,0000	**-0,063** -0,0025	**0,063T 0,045L** 0,0025T 0,0018L	**-0,027** -0,0011	**-0,067** -0,0026	**0,067T 0,018T** 0,0026T 0,0007T	**-0,017** -0,0007	**-0,080** -0,0031	**0,080T 0,028L** 0,0031T 0,0011L
500,000 19,6850	**630,000** 24,8032	**-0,050** -0,0020	**-0,026** -0,0010	**-0,070** -0,0028	**0,070T 0,024L** 0,0028T 0,0010L	**-0,026** -0,0010	**-0,096** -0,0038	**0,096T 0,024L** 0,0038T 0,0010L	**-0,044** -0,0017	**-0,088** -0,0035	**0,088T 0,006T** 0,0035T 0,0003T	**-0,044** -0,0017	**-0,114** -0,0045	**0,114T 0,006L** 0,0045T 0,0003L

HINWEIS: Toleranz und Wellendurchmesser werden in der Tabelle als Abweichungen vom Außendurchmesser der nominalen Bohrung dargestellt.
[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 71, Fortsetzung

P6			P7		
Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung
Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
-0,015 -0,0006	**-0,026** -0,0010	**0,026T** **0,007T** 0,0010T 0,0003T	**-0,011** -0,0004	**-0,029** -0,0011	**0,029T** **0,003T** 0,0011T 0,0001T
-0,018 -0,0007	**-0,031** -0,0012	**0,031T** **0,009T** 0,0012T 0,00035T	**-0,014** -0,0006	**-0,035** -0,0014	**0,035T** **0,005T** 0,0014T 0,0025T
-0,021 -0,0008	**-0,037** -0,0015	**0,037T** **0,010T** 0,0015T 0,00035T	**-0,017** -0,0007	**-0,042** -0,0017	**0,042T** **0,006T** 0,0017T 0,0025T
-0,026 -0,0010	**-0,045** -0,0018	**0,045T** **0,013T** 0,0018T 0,0005T	**-0,021** -0,0008	**-0,051** -0,0020	**0,051T** **0,008T** 0,0020T 0,0003T
-0,030 -0,0012	**-0,052** -0,0020	**0,052T** **0,015T** 0,0020T 0,0006T	**-0,024** -0,0009	**-0,059** -0,0023	**0,059T** **0,009T** 0,0023T 0,0003T
-0,036 -0,0014	**-0,061** -0,0024	**0,061T** **0,018T** 0,0024T 0,0007T	**-0,028** -0,0011	**-0,068** -0,0027	**0,068T** **0,010T** 0,0027T 0,0004T
-0,036 -0,0014	**-0,061** -0,0024	**0,061T** **0,011T** 0,0024T 0,0004T	**-0,028** -0,0011	**-0,068** -0,0027	**0,068T** **0,003T** 0,0027T 0,0001T
-0,041 -0,0016	**-0,070** -0,0028	**0,070T** **0,011T** 0,0028T 0,0004T	**-0,033** -0,0013	**-0,079** -0,0031	**0,079T** **0,003T** 0,0031T 0,0001T
-0,047 -0,0019	**-0,079** -0,0031	**0,079T** **0,012T** 0,0031T 0,0005T	**-0,036** -0,0014	**-0,088** -0,0035	**0,088T** **0,001T** 0,0035T 0,0000T
-0,051 -0,0020	**-0,087** -0,0034	**0,087T** **0,011T** 0,0034T 0,0004T	**-0,041** -0,0016	**-0,098** -0,0039	**0,098T** **0,001T** 0,0039T 0,0000T
-0,055 -0,0022	**-0,095** -0,0037	**0,095T** **0,010T** 0,0037T 0,0004T	**-0,045** -0,0018	**-0,108** -0,0043	**0,108T** **0,000T** 0,0043T 0,0000T
-0,078 -0,0031	**-0,122** -0,0048	**0,122T** **0,028T** 0,0048T 0,0011T	**-0,078** -0,0031	**-0,148** -0,0058	**0,148T** **0,028T** 0,0058T 0,0011T

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

RILLENKUGELLAGER, PENDELROLLENLAGER UND ZYLINDERROLLENLAGER

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 71, Fortsetzung

Außendurchmesser des Lagers			M6			M7			N6			N7		
Nominal (Max.)		Toleranz[1]	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung
Über	Inklusive		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
630,000 24,8032	**800,000** 31,4961	**-0,075** -0,0030	**-0,030** -0,0012	**-0,080** -0,0031	**0,080T** **0,045L** 0,0031T 0,0018L	**-0,030** -0,0012	**-0,110** -0,0043	**0,110T** **0,045L** 0,0043T 0,0018L	**-0,050** -0,0020	**-0,100** -0,0039	**0,100T** **0,025T** 0,0039T 0,0010T	**-0,050** -0,0020	**-0,130** -0,0051	**0,130T** **0,025L** 00051T 0,0010L
800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**-0,100** -0,0039	**-0,034** -0,0013	**-0,090** -0,0035	**0,090T** **0,066L** 0,0035T 0,0026L	**-0,034** -0,0013	**-0,124** -0,0049	**0,124T** **0,066L** 0,0049T 0,0026L	**-0,056** -0,0022	**-0,112** -0,0044	**0,112T** **0,044T** 0,0044T 0,0017T	**-0,056** -0,0022	**-0,146** -0,0057	**0,146T** **0,044L** 0,0057T 0,0017L
1000,000 39,3701	**1250,000** 49,2126	**-0,125** -0,0049	**-0,040** -0,0016	**-0,106** -0,0042	**0,106T** **0,085L** 0,0042T 0,0033L	**-0,040** -0,0016	**-0,145** -0,0057	**0,145T** **0,085L** 0,0057T 0,0033L	**-0,066** -0,0026	**-0,132** -0,0052	**0,132T** **0,059T** 0,0052T 0,0023T	**-0,066** -0,0026	**-0,171** -0,0067	**0,171T** **0,059L** 0,0067T 0,0023L
1250,000 49,2126	**1600,000** 62,9921	**-0,160** -0,0063	**-0,048** -0,0019	**-0,126** -0,0050	**0,126T** **0,112L** 0,0050T 0,0044L	**-0,048** -0,0019	**-0,173** -0,0068	**0,173T** **0,112L** 0,0068T 0,0044L	**-0,078** -0,0031	**-0,156** -0,0061	**0,156T** **0,082T** 0,0061T 0,0032T	**-0,078** -0,0031	**-0,203** -0,0080	**0,203T** **0,082L** 0,0080T 0,0023L
1600,000 62,9921	**2000,000** 78,7402	**-0,200** -0,0079	**-0,058** -0,0023	**-0,150** -0,0059	**0,150T** **0,142L** 0,0059T 0,0056L	**-0,058** -0,0023	**-0,208** -0,0082	**0,208T** **0,142L** 0,0082T 0,0056L	**-0,092** -0,0036	**-0,184** -0,0072	**0,184T** **0,108T** 0,0072T 0,0043T	**-0,092** -0,0036	**-0,242** -0,0095	**0,242T** **0,108L** 0,0095T 0,0043L
2000,000 78,7402	**2500,000** 98,4252	**-0,250** -0,0098	**-0,068** -0,0027	**-0,178** -0,0070	**0,178T** **0,182L** 0,0070T 0,0071L	**-0,068** -0,0027	**-0,243** -0,0096	**0,243** **0,182L** 0,0096T 0,0071L	**-0,110** -0,0043	**-0,220** -0,0087	**0,285T** **0,140T** 0,112T 0,055T	**-0,110** -0,0043	**-0,285** -0,0112	**0,285T** **0,140L** 0,0112T 0,0055L

HINWEIS: Toleranz und Wellendurchmesser werden in der Tabelle als Abweichungen vom Außendurchmesser der nominalen Bohrung dargestellt.
[1]Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 71, Fortsetzung

P6			P7		
Gehäusebohrung		Passung	Gehäusebohrung		Passung
Max.	Min.		Max.	Min.	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
-0,088 -0,0035	**-0,138** -0,0054	**0,138T** **0,013T** 0,0054T 0,0005T	**-0,088** -0,0035	**-0,168** -0,0066	**0,168T** **0,013T** 0,0066T 0,0005T
-0,100 -0,0039	**-0,156** -0,0061	**0,156T** **0,000T** 0,0061T 0,0000T	**-0,100** -0,0039	**-0,190** -0,0075	**0,190T** **0,000T** 0,0075T 0,0000T
-0,120 -0,0047	**-0,186** -0,0073	**0,186T** **0,005L** 0,0073T 0,0002L	**-0,120** -0,0047	**-0,225** -0,0089	**0,225T** **0,005T** 0,0089T 0,0002T
-0,140 -0,0055	**-0,218** -0,0086	**0,218T** **0,020L** 0,0086T 0,0008L	**-0,140** -0,0055	**-0,265** -0,0104	**0,265T** **0,020L** 0,0104T 0,0008L
-0,170 -0,0067	**-0,262** -0,0103	**0,262T** **0,030L** 0,0103T 0,0012L	**-0,170** -0,0067	**-0,320** -0,0126	**0,320T** **0,030L** 0,0126T 0,0012L
-0,195 -0,0077	**-0,305** -0,0120	**0,305T** **0,055L** 0,0120T 0,0021L	**-0,195** -0,0077	**-0,370** -0,0146	**0,370T** **0,055L** 0,0146T 0,0021L

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

SCHRÄGKUGELLAGER

WELLENPASSUNGEN

TABELLE 72. WELLENPASSUNGEN FÜR DIE EINREIHIGEN SCHRÄGKUGELLAGER 7000WN, 7200WU, 7300WN UND 7400WN

Lagernummer	Durchmesser der Lagerbohrung		Rotierende Welle Stationäre Last Wellendurchmesser		Mittlere Passung Fest
	Max.	Min.	Max.	Min.	
	mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
00	**10** 0,3937	**9,992** 0,3934	**9,997** 0,3936	**10,005** 0,3939	**0,005** 0,0002
01	**12** 0,4724	**11,991** 0,4721	**11,996** 0,4723	**12,004** 0,4726	**0,005** 0,0002
02	**15** 0,5906	**14,994** 0,5903	**14,999** 0,5905	**15,006** 0,5908	**0,005** 0,0002
03	**17** 0,6693	**16,993** 0,6690	**16,998** 0,6692	**17,005** 0,6695	**0,005** 0,0002
04	**20** 0,7874	**19,992** 0,7871	**19,997** 0,7873	**20,005** 0,7876	**0,005** 0,0002
05	**25** 0,9843	**24,994** 0,9840	**24,999** 0,9842	**25,006** 0,9845	**0,005** 0,0002
06	**30** 1,1811	**29,992** 1,1808	**29,997** 1,1810	**30,005** 1,1813	**0,005** 0,0002
07	**35** 1,3780	**34,994** 1,3777	**34,999** 1,3779	**35,009** 1,3783	**0,006** 0,00025
08	**40** 1,5748	**39,992** 1,5745	**39,997** 1,5747	**40,008** 1,5751	**0,006** 0,00025
09	**45** 1,7717	**44,994** 1,7714	**44,999** 1,7716	**45,009** 1,7720	**0,006** 0,00025
10	**50** 1,9685	**49,992** 1,9682	**49,997** 1,9684	**50,008** 1,9688	**0,006** 0,00025
11	**55** 2,1654	**54,991** 2,1650	**54,999** 2,1653	**55,011** 2,1658	**0,009** 0,00035
12	**60** 2,3622	**59,990** 2,3618	**59,997** 2,3621	**60,010** 2,3626	**0,009** 0,00035
13	**65** 2,5591	**64,991** 2,5587	**64,999** 2,5590	**65,011** 2,5595	**0,009** 0,00035
14	**70** 2,7559	**69,990** 2,7555	**69,997** 2,7558	**70,010** 2,7563	**0,009** 0,00035
15	**75** 2,9528	**74,991** 2,9524	**74,999** 2,9527	**75,011** 2,9532	**0,009** 0,00035
16	**80** 3,1496	**79,990** 3,1492	**79,997** 3,1495	**80,010** 3,1500	**0,009** 0,00035
17	**85** 3,3465	**84,988** 3,3460	**84,999** 3,3464	**85,014** 3,3470	**0,011** 0,00045
18	**90** 3,5433	**89,987** 3,5428	**89,997** 3,5432	**90,013** 3,5438	**0,011** 0,00045
19	**95** 3,7402	**94,988** 3,7397	**94,999** 3,7401	**95,014** 3,7407	**0,011** 0,00045
20	**100** 3,9370	**99,987** 3,9365	**99,997** 3,9369	**100,013** 3,9375	**0,011** 0,00045
21	**105** 4,1339	**104,988** 4,1334	**104,999** 4,1338	**105,014** 4,1344	**0,011** 0,00045
22	**110** 4,3307	**109,987** 4,3302	**109,997** 4,3306	**110,012** 4,3312	**0,011** 0,00045
24	**120** 4,7244	**119,987** 4,7239	**119,997** 4,7243	**120,012** 4,7249	**0,011** 0,00045
26	**130** 5,1181	**129,982** 5,1174	**129,997** 5,1180	**130,015** 5,1187	**0,015** 0,0006
28	**140** 5,5118	**139,982** 5,5111	**139,997** 5,5117	**140,015** 5,5124	**0,015** 0,0006
30	**150** 5,9055	**149,982** 5,9048	**149,997** 5,9054	**150,015** 5,9061	**0,015** 0,0006

Fortsetzung nächste Spalte.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

RILLENKUGELLAGER

TABELLE 73. RICHTLINIEN FÜR DIE GEHÄUSEPASSUNG BEI RILLENKUGELLAGERN

	Betriebsbedingungen		Beispiele	Zeichen für Gehäusetoleranz[1]	Axial verschiebbarer Außenring
	ROTIERENDER AUSSENRING				
	Schwere Lasten mit dünnwandigem Gehäuse		Stützrollen für Kräne Radnaben (Rollenlager) Kurbelzapfenlager	P6	Nein
	Normale bis schwere Lasten		Radnaben (Kugellager) Kurbelzapfenlager	N6	Nein
	Leichte Lasten		Rollen für Förderbänder Seilrollen Spannrollen	M6	Nein
	UNBESTIMMTE LASTRICHTUNG				
	Schwere Stoßbelastungen		Elektrische Traktionsmotoren	M7	Nein
	Normale bis schwere Lasten. Eine Axialverschiebung des Außenrings ist nicht erforderlich.		Elektrische Motoren Pumpen Hauptlager für Kurbelwellen	K6	Normalerweise Nein
Für Anwendungen unterhalb dieser Linie kann das Gehäuse entweder einteilig oder geteilt sein. Für Anwendungen über dieser Linie wird ein geteiltes Gehäuse nicht empfohlen.	Leichte bis normale Lasten. Eine Axialverschiebung des Außenrings wird gewünscht.		Elektrische Motoren Pumpen Hauptlager für Kurbelwellen	J6	Normalerweise Ja
	FESTSTEHENDER AUSSENRING				
	Stoßbelastungen, zeitweilige vollständige Entlastung		Schwere Schienenfahrzeuge	J6	Normalerweise Ja
	Alle	Einteiliges Gehäuse	Allgemeine Anwendungen Schwere Schienenfahrzeuge	H6	Einfach
		Radial geteiltes Gehäuse	Getriebe	H7	Einfach
	Durchgehende Welle mit Wärmezufuhr		Trockenzylinder	G7	Einfach

[1]Gehäuse aus Gusseisen oder Stahlguss. Die Toleranzwerte finden Sie auf den Seiten 138-145. Sind breitere Toleranzen zulässig, sollten die Werte P7, N7, M7, K7, J7 und H7 anstelle der Werte P6, N6, M6, K6, J6 und H6 verwendet werden.

TABELLE 74. RICHTLINIEN FÜR DIE WELLENPASSUNG BEI RILLENKUGELLAGERN

Kugellager (Für alle nominellen Durchmesser)			Betriebsbedingungen	Beispiele
Belastungsgrenze		Zeichen für Wellentoleranz		
Untergrenze	Obergrenze			
FESTSTEHENDER INNENRING				
0	C_e[1]	g6	Innenring sollte leicht auf der Welle verschiebbar sein	Räder Nicht-rotierende Wellen
0	C_e	h6	Innenring muss nicht leicht verschiebbar sein	Spannrollen
INNENRING, ROTIEREND ODER UNBESTIMMT				
0	0,07 C_e	j6[2]	Leichte Lasten	Elektrische Geräte, Werkzeugmaschinen Pumpen Ventilatoren Flurförderzeuge
0,07 C_e	0,15 C_e	k5	Normale Lasten	Elektromotoren Turbinen Pumpen Verbrennungsmotoren Zahnradgetriebe
0,15 C_e	C_e	m5	Schwere Lasten Stoßbelastungen	Schienenfahrzeuge Traktionsmotoren
AXIALLASTEN				
0	C_e	j6[3]	Reine Axiallasten	Alle

[1]C_e = Erweiterte dynamische Tragzahl (Kugellager).
[2]Für Anwendungen mit hoher Präzision j5 verwenden.
[3]Es müssen Lager mit Spiel verwendet werden, das über dem Normalwert liegt.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

RADIAL- UND SCHRÄGKUGELLAGER

GEHÄUSEPASSUNGEN

Hinweis: Diese Tabellen sind bei Anwendungen zu verwenden, in denen nur ein Ring (entweder der Innen- oder der Außenring) eine Presspassung mit seiner Welle und seinem Gehäuse hat. Informationen zu den für diese Tabellen geltenden Betriebsbedingungen finden Sie in den Tabellen 70 und 71. Wenn beide Ringe über eine Presspassung verfügen, werden Lager mit einem speziellen internen Spiel benötigt. Die Durchmesserangaben für Gehäusebohrungen gelten für den Werkstoff Stahl. Wenden Sie sich an Ihren Timken Ansprechpartner bei Verwendung anderer Gehäusewerkstoffe.

TABELLE 75. GEHÄUSEPASSUNGEN, ABEC 1, ABEC3

Lagernummer					Stationäres Gehäuse, Stationäre Last oder Rotierendes Gehäuse, Rotierende Last				Rotierendes, Stationäre Last oder Stationäres Gehäuse, Rotierende Last			
Extraklein	Extraleicht	Leicht	Mittel	Hoch	Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose		Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose	
					Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3	Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3
					mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
Baureihen 30, S, F	Baureihen 9100, 9300	Baureihen 200, 5200, 7200	Baureihen 300, 5300, 7300	Baureihen 400(2), 7400								
33K3, F33K3	–	–	–	–	**9,525** 0,3750	**9,535** 0,3754	**0,010** 0,00040	**0,009** 0,00035	**9,507** 0,3743	**9,525** 0,3750	**0,004** 0,00015	**0,005** 0,00020
33K4	–	–	–	–	**12,700** 0,50000	**12,710** 0,5004	**0,010** 0,00040	**0,009** 0,00035	**12,682** .04993	**12,700** 0,5000	**0,004** 0,00015	**0,005** 0,00020
33K5, F33K5	–	–	–	–	**12,700** 0,5000	**12,710** 0,5004	**0,010** 0,00040	**0,009** 0,00035	**12,682** 0,4993	**12,700** 0,5000	**0,004** 0,00015	**0,005** 0,00020
34K	–	–	–	–	**15,999** 0,6299	**16,010** 0,6303	**0,010** 0,00040	**0,009** 0,00035	**15,982** 0,6292	**15,999** 0,6299	**0,004** 0,00015	**0,005** 0,00020
35K	–	–	–	–	**18,999** 0,7480	**19,012** 0,7485	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**18,979** 0,7472	**18,999** 0,7480	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
36K	–	–	–	–	**18,999** 0,7480	**19,012** 0,7485	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**18,979** 0,7472	**18,999** 0,7480	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
37K	–	–	–	–	**21,999** 0,8661	**22,012** 0,8666	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**21,979** 0,8653	**29,999** 0,8661	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
38K	–	–	–	–	**21,999** 0,8661	**22,012** 0,8666	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**21,979** 0,8653	**21,999** 0,8661	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
38KV	–	–	–	–	**24,000** 0,9449	**24,013** 0,9454	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**23,980** 0,9441	**24,000** 0,9449	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
39K	9100	–	–	–	**25,999** 1,0236	**26,012** 1,0241	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**25,979** 1,0228	**25,999** 1,0236	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
S1K7, FS1K7	–	–	–	–	**15,875** 0,6250	**15,885** 0,6254	**0,010** 0,00040	**0,009** 0,00035	**15,857** 0,6243	**15,875** 0,6250	**0,004** 0,00015	**0,005** 0,00020
S1K	–	–	–	–	**19,050** 0,7500	**19,063** 0,7505	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**19,030** 0,7492	**19,050** 0,7500	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
S3K, FS3K	–	–	–	–	**22,225** 0,8750	**22,238** 0,8755	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**22,205** 0,8742	**22,225** 0,8750	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
S5K	–	–	–	–	**28,575** 1,1250	**28,588** 1,1255	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**28,555** 1,1242	**28,575** 1,1250	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
S7K	–	–	–	–	**34,925** 1,3750	**34,940** 1,3756	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**34,900** 1,3740	**34,925** 1,3750	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
S8K	–	–	–	–	**41,275** 1,6250	**41,290** 1,6256	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**41,250** 1,6240	**41,275** 1,6250	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
S9K	–	–	–	–	**47,625** 1,8750	**47,640** 1,8756	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**47,600** 1,8740	**47,625** 1,8750	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
S10K	–	–	–	–	**50,800** 2,0000	**50,818** 2,0007	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**50,770** 1,9988	**50,800** 2,0000	**0,009** 0,00035	**0,010** 0,00040
S11K	–	–	–	–	**53,975** 2,1250	**53,993** 2,1257	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**53,945** 2,1238	**53,975** 2,1250	**0,009** 0,00035	**0,010** 0,00040
S12K	–	–	–	–	**57,150** 2,2500	**57,168** 2,2507	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**57,120** 2,2488	**57,150** 2,2500	**0,009** 0,00035	**0,010** 0,00040

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 75, Fortsetzung

Lagernummer					Stationäres Gehäuse, Stationäre Last oder Rotierendes Gehäuse, Rotierende Last				Rotierendes, Stationäre Last oder Stationäres Gehäuse, Rotierende Last			
					Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose		Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose	
Extraklein	Extraleicht	Leicht	Mittel	Hoch	Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3	Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3
					mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
Baureihen 30, S, F	Baureihen 9100, 9300	Baureihen 200, 5200, 7200	Baureihen 300, 5300, 7300	Baureihen 400(2), 7400								
F2002	–	–	–	–	**9,525** 0,3750	**9,533** 0,3753	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000	**9,522** 0,3749	**9,533** 0,3753	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000
F2	–	–	–	–	**11,112** 0,4375	**11,120** 0,4378	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000	**11,110** 0,4374	**11,120** 0,4378	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000
F3	–	–	–	–	**14,285** 0,5624	**14,295** 0,5628	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000	**14,285** 0,5624	**14,295** 0,5628	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000
F4	–	–	–	–	**15,872** 0,6249	**15,883** 0,6253	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000	**15,872** 0,6249	**15,883** 0,6253	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000
F5	–	–	–	–	**17,460** 0,6874	**17,470** 0,6878	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000	**17,460** 0,6874	**17,476** 0,6878	**0,000** 0,00000	**0,000** 0,00000
–	9101, 9302	–	–	–	**28,001** 1,1024	**28,014** 1,1029	**0,011** 0,00045	**0,000** 0,00040	**27,981** 1,1016	**28,001** 1,1024	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
–	9303	200	–	–	**30,000** 1,1811	**30,013** 1,1816	**0,011** 0,00045	**0,010** 0,00040	**29,980** 1,1803	**39,000** 1,1811	**0,005** 0,00020	**0,006** 0,00025
–	9102	201	–	–	**31,999** 1,2598	**32,014** 1,2604	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**31,974** 1,2588	**31,999** 1,2598	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
–	9103	202	300	–	**35,001** 1,3780	**35,016** 1,3786	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**34,976** 1,3770	**35,001** 1,3780	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
–	9304	–	301	–	**37,000** 1,4567	**37,015** 1,4573	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**36,975** 1,4557	**37,000** 1,4567	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
–	–	203	–	–	**40,000** 1,5748	**40,015** 1,5754	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**39,975** 1,5738	**40,000** 1,5748	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
–	9104, 9305	–	302	–	**41,999** 1,6535	**42,014** 1,6541	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**41,974** 1,6525	**41,999** 1,6535	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
–	9105, 9306	204	303	–	**47,000** 1,8504	**47,015** 1,8510	**0,014** 0,00055	**0,011** 0,00045	**46,975** 1,8494	**47,000** 1,8504	**0,006** 0,00025	**0,009** 0,00035
–	–	205	304	–	**51,999** 2,0472	**52,017** 2,0479	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**51,968** 2,0460	**51,999** 2,0472	**0,009** 0,00035	**0,010** 0,00040
–	9106, 9307	–	–	–	**55,001** 2,1654	**55,019** 2,1661	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**54,971** 2,1642	**55,001** 2,1654	**0,009** 0,00035	**0,010** 0,00040
–	9107, 9308	206	305	403	**61,999** 2,4409	**62,017** 2,4416	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**61,968** 2,4397	**61,999** 2,4409	**0,009** 0,00030	**0,010** 0,00040
–	9108	–	–	–	**68,001** 2,6772	**68,019** 2,6779	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**67,970** 2,6760	**68,001** 2,6772	**0,009** 0,00030	**0,010** 0,00040
–	9310	207	306	404	**71,999** 2,8346	**72,017** 2,8353	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**71,968** 2,8334	**71,999** 2,8346	**0,009** 0,00030	**0,010** 0,00040
–	9109	–	–	–	**75,001** 2,9528	**75,019** 2,9535	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**74,971** 2,9516	**75,001** 2,9528	**0,009** 0,00030	**0,010** 0,00040
–	9110	208	307	405	**80,000** 3,1496	**80,018** 3,1503	**0,015** 0,00060	**0,014** 0,00055	**79,969** 3,1484	**80,000** 3,1496	**0,009** 0,00030	**0,010** 0,00040

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 75, Fortsetzung

Lagernummer					Stationäres Gehäuse, Stationäre Last oder Rotierendes Gehäuse, Rotierende Last				Rotierendes, Stationäre Last oder Stationäres Gehäuse, Rotierende Last			
					Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose		Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose	
Extraklein	Extraleicht	Leicht	Mittel	Hoch	Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3	Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3
					mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
Baureihen 30, S, F	Baureihen 9100, 9300	Baureihen 200, 5200, 7200	Baureihen 300, 5300, 7300	Baureihen 400(2), 7400								
–	9312	209	–	–	**85,001** 3,3465	**85,024** 3,3474	**0,019** 0,00080	**0,017** 0,00065	**84,966** 3,3451	**85,001** 3,3465	**0,010** 0,00040	**0,013** 0,00050
–	9111	210	308	406	**90,000** 3,5433	**90,023** 3,5442	**0,019** 0,00080	**0,017** 0,00065	**89,964** 3,5419	**90,000** 3,5433	**0,010** 0,00040	**0,013** 0,00050
–	9112	–	–	–	**95,001** 3,7402	**120,424** 3,7411	**0,019** 0,00080	**0,017** 0,00065	**94,965** 3,7388	**95,001** 3,7402	**0,010** 0,00040	**0,013** 0,00050
–	9113	211	309	407	**100,000** 3,9370	**100,023** 3,9379	**0,019** 0,00080	**0,017** 0,00065	**99,964** 3,9356	**100,000** 3,9370	**0,010** 0,00040	**0,013** 0,00050
–	9114	212	310	408	**110,000** 4,3307	**110,023** 4,3316	**0,019** 0,00080	**0,017** 0,00065	**109,964** 4,3293	**110,000** 4,3307	**0,010** 0,00040	**0,013** 0,00050
–	9115	–	–	–	**115,001** 4,5276	**115,024** 4,5285	**0,019** 0,0008	**0,017** 0,00065	**114,965** 4,5262	**115,001** 4,5276	**0,010** 0,0004	**0,013** 0,00050
–	–	213	311	409	**120,000** 4,7244	**120,023** 4,7253	**0,019** 0,0008	**0,017** 0,00065	**119,964** 4,7230	**120,000** 4,7244	**0,010** 0,0004	**0,013** 0,00050
–	–	214	–	–	**125,001** 4,9213	**125,026** 4,9223	**0,023** 0,0009	**0,019** 0,00075	**124,960** 4,9197	**125,001** 4,9213	**0,010** 0,0004	**0,014** 0,00055
–	9117	215	312	410	**130,000** 5,1181	**130,025** 5,1191	**0,023** 0,0009	**0,019** 0,00075	**129,959** 5,1165	**130,000** 5,1181	**0,010** 0,0004	**0,014** 0,00055
–	9118	216	313	411	**140,000** 5,5118	**140,025** 5,5128	**0,023** 0,0009	**0,019** 0,00075	**139,959** 5,5102	**140,000** 5,5118	**0,010** 0,0004	**0,014** 0,00055
–	9120	217	314	412	**150,000** 5,9055	**150,025** 5,9065	**0,023** 0,0009	**0,019** 0,00075	**149,959** 5,9039	**150,000** 5,9055	**0,010** 0,0004	**0,014** 0,00055
–	120-2	218	315	–	**160,000** 6,2992	**160,025** 6,3002	**0,025** 0,0010	**0,020** 0,00080	**159,959** 6,2976	**160,000** 6,2992	**0,008** 0,0003	**0,013** 0,00050
–	9121	–	–	413	**160,000** 6,2992	**160,025** 6,3002	**0,025** 0,0010	**0,020** 0,00080	**159,959** 6,2976	**160,000** 6,2992	**0,008** 0,0003	**0,013** 0,00050
–	9122	129	316	–	**170,000** 6,6929	**170,025** 6,6939	**0,025** 0,0010	**0,020** 0,00080	**169,959** 6,6913	**170,000** 6,6929	**0,008** 0,0003	**0,013** 0,00050
–	122	–	–	–	**175,000** 6,8898	**175,026** 6,8908	**0,025** 0,0010	**0,020** 0,00080	**174,960** 6,8882	**175,001** 6,8898	**0,008** 0,0003	**0,013** 0,00050
–	9124	220	317	414	**180,000** 7,0866	**180,025** 7,0876	**0,025** 0,0010	**0,020** 0,00080	**179,959** 7,0850	**180,000** 7,0866	**0,008** 0,0003	**0,013** 0,00050
–	124	221	318	415	**190,000** 7,4803	**190,028** 7,4815	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**189,954** 7,4785	**190,000** 7,4803	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	9126	222	319	416	**200,000** 7,8740	**200,028** 7,8752	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**199,954** 7,8722	**200,000** 7,8740	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 75, Fortsetzung

Lagernummer					Stationäres Gehäuse, Stationäre Last oder Rotierendes Gehäuse, Rotierende Last				Rotierendes, Stationäre Last oder Stationäres Gehäuse, Rotierende Last			
Extraklein	Extraleicht	Leicht	Mittel	Hoch	Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose		Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose	
					Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3	Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3
					mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
Baureihen 30, S, F	Baureihen 9100, 9300	Baureihen 200, 5200, 7200	Baureihen 300, 5300, 7300	Baureihen 400(2), 7400								
–	126	–	–	–	**205,001** 8,0709	**205,029** 8,0721	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**204,955** 8,0691	**205,001** 8,0709	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	9128	–	–	–	**210,000** 8,2677	**210,028** 8,2689	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**209,954** 8,2659	**210,000** 8,2677	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	–	224	320	–	**215,001** 8,4646	**215,029** 8,4658	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**214,955** 8,4628	**215,001** 8,4646	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	128	–	–	–	**220,000** 8,6614	**220,028** 8,6626	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**219,954** 8,6596	**220,000** 8,6614	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	9130	–	321	418	**225,001** 8,8583	**225,029** 8,8595	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**224,955** 8,8565	**225,001** 8,8583	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	–	226	–	–	**230,000** 9,0551	**230,027** 9,0563	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**229,954** 9,0533	**230,000** 9,0551	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	130	–	–	–	**235,001** 9,2520	**235,029** 9,2532	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**234,955** 9,2502	**235,001** 9,2520	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	9132	–	322	–	**240,000** 9,4488	**240,027** 9,4506	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**239,954** 9,4470	**240,000** 9,4488	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	132	228	–	–	**250,000** 9,8425	**250,027** 9,8437	**0,029** 0,0012	**0,023** 0,00090	**249,954** 9,8407	**250,000** 9,8425	**0,008** 0,0003	**0,014** 0,00055
–	9134	–	324	–	**259,999** 10,2362	**260,032** 10,2374	**0,033** 0,0013	**0,027** 0,00105	**259,942** 10,2342	**259,999** 10,2362	**0,008** 0,0003	**0,015** 0,00060
–	134	–	–	420	**265,001** 10,4331	**265,034** 10,4343	**0,033** 0,0013	**0,027** 0,00105	**264,950** 10,4311	**265,001** 10,4331	**0,008** 0,0003	**0,015** 0,00060
–	–	230	–	–	**269,999** 10,6299	**270,032** 10,6311	**0,033** 0,0013	**0,027** 0,00105	**269,949** 10,6279	**269,999** 10,6299	**0,008** 0,0003	**0,015** 0,00060
–	1.369.136	–	326	–	**279,999** 11,0236	**280,032** 11,0248	**0,033** 0,0013	**0,027** 0,00105	**279,949** 11,0216	**279,999** 11,0236	**0,008** 0,0003	**0,015** 0,00060
–	9138	232	–	–	**289,999** 11,4173	**290,039** 11,4185	**0,033** 0,0013	**0,027** 0,00105	**289,949** 11,4153	**289,999** 11,4173	**0,008** 0,0003	**0,015** 0,00060
–	138	–	328	–	**299,999** 11,8110	**300,032** 11,8122	**0,033** 0,0013	**0,027** 0,00105	**299,949** 11,8090	**299,999** 11,8110	**0,008** 0,0003	**0,015** 0,00060
–	9140	234	–	–	**309,999** 12,2047	**310,029** 12,2059	**0,033** 0,0013	– –	**309,949** 12,2027	**309,999** 12,2047	**0,008** 0,0003	– –
–	–	236	330	–	**319,999** 12,5984	**320,035** 12,5998	**0,038** 0,0015	– –	**319,943** 12,5962	**319,999** 12,5984	**0,008** 0,0003	– –
–	9144	238	–	–	**339,999** 13,3858	**340,035** 13,3872	**0,038** 0,0015	– –	**339,943** 13,3836	**339,999** 13,3858	**0,008** 0,0003	– –

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 75, Fortsetzung

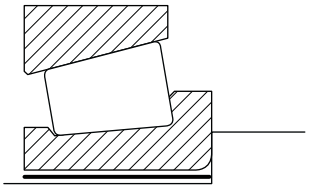
Lagernummer					Stationäres Gehäuse, Stationäre Last oder Rotierendes Gehäuse, Rotierende Last				Rotierendes, Stationäre Last oder Stationäres Gehäuse, Rotierende Last			
Extraklein	Extraleicht	Leicht	Mittel	Hoch	Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose		Gehäusebohrung		Mittlere Passung Lose	
					Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3	Min.	Max.	ABEC 1	ABEC 3
					mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
Baureihen 30, S, F	Baureihen 9100, 9300	Baureihen 200, 5200, 7200	Baureihen 300, 5300, 7300	Baureihen 400(2), 7400								
–	9146	240	–	–	**359,999** 14,1732	**360,035** 14,1746	**0,038** 0,0015	– –	**359,943** 14,1710	**359,999** 14,1732	**0,008** 0,0003	– –
–	–	242	336	–	**380,007** 14,9606	**380,035** 14,9620	**0,038** 0,0015	– –	**379,943** 14,9584	**379,999** 14,9606	**0,008** 0,0003	– –
–	9152	244	338	–	**399,999** 15,7480	**400,035** 15,7494	**0,038** 0,0015	– –	**399,943** 15,7458	**399,999** 15,7480	**0,008** 0,0003	– –
–	9156	246	340	–	**419,999** 16,5354	**420,040** 16,5370	**0,038** 0,0017	– –	**419,936** 16,5329	**419,999** 16,5354	**0,010** 0,0004	– –
–	–	248	342	–	**439,999** 17,3228	**440,040** 17,3244	**0,038** 0,0017	– –	**439,936** 17,3203	**439,999** 17,3228	**0,010** 0,0004	– –
–	9160	250	344	–	**459,999** 18,1102	**460,040** 18,1118	**0,038** 0,0017	– –	**459,936** 18,1077	**459,999** 18,1102	**0,010** 0,0004	– –
–	9164	252	–	–	**479,999** 18,8976	**480,040** 18,8992	**0,038** 0,0017	– –	**479,936** 18,8951	**479,999** 18,8976	**0,010** 0,0004	– –
–	–	256	348	–	**499,999** 19,6850	**500,040** 19,6866	**0,038** 0,0017	– –	**499,936** 19,6825	**499,999** 19,6850	**0,010** 0,0004	– –
–	–	260	352	–	**539,999** 21,2598	**540,042** 21,2615	**0,048** 0,0019	– –	**539,930** 21,2571	**539,999** 21,2598	**0,010** 0,0004	– –
–	–	264	356	–	**579,999** 22,8346	**580,042** 22,8363	**0,048** 0,0019	– –	**579,930** 22,8319	**579,999** 22,8346	**0,010** 0,0004	– –
–	9180	–	–	–	**599,999** 23,6220	**600,042** 23,6237	**0,048** 0,0019	– –	**599,930** 23,6193	**599,999** 23,6220	**0,010** 0,0004	– –

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

KEGELROLLENLAGER

INNENRING – Industrieausrüstung Klassen K und N (Metrisch)



Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 76. KEGELROLLENLAGER – INNENRING
Industrieausrüstung Klassen K und N (Metrisch)

Innenringbohrung		Toleranz	Rotierender Innenring			Rotierender oder feststehender Innenring		
			Geschliffener Sitz			Ungeschliffener oder geschliffener Sitz		
Bereich			Konstante Lasten mit mittleren Stoßbelastungen			Schwere Lasten, hohe Drehzahlen oder Stoßbelastungen		
Über	Inklusive		Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,012** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,018** **+0,007** +0,0007 +0,0003	**0,030T** **0,007T** 0,0012T 0,0003T	m6	**+0,023** **+0,012** +0,0009 +0,0005	**0,035T** **0,012T** 0,0014T 0,0005T	n6
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,012** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,021** **0,008** +0,0008 +0,0003	**0,033T** **0,008T** 0,0013T 0,0003T	m6	**+0,028** **+0,015** +0,0011 +0,0006	**0,040T** **0,015T** 0,0016T 0,0006T	n6
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,012** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,025** **+0,009** +0,0010 +0,0004	**0,037T** **0,009T** 0,0015T 0,0004T	m6	**+0,033** **+0,017** +0,0013 +0,0007	**0,045T** **0,017T** 0,0018T 0,0007T	n6
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,015** **0,000** -0,0006 0,0000	**+0,030** **+0,011** +0,0012 +0,0004	**0,045T** **0,011T** 0,0018T 0,0004T	m6	**+0,039** **+0,020** +0,0015 +0,0008	**0,054T** **0,020T** 0,0021T 0,0008T	n6
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,020** **0,000** -0,0008 0,0000	**+0,035** **+0,013** +0,0014 +0,0005	**0,055T** **0,013T** 0,0022T 0,0005T	m6	**+0,045** **+0,023** +0,0019 +0,0010	**0,065T** **0,023T** 0,0027T 0,0010T	n6
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,025** **0,000** -0,0010 0,0000	**+0,052** **+0,027** +0,0020 +0,0011	**0,077T** **0,027T** 0,0030T 0,0011T	n6	**+0,068** **+0,043** +0,0027 +0,0017	**0,093T** **0,043T** 0,0037T 0,0017T	p6
180,000 7,0866	**200,000** 7,8740	**-0,030** **0,000** -0,0012 0,0000	**+0,060** **+0,031** +0,0024 +0,0012	**0,090T** **0,031T** 0,0035T 0,0012T	n6	**+0,106** **+0,077** +0,0042 +0,0030	**0,136T** **0,077T** 0,0054T 0,0030T	r6
200,000 7,8740	**225,000** 8,8583					**+0,109** **+0,080** +0,0043 +0,0031	**0,139T** **0,080T** 0,0055T 0,0031T	
225,000 8,8583	**250,000** 9,8425					**+0,113** **+0,084** 0,0044 +0,0033	**0,143T** **0,084T** 0,0056T 0,0033T	
250,000 9,8425	**280,000** 11,0236	**-0,035** **0,000** -0,0014 0,0000	**+0,066** **+0,033** +0,0026 +0,0013	**0,101T** **0,033T** 0,0040T 0,0013T	n6	**+0,146** **+0,094** +0,0057 +0,0037	**0,181T** **0,094T** 0,0071T 0,0037T	r7
280,000 11,0236	**315,000** 12,4016					**+0,150** **+0,098** +0,0059 +0,0039	**0,185T** **0,098T** 0,0073T 0,0039T	

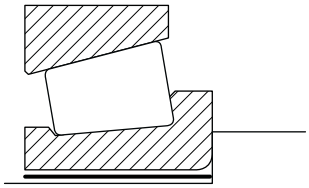
Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Feststehender Innenring											
Ungeschliffener Sitz			Geschliffener Sitz			Ungeschliffener Sitz			Gehärteter und geschliffener Sitz		
Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen			Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen			Scheiben, Räder, Laufräder			Radspindeln		
Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
0,000 **-0,011** 0,0000 -0,0004	**0,012T** **0,011L** 0,0005T 0,0004L	h6	**-0,006** **-0,017** -0,0002 -0,0007	**0,006T** **0,017L** 0,0002T 0,0007L	g6	**-0,006** **-0,017** -0,00025 -0,00065	**0,006T** **0,017L** -0,00025T 0,00065L	g6	**-0,016** **-0,027** -0,0006 -0,0011	**0,004L** **0,027L** 0,0002L 0,0011L	f6
0,000 **-0,013** 0,0000 -0,0005	**0,012T** **0,013L** 0,0005T 0,0005L	h6	**-0,007** **-0,020** -0,0003 -0,0008	**0,005T** **0,020L** 0,0002T 0,0008L	g6	**-0,007** **-0,020** -0,0003 -0,0008	**0,005T** **0,020L** 0,0002T 0,0008L	g6	**-0,020** **-0,033** -0,0008 -0,0013	**0,008L** **0,033L** 0,0003L 0,0013L	f6
0,000 **-0,016** 0,0000 -0,0006	**0,012T** **0,016L** 0,0005T 0,0006L	h6	**-0,009** **-0,025** -0,0004 -0,0010	**0,003T** **0,025L** 0,0001T 0,0010L	g6	**-0,009** **-0,025** -0,0004 -0,0010	**0,003T** **0,025L** 0,0001T 0,0010L	g6	**-0,025** **-0,041** -0,0010 -0,0016	**0,013L** **0,041L** 0,0005L 0,0016L	f6
0,000 **-0,019** 0,0000 -0,0007	**0,015T** **0,019L** 0,0006T 0,0007L	h6	**-0,010** **-0,029** -0,0004 -0,0011	**0,005T** **0,029L** 0,0002T 0,0011L	g6	**-0,010** **-0,029** -0,0004 -0,0011	**0,005T** **0,029L** 0,0002T 0,0011L	g6	**-0,030** **-0,049** -0,0012 -0,0019	**0,015L** **0,049L** 0,0006L 0,0019L	f6
0,000 **-0,022** 0,0000 -0,0009	**0,020T** **0,022L** 0,0008T 0,0009L	h6	**-0,012** **-0,034** -0,0005 -0,0014	**0,008T** **0,034L** 0,0003T 0,0014L	g6	**-0,012** **-0,034** -0,0005 -0,0014	**0,008T** **0,034L** 0,0003T 0,0014L	g6	**-0,036** **-0,058** -0,0014 -0,0023	**0,016L** **0,058L** 0,0006L 0,0023L	f6
0,000 **-0,025** 0,0000 -0,0010	**0,025T** **0,025L** 0,0010T 0,0010L	h6	**-0,014** **-0,039** -0,0006 -0,0016	**0,011T** **0,039L** 0,0004T 0,0016L	g6	**-0,014** **-0,039** -0,0006 -0,0016	**0,011T** **0,039** 0,0004T 0,0016L	g6	**-0,043** **-0,068** -0,0016 -0,0026	**0,018L** **0,068L** 0,0006L 0,0026L	f6
0,000 **-0,029** 0,0000 -0,0011	**0,030T** **0,029L** 0,0012T 0,0011L	h6	**-0,015** **-0,044** -0,0006 -0,0017	**0,015T** **0,044L** 0,0006T 0,0017L	g6	**-0,015** **-0,044** -0,0006 -0,0017	**0,015T** **0,044L** 0,0006T 0,0017L	g6	**-0,050** **-0,079** -0,0020 -0,0031	**0,020L** **0,079L** 0,0008L 0,0031L	f6
0,000 **-0,032** 0,0000 -0,0012	**0,035T** **0,032L** 0,0014T 0,0012L	h6	**-0,017** **-0,049** -0,0007 -0,0019	**0,018T** **0,049L** 0,0007T 0,0019L	g6	**-0,017** **-0,049** -0,0007 -0,0019	**0,018T** **0,049L** 0,0007T 0,0019L	g6	**-0,056** **-0,068** -0,0022 -0,0027	**0,021L** **0,088L** 0,0008L 0,0035L	f6

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

INNENRING – Industrieausrüstung Klassen K und N (Metrisch)



Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

Tabelle 76, Fortsetzung

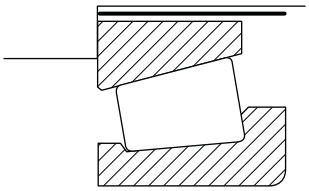
Innenringbohrung		Toleranz	Rotierender Innenring			Rotierender oder feststehender Innenring		
			Geschliffener Sitz			Ungeschliffener oder geschliffener Sitz		
Bereich			Konstante Lasten mit mittleren Stoßbelastungen			Schwere Lasten, hohe Drehzahlen oder Stoßbelastungen		
Über	Inklusive		Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
315,000 12,4016	**355,000** 13,9764	**-0,040** **0,000** -0,0016 0,0000	**+0,073** **+0,037** +0,0029 +0,0015	**0,113T** **0,037T** 0,0044T 0,0015T	n6	**+0,165** **+0,108** +0,0065 +0,0043	**0,205T** **0,108T** 0,0081T 0,0043T	r7
355,000 13,9764	**400,000** 15,7480					**+0,171** **+0,114** +0,0067 +0,0045	**0,211T** **0,114T** 0,0083T 0,0045T	
400,000 15,7580	**450,000** 17,7165	**-0,045** **0,000** -0,0018 0,0000	**+0,080** **+0,040** +0,0031 +0,0016	**0,0125T** **0,040T** 0,0049T 0,0016T	n6	**+0,189** **+0,126** +0,0074 +0,0092	**0,234T** **0,126T** 0,0092T 0,0050T	r7
450,000 17,7165	**500,000** 19,6850					**+0,195** **+0,132** +0,0077 +0,0052	**0,240T** **0,132T** 0,0094T 0,0052T	
500,000 29,6850	**630,000** 24,8032	**-0,050** **0,000** -0,0020 0,0000	**+0,100** **+0,050** +0,0039 +0,0020	**0,150T** **0,050T** 0,0059T 0,0020T	–	**+0,200** **+0,125** +0,0079 +0,0049	**0,250T** **0,125T** 0,0098T 0,0049T	–
630,000 24,8032	**800,000** 31,4961	**-0,080** **0,000** -0,0031 0,0000	**+0,125** **+0,050** +0,0049 +0,0020	**0,205T** **0,050T** 0,0081T 0,0020T	–	**+0,225** **+0,150** +0,0089 +0,0059	**0,305T** **0,105T** 0,0102T 0,0041T	–
800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**-0,100** **0,000** -0,0039 0,0000	**+0,150** **+0,050** +0,0059 +0,0020	**0,250T** **0,050T** 0,0098T 0,0020T	–	**+0,275** **+0,175** +0,0108 +0,0069	**0,375T** **0,175T** 0,0148T 0,0069T	–

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Feststehender Innenring											
Ungeschliffener Sitz			Geschliffener Sitz			Ungeschliffener Sitz			Gehärteter und geschliffener Sitz		
Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen			Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen			Scheiben, Räder, Laufräder			Radspindeln		
Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
0,000 **-0,036** 0,0000 -0,0014	**0,040T** **0,036L** 0,0016T 0,0014L	h6	**-0,018** **-0,075** -0,0007 -0,0030	**0,022T** **0,075L** 0,0009T 0,0030L	g7	**-0,018** **-0,075** -0,0007 -0,0029	**0,022T** **0,075L** 0,0009T 0,0029L	g7	–	–	–
0,000 **-0,040** 0,0000 -0,0020	**0,045T** **0,040L** 0,0018T 0,0016L	h6	**-0,020** **-0,083** -0,0008 -0,0033	**0,025T** **0,083L** 0,0008T 0,0033L	g7	**-0,020** **-0,083** -0,0008 -0,0033	**0,025T** **0,083L** **0,0008T** 0,0033L	g7	–	–	–
0,000 **-0,050** 0,0000 -0,0020	**0,050T** **0,050L** 0,0020T 0,0020L	–	**-0,050** **-0,100** -0,0020 -0,0039	**0,000** **0,100L** 0,0000 0,0039L	–	**-0,050** **-0,100** -0,0020 -0,0039	**0,000** **0,100L** 0,0000 0,0039L	–	–	–	–
0,000 **-0,075** 0,0000 -0,0030	**0,080T** **0,075L** 0,0031T 0,0030L	–	**-0,080** **-0,150** -0,0031 -0,0059	**0,000** **0,150L** 0,0000 0,0059L	–	**-0,080** **-0,150** -0,0031 -0,0059	**0,000** **0,150L** 0,0000 0,0059L	–	–	–	–
0,000 **-0,100** 0,0000 -0,0039	**0,100T** **0,100L** 0,0039T 0,0039L	–	**-0,100** **-0,200** -0,0039 -0,0079	**0,000** **0,200L** 0,0000 0,0079L	–	**-0,100** **-0,200** -0,0039 -0,0079	**0,000** **0,200L** 0,0000 0,0079L	–	–	–	–

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

AUSSENRING – Industrieausrüstung Klassen K und N (Metrisch)



Abweichung vom nominellen (maximalen) Außendurchmesser des Lagers und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 77. KEGELROLLENLAGER – AUSSENRING – Industrieausrüstung Klassen K und N (Metrisch)

Außendurchmesser des Außenrings			Stationärer Außenring									Rotierender Außenring		
Bereich		Toleranz	Gleitend oder geklemmt			Einstellbar			Nicht einstellbar oder in Trägern			Nicht einstellbar oder in Trägern oder Scheiben – Eingespannt		
Über	Inklusive		Abweichung des Außenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Außenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Außenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Außenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**0,000** **-0,012** 0,0000 -0,0005	**+0,007** **+0,028** +0,0003 +0,0011	**0,007L** **0,040L** 0,0003L 0,0016L	G7	**-0,009** **+0,012** -0,0004 +0,0005	**0,009T** **0,024L** 0,0004T 0,0009L	J7	**-0,035** **-0,014** -0,0014 -0,0005	**0,035T** **0,002T** 0,0014T 0,0001T	P7	**-0,041** **-0,020** -0,0016 -0,0009	**0,041T** **0,008T** 0,0016T 0,0003T	R7
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**0,000** **-0,014** 0,0000 -0,0006	**+0,009** **+0,034** +0,0004 +0,0013	**0,009L** **0,048L** 0,0004L 0,0019L	G7	**-0,011** **+0,014** -0,0004 +0,0006	**0,011T** **0,028L** 0,0004T 0,0011L	J7	**-0,042** **-0,017** -0,0017 -0,0007	**0,042T** **0,003T** 0,0017T 0,0001T	P7	**-0,050** **-0,025** -0,0020 -0,0010	**0,050T** **0,011T** 0,0020T 0,0004T	R7
50,000 1,9685	**65,000** 2,5591	**0,000** **-0,016** 0,0000 -0,0006	**+0,010** **+0,040** +0,0004 +0,0016	**0,010L** **0,056L** 0,0004L 0,0022L	G7	**-0,012** **+0,018** -0,0005 +0,0007	**0,012T** **0,034L** 0,0005T 0,0013L	J7	**-0,051** **-0,021** -0,0020 -0,0008	**0,051T** **0,005T** 0,0020T 0,0002T	P7	**-0,060** **-0,030** -0,0024 -0,0012	**0,060T** **0,014T** 0,0024T 0,0006T	R7
65,000 2,5591	**80,000** 3,1496											**-0,062** **-0,032** -0,0021 -0,0013	**0,062T** **0,016T** 0,0024T 0,0006T	
80,000 3,1496	**100,000** 3,9370	**0,000** **-0,018** 0,0000 -0,0007	**+0,012** **+0,047** +0,0005 +0,0019	**0,012L** **0,065L** 0,0005L 0,0026L	G7	**-0,013** **+0,022** -0,0005 +0,0009	**0,013T** **0,040L** 0,0005T 0,0016L	J7	**-0,059** **-0,024** -0,0023 -0,0009	**0,059T** **0,006T** 0,0023T 0,0002T	P7	**-0,073** **-0,038** -0,0029 -0,0015	**0,073T** **0,020T** 0,0029T 0,0008T	R7
100,000 3,9370	**120,000** 4,7244											**-0,076** **-0,041** -0,0030 -0,0016	**0,076T** **0,023T** 0,0030T 0,0009T	
120,000 4,7244	**140,000** 5,5188	**0,000** **-0,020** 0,0000 -0,0008	**+0,014** **+0,054** +0,0006 +0,0021	**0,014L** **0,074L** 0,0006L 0,0029L	G7	**-0,014** **+0,026** -0,0006 +0,0010	**0,014T** **0,046L** 0,0006T 0,0018L	J7	**-0,068** **-0,028** -0,0027 -0,0011	**0,068T** **0,074T** 0,0027T 0,0003T	P7	**-0,088** **-0,048** -0,0035 -0,0019	**0,088T** **0,028T** 0,0035T 0,0011T	R7
140,000 5,5188	**150,000** 5,9055											**-0,090** **-0,050** -0,0035 -0,0020	**0,090T** **0,030T** 0,0035T 0,0012T	
150,000 5,9055	**160,000** 6,2992	**0,000** **-0,025** 0,0000 -0,0010	**+0,014** **+0,054** +0,0006 +0,0021	**0,014L** **0,079L** 0,0006L 0,0031L	G7	**-0,014** **+0,026** -0,0006 +0,0010	**-0,014T** **0,051L** 0,0006T 0,0020L	J7	**-0,068** **-0,028** -0,0027 -0,0011	**0,068T** **0,003T** 0,0027T 0,0001T	P7	**-0,090** **-0,050** -0,0035 -0,0020	**0,090T** **0,025T** 0,0035T 0,0010T	R7
160,000 6,2992	**180,000** 7,0866											**-0,093** **-0,053** -0,0037 -0,0021	**0,093T** **0,028T** 0,0037T 0,0011T	

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

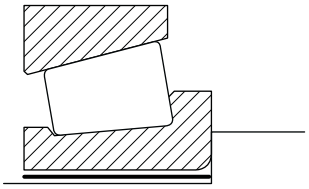
Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 77, Fortsetzung

Außendurchmesser des Außenrings		Toleranz	Stationärer Außenring									Rotierender Außenring		
Bereich			Gleitend oder geklemmt			Einstellbar			Nicht einstellbar oder in Trägern			Nicht einstellbar oder in Trägern oder Scheiben – Eingespannt		
Über	Inklusive		Abweichung des Außenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Außenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Außenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Außenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
180,000 7,0866	**200,000** 7,8740	**0,000** **-0,030** 0,0000 -0,0012	**+0,015** **+0,061** +0,0006 +0,0024	**0,015L** **0,091L** 0,0006L 0,0036L	G7	**-0,016** **+0,030** -0,00076 +0,0012	**0,016T** **0,060L** 0,0006T 0,0024L	J7	**-0,079** **-0,033** -0,0031 -0,0014	**0,079T** **0,003T** 0,0031T 0,0001T	P7	**-0,106** **-0,060** -0,0042 -0,0024	**0,106T** **0,030T** 0,0042T 0,0012T	R7
200,000 7,8740	**225,000** 8,8583											**-0,109** **-0,063** -0,0043 -0,0025	**0,109T** **0,033T** 0,0043T 0,0013T	
225,000 8,8583	**250,000** 9,8425											**-0,113** **-0,067** -0,0044 -0,0026	**0,113T** **0,037T** 0,0044T 0,0015T	
250,000 9,8425	**280,000** 11,0236	**0,000** **-0,035** 0,0000 -0,0014	**+0,017** **+0,069** +0,0007 +0,0027	**0,017L** **0,104L** 0,0007L 0,0041L	G7	**-0,016** **+0,036** -0,0006 +0,0013	**0,016T** **0,071L** 0,0006T 0,0028L	J7	**-0,088** **-0,036** -0,0035 -0,0014	**0,088T** **0,001T** 0,0035T 0,0000	P7	**-0,126** **-0,074** -0,0050 -0,0029	**0,126T** **0,039T** 0,0050T 0,0015T	R7
280,000 11,0236	**315,000** 12,4016											**-0,130** **-0,078** -0,0051 -0,0031	**0,130T** **0,043T** 0,0051T 0,0017T	
315,000 12,4016	**355,000** 13,9764	**0,000** **-0,040** 0,0000 -0,0016	**+0,062** **+0,098** +0,0024 +0,0039	**0,062L** **0,138L** 0,0024L 0,0054L	F6	**-0,018** **+0,039** -0,0007 +0,0015	**0,018T** **0,079L** 0,0007T 0,0031L	J7	**-0,098** **-0,041** -0,0039 -0,0016	**0,098T** **0,001T** 0,0039T 0,0001T	P7	**-0,144** **-0,087** -0,0057 -0,0034	**0,144T** **0,047T** 0,0057T 0,0019T	R7
355,000 13,9764	**400,000** 15,7480											**-0,150** **-0,093** -0,0059 -0,0037	**0,150T** **0,053T** 0,0059T 0,0021T	
400,000 15,7480	**450,000** 17,7165	**0,000** **-0,045** 0,0000 -0,0018	**+0,068** **+0,095** +0,0027 +0,0037	**0,068L** **0,140L** 0,0027L 0,0055L	F5	**-0,020** **+0,043** -0,0008 +0,0017	**0,020T** **0,088L** 0,0008T 0,0035L	J7	**-0,108** **-0,045** -0,0043 -0,0018	**0,108T** **0,000** 0,0043T 0,0000	P7	**-0,166** **-0,103** -0,0065 -0,0041	**0,166T** **0,058T** 0,0065T 0,0023T	R7
450,000 17,7165	**500,000** 19,6850											**-0,172** **-0,109** -0,0068 -0,0043	**0,172T** **0,064T** 0,0068T 0,0025T	
500,000 19,6850	**630,000** 24,8032	**0,000** **-0,050** 0,0000 -0,0020	**+0,065** **+0,115** +0,0026 +0,0045	**0,065L** **0,165L** 0,0026L 0,0065L	–	**-0,022** **+0,046** -0,0009 +0,0018	**0,022T** **0,096L** 0,0009T 0,0038L	–	**-0,118** **-0,050** -0,0046 -0,0020	**0,118T** **0,000** 0,0046T 0,0000	–	**-0,190** **-0,120** -0,0075 -0,0047	**0,190T** **0,070T** 0,0075T 0,0028T	R7
630,000 24,8032	**800,000** 31,4961	**0,000** **-0,080** 0,0000 -0,0031	**+0,075** **+0,150** +0,0030 +0,0059	**0,075L** **0,225L** 0,0030L 0,0089L	–	**-0,025** **+0,050** -0,0098 +0,0020	**0,025T** **0,130L** 0,0098T 0,0051L	–	**-0,150** **-0,075** -0,0059 -0,0030	**0,150T** **0,000** 0,0059T 0,0000	–	–	–	R7
800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**0,000** **-0,100** 0,0000 -0,0039	**+0,075** **+0,175** +0,0030 +0,0069	**0,075L** **0,275L** 0,0030L 0,0108L	–	**-0,025** **+0,075** -0,0098 +0,0030	**0,025T** **0,175L** 0,0098T 0,0069L	–	**-0,200** **-0,100** -0,0079 -0,0039	**0,200T** **0,000** 0,0079T 0,0000	–	–	–	R7

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

INNENRING – Industrieausrüstung Klassen 4 und 2 (Zoll)



Abweichung von der nominalen (minimalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

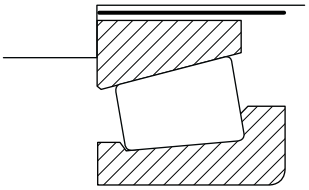
TABELLE 78. KEGELROLLENLAGER – INNENRING – Industrieausrüstung Klassen 4 und 2 (Zoll)

Innenringbohrung		Toleranz[1]	Rotierender Innenring		Rotierender oder feststehender Innenring		Feststehender Innenring							
			Geschliffener Sitz		Ungeschliffener oder geschliffener Sitz		Ungeschliffener Sitz		Geschliffener Sitz		Ungeschliffener Sitz		Gehärteter und geschliffener Sitz	
Bereich			Konstante Lasten mit mittleren Stoßbelastungen		Schwere Lasten oder hohe Drehzahlen oder Stoßbelastungen		Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen		Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen		Scheiben, Räder, Laufräder		Radspindeln	
Über	Inklusive		Sitzabweichung des Innenrings	Resultierende Passung	Sitzabweichung des Innenrings	Resultierende Passung	Sitzabweichung des Innenrings	Resultierende Passung	Sitzabweichung des Innenrings	Resultierende Passung	Sitzabweichung des Innenrings	Resultierende Passung	Sitzabweichung des Innenrings	Resultierende Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**76,200** 3,0000	**0,000** **+0,013** 0,0000 +0,0005	**+0,038**[2] **+0,026** +0,0015 +0,0010	**0,038T** **0,012T** 0,0015T 0,0005T	**+0,064** **+0,038** +0,0025 +0,0015	**0,064T** **0,025T** 0,0025T 0,0010T	**+0,013** **0,000** +0,0005T 0,0000	**0,013T** **0,013L** 0,0005T 0,0005L	**0,000** **-0,013** 0,0000 -0,0005	**0,000** **0,026L** 0,0000 0,0010L	**0,000** **-0,013** 0,0000 -0,0005	**0,000** **0,026L** 0,0000 0,0010L	**-0,005** **-0,018** -0,0002 -0,0007	**0,005L** **0,031L** 0,0002L 0,0012L
76,200 3,0000	**304,800** 12,0000	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**+0,064** **+0,038** +0,0025 +0,0015	**0,064T** **0,013T** 0,0025T 0,0005T	Use Average Tight Inner Ring Fit of 0,0005 mm/mm (0,0005in./in.) of Inner Ring Bore[3]		**+0,025** **0,000** +0,0010 0,0000	**0,025T** **0,025L** 0,0010T 0,0010L	**0,000** **-0,025** 0,0000 -0,0010	**0,000** **0,051L** 0,0000 0,0020L	**0,000** **-0,025** 0,0000 -0,0010	**0,000** **0,051L** 0,0000 0,0020L	**-0,005** **-0,031** -0,0002 -0,0012	**0,005L** **0,056L** 0,0002L 0,0022L
304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**0,000** **+0,051** 0,0000 +0,0020	**+0,127** **+0,076** +0,0050 +0,0030	**0,127T** **0,025T** 0,0050T 0,0010T			**+0,051** **0,000** +0,0020 0,0000	**0,051T** **0,051L** 0,0020T 0,0020L	**0,000** **-0,051** 0,0000 -0,0020	**0,000** **0,102L** 0,0000 0,0040L	**0,000** **-0,051** 0,0000 -0,0020	**0,000** **0,102L** 0,0000 0,0040L	–	–
609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**0,000** **+0,076** 0,0000 +0,0030	**+0,191** **+0,114** +0,0075 +0,0015T				**+0,076** **0,000** +0,0030 0,0000	**0,076T** **0,076L** 0,0030T 0,0030L	**0,000** **-0,076** 0,0000 -0,0030	**0,000** **0,152L** 0,0000 0,0060L	**0,000** **-0,076** 0,0000 -0,0030	**0,000** **0,152L** 0,0000 0,0060L	–	–

[1]Gilt nicht für Lager des Typs TNASW oder TNASWE.
[2]Beispiel: Wenn die minimale Innenringbohrung 76,200 mm (3,0000 Zoll) beträgt, liegt die empfohlene Wellengröße zwischen 76,238 mm (3,0015 Zoll) und 76,225 mm (3,0010 Zoll) für eine feste Innenringpassung von 0,038 mm (0,0015 Zoll) bis 0,012 mm (0,0005 Zoll).
[3]Für Innenringbohrungen zwischen 76,200 mm (3,0000 Zoll) und 101,600 mm (4,0000 Zoll) sollte eine feste Minimalpassung von 0.025 mm (0,0001 Zoll) verwendet werden.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

AUSSENRING – Industrieausrüstung Klassen 4 und 2 (Zoll)



Abweichung vom nominalen (minimalen) Außendurchmesser des Lagers und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 79. KEGELROLLENLAGER – AUSSENRING – Industrieausrüstung Klassen 4 und 2 (Zoll)

Außendurchmesser des Außenrings		Toleranz	Feststehender Außenring				Stationärer oder rotierender Außenring		Rotierender Außenring	
Bereich			Gleitend oder geklemmt		Einstellbar		Nicht einstellbar oder in Trägern oder Scheiben – Eingespannt		Scheiben – Nicht eingespannt[1]	
Über	Inklusive		Sitzabweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Sitzabweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Sitzabweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Sitzabweichung des Außenrings	Resultierende Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000	**76,200**	**+0,025**	**+0,050**	**0,026L**	**0,000**	**0,025T**	**-0,039**	**0,064T**	**-0,077**	**0,102T**
0,0000	3,0000	**0,000**	**+0,076**	**0,076L**	**+0,025**	**0,025L**	**-0,013**	**0,013T**	**-0,051**	**0,051T**
		+0,0010	+0,0020	0,0010L	0,0000	0,0010T	-0,0015	0,0025T	-0,0030	0,0040T
		0,0000	+0,0030	0,0030L	+0,0010	0,0010L	-0,0005	0,0005T	-0,0020	0,0020T
76,200	**127,000**	**+0,025**	**+0,050**	**0,026L**	**0,000**	**0,025T**	**-0,051**	**0,076T**	**-0,077**	**0,102T**
3,0000	5,0000	**0,000**	**+0,076**	**0,076L**	**+0,025**	**0,025L**	**-0,025**	**0,025T**	**-0,051**	**0,051T**
		+0,0010	+0,0020	0,0010L	0,0000	0,0010T	-0,0020	0,0030T	-0,0030	0,0040T
		0,0000	+0,0030	0,0030L	+0,0010	0,0010L	-0,0010	0,0010T	-0,0020	0,0020T
127,000	**304,800**	**+0,025**	**+0,050**	**0,026L**	**0,000**	**0,025T**	**-0,051**	**0,076T**	**-0,077**	**0,102T**
5,0000	12,0000	**0,000**	**+0,076**	**0,076L**	**+0,051**	**0,051L**	**-0,025**	**0,025T**	**-0,051**	**0,051T**
		+0,0010	+0,0020	0,0010L	0,0000	0,0010T	-0,0020	0,0030T	-0,0030	0,0040T
		0,0000	+0,0030	0,0030L	+0,0020	0,0020L	-0,0010	0,0010T	-0,0020	0,0020T
304,800	**609,600**	**+0,051**	**+0,102**	**0,051L**	**+0,026**	**0,025T**	**-0,076**	**0,127T**	**-0,102**	**0,153T**
12,0000	24,0000	**0,000**	**+0,152**	**0,152L**	**+0,076**	**0,076L**	**-0,025**	**0,025T**	**-0,051**	**0,051T**
		+0,0020	+0,0040	0,0020L	+0,0010	0,0010T	-0,0030	0,0050T	-0,0040	0,0060T
		0,0000	+0,0060	0,0060L	+0,0030	0,0030L	-0,0010	0,0010T	-0,0020	0,0020T
609,600	**914,400**	**+0,076**	**+0,152**	**0,076L**	**+0,051**	**0,025T**	**-0,102**	**0,178T**		
24,0000	36,0000	**0,000**	**+0,229**	**0,229L**	**+0,127**	**0,0127L**	**-0,025**	**0,025T**	–	–
		+0,0030	+0,0060	0,0030L	+0,0020	0,0010T	-0,0040	0,0070T		
		0,0000	+0,0090	0,0090L	+0,0050	0,0050L	-0,0010	0,0010T		

[1]Die Ausführung mit nicht eingespanntem Außenring ist nur bei Scheiben mit vernachlässigbarem Ablenkwinkel anwendbar.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

INNENRING – Automobilausrüstung Klassen 4 und 2 (Zoll)

Abweichung von der nominalen (minimalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 80. KEGELROLLENLAGER – INNENRING – Automobilausrüstung Klassen 4 und 2 (Zoll)

Wellenaußendurchmesser-								
Innenringbohrung		Toleranz	Feststehender Innenring		Rotierender Innenring			
			Vorderräder, Hinterrad (Schwimmend gelagerte Achsen), Anhängerräder		Hinterräder (Halb schwimmend gelagerte Achsen)		Hinterräder (Unit-Lager) (Halb schwimmend gelagerte Achsen)	
			Einstellbar		Nicht einstellbar			
Über	Inklusive		Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultie-rende Passung	Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultie-rende Passung	Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultie-rende Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**76,200** 3,0000	**0,000** **+0,013** 0,0000 +0,0005	**-0,005** **-0,018** -0,0002 -0,0007	**0,005L** **0,031L** 0,0002L 0,0012L	**+0,051** **+0,038** +0,0020 +0,0015	**0,051T** **0,025T** 0,0020T 0,0010T	**+0,056** **+0,038** +0,0022 +0,0015	**0,056T** **0,025T** 0,0022T 0,0010T
76,200 3,0000	**304,800** 12,0000	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**-0,0013** **-0,038** -0,0005 -0,0015	**0,013L** **0,063L** 0,0005L 0,0025L	**+0,076** **+0,051** +0,0030 +0,0020	**0,076T** **0,026T** 0,0030T 0,0010T	–	–

AUSSENRING – Automobilausrüstung Klassen 4 und 2 (Zoll)

TABELLE 81. KEGELROLLENLAGER – AUSSENRING
Automobilausrüstung Klassen 4 und 2 (Zoll)

Gehäusebohrung				
Außendurchmesser des Außenrings		Toleranz	Rotierender Außenring	
			Vorderräder	Hinterräder (Schwimmende Anhängerräder)
			Nicht einstellbar	
Über	Inklusive		Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**76,200** 3,0000	**+0,025** **0,000** +0,0010 0,0000	**-0,051** **-0,013** -0,0020 -0,0005	**0,076T** **0,013T** 0,0030T 0,0005T
76,200 3,0000	**127,000** 5,0000	**+0,025** **0,000** +0,0010 0,0000	**-0,077** **-0,025** -0,0030 -0,0010	**0,102T** **0,025T** 0,0040T 0,0010T
127,000 5,0000	**304,800** 12,0000	**+0,025** **0,000** +0,0010 0,0000	**-0,077** **-0,025** -0,0030 -0,0010	**0,102T** **0,025T** 0,0040T 0,0010T

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Wellenaußendurchmesser-									
Rotierender Innenring									
Ritzel						Differential		Transaxle-Getriebe Getriebe Verteilergetriebe Querwellen	
Geklemmt		Abnehmbarer Distanzring (Schwanzlager)		Nicht einstellbar (Kopflager)		Nicht einstellbar		Nicht einstellbar	
Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultie-rende Passung	Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultie-rende Passung	Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultierende Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
+0,025 **+0,013** +0,0015 +0,0010	**0,025T** **0,000** 0,0015 0,0005	**+0,030** **+0,018** +0,0012 +0,0007	**0,030T** **0,005T** 0,0012T 0,0002T	**+0,051** **+0,038** +0,0020 +0,0015	**0,051T** **0,025T** 0,0020T 0,0010T	**+0,102** **+0,064** +0,0040 +0,0025	**0,102T** **0,051T** 0,0040T 0,0020T	**+0,038** **+0,025** +0,0015 +0,0010	**0,038T** **0,012T** 0,0015T 0,0005T
+0,038 **+0,013** +0,0025 +0,0015	**0,038T** **0,012T** 0,0025 0,0005	–	–	**+0,076** **+0,051** +0,0030 +0,0020	**0,076T** **0,026T** 0,0030T 0,0010T	**+0,102** **+0,076** +0,0040 +0,0025	**0,102T** **0,051T** 0,0040T 0,0020T	**+0,064** **+0,038** +0,0025 +0,0015	**0,064T** **0,013T** 0,0025T 0,0005T

Gehäusebohrung							
Feststehender Außenring							
Hinterräder (Halb schwimmend gelagerte Achsen)		Differential (Geteilter Sitz)		Getriebe Verteilergetriebe Querwellen		Ritzel (Massiver Sitzring) Getriebe	Differential Transaxle-Getriebe Verteilergetriebe
Einstellbar (TS) Geklemmt (TSU)		Einstellbar		Einstellbar		Nicht einstellbar	
Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
+0,038 **+0,076** +0,0015 +0,0030	**0,013L** **0,076L** 0,0005L 0,0030L	**+0,025** **+0,051** +0,0010 +0,0020	**0,000** **0,051L** 0,0000 0,0020L	**0,000** **+0,025** 0,000 +0,0010	**0,025T** **0,025L** 0,0010T 0,0010L	**-0,038** **-0,013** -0,0015 -0,0005	**0,063T** **0,013T** 0,0025T 0,0005T
+0,038 **+0,076** +0,0015 +0,0030	**0,013L** **0,076L** 0,0005L 0,0030L	**+0,025** **+0,051** +0,0010 +0,0020	**0,000** **0,051L** 0,0000 0,0020L	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**0,025T** **0,025L** 0,0010T 0,0010L	**-0,051** **-0,025** -0,0020 -0,0010	**0,076T** **0,025T** 0,0030T 0,0010T
–	–	**0,000** **+0,051** 0,0000 +0,0020	**0,025T** **0,051L** 0,0010T 0,0020L	**0,000** **+0,051** 0,0000 +0,0020	**0,025T** **0,051L** 0,0010T 0,0020L	**-0,077** **-0,025** -0,0030 -0,0010	**0,102T** **0,025T** 0,0040T 0,0010T

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

INNENRING – Automobilausrüstung
Klassen K und N (Metrisch)

TABELLE 82. KEGELROLLENLAGER – INNENRING – Automobilausrüstung
Klassen K und N (Metrisch)

Innenringbohrung		Toleranz	Wellenaußendurchmesser-								
			Feststehender Innenring			Rotierender Innenring					
			Vorderräder, Hinterrad (Schwimmend gelagerte Achsen), Anhängerräder			Hinterräder (Halb schwimmend gelagerte Achsen)			Hinterräder (Unit-Lager) (Halb schwimmend gelagerte Achsen)		
			Einstellbar			Nicht einstellbar			Nicht einstellbar		
Über	Inklusive		Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,012** **0,000** -0,0005 0,0000	**-0,020** **-0,033** -0,0008 -0,0013	**0,008L** **0,033L** 0,0003L 0,0013L	f6	**+0,035** **+0,022** +0,0013 +0,0008	**0,047T** **0,022T** 0,0018T 0,0008T	p6	**+0,035** **+0,022** +0,0013 +0,0008	**0,047T** **0,022T** 0,0018T 0,0008T	p6
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,012** **0,000** -0,0005 0,0000	**-0,025** **-0,041** -0,0010 -0,0016	**0,013L** **0,041L** 0,0005L 0,0016L	f6	**+0,042** **+0,026** +0,0016 +0,0010	**0,054T** **0,026T** 0,0021T 0,0010T	p6	**+0,042** **+0,026** +0,0016 +0,0010	**0,054T** **0,026T** 0,0021T 0,0010T	p6
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,015** **0,000** -0,0006 0,0000	**-0,030** **-0,049** -0,0012 -0,0019	**0,015L** **0,049L** 0,0006L 0,0019L	f6	**+0,051** **+0,032** +0,0021 +0,0014	**0,066T** **0,032T** 0,0027T 0,0014T	p6	–	–	–
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,020** **0,000** -0,0008 0,0000	**-0,036** **-0,058** -0,0014 -0,0023	**0,016L** **0,058L** 0,0006L 0,0023L	f6	**+0,045** **+0,023** +0,0019 +0,0010	**0,065T** **0,023T** 0,0027T 0,0010T	n6	–	–	–
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,025** **0,000** -0,0010 0,0000	**-0,043** **-0,068** -0,0016 -0,0026	**0,018L** **0,068L** 0,0006L 0,0026L	f6	**+0,052** **+0,027** +0,0022 +0,0012	**0,077T** **0,029T** 0,0032T 0,0012T	n6	–	–	–

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Wellenaußendurchmesser- Rotierender Innenring												
Ritzel									Differential		Transaxle-Getriebe, Verteilergetriebe, Querwellen	
Geklemmt			Abnehmbar (Fußlager)			Nicht einstellbar (Kopflager)			Nicht einstellbar		Nicht einstellbar	
Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	
+0,015 **+0,002** +0,0006 +0,0001	**0,027T** **0,002T** 0,0011T 0,0001T	k6	**+0,015** **+0,002** +0,0006 +0,0001	**0,027T** **0,002T** 0,0011T 0,0001T	k6	**+0,035** **+0,022** +0,0013 +0,0009	**0,047T** **0,022T** 0,0018T 0,0009T	p6	**+0,056** **+0,035** +0,0022 +0,0014	**0,068T** **0,035T** 0,0027T 0,0014T	**+0,021** **+0,008** +0,0008 +0,0003	**0,033T** **0,008T** 0,0013T 0,0003T	m6
+0,018 **+0,002** +0,0007 +0,0001	**0,030T** **0,002T** 0,0012T 0,0001T	k6	**+0,018** **+0,002** +0,0007 +0,0001	**0,030T** **0,002T** 0,0012T 0,0001T	k6	**+0,042** **+0,026** +0,0016 +0,0010	**0,054T** **0,026T** 0,0021T 0,0010T	p6	**+0,068** **+0,043** +0,0028 +0,0018	**0,080T** **0,043T** 0,0033T 0,0018T	**+0,025** **+0,009** +0,0010 +0,0004	**0,037T** **0,009T** 0,0015T 0,0004T	m6
+0,021 **+0,002** +0,0008 -0,0001	**0,036T** **0,002T** 0,0014T 0,0001L	k6	**+0,021** **+0,002** +0,0008 +0,0001	**0,036T** **0,002T** 0,0014T 0,0001L	k6	**+0,051** **+0,032** +0,021 +0,014	**0,066T** **0,032T** 0,0027T 0,0014T	p6	**+0,0089** **+0,059** +0,0034 +0,0022	**0,104T** **0,059T** 0,0040T 0,0022T	**+0,030** **+0,011** +0,0012 +0,0004	**0,045T** **0,011T** 0,0018T 0,0004T	m6
+0,013 **-0,009** +0,0005 -0,0004	**0,033T** **0,009L** 0,0013T 0,0004L	j6	–	–	–	**+0,045** **+0,023** +0,0019 +0,0010	**0,065T** **0,023T** 0,0027T 0,0010T	n6	**+0,114** **+0,079** +0,0044 +0,0030	**0,134T** **0,079T** 0,0052T 0,0030T	**+0,035** **+0,013** +0,0014 +0,0005	**0,055T** **0,013T** 0,0022T 0,0005T	m6
+0,014 **-0,011** +0,0006 -0,0004	**0,039T** **0,011L** 0,0016T 0,0004L	j6	–	–	–	**+0,052** **+0,028** +0,0022 +0,0012	**0,077T** **0,029T** 0,0032T 0,0012T	n6	**+0,140** **+0,100** +0,0056 +0,0040	**0,165T** **0,100T** 0,0066T 0,0040T	**+0,040** **+0,015** +0,0016 +0,0006	**0,066T** **0,015T** 0,0026T 0,0006T	–

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

AUSSENRING – Automobilausrüstung Klassen K und N (Metrisch)

Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 83 KEGELROLLENLAGER – AUSSENRING – Automobilausrüstung Klassen K und N (Metrisch)

Gehäusebohrung																				
Außendurchmesser des Außenrings		Toleranz-	Rotierender Außenring			Feststehender Außenring														
			Vorderräder Hinterräder (Schwimmende Anhängerräder)			Hinterräder (Halb schwimmend gelagerte Achsen)			Differential (Geteilter Sitz)			Getriebe Verteilergetriebe Querwellen			Ritzeldifferential (Massiver Sitzring) Transaxle-Getriebe Getriebe[1] Verteilergetriebe		
			Nicht einstellbar			Einstellbar (TS) Geklemmt (TSU)			Einstellbar			Einstellbar			Nicht einstellbar		
Über	Inklusive		Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**0,000** **-0,014** 0,0000 -0,0006	**-0,050** **-0,025** -0,0020 -0,0010	**0,050T** **0,011T** 0,0020T 0,0004T	R7	**+0,009** **+0,034** +0,0004 +0,0014	**0,009L** **0,048L** 0,0004L 0,0020L	G7	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**0,000** **0,039L** 0,0000 0,0016L	H7	**-0,013** **+0,003** -0,0005 +0,0001	**0,013T** **0,017L** 0,0005T 0,0007L	K6	**-0,050** **-0,025** -0,0020 -0,0010	**0,050T** **0,011T** 0,0020T 0,0004T	R7
50,000 1,9685	**65,000** 2,5591	**0,000** **-0,016** 0,0000 -0,0006	**-0,060** **-0,030** -0,0023 -0,0011	**0,060T** **0,014T** 0,0023T 0,0005T	R7	**+0,010** **+0,040** +0,0004 +0,0016	**0,010L** **0,056L** 0,0004L 0,0022L	G7	**0,000** **+0,030** 0,0000 +0,0012	**0,000** **0,046L** 0,0000 0,0018L	H7	**-0,015** **+0,004** -0,0006 +0,0001	**0,015T** **0,020L** 0,0006T 0,0007L	K6	**-0,060** **-0,030** -0,0023 -0,0011	**0,060** **0,014T** 0,0023T 0,0005T	R7
65,000 2,5591	**80,000** 3,1496	**0,000** **-0,016** 0,0000 -0,0006	**-0,062** **-0,032** -0,0023 -0,0011	**0,062T** **0,016T** 0,0023T 0,0005T											**-0,062** **-0,032** -0,0023 -0,0011	**0,062T** **0,016T** 0,0023T 0,0005T	
80,000 3,1496	**100,000** 3,9370	**0,000** **-0,018** 0,0000 -0,0007	**-0,073** **-0,038** -0,0029 -0,0015	**0,073T** **0,020T** 0,0029T 0,0008T	R7	**+0,012** **+0,047** +0,0005 +0,0029	**0,012L** **0,065L** 0,0005L 0,0026L	G7	**0,000** **+0,035** 0,0000 +0,0014	**0,000** **0,053L** 0,0000 0,0021L	H7	**-0,018** **+0,004** -0,0007 +0,0002	**0,018T** **0,022L** 0,0007T 0,0009L	K6	**-0,073** **-0,038** -0,0029 -0,0015	**0,073T** **0,020T** 0,0029T 0,0008T	R7
100,000 3,9370	**120,000** 4,7244	**0,000** **-0,018** 0,0000 -0,0007	**-0,076** **-0,041** -0,0029 -0,0015	**0,076T** **0,023T** 0,0029T 0,0008T											**-0,076** **-0,041** -0,0029 -0,0015	**0,076T** **0,023T** 0,0029T 0,0008T	
120,000 4,7244	**140,000** 5,5118	**0,000** **-0,020** 0,0000 -0,0008	**-0,088** **-0,048** -0,0035 -0,0019	**0,088T** **0,028T** 0,0035T 0,0011T	R7	**+0,014** **+0,054** +0,0006 +0,0022	**0,014L** **0,074L** 0,0006L 0,0030L	G7	**-0,014** **+0,026** -0,0006 +0,0010	**0,014T** **0,046L** 0,0006L 0,0018L	J7	**-0,021** **+0,004** -0,0008 +0,0002	**0,021T** **0,024L** 0,0008T 0,0010L	K6	**-0,088** **-0,048** -0,0035 -0,0019	**0,088T** **0,028T** 0,0035T 0,0011T	R7
140,000 5,5118	**150,000** 5,9055	**0,000** **-0,020** 0,0000 -0,0008	**-0,090** **-0,050** -0,0035 -0,0019	**0,090T** **0,030T** 0,0035T 0,0011T											**-0,090** **-0,050** -0,0035 -0,0019	**0,090T** **0,030T** 0,0035T 0,0011T	
150,000 5,9055	**160,000** 6,2992	**0,000** **-0,025** 0,0000 -0,0010	**-0,090** **-0,050** -0,0035 -0,0019	**0,090T** **0,025T** 0,0035T 0,0009T	R7	**+0,014** **+0,054** +0,0006 +0,0022	**0,014L** **0,079L** 0,0006L 0,0032L	G7	**-0,014** **+0,026** -0,0006 +0,0010	**0,014T** **0,051L** 0,0006T 0,0020L	J7	**-0,021** **+0,004** -0,0008 +0,0002	**0,021T** **0,029L** 0,0008T 0,0012L	K6	**-0,090** **-0,050** -0,0035 -0,0019	**0,090T** **0,025T** 0,0035T 0,0009T	R7
160,000 6,2992	**180,000** 7,0866	**0,000** **-0,025** 0,0000 -0,0010	**-0,093** **-0,053** -0,0035 -0,0019	**0,093T** **0,028T** 0,0035T 0,0009T											**-0,093** **-0,053** -0,0035 -0,0019	**0,093T** **0,028T** 0,0035T 0,0009T	

[1]Minimale Passung bei Aluminiumgehäusen von 0,025 mm (0,001 Zoll) pro Zoll Außendurchmesser des Außenrings. Minimale Passung bei Magnesiumgehäusen von 0,038 mm (0,0015 Zoll) pro Zoll Außendurchmesser des Außenrings.

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 83, Fortsetzung

TABELLE 83 KEGELROLLENLAGER – AUSSENRING – Automobilausrüstung Klassen K und N (Metrisch)

Gehäusebohrung																				
Außendurchmesser des Außenrings		Toleranz-	Rotierender Außenring			Feststehender Außenring														
			Vorderräder Hinterräder (Schwimmende Anhängerräder)			Hinterräder (Halb schwimmend gelagerte Achsen)			Differential (Geteilter Sitz)			Getriebe Verteilergetriebe Querwellen			Ritzeldifferential (Massiver Sitzring) Transaxle-Getriebe Getriebe[1] Verteilergetriebe				
			Nicht einstellbar			Einstellbar (TS) Geklemmt (TSU)			Einstellbar			Einstellbar			Nicht einstellbar				
Über	Inklusive		Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Gehäusebohrung Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen			
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll				
180,000 7,0866	**200,000** 7,8740	**0,000** **-0,030** 0,0000 -0,0012	**-0,106** **-0,060** -0,0042 -0,0024	**0,106T** **0,030T** 0,0042T 0,0012T	R7	–	–	–	**-0,016** **+0,030** -0,0007 +0,0011	**0,016T** **0,060L** 0,0007T 0,0023L	J7	**-0,016** **+0,030** -0,0007 +0,0011	**0,016T** **0,060L** 0,0007T 0,0023L	J7	**-0,106** **-0,060** -0,0042 -0,0024	**0,106T** **0,030T** 0,0042T 0,0012T	R7			
200,000 7,8740	**225,000** 8,8583	**0,000** **-0,030** 0,0000 -0,0012	**-0,109** **-0,063** -0,0042 -0,0024	**0,109T** **0,033T** 0,0042T 0,0012T											**-0,109** **-0,063** -0,0042 -0,0024	**0,109T** **0,033T** 0,0042T 0,0012T				
225,000 8,8583	**250,000** 9,8425	**0,000** **-0,030** 0,0000 -0,0012	**-0,113** **-0,067** -0,0042 -0,0024	**0,113T** **0,037T** 0,0042T 0,0012T											**-0,113** **-0,067** -0,0042 -0,0024	**0,113T** **0,037T** 0,0042T 0,0012T				
250,000 9,8425	**280,000** 11,0236	**0,000** **-0,035** 0,0000 -0,0014	**-0,126** **-0,074** -0,0047 -0,0027	**0,126T** **0,039T** 0,0047T 0,0013T	R7	–	–	–	**-0,016** **+0,036** -0,0007 +0,0013	**0,016T** **0,071L** 0,0007T 0,0027L	J7	**-0,016** **+0,036** -0,0007 +0,0014	**0,016T** **0,071L** 0,0007T 0,0028L	J7	**-0,126** **-0,074** -0,0047 -0,0027	**0,126T** **0,039T** 0,0047T 0,0013T	R7			
280,000 11,0236	**315,000** 12,4016	**0,000** **-0,035** 0,0000 -0,0014	**-0,130** **-0,078** -0,0047 -0,0027	**0,130T** **0,043T** 0,0047T 0,0013T											**-0,130** **-0,078** -0,0047 -0,0027	**0,130T** **0,043T** 0,0047T 0,0013T				

[1]Minimale Passung bei Aluminiumgehäusen von 0,025 mm (0,001 Zoll) pro Zoll Außendurchmesser des Außenrings. Minimale Passung bei Magnesiumgehäusen von 0,038 mm (0,0015 Zoll) pro Zoll Außendurchmesser des Außenrings.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER

HYDRA-RIB

Der Hydra-Rib-Außenring wird entweder als Außenring mit Flansch montiert oder an der Außenringstirnfläche durch eine Gehäuseschulter unterstützt. Die Einheit mit 50,000 mm (1,968 Zoll)-Bohrung hat keinen Außenring mit Flansch und die Rückseite des Außenrings muss an der Gehäuseschulter anliegend montiert werden.

Wenden Sie sich bei schweren Lasten, hohen Drehzahlen oder Stoßbelastungen an Ihren Timken-Techniker, um weitere Informationen zu erhalten.

HYDRA-RIB Klassen C und B (Metrisch)

Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung

T = Fest
L = Lose

TABELLE 84. PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – INNENRING
HYDRA-RIB Klassen C und B (Metrisch)

Lagerbohrung		Klasse C				Klasse B			
Bereich		Lager Bohrung Toleranz	Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Lager Bohrung Toleranz	Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen
Über	Inklusive								
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,010** **0,000** -0,0004 0,0000	**+0,013** **+0,002** +0,0005 +0,0001	**0,023T** **0,002T** 0,0009T 0,0001T	k5	**-0,010** **0,000** -0,0004 0,0000	**+0,013** **+0,002** +0,0005 +0,0001	**0,023T** **0,002T** 0,0009T 0,0001T	k5
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,013** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,015** **+0,002** +0,0006 +0,0001	**0,028T** **0,002T** 0,0011T 0,0001T	k5	**-0,010** **0,000** -0,0004 0,0000	**+0,015** **+0,002** +0,0006 +0,0001	**0,025T** **0,002T** 0,0010T 0,0001T	k5
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,013** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,018** **+0,003** +0,0007 +0,0001	**0,031T** **0,003T** 0,0012T 0,0001T	k5	**-0,010** **0,000** -0,0004 0,0000	**+0,018** **+0,003** +0,0007 +0,0001	**0,028T** **0,003T** 0,0011T 0,0001T	k5
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,013** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,021** **+0,003** +0,0008 +0,0001	**0,034T** **0,003T** 0,0013T 0,0001T	k5	**-0,010** **0,000** -0,0004 0,0000	**+0,021** **+0,003** +0,0008 +0,0001	**0,031T** **0,003T** 0,0012T 0,0001T	k5
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**-0,015** **0,000** -0,0006 0,0000	**+0,024** **+0,004** +0,0010 +0,0002	**0,039T** **0,004T** 0,0016T 0,0002T		**-0,013** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,024** **+0,004** +0,0010 +0,0002	**0,037T** **0,004T** 0,0015T 0,0002T	k5

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLE 85. PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – AUSSENRING HYDRA-RIB Klassen C und B (Metrisch)

Lagerbohrung bereich Über	Lagerbohrung bereich Inklusive	Klasse C Lager Bohrung Toleranz-	Klasse C Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Klasse C Resultierende Passung	Klasse C Zeichen	Klasse B Lager Bohrung Toleranz-	Klasse B Wellenaußen-durchmesser-Abweichung	Klasse B Resultierende Passung	Klasse B Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**0,000** **-0,013** 0,0000 -0,0005	**-0,023** **-0,008** -0,0009 -0,0003	**0,023T** **0,005L** 0,0009T 0,0002L	M5	**0,000** **-0,010** 0,0000 -0,0004	**-0,023** **-0,008** -0,0009 -0,0003	**0,023T** **0,002L** 0,0009T 0,0001L	M5
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**0,000** **-0,013** 0,0000 -0,0005	**-0,027** **-0,009** -0,0011 -0,0004	**0,027T** **0,004L** 0,0011T 0,0001L	M5	**0,000** **-0,010** 0,0000 -0,0004	**-0,027** **-0,009** -0,0011 -0,0004	**0,027T** **0,001L** 0,0011T 0,0000	M5
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,000** **-0,015** 0,0000 -0,0006	**-0,031** **-0,011** -0,0012 -0,0004	**0,031T** **0,004L** 0,0012T 0,0002L	M5	**0,000** **-0,013** 0,0000 -0,0005	**-0,031** **-0,011** -0,0012 -0,0004	**0,031T** **0,002L** 0,0012T 0,0001L	M5
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**0,000** **-0,020** 0,0000 -0,0008	**-0,036** **-0,013** -0,0014 -0,0005	**0,036T** **0,007L** 0,0014T 0,0003L	M5	**0,000** **-0,015** 0,0000 -0,0006	**-0,036** **-0,013** -0,0014 -0,0005	**0,036T** **0,002L** 0,0014T 0,0001L	M5
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**0,000** **-0,020** 0,0000 -0,0008	**-0,039** **-0,014** -0,0015 -0,0006	**0,039T** **0,006L** 0,0015T 0,0002L	M5	–	–	–	–

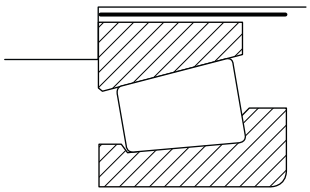
Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER (AUSSER HYDRA-RIB UND TXR-LAGER)

Empfohlene Passungsrichtlinien für Wellen und Gehäuse aus Eisen

Wenden Sie sich bei schweren Lasten, hohen Drehzahlen oder Stoßbelastungen an Ihren Timken Ansprechpartner, um weitere Informationen zu erhalten.

ISO + PRÄFIX J KLASSE B (METRISCH)



Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T= Fest
L = Lose

TABELLE 86 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – AUSSENRING
ISO + Präfix J, Klasse B (Metrisch)

Außendurchmesser des Außenrings			Feststehender Innenring												Rotierender Innenring		
Bereich		Toleranz-	Schwimmend			Geklemmt			Einstellbar			Nicht einstellbar oder in Trägern			Nicht einstellbar oder in Trägern		
Über	Inklusive		Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**0,000** **-0,006** 0,0000 -0,0002	**+0,007** **+0,016** +0,0003 +0,0007	**0,007L** **0,022L** 0,0003L 0,0009L	G5	**0,000** **+0,006** 0,0000 +0,0002	**0,000** **0,012L** 0,0000 0,0005L	H4	**-0,008** **0,001** -0,0004 0,0000	**0,008T** **0,007L** 0,0004T 0,0002L	K5	**-0,0140** **-0,0050** -0,0006 -0,0002	**0,0140T** **0,0010L** 0,0006T 0,00001L	M5	**-0,021** **-0,012** -0,0008 -0,0005	**0,021T** **0,006T** 0,0008T 0,0002T	N5
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**0,000** **-0,007** 0,0000 -0,0003	**+0,009** **+0,020** +0,0004 +0,0008	**0,009L** **0,027L** 0,0004L 0,0011L	G5	**0,000** **+0,007** 0,0000 +0,0003	**0,000** **0,014L** 0,0000 0,0006L	H4	**-0,009** **0,002** -0,0004 0,0000	**0,009T** **0,009L** 0,0004T 0,0004L	K5	**-0,016** **-0,005** -0,0007 -0,0003	**0,016T** **0,002L** 0,0007T 0,0000	M5	**-0,024** **-0,013** -0,0010 -0,0006	**0,024T** **0,006T** 0,0010T 0,003T	N5
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**0,000** **-0,009** 0,0000 -0,0004	**+0,010** **+0,023** +0,0004 +0,0009	**0,010L** **0,032L** 0,0004L 0,0013L	G5	**0,000** **+0,008** 0,0000 +0,0003	**0,000** **0,017L** 0,0000 0,0007L	H4	**-0,010** **+0,003** -0,0004 +0,0001	**0,010T** **0,012L** 0,0004T 0,0005L	K5	**-0,019** **-0,006** -0,0008 -0,0003	**0,0019T** **0,0003L** 0,0008T 0,0001L	M5	**-0,028** **-0,015** -0,0011 -0,0006	**0,028T** **0,006T** 0,0011T 0,0002T	N5
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**0,000** **-0,010** 0,0000 -0,0004	**+0,012** **+0,027** +0,0005 +0,0011	**0,012L** **0,037L** 0,0005L 0,0015L	G5	**0,000** **+0,010** 0,0000 +0,0004	**0,000** **0,020L** 0,0000 0,0008L	H4	**-0,013** **+0,002** -0,0005 +0,0001	**0,013T** **0,012L** 0,0005T 0,0005L	K5	**-0,023** **-0,008** -0,0009 -0,0003	**0,023T** **0,002L** 0,0009T 0,0001L	M5	**-0,033** **-0,018** -0,0014 -0,0008	**0,033T** **0,008T** 0,0014T 0,0004T	N5
120,000 4,7244	**150,000** 5,9055	**0,000** **-0,011** 0,0000 -0,0004	**+0,014** **+0,032** +0,0006 +0,0013	**0,014L** **0,043L** 0,0006L 0,0017L	G5	**0,000** **+0,012** 0,0000 +0,0005	**0,000** **0,023L** 0,0000 0,0009L	H4	**-0,0125** **+0,0125** -0,0005 +0,0005	**0,0125T** **0,0235L** 0,0005T 0,0009L	Js6	**-0,027** **-0,009** -0,0011 -0,0004	**0,027T** **0,002L** 0,0011T 0,0000	M5	**-0,039** **-0,021** -0,0017 -0,0010	**0,039T** **0,010T** 0,0017T 0,0006T	N5
150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**0,000** **-0,013** 0,0000 -0,0005	**+0,014** **+0,032** +0,0006 +0,0013	**0,014L** **0,045L** 0,0006L 0,0018L	G5	**0,000** **+0,012** 0,0000 +0,0005	**0,000** **0,025L** 0,0000 0,0010L	H4	**-0,0125** **+0,0125** -0,0005 +0,0005	**0,0125T** **0,0255L** 0,0005T 0,0010L	Js6	**-0,027** **-0,009** -0,0011 -0,0004	**0,027T** **0,004L** 0,0011T 0,0002L	M5	**-0,039** **-0,021** -0,0017 -0,0010	**0,039T** **0,008T** 0,0017T 0,0005T	N5
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,000** **-0,015** 0,0000 -0,0006	**+0,015** **+0,035** +0,0006 +0,0014	**0,015L** **0,050L** 0,0006L 0,0020L	G5	**0,000** **+0,014** 0,0000 +0,0006	**0,000** **0,029L** 0,0000 0,0012L	H4	**-0,010** **+0,010** -0,0004 +0,0004	**0,010T** **0,025L** 0,0004T 0,0010L	Js5	**-0,031** **-0,011** -0,0012 -0,0004	**0,031T** **0,004L** 0,0012T 0,0002L	M5	**-0,045** **-0,025** -0,0020 -0,0012	**0,045T** **0,010T** 0,00250T 0,0006T	N5
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**0,000** **-0,018** 0,0000 -0,0007	**+0,017** **+0,040** +0,0007 +0,0016	**0,017L** **0,058L** 0,0007L 0,0023L	G5	**0,000** **+0,016** 0,0000 +0,0006	**0,000** **0,034L** 0,0000 0,0013L	H4	**-0,0115** **+0,0115** -0,0005 +0,0005	**0,0115T** **0,0295L** 0,0005T 0,0010L	Js5	**-0,036** **-0,013** -0,0014 -0,0005	**0,036L** **0,005L** 0,0014T 0,0002L	M5	**-0,050** **-0,027** -0,0020 -0,0011	**0,050T** **0,009T** 0,0020T 0,0004T	N5

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TABELLE 87 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – INNENRING
ISO + Präfix J, Klasse C (Metrisch)

Außendurchmesser des Außenrings			Feststehender Außenring												Rotierender Außenring		
Bereich		Toleranz-	Schwimmend			Geklemmt			Einstellbar			Nicht einstellbar oder in Trägern			Nicht einstellbar oder in Trägern		
Über	Inklusive		Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**0,000** **-0,008** 0,0000 -0,0003	**+0,007** **+0,016** +0,0003 +0,0007	**0,007L** **0,024L** 0,0003L 0,0010L	G5	**0,000** **+0,009** 0,0000 +0,0004	**0,000** **0,017L** 0,0000 0,0007L	H5	**-0,008** **+0,001** -0,0004 0,0000	**0,008T** **0,009L** 0,0004T 0,0003L	K5	**-0,021** **-0,012** -0,0010 -0,0005	**0,021T** **0,004T** 0,0010T 0,0002T	N5	**-0,024** **-0,011** -0,0010 -0,0005	**0,024T** **0,003T** 0,0010T 0,0002T	N6
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**0,000** **-0,009** 0,0000 -0,0004	**+0,009** **+0,020** +0,0004 +0,0008	**0,009L** **0,029L** 0,0004L 0,0012L	G5	**0,000** **+0,011** 0,0000 +0,0004	**0,000** **0,020L** 0,0000 0,0008L	H5	**-0,009** **+0,002** -0,0004 0,0000	**0,009T** **0,011L** 0,0004T 0,0004L	K5	**-0,024** **-0,013** -0,0010 -0,0006	**0,024T** **0,004T** 0,0010T 0,0002T	N5	**-0,028** **-0,012** -0,0010 -0,0005	**0,028T** **0,003T** 0,0011T 0,0001T	N6
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**0,000** **-0,011** 0,0000 -0,0004	**+0,010** **+0,023** +0,0004 +0,0009	**0,010L** **0,034L** 0,0004L 0,0013L	G5	**0,000** **+0,013** 0,0000 +0,0005	**0,000** **0,024L** 0,0000 0,0009L	H5	**-0,010** **+0,003** -0,0004 +0,0001	**0,010T** **0,014L** 0,0004T 0,0005L	K5	**-0,028** **-0,015** -0,0011 -0,0006	**0,028T** **0,004T** 0,0011T 0,0002T	N5	**-0,033** **-0,014** -0,0013 -0,0006	**0,033T** **0,003T** 0,0013T 0,0002T	N6
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**0,000** **-0,013** 0,0000 -0,0005	**+0,012** **+0,027** +0,0005 +0,0011	**0,012L** **0,040L** 0,0005L 0,0016L	G5	**0,000** **+0,015** 0,0000 +0,0006	**0,000** **0,028L** 0,0000 0,0011L	H5	**-0,013** **+0,002** -0,0005 +0,0001	**0,013T** **0,015L** 0,0005T 0,0006L	K5	**-0,033** **-0,018** -0,0014 -0,0008	**0,033T** **0,005T** 0,0014T 0,0003T	N5	**-0,038** **-0,016** -0,0016 -0,0007	**0,038T** **0,003T** 0,0016T 0,0002T	N6
120,000 4,7244	**150,000** 5,9055	**0,000** **-0,015** 0,0000 -0,0006	**+0,014** **+0,032** +0,0006 +0,0013	**0,014L** **0,047L** 0,0006L 0,0019L	G5	**0,000** **+0,018** 0,0000 +0,0007	**0,000** **0,033L** 0,0000 0,0013L	H5	**-0,0125** **+0,0125** -0,0005 +0,0005	**0,0125T** **0,0275L** 0,0005T 0,0011L	Js6	**-0,039** **-0,021** -0,0017 -0,0010	**0,039T** **0,006T** 0,0017T 0,0004T	N5	**-0,045** **-0,020** -0,0019 -0,0009	**0,0045T** **0,005T** 0,0019T 0,0003T	N6
150,000 5,9055	**180,000** 7,0866	**0,000** **-0,018** 0,0000 -0,0007	**+0,014** **+0,032** +0,0006 +0,0013	**0,014L** **0,050L** 0,0006L 0,0020L	G5	**0,000** **+0,018** 0,0000 +0,0007	**0,000** **0,036L** 0,0000 0,0014L	H5	**-0,0125** **+0,0125** -0,0005 +0,0005	**0,0125T** **0,0305L** 0,0005T 0,0012L	Js6	**-0,039** **-0,021** -0,0017 -0,0010	**0,039T** **0,003T** 0,0017T 0,0003T	N5	**-0,045** **-0,020** -0,0019 -0,0009	**0,045T** **0,002T** 0,0019T 0,0002T	N6
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,000** **-0,020** 0,0000 -0,0008	**+0,015** **+0,035** +0,0006 +0,0014	**0,015L** **0,055L** 0,0006L 0,0022L	G5	**0,000** **+0,020** 0,0000 +0,0008	**0,000** **0,040L** 0,0000 0,0016L	H5	**-0,0145** **+0,0145** -0,0006 +0,0006	**0,0145T** **0,0345L** 0,0006T 0,0014L	Js6	**-0,045** **-0,025** -0,0020 -0,0012	**0,045T** **0,005T** 0,0020T 0,0004T	N5	**-0,051** **-0,022** -0,0022 -0,0010	**0,051T** **0,002T** 0,0022T 0,0002T	N6
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**0,000** **-0,025** 0,0000 -0,0010	**+0,017** **+0,040** +0,0007 +0,0016	**0,017L** **0,065L** 0,0007L 0,0026L	G5	**0,000** **+0,023** 0,0000 +0,0009	**0,000** **0,048L** 0,0000 0,0019L	H5	**-0,020** **+0,003** -0,0008 +0,0001	**0,020T** **0,028L** 0,0008T 0,0011L	K5	**-0,050** **-0,027** -0,0020 -0,0011	**0,050T** **0,002T** 0,0020T 0,0001T	N5	**-0,050** **-0,027** -0,0020 -0,0011	**0,050T** **0,002T** 0,0020T 0,0001T	N5
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**0,000** **-0,028** 0,0000 -0,0011	**+0,018** **+0,043** +0,0007 +0,0017	**0,018L** **0,071L** 0,0007L 0,0028L	G5	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**0,000** **0,053L** 0,0000 0,0021L	H5	**-0,022** **+0,003** -0,0009 +0,0001	**0,022T** **0,031L** 0,0009T 0,0012L	K5	**-0,055** **-0,030** -0,0023 -0,0013	**0,055T** **0,002T** 0,0023T 0,0002T	N5	**-0,055** **-0,030** -0,0023 -0,0013	**0,055T** **0,002T** 0,0023T 0,0002T	N5
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**0,000** **-0,030** 0,0000 -0,0012	**+0,020** **+0,047** +0,0008 +0,0018	**0,020L** **0,077L** 0,0008L 0,0030L	G5	**0,000** **+0,027** 0,0000 +0,0011	**0,000** **0,057L** 0,0000 0,0022L	H5	**-0,025** **+0,002** -0,0010 0,0000	**0,025T** **0,032L** 0,0010T 0,0012L	K5	**-0,060** **-0,033** -0,0026 -0,0016	**0,060T** **0,003T** 0,0026T 0,0004T	N5	**-0,060** **-0,033** -0,0026 -0,0016	**0,060T** **0,003T** 0,0026T 0,0004T	N5
500,000 19,6850	**630,000** 24,8032	**0,000** **-0,035** 0,0000 -0,0014	**+0,025** **+0,050** +0,0010 +0,0020	**0,025L** **0,085L** 0,0010L 0,0034L	–	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**0,000** **0,060L** 0,0000 0,0024L	–	**-0,025** **+0,000** -0,0010 0,0000	**0,025T** **0,035L** 0,0010T 0,0014L	–	**-0,065** **-0,040** -0,0026 -0,0016	**0,065T** **0,005T** 0,0026T 0,0002T	–	**-0,075** **-0,038** -0,0030 -0,0015	**0,075T** **0,003T** 0,0030T 0,0001T	–
630,000 24,8032	**800,000** 31,4961	**0,000** **-0,040** 0,0000 -0,0016	**+0,025** **+0,065** +0,0010 +0,0026	**0,025L** **0,105L** 0,0010L 0,0042L	–	**0,000** **+0,040** 0,0000 +0,0016	**0,000** **0,080L** 0,0000 0,0032L	–	**-0,040** **0,000** -0,0016 0,0000	**0,040T** **0,040L** 0,0016T 0,0016L	–	**-0,090** **-0,050** -0,0035 -0,0020	**0,090T** **0,010T** 0,0035T 0,0004T	–	**-0,095** **-0,050** -0,0037 -0,0020	**0,095T** **0,010T** 0,0037T 0,0006t	–
800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**0,000** **-0,050** 0,0000 -0,020	**+0,025** **+0,075** +0,0010 +0,0030	**0,025L** **0,125L** 0,0010L 0,0050L	–	**0,000** **+0,050** 0,0000 +0,0020	**0,000** **0,100L** 0,0000 0,0040L	–	**-0,050** **0,000** -0,0020 0,0000	**0,050T** **0,050L** 0,0020T 0,0020L	–	**-0,100** **-0,050** -0,0039 -0,0020	**0,100T** **0,000** 0,0039T 0,0000	–	**-0,115** **-0,065** -0,0045 -0,0026	**0,115T** **0,015T** 0,0045T 0,0006T	–

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

ISO + PRÄFIX J
Klassen 3 und 0 (Zoll)

Abweichung vom nominellen (maximalen) Außendurchmesser des Lagers und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 88 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – AUSSENRING
ISO + Präfix J, Klassen 3 und 0 (Zoll)

Außendurchmesser des Außenrings		Toleranz	Feststehender Innenring								Rotierender Innenring	
Bereich			Schwimmend		Geklemmt		Einstellbar		Nicht einstellbar oder in Trägern		Nicht einstellbar oder in Trägern	
Über	Inklusive		Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**152,400** 6,0000	**+0,013** **0,000** +0,0005 0,0000	**+0,026** **+0,038** +0,0010 +0,0015	**0,013L** **0,038L** 0,0005L 0,0015L	**+0,013** **+0,025** +0,0005 +0,0010	**0,000** **0,025L** 0,0000 0,0010L	**0,000** **+0,013** 0,0000 +0,0005	**0,013T** **0,013L** 0,0005T 0,0005L	**-0,012** **0,000** -0,0005 0,0000	**0,025T** **0,000** 0,0015T 0,0000	**-0,025** **-0,013** -0,0010 -0,0005	**0,038T** **0,013T** 0,0015T 0,0005T
152,400 6,0000	**304,800** 12,0000	**+0,013** **0,000** +0,0005 0,0000	**+0,026** **+0,038** +0,0010 +0,0015	**0,013L** **0,038L** 0,0005L 0,0015L	**+0,013** **+0,025** +0,0005 +0,0010	**0,000** **0,025L** 0,0000 0,0010L	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**0,013T** **0,025L** 0,0005T 0,0010L	**-0,025** **0,000** -0,0010 0,0000	**0,038T** **0,000** 0,0015T 0,0000	**-0,038** **-0,013** -0,0015 -0,0005	**0,051T** **0,013T** 0,0020T 0,0005T
304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**+0,025** **0,000** +0,0010 0,0000	**+0,038** **+0,064** +0,0015 +0,0025	**0,013L** **0,064L** 0,0005L 0,0025L	**+0,025** **+0,051** +0,0010 +0,0020	**0,000** **0,051L** 0,0000 0,0020L	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**0,025T** **0,025L** 0,0010T 0,0010L	**-0,025** **0,000** -0,0010 0,0000	**0,051T** **0,000** 0,0020T 0,0000	**-0,038** **-0,013** -0,0015 -0,0005	**0,064T** **0,013T** 0,0025T 0,0005T
609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**+0,038** **0,000** +0,0015 0,0000	**+0,051** **+0,089** +0,0020 +0,0035	**0,013L** **0,089L** 0,0005L 0,0035L	**+0,038** **+0,076** +0,0015 +0,0030	**0,000** **0,076L** 0,0000 0,0030L	**0,000** **+0,038** 0,0000 +0,0015	**0,038T** **0,038L** 0,0015T 0,0015L	**-0,038** **0,000** -0,0015 0,0000	**0,076T** **0,000** 0,0030T 0,0000	**-0,051** **-0,013** -0,0020 -0,0005	**0,089T** **0,013T** 0,0035T 0,0005T

(1)Der maximale Außendurchmesser des Außenrings für Produkte der Klasse 0 beträgt 315,00 mm (12,406 Zoll).

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

ISO + PRÄFIX J
Klassen A und AA (Metrisch)

Abweichung vom nominellen (maximalen) Außendurchmesser des Lagers und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 89 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – AUSSENRING
Klassen A und AA (Metrisch)

Außendurchmesser des Außenrings			Feststehender Außenring												Rotierender Außenring		
Bereich		Toleranz-	Schwimmend			Geklemmt			Einstellbar			Nicht einstellbar oder in Trägern			Nicht einstellbar oder in Trägern		
Über	Inklusive		Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen	Außenring Sitz Abweichung	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
0,000 0,0000	**315,000** 12,4016	**0,000** **-0,008** 0,0000 -0,0003	**+0,008** **+0,016** +0,0003 +0,0006	**0,008L** **0,024L** 0,0003L 0,0009L	–	**0,000** **+0,008** 0,0000 +0,0003	**0,000** **0,016L** 0,0000 0,0006L	–	**-0,008** **0,000** -0,0003 0,0000	**0,008T** **0,008L** 0,0003T 0,0003L	–	**-0,016** **-0,008** -0,0006 -0,0003	**0,016T** **0,000** 0,0006T 0,0000	–	**-0,024** **-0,016** -0,0009 -0,0006	**0,024T** **0,008T** 0,0009T 0,0003T	–

ISO + PRÄFIX J
Klassen 00 und 000 (Zoll)

Abweichung vom nominellen (maximalen) Außendurchmesser des Lagers und resultierende Passung.

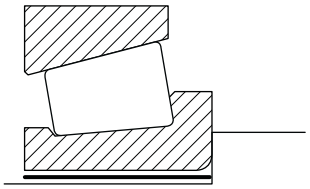
T = Fest
L = Lose

TABELLE 90 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – AUSSENRING
Klassen 00 und 000 (Zoll)

Außendurchmesser des Außenrings			Feststehender Außenring								Rotierender Außenring	
Bereich		Toleranz-	Schwimmend		Geklemmt		Einstellbar		Nicht einstellbar oder in Trägern		Nicht einstellbar oder in Trägern	
Über	Inklusive		Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung	Abweichung des Außenrings	Resultierende Passung
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**315,000** 12,4016	**+0,008** **0,000** +0,0003 0,0000	**+0,016** **+0,023** +0,0006 +0,0009	**0,008L** **0,023L** 0,0003L 0,0009L	**+0,008** **+0,015** +0,0003 +0,0006	**0,000** **0,015L** 0,0000 0,0006L	**0,000** **+0,008** 0,0000 +0,0003	**0,008T** **0,008L** 0,0003T 0,0003L	**-0,007** **0,000** -0,0003 0,0000	**0,015T** **0,000** 0,0006T 0,0000	**-0,015** **-0,008** -0,0006 -0,0003	**0,023T** **0,008T** 0,0009T 0,0003T

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

ISO + PRÄFIX J
KLASSE C (Metrisch)



Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung

T = Fest
L = Lose

TABELLE 91 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – WELLENAUSSENDURCHMESSER
ISO + Präfix J, Klassen C (Metrisch)

Innenringbohrung		Toleranz	Geschliffener Sitz								
			Rotierender Innenring						Feststehender Innenring		
Bereich			Spindeln in Präzisionswerkzeugmaschinen			Schwere Lasten, hohe Drehzahlen oder Stoßbelastungen			Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen		
Über	Inklusive		Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,007** **0,000** -0,0003 0,0000	**+0,009** **+0,001** +0,0004 +0,0001	**0,016T** **0,001T** 0,0006T 0,0001T	k5	**+0,018** **+0,007** +0,0007 +0,0003	**0,025T** **0,007T** 0,0010T 0,0003T	m6	**+0,009** **+0,001** +0,0004 +0,0001	**0,016T** **0,001T** 0,0006T 0,0001T	k5
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,008** **0,000** -0,0003 0,0000	**+0,011** **+0,002** +0,0004 +0,0001	**0,019T** **0,002T** 0,0007T 0,0001T	k5	**+0,017** **+0,008** +0,0007 +0,0003	**0,025T** **0,008T** 0,0010T 0,0003T	m5	**+0,011** **+0,002** +0,0004 +0,0001	**0,019T** **0,002T** 0,0007T 0,0001T	k5
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,010** **0,000** -0,0004 0,0000	**+0,013** **+0,002** +0,0005 +0,0001	**0,023T** **0,002T** 0,0009T 0,0001T	k5	**+0,020** **+0,009** +0,0008 +0,0003	**0,030T** **0,009T** 0,0012T 0,0003T	m5	**+0,013** **+0,002** +0,0005 +0,0001	**0,023T** **0,002T** 0,0009T 0,0001T	k5
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,012** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,015** **+0,002** +0,0006 +0,0001	**0,027T** **0,002T** 0,0011T 0,0001T	k5	**+0,033** **+0,020** +0,0013 +0,0008	**0,045T** **0,020T** 0,0018T 0,0008T	n5	**+0,015** **+0,002** +0,0006 +0,0001	**0,027T** **0,002T** 0,0011T 0,0001T	k5
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,015** **0,000** -0,0006 0,0000	**+0,018** **+0,003** +0,0007 +0,0001	**0,033T** **0,003T** 0,0013T 0,0001T	k5	**+0,038** **+0,023** +0,0015 +0,0010	**0,053T** **0,023T** 0,0021T 0,0010T	n5	**+0,018** **+0,003** +0,0007 +0,0001	**0,033T** **0,003T** 0,0013T 0,0001T	k5
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,018** **0,000** -0,0007 0,0000	**+0,021** **+0,003** +0,0008 +0,0001	**0,038T** **0,003T** 0,0015T 0,0001T	k5	**+0,056** **+0,043** +0,0022 +0,0017	**0,073T** **0,043T** 0,0029T 0,0017T	p4	**+0,021** **+0,003** +0,0008 +0,0001	**0,039T** **0,003T** 0,0015T 0,0001T	k5
180,000 7,0866	**200,000** 7,8740	**-0,022** **0,000** -0,0009 0,0000	**+0,024** **+0,004** +0,0010 +0,0002	**0,046T** **0,004T** 0,0018T 0,0002T	k5	**+0,091** **+0,077** +0,0036 +0,0030	**0,113T** **0,077T** 0,0044T 0,0030T	r4	**+0,024** **+0,004** +0,0010 +0,0002	**0,046T** **0,004T** 0,0018T 0,0002T	k5
200,000 7,8740	**225,000** 8,8583					**+0,094** **+0,080** +0,0037 +0,0031	**0,116T** **0,080T** 0,0046T 0,0031T				
225,000 8,8583	**250,000** 9,8425					**+0,098** **+0,084** +0,0039 +0,0033	**0,120T** **0,084T** 0,0047T 0,0033T				

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

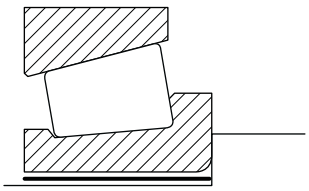
Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

Tabelle 91, Fortsetzung

Innenringbohrung		Toleranz	Geschliffener Sitz								
			Rotierender Innenring						Feststehender Innenring		
Bereich			Spindeln in Präzisionswerkzeugmaschinen			Schwere Lasten, hohe Drehzahlen oder Stoßbelastungen			Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen		
Über	Inklusive		Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
250,000 9,8425	**280,000** 11,0236	**-0,022** **0,000** -0,0009 0,0000	**+0,027** **+0,004** +0,0011 +0,0002	**0,048T** **0,004T** 0,0019T 0,0002T	k5	**+0,117** **+0,094** +0,0046 +0,0037	**0,139T** **0,094T** 0,0055T 0,0037T	r5	**+0,027** **+0,004** +0,0011 +0,0002	**0,049T** **0,004T** 0,0020T 0,0002T	k5
280,000 11,0236	**315,000** 12,4016					**+0,121** **+0,098** +0,0048 +0,0039	**0,143T** **0,098T** 0,0056T 0,0039T				
315,000 12,4016	**355,000** 13,9764	**-0,025** **0,000** -0,0010 0,0000	**+0,029** **+0,004** +0,0011 +0,0002	**0,054T** **0,004T** 0,0019T 0,0002T	k5	**+0,133** **+0,108** +0,0052 +0,0043	**0,154T** **0,108T** 0,0061T 0,0043T	r5	**+0,029** **+0,004** +0,0012 +0,0002	**0,054T** **0,004T** 0,0019T 0,0002T	k5
355,000 13,9764	**400,000** 15,7480					**+0,139** **+0,144** +0,0055 +0,0057	**0,164T** **0,114T** 0,0065T 0,0045T				
400,000 15,7480	**450,000** 17,7165	**-0,025** **0,000** -0,0010 0,0000	**+0,022** **+0,005** +0,0009 +0,0002	**0,057T** **0,005T** 0,0022T 0,0002T	k5	**+0,153** **+0,126** +0,0060 +0,0050	**0,178T** **0,126T** 0,0070T 0,0050T	r5	**+0,032** **+0,005** +0,0011 +0,0002	**0,057T** **0,005T** 0,0021T 0,0002T	k5
450,000 17,7165	**500,000** 19,6850					**+0,159** **+0,132** +0,0063 +0,0052	**0,184T** **0,132T** 0,0072T 0,0052T				
500,000 19,6850	**630,000** 24,8032	**-0,030** **0,000** -0,0012 0,0000	**+0,040** **+0,010** +0,0016 +0,0004	**0,070T** **0,010T** 0,0028T 0,0004T	–	**+0,185** **+0,150** +0,0073 +0,0059	**0,215T** **0,150T** 0,0085T 0,0059T	–	**+0,040** **+0,010** +0,0016 +0,0004	**0,070T** **0,010T** 0,0028T 0,0004T	–
630,000 24,8032	**800,000** 31,4961	**-0,040** **0,000** -0,0016 0,0000	**0,055** **+0,015** +0,0022 +0,0006	**0,095T** **0,015T** 0,0037T 0,0006T	–	**+0,220** **+0,175** +0,0087 +0,0069	**0,260T** **0,175T** 0,0102T 0,0069T	–	**0,055** **+0,015** +0,0022 +0,0006	**0,095T** **0,015T** 0,0037T 0,0006T	–
800,000 31,4961	**1000,000** 39,3701	**-0,050** **0,000** -0,0020 0,0000	**+0,065** **+0,015** +0,0026 +0,0006	**0,115T** **0,015T** 0,0045T 0,0006T	–	**+0,255** **+0,200** +0,0100 +0,0079	**0,305T** **0,200T** 0,0120T 0,0079T	–	**+0,065** **+0,015** +0,0026 +0,0006	**0,115T** **0,015T** 0,0045T 0,0006T	–

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

ISO + PRÄFIX J
Klasse B (Metrisch)



Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 92 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – WELLENAUSSENDURCHMESSER
ISO + Präfix J, Klassen B (Metrisch)

Innenringbohrung		Toleranz-	Geschliffener Sitz								
			Rotierender Innenring						Feststehender Innenring		
Bereich			Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen			Schwere Lasten, hohe Drehzahlen oder Stoßbelastungen			Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen		
Über	Inklusive		Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,005** **0,000** -0,0002 0,0000	**+0,009** **+0,001** +0,0004 +0,0001	**0,014T** **0,001T** 0,0006T 0,0001T	k5	**+0,015** **+0,007** +0,0006 +0,0003	**0,020T** **0,007T** 0,0008T 0,0003T	m5	**+0,009** **+0,001** +0,0004 +0,0001	**0,014T** **0,001T** 0,0006T 0,0001T	k5
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,006** **0,000** -0,0002 0,0000	**+0,011** **+0,002** +0,0005 +0,0001	**0,017T** **0,002T** 0,0007T 0,0001T	k5	**+0,017** **+0,008** +0,0007 +0,0003	**0,023T** **0,008T** 0,0009T 0,0003T	m5	**+0,011** **+0,002** +0,0005 +0,0001	**0,017T** **0,002T** 0,0007T 0,0001T	k5
30,000 1,1811	**50,000** 1,9685	**-0,008** **0,000** -0,0003 0,0000	**+0,013** **+0,002** +0,0005 +0,0001	**0,021T** **0,002T** 0,0008T 0,0001T	k5	**+0,020** **+0,009** +0,0008 +0,0004	**0,028T** **0,009T** 0,0011T 0,0004T	m5	**+0,013** **+0,002** +0,0005 +0,0001	**0,021T** **0,002T** 0,0008T 0,0001T	k5
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**-0,009** **0,000** -0,0004 0,0000	**+0,015** **+0,002** +0,0006 +0,0001	**0,024T** **0,002T** 0,0010T 0,0001T	k5	**+0,033** **+0,020** +0,0013 +0,0008	**0,042T** **0,020T** 0,0017T 0,0008T	n5	**+0,015** **+0,002** +0,0006 +0,0001	**0,024T** **0,002T** 0,0010T 0,0001T	k5
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**-0,010** **0,000** -0,0004 0,0000	**+0,018** **+0,003** +0,0007 +0,0001	**0,028T** **0,003T** 0,0011T 0,0001T	k5	**+0,033** **+0,023** +0,0014 +0,0010	**0,043T** **0,023T** 0,0018T 0,0010T	n4	**+0,018** **+0,003** +0,0007 +0,0001	**0,028T** **0,003T** 0,0011T 0,0001T	k5
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**-0,013** **0,000** -0,0005 0,0000	**+0,021** **+0,003** +0,0008 +0,0001	**0,034T** **0,003T** 0,0013T 0,0001T	k5	**+0,055** **+0,043** +0,0023 +0,0018	**0,068T** **0,043T** 0,0028T 0,0018T	p4	**+0,021** **+0,003** +0,0008 +0,0001	**0,034T** **0,003T** 0,0013T 0,0001T	k5
180,000 7,0866	**200,000** 7,8740	**-0,015** **0,000** -0,0006 0,0000	**+0,024** **+0,004** +0,0010 +0,0002	**0,039T** **0,004T** 0,0015T 0,0002T	k5	**+0,091** **+0,077** +0,0036 +0,0030	**0,106T** **0,077T** 0,0042T 0,0030T	r4	**+0,024** **+0,004** +0,0010 +0,0002	**0,046T** **0,004T** 0,0015T 0,0002T	k5
200,000 7,8740	**225,000** 8,8583					**+0,094** **+0,080** +0,0037 +0,0031	**0,109T** **0,084T** 0,0043T 0,0031T				
225,000 8,8583	**250,000** 9,8425					**+0,098** **+0,084** +0,0039 +0,0033	**0,113T** **0,084T** 0,0044T 0,0033T				
250,000 9,8425	**280,000** 11,0236	**-0,018** **0,000** -0,0007 0,00000	**+0,027** **+0,004** +0,0011 +0,0002	**0,045T** **0,004T** 0,0018T 0,0002T	k5	**+0,110** **+0,094** +0,0043 +0,0037	**0,128T** **0,094T** 0,0050T 0,0037T	r4	**+0,027** **+0,004** +0,0011 +0,0002	**0,045T** **0,004T** 0,0018T 0,0002T	k5
280,000 11,0236	**315,000** 12,4016					**+0,114** **+0,098** +0,0045 +0,0039	**0,132T** **0,098T** 0,0052T 0,0039T				

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

ISO + PRÄFIX J
Klassen A und AA (Metrisch)

Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

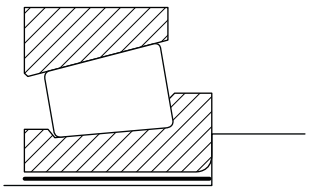
T = Fest

L = Lose

TABELLE 93 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – WELLENAUSSENDURCHMESSER. ISO + PRÄFIX J, Klassen A und AA (Metrisch)

Innenringbohrung		Toleranz	Geschliffener Sitz								
			Rotierender Innenring						Feststehender Innenring		
Bereich			Spindeln in Präzisionswerkzeugmaschinen			Schwere Lasten, hohe Drehzahlen oder Stoßbelastungen			Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen		
Über	Inklusive		Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen	Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung	Zeichen
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll		**mm** Zoll	**mm** Zoll	
10,000 0,3937	**18,000** 0,7087	**-0,005** **0,000** -0,0002 0,0000	**+0,013** **+0,005** +0,0005 +0,0002	**0,018T** **0,005T** 0,0007T 0,0002T	–	–	–	–	**+0,013** **+0,005** +0,0005 +0,0002	**0,018T** **0,005T** 0,0007T 0,0002T	–
18,000 0,7087	**30,000** 1,1811	**-0,006** **0,000** -0,0002 0,0000	**+0,013** **+0,005** +0,0005 +0,0002	**0,019T** **0,005T** 0,0007T 0,0002T	–	–	–	–	**+0,013** **+0,005** +0,0005 +0,0002	**0,019T** **0,005T** 0,0007T 0,0002T	–
30,000 1,1811	**315,000** 12,4016	**-0,008** **0,000** -0,0003 0,0000	**+0,013** **+0,005** +0,0005 +0,0002	**0,021T** **0,005T** 0,0008T 0,0002T	–	–	–	–	**+0,013** **+0,005** +0,0005 +0,0002	**0,021T** **0,005T** 0,0008T 0,0002T	–

ISO + PRÄFIX J
Klassen 3 und 0, Klassen 00 und 000 (Zoll)



Abweichung von der nominalen (minimalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest

L = Lose

TABELLE 94 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER – WELLENAUSSENDURCHMESSER ISO + PRÄFIX J, KLASSEN 3 UND 0[1], UND 00 UND 000 (Zoll)

Innenringbohrung		Toleranz	Klasse 3 oder 0[1]			Klasse 00 und 000		
			Rotierender oder feststehender Innenring					
Bereich			Mittlere Lasten, keine Stoßbelastungen		Schwere Lasten, hohe Drehzahlen oder Stoßbelastungen	Toleranz	Wellenaußendurchmesser-Abweichung	Resultierende Passung
Über	Inklusive		Abweichung des Innenringsitzes	Resultierende Passung				
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**304,800** 12,0000	**0,000** **+0,013** 0,0000 +0,0005	**+0,031** **+0,018** +0,0012 +0,0007	**0,031T** **0,005T** 0,0012T 0,0002T	Use Minimum Tight Inner Ring Fit of 0,00025 mm/mm (0,00025 in./in.) of Inner Ring Bore	**0,000** **+0,008** 0,0000 +0,0003	**+0,020** **+0,013** +0,0008 +0,0005	**0,020T** **0,005T** 0,0008T 0,0002T
304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**+0,064** **+0,038** +0,0025 +0,0015	**0,064T** **0,013T** 0,0025T 0,0005T		– –	– –	– –
609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**0,000** **+0,038** 0,0000 +0,0015	**+0,102** **+0,064** +0,0040 +0,0025	**0,102T** **0,026T** 0,0040T 0,0010T		– –	– –	– –

[1]Maximale Innenringbohrung für Klasse 0 ist 241,300 mm (9,5000 Zoll).

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TXR

Empfohlene Passungsrichtlinien für Wellen und Gehäuse aus Eisen

Wenden Sie sich bei schweren Lasten, hohen Drehzahlen oder Stoßbelastungen an Ihren Timken-Techniker, um weitere Informationen zu erhalten.

TXR
Klassen S und P (Metrisch)

Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 95 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER TXR – WELLENAUSSENDURCHMESSER TXR Klassen S und P (Metrisch)

Lagerbohrung Bereich Über	Lagerbohrung Bereich Inklusive	Klasse S Max.	Klasse S Min.	Klasse P Max.	Klasse P Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
– –	**50,000** 1,9685	**0,020T** 0,0008T	**0,007T** 0,0003T	**0,014T** 0,0006T	**0,004T** 0,0002T
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**0,025T** 0,0010T	**0,010T** 0,0004T	**0,017T** 0,0007T	**0,004T** 0,0002T
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**0,033T** 0,0013T	**0,013T** 0,0005T	**0,017T** 0,0007T	**0,004T** 0,0002T
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**0,052T** 0,0021T	**0,027T** 0,0011T	**0,017T** 0,0007T	**0,004T** 0,0002T
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,060T** 0,0024T	**0,030T** 0,0012T	**0,020T** 0,0008T	**0,004T** 0,0002T
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**0,070T** 0,0028T	**0,035T** 0,0014T	**0,022T** 0,0009T	**0,004T** 0,0002T
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**0,077T** 0,0030T	**0,037T** 0,0015T	**0,024T** 0,0009T	**0,004T** 0,0002T
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**0,085T** 0,0034T	**0,040T** 0,0016T	**0,030T** 0,0012T	**0,004T** 0,0002T

TABELLE 96 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER TXR – GEHÄUSEBOHRUNG TXR Klassen S und P (Metrisch)

Lagerbohrung Bereich Über	Lagerbohrung Bereich Inklusive	Klasse S Max.	Klasse S Min.	Klasse P Max.	Klasse P Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
– –	**50,000** 1,9685	**0,020T** 0,0008T	**0,007T** 0,0003T	**0,014T** 0,0006T	**0,004T** 0,0002T
50,000 1,9685	**80,000** 3,1496	**0,025T** 0,0010T	**0,010T** 0,0004T	**0,017T** 0,0007T	**0,004T** 0,0002T
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**0,033T** 0,0013T	**0,013T** 0,0005T	**0,017T** 0,0007T	**0,004T** 0,0002T
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**0,052T** 0,0021T	**0,027T** 0,0011T	**0,017T** 0,0007T	**0,004T** 0,0002T
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**0,060T** 0,0024T	**0,030T** 0,0012T	**0,020T** 0,0008T	**0,004T** 0,0002T
250,000 9,8425	**315,000** 12,4016	**0,070T** 0,0028T	**0,035T** 0,0014T	**0,022T** 0,0009T	**0,004T** 0,0002T
315,000 12,4016	**400,000** 15,7480	**0,077T** 0,0030T	**0,037T** 0,0015T	**0,024T** 0,0009T	**0,004T** 0,0002T
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**0,085T** 0,0034T	**0,040T** 0,0016T	**0,030T** 0,0012T	**0,004T** 0,0002T

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

TXR
Klassen 3 und 0 (Zoll)

Abweichung von der nominellen (maximalen) Lagerbohrung und resultierende Passung.

T = Fest
L = Lose

TABELLE 97 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER TXR – WELLENAUSSENDURCHMESSER
TXR Klassen 3 und 0 (Zoll)

Lagerbohrung		Klasse 3		Klasse 0	
Bereich					
Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
– –	**304,800** 12,0000	**0,037T** 0,0015T	**0,013T** 0,0005T	**0,020T** 0,0008T	**0,007T** 0,0003T
304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**0,077T** 0,0030T	**0,025T** 0,0010T	**0,037T** 0,0015T	**0,013T** 0,0005T
609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**0,114T** 0,0045T	**0,037T** 0,0015T	– –	– –
914,400 36,0000	**1219,200** 48,0000	**0,152T** 0,0060T	**0,051T** 0,0020T	– –	– –
1219,200 48,0000	– –	**0,191T** 0,0075T	**0,064T** 0,0025T	– –	– –

TABELLE 98 PRÄZISIONSKEGELROLLENLAGER TXR – GEHÄUSEBOHRUNG
TXR Klassen 3 und 0 (Zoll)

Lagerbohrung		Klasse 3		Klasse 0	
Bereich					
Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
– –	**304,800** 12,0000	**0,037T** 0,0015T	**0,013T** 0,0005T	**0,020T** 0,0008T	**0,007T** 0,0003T
304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**0,077T** 0,0030T	**0,025T** 0,0010T	**0,037T** 0,0015T	**0,013T** 0,0005T
609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**0,114T** 0,0045T	**0,037T** 0,0015T	– –	– –
914,400 36,0000	**1219,200** 48,0000	**0,152T** 0,0060T	**0,051T** 0,0020T	– –	– –
1219,200 48,0000	– –	**0,191T** 0,0075T	**0,064T** 0,0025T	– –	– –

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

AXIALLAGER

AXIALKUGELLAGER

Wellen und Gehäusedurchmesser sind als Abweichung von den Nominalabmessungen dargestellt.

TABELLE 99 AXIALKUGELLAGER TYP TVB – WELLENPASSUNGEN

Lagerbohrung Nominell (Min.)		Wellendurchmesser	
Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**171,450** 6,7500	**+0,000** +0,0000	**-0,030** -0,0012
171,450 6,7500	**508,000** 20,0000	**+0,000** +0,0000	**-0,038** -0,0015

TABELLE 100 AXIALKUGELLAGER TYP TVL UND DTLV – WELLENPASSUNGEN

Lagerbohrung Nominell (Min.)		Wellendurchmesser			
		Presspassung(1)		Lockere Passung(2)	
Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**504,825** 19,8750	**+0,076** +0,0030	**+0,000** +0,0000	**-0,152** -0,0060	**-0,076** -0,0030
504,825 19,8750	**1524,000** 60,0000	**+0,127** +0,0050	**+0,000** +0,0000	**-0,254** -0,0100	**-0,127** -0,0050

TABELLE 101 AXIALKUGELLAGER TYP TVB – GEHÄUSEPASSUNGEN

Lagerbohrung Nominell (Min.)		Gehäusedurchmesser	
Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
119,858 4,7188	**441,325** 17,3750	**+0,229** +0,0090	**+0,127** +0,0050
441,325 17,3750	**1000,000** 39,3701	**+0,254** +0,0100	**+0,152** +0,0060

TABELLE 102 AXIALKUGELLAGER TYP TVL UND DTLV – GEHÄUSEPASSUNGEN

Lagerbohrung Nominell (Min.)		Gehäusedurchmesser			
		Presspassung(1)		Lockere Passung(2)	
Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**584,000** 23,0000	**-0,152** -0,0060	**-0,076** -0,0030	**+0,152** +0,0060	**0,076** 0,0030
584,000 23,0000	**1778,000** 70,0000	**-0,254** -0,0100	**-0,127** -0,0050	**+0,254** +0,0100	**0,127** 0,0050

(1)Spannstift empfohlen.
(2)Erforderlicher Spannstift.

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

AXIAL-PENDELROLLENLAGER

Die Toleranzen für Gehäusebohrung und Wellendurchmesser sind als Abweichung von der nominalen Lagerabmessung dargestellt. Wenn die Anwendung ausschließlich Axiallasten erfordert, muss das Gehäuse um ein 1/16 Zoll des Durchmessers entlastet werden, damit keine Radiallasten auf das Lager übertragen werden.

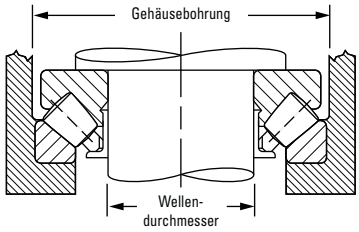


TABELLE 103 WELLENPASSUNGEN FÜR AXIAL-PENDELROLLENLAGER

Lagerbohrung Nominal (Max.) Zoll		Wellendurchmesser			
		Stationäre Last		Rotationsbelastung	
Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
80,000 3,1496	**120,000** 4,7244	**+0,013** +0,0005	**-0,010** -0,0004	**+0,025** +0,0010	**+0,003** +0,0001
120,000 4,7244	**180,000** 7,0866	**+0,015** +0,0006	**-0,010** -0,0004	**+0,028** +0,0011	**+0,003** +0,0001
180,000 7,0866	**200,000** 7,8740	**+0,018** +0,0007	**-0,013** -0,0005	**+0,036** +0,0014	**+0,005** +0,0002
200,000 7,8740	**240,000** 9,4488	**+0,018** +0,0007	**-0,013** -0,0005	**+0,046** +0,0018	**+0,015** +0,0006
240,000 9,4488	**315,000** 12,0416	**+0,018** +0,0007	**-0,015** -0,0006	**+0,051** +0,0020	**+0,020** +0,0008
315,000 12,0416	**400,000** 15,7480	**+0,018** +0,0007	**-0,018** -0,0007	**+0,056** +0,0022	**+0,020** +0,0008
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**+0,023** +0,0009	**-0,018** -0,0007	**+0,086** +0,0034	**+0,046** +0,0018
500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**+0,023** +0,0009	**-0,020** -0,0008	**+0,086** +0,0034	**+0,043** +0,0017

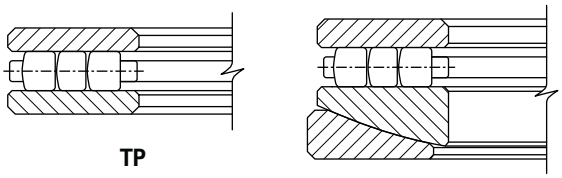
TABELLE 104 GEHÄUSEPASSUNGEN FÜR AXIAL-PENDELROLLENLAGER

Außendurchmesser des Lagers Nominal (Max.) Zoll		Gehäusebohrung					
		Gehäusefedern bei leichten Radialbelastungen		Kombinierte Axial- und Radialbelastungen			
				Stationärer Außenring		Rotierender Außenring	
Über	Inklusive	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
180,000 7,0866	**250,000** 9,8425	**+0,061** +0,0024	**+0,015** +0,0006	**+0,028** +0,0011	**-0,018** -0,0007	**+0,013** +0,0005	**-0,033** -0,0013
250,000 9,8425	**315,000** 12,0416	**+0,069** +0,0027	**+0,018** +0,0007	**+0,033** +0,0013	**-0,018** -0,0007	**+0,015** +0,0006	**-0,036** -0,0014
315,000 12,0416	**400,000** 15,7480	**+0,074** +0,0029	**+0,018** +0,0007	**+0,038** +0,0015	**-0,018** -0,0007	**+0,015** +0,0006	**-0,041** -0,0016
400,000 15,7480	**500,000** 19,6850	**+0,084** +0,0033	**+0,020** +0,0008	**+0,041** +0,0016	**-0,023** -0,0009	**+0,018** +0,0007	**-0,046** -0,0018
500,000 19,6850	**630,000** 24,8031	**+0,091** +0,0036	**+0,023** +0,0009	**+0,046** +0,018	**-0,023** -0,0009	**+0,020** +0,0008	**-0,048** -0,0019
630,000 24,8031	**800,000** 31,4960	**+0,102** +0,0040	**+0,023** +0,0009	**+0,051** +0,0020	**-0,023** -0,0009	**+0,023** +0,0009	**-0,051** -0,0020
800,000 31,4960	**1000,000** 39,3700	**+0,109** +0,0043	**+0,025** +0,0010	**+0,058** +0,0023	**-0,025** -0,0010	**+0,025** +0,0010	**-0,058** -0,0023
1000,000 39,3700	**1250,000** 49,2126	**+0,122** +0,0048	**+0,028** +0,0011	**+0,066** +0,0026	**-0,028** -0,0011	**+0,030** +0,0012	**-0,064** -0,0025

Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

AXIAL-ZYLINDERROLLENLAGER

Die Toleranzen für Gehäusebohrung und Wellendurchmesser sind als Abweichung von der nominalen Lagerabmessung dargestellt.



TP

TPS

TABELLE 105 TYP TP UND TPS – WELLENPASSUNGEN

Außendurchmesser des Lagers Nominell (Min.)		Wellendurchmesser	
Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
47,625 1,8750	**53,975** 2,1250	**-0,025** -0,0010	**-0,051** -0,0020
53,975 2,1250	**63,500** 2,5000	**-0,028** -0,0011	**-0,053** -0,0021
63,500 2,5000	**76,200** 3,0000	**-0,030** -0,0012	**-0,056** -0,0022
76,200 3,0000	**88,900** 3,5000	**-0,033** -0,0012	**-0,058** -0,0023
88,900 3,5000	**177,800** 7,0000	**-0,038** -0,0015	**-0,064** -0,0025
177,800 7,0000	**228,600** 9,0000	**-0,038** -0,0015	**-0,076** -0,0030
228,600 9,0000	**304,800** 12,0000	**-0,046** -0,0018	**-0,084** -0,0033
304,800 12,0000	**381,000** 15,0000	**-0,051** -0,0020	**-0,089** -0,0035
381,000 15,0000	**482,600** 19,0000	**-0,051** -0,0020	**-0,102** -0,0040
482,600 19,0000	**584,200** 23,0000	**-0,064** -0,0025	**-0,114** -0,0045
584,200 23,0000	**762,000** 30,0000	**-0,076** -0,0030	**-0,140** -0,0055

TABELLE 106 TYP TPS – GEHÄUSEPASSUNGEN

Außendurchmesser des Lagers Nominell (Min.)		Abweichung des Gehäusedurchmessers von D	
Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
50,800 2,0000	**60,325** 2,3750	**+0,038** +0,0015	**+0,013** +0,0005
60,325 2,3750	**82,550** 3,2500	**+0,043** +0,0017	**+0,018** +0,0007
82,550 3,2500	**93,663** 3,6875	**+0,048** +0,0019	**+0,023** +0,0009
93,663 3,6875	**101,600** 4,0000	**+0,053** +0,0021	**+0,028** +0,0011
101,600 4,0000	**115,092** 4,5312	**+0,071** +0,0028	**+0,033** +0,0013
115,092 4,5312	**254,000** 10,0000	**+0,076** +0,0030	**+0,038** +0,0015
254,000 10,0000	**457,200** 18,0000	**+0,102** +0,0040	**+0,051** +0,0020
457,200 18,0000	**558,800** 22,0000	**+0,127** +0,0050	**+0,064** +0,0025
558,800 22,0000	**660,400** 26,0000	**+0,140** +0,0055	**+0,064** +0,0025
660,400 26,0000	**711,200** 28,0000	**+0,152** +0,0060	**+0,076** +0,0030
711,200 28,0000	**863,600** 34,0000	**+0,178** +0,0070	**+0,076** +0,0030
863,600 34,0000	**965,200** 38,0000	**+0,203** +0,0080	**+0,089** +0,0035
965,200 38,0000	**1117,600** 44,0000	**+0,229** +0,0090	**+0,102** +0,0040

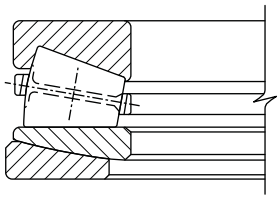
TABELLE 107 TYP TP – GEHÄUSEPASSUNGEN

Außendurchmesser des Lagers Nominell (Min.)		Abweichung des Gehäusedurchmessers von D	
Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
115,092 4,5312	**254,000** 10,0000	**+0,076** +0,0030	**+0,038** +0,0015
254,000 10,0000	**457,200** 18,0000	**+0,102** +0,0040	**+0,051** +0,002
457,200 18,0000	**558,800** 22,0000	**+0,127** +0,0050	**+0,064** +0,0025
558,800 22,0000	**660,400** 26,0000	**+0,140** +0,0055	**+0,064** +0,0025
660,400 26,0000	**711,200** 28,0000	**+0,152** +0,0060	**+0,076** +0,0030
711,200 28,0000	**863,600** 34,0000	**+0,178** +0,0070	**+0,076** +0,0030
863,600 34,0000	**965,200** 38,0000	**+0,203** +0,0080	**+0,089** +0,0035
965,200 38,0000	**1117,600** 44,0000	**+0,229** +0,0090	**+0,102** +0,0040

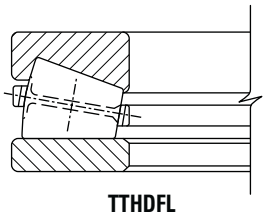
Diese Tabellen dienen als Richtlinien bei der Angabe von Wellen- und Gehäusepassungen in Bezug auf bestimmte Betriebsbedingungen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur für weitere Informationen.

AXIAL-KEGELROLLENLAGER

Die Toleranzen für Gehäusebohrung und Wellendurchmesser sind als Abweichung von der nominalen Lagerabmessung dargestellt. Wenn ein Ring durch das Gehäuse geführt wird, muss sowohl am Außendurchmesser des Außenrings als auch an der Bohrung beider Ringe ausreichend Spiel vorhanden sein, um Querbelastungen der Rollen zu vermeiden. Bei den meisten Anwendungen liegt dieses Spiel bei etwa 1/16 Zoll (1,588 mm, 0,0625 Zoll).



TTVS



TTHDFL

TABELLE 108 AXIAL-KEGELROLLENLAGER VOM TYP TTVS UND TTHDFL – WELLENDURCHMESSER

Nominalbohrung des Lagers (Minimum)		Wellendurchmesser
Über	Inklusive	Min.(1)
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
0,000 0,0000	**304,800** 12,0000	**-0,051** -0,0020
304,800 12,0000	**508,000** 20,0000	**-0,051** -0,0020
508,000 20,0000	**711,200** 28,0000	**-0,076** -0,0030
711,200 28,0000	**1219,200** 48,0000	**-0,102** -0,0040
1219,200 48,0000	**1727,200** 68,0000	**-0,127** -0,0050

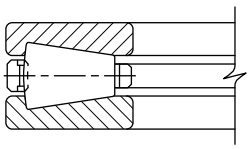
(1)Der Toleranzbereich reicht von +0 bis zum angegebenen Wert.

TABELLE 109 AXIAL-KEGELROLLENLAGER VOM TYP TTVS UND TTHDFL – GEHÄUSEDURCHMESSER

Lagerbohrung Nominell (Min.)		Gehäusebohrung	
Über	Inklusive	Max.	Min.
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll
161,925 6,3750	**265,113** 10,4375	**+0,060** +0,0025	**+0,025** +0,0010
265,113 10,3475	**317,500** 12,5000	**+0,076** +0,0030	**+0,025** +0,0010
317,500 12,5000	**482,600** 19,0000	**+0,102** +0,0040	**+0,051** +0,0020
482,600 19,0000	**603,250** 23,7500	**+0,113** +0,0045	**+0,051** +0,0020
603,250 23,7500	**711,200** 28,0000	**+0,152** +0,0060	**+0,076** +0,0030
711,200 28,0000	**838,200** 33,0000	**+0,178** +0,0070	**+0,076** +0,0030

TABELLE 110 AXIAL-KEGELROLLENLAGER – TTHD-LAGER – PASSUNGSRICHTLINIEN

Bohrung		Rotierender Ring						Feststehender Ring	
		Klasse 2			Klasse 3				
Über	Inklusive	Toleranz	Wellenaußendurchmesser Abweichung	Resultierende Passung	Toleranz	Wellenaußendurchmesser Abweichung	Resultierende Passung	Klasse 2 und 3	
mm Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll	**mm** Zoll		
0,000 0,0000	**304,800** 12,0000	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**+0,076** **+0,050** +0,0030 +0,0020	**0,076T** **0,025T** 0,0030T 0,0010T	**0,000** **+0,013** 0,0000 +0,0005	**+0,051** **+0,038** +0,0020 +0,0015	**0,051T** **0,025T** 0,0020T 0,0010T	Alle Größen	Es sollte ein minimales Radialspiel von 2,5 mm (0,1 Zoll) zwischen Ringbohrung und Außendurchmesser der Welle vorhanden sein
304,800 12,0000	**609,600** 24,0000	**0,000** **+0,051** 0,0000 +0,0020	**+0,152** **+0,102** +0,0060 +0,0040	**0,152T** **0,051T** 0,0060T 0,0020T	**0,000** **+0,025** 0,0000 +0,0010	**+0,102** **+0,076** +0,0040 +0,0030	**0,102T** **0,051T** 0,0040T 0,0020T		
609,600 24,0000	**914,400** 36,0000	**0,000** **+0,076** 0,0000 +0,0030	**+0,204** **+0,127** +0,0080 +0,0050	**0,204T** **0,051T** 0,0080T 0,0020T	**0,000** **+0,038** 0,0000 +0,0015	**+0,127** **+0,089** +0,0050 +0,0035	**0,127T** **0,051T** 0,0050T 0,0020T		
914,400 36,0000	**1219,200** 48,0000	**0,000** **+0,102** 0,0000 +0,0040	**+0,254** **+0,153** +0,0100 +0,0060	**0,254T** **0,051T** 0,0100T 0,0020T	**0,000** **+0,051** 0,0000 +0,0020	**+0,153** **+0,102** +0,0060 +0,0040	**0,153T** **0,051T** 0,0060T 0,0020T		
1219,200 48,0000		**0,000** **+0,127** 0,0000 +0,0050	**+0,305** **+0,178** +0,0120 +0,0070	**0,305T** **0,051T** 0,0120T 0,0020T	**0,000** **+0,076** 0,0000 +0,0030	**+0,204** **+0,127** +0,0080 +0,0050	**0,204T** **0,051T** 0,0080T 0,0020T		



TTHD

- Der Außendurchmesser des rotierenden Rings muss ein Radialspiel von mindestens 2,5 mm (0,1 Zoll) haben.
- Der Außendurchmesser des stationären TTHD-Rings muss eine lose Passung von mindestens 0,25 bis 0,37 mm (0,01 bis 0.015 Zoll) haben.
- Wenn der TTHDFL-Ring stationär ist, kann er mit loser Passung auf seinem Außendurchmesser (wie TTHD) oder mit fester Passung zwischen 0,025 und 0,076 mm (0,001 und 0,003 Zoll) montiert werden.

BETRIEBSTEMPERATUREN

Lager werden in einer Vielzahl von Anwendungen und Umgebungen eingesetzt. In den meisten Fällen stellt die Betriebstemperatur der Lager kein Problem dar. Bei einigen Anwendungen kommt es jedoch zu außergewöhnlich hohen Drehzahlen oder zu extremen Temperaturen. In diesen Fällen muss darauf geachtet werden, dass die Temperaturgrenzwerte des Lagers nicht überschritten werden. Die unteren Temperaturgrenzwerte basieren in erster Linie auf dem Einsatzbereich des Schmiermittels. Die oberen Temperaturgrenzwerte basieren auf den technischen Grenzen des Materials und des Schmiermittels. Sie können aber auch von den Genauigkeitsanforderungen der Geräte abhängen, in die die Lager eingebaut werden. Diese Einschränkungen werden im folgenden behandelt.

BESCHRÄNKUNGEN BEI LAGERMATERIALEN

Standard-Lagerstähle mit Standard-Wärmebehandlung verlieren bei Temperaturen, die deutlich über 120 °C (250 °F) liegen, ihre Mindesthärte von 58 HRC.

Die Abmessungsstabilität von Timken-Lagern wird durch sorgfältige Auswahl angemessener Wärmebehandlungsverfahren reguliert. Für das Standardsortiment gilt, dass Timken Kegelrollen- und Kugellager sind zwischen -54 °C (-65 °F) und 120 °C (250 °F) formstabil sind, während Pendelrollenlager bis 200 °C (392 °F) und Zylinderrollenlager bis 150 °C (302 °F) formstabil bleiben. Auf Anfrage können diese Lager auch mit höheren Stabilitätswerten bestellt werden wie unten aufgeführt. Die folgenden Bezeichnungen stimmen mit DIN Standard 623 überein.

TABELLE 111

Stabilitätsbezeichnung	Maximale Betriebstemperatur	
	°C	°F
S0	**150**	302
S1	**200**	392
S2	**250**	482
S3	**300**	572
S4	**350**	662

Bei formstabilen Produkten können aufgrund von Gefügeumwandlungen auch während des Betriebs noch Dimensionsänderungen auftreten. Zu diesen Veränderungen gehören kontinuierliche Veränderungen des martensitischen Gefüges und Zersetzung von Restaustenit. Die Größenordnung einer Veränderung ist abhängig von der Betriebstemperatur, der Zeitspanne bei dieser Temperatur, der Zusammensetzung und der Wärmebehandlung des Stahls.

Bei Temperaturen oberhalb der in Tabelle 110 angegebenen Grenzwerte werden spezielle Hochtemperaturstähle benötigt. Wenden Sie sich an einen Timken-Techniker, wenn Sie Fragen zur Verfügbarkeit spezieller Teilenummern in Ausführungen mit nicht-standardgemäßer Wärmestabilität oder hochwarmfesten Stahlgüten haben.

Empfohlene Werkstoffe zur Verwendung in Kugeln, Ringen und Rollen bei verschiedenen Betriebstemperaturen sind in Tabelle 111 aufgeführt. Ebenso sind dort Empfehlungen zur chemischen Zusammensetzung und zur Härte sowie Informationen zur Abmessungsstabilität aufgeführt.

Die Betriebstemperatur beeinflusst Dicke und Festigkeit des Schmierfilms, zwei Faktoren, die sich unmittelbar auf die Lebensdauer des Lagers auswirken. Extrem hohe Temperatur kann zu einer Reduktion der Filmdicke führen, die wiederum Reibungen zwischen Unebenheiten an den einander berührenden Kontaktflächen verursachen können.

Die Betriebstemperatur kann auch die Leistung der Käfige, Dichtungen und Deckscheiben beeinträchtigen, was wiederum die Lagerleistung beeinflussen kann. Werkstoffe für diese Komponenten und deren Betriebstemperaturbereiche sind in Tabelle 112 aufgeführt.

BESCHRÄNKUNGEN BEI DEN SCHMIERMITTELN

Das Anlaufmoment bei kalten Temperaturen ist in Anwendungen mit Fettschmierung in der Regel deutlich höher. Das Anlaufmoment ist nicht in erster Linie von der Konsistenz oder den Gleiteigenschaften des Schmierfetts abhängig. Vielmehr richtet es sich meistens nach den Fließeigenschaften des Fettes.

Der obere Temperaturgrenzwert für Schmierfette ist grundsätzlich von der thermischen- und der Oxidationsstabilität des im Schmierfett enthaltenen Basisöls und der Effizienz der Oxidationshemmer abhängig.

Weitere Informationen zu Schmiermittelbeschränkungen finden Sie im Abschnitt SCHMIERUNG UND ABDICHTUNG auf Seite 199.

TECHNISCHE VORAUSSETZUNGEN

Der Anwendungskonstrukteur muss die Effekte der Temperatur auf die Leistung der zu entwickelnden Geräte ermitteln. Spindeln in Präzisionswerkzeugmaschinen können z.B. sehr anfällig für Wärmeausdehnung sein. Bei einigen Spindeln muss der Temperaturanstieg gegenüber der Umgebung zwischen 20 und 35 °C (36 bis 45 °F) dauerhaft gehalten werden.

Die meisten Industriemaschinen können bei beträchtlich höheren Temperaturen arbeiten. Die thermischen Nennleistungen von Zahnradgetrieben beruhen beispielsweise auf einem Wert von 93 °C (200 °F). Maschinen wie Gasturbinen arbeiten dauerhaft bei Temperaturen über 100 °C (212 °F). Der Betrieb bei hohen Temperaturen über längere Zeiträume kann jedoch Wellen- und Gehäusemaße beeinträchtigen, wenn Welle und Gehäuse nicht sachgerecht bearbeitet und wärmebehandelt wurden.

Obwohl Lager bis zu 120 °C (250 °F) zufriedenstellend arbeiten können, ist eine Temperaturbegrenzung auf 80 °C bis maximal 95 °C (176 °F bis 203 °F) sinnvoll. Bei höheren Betriebstemperaturen ist das Risiko einer Beschädigung durch zeitweilige Temperaturspitzen größer. Anwendungstests mit Prototypen können helfen, den Betriebstemperaturbereich festzulegen und sollten nach Möglichkeit durchgeführt werden. Es liegt in der Verantwortung des Anwendungsingenieurs, alle relevanten Faktoren abzuwägen und eine Entscheidung über die korrekte Betriebstemperatur zu treffen.

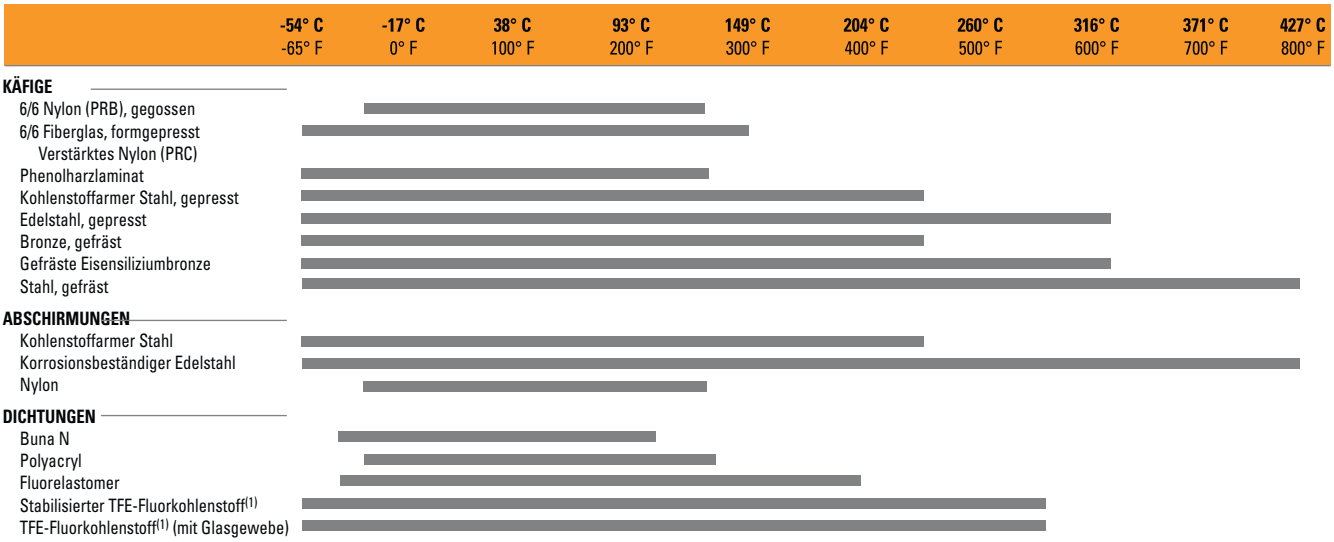
In den Tabellen 111 und 112 sind Standard-Betriebstemperaturen für herkömmliche Lagermaterialien aufgeführt. Sie sollten nur zu Orientierungszwecken verwendet werden. Andere Lagermaterialien sind auf Anfrage erhältlich. Wenden Sie sich für weitere Informationen an Ihren Timken-Techniker.

TABELLE 112 BETRIEBSTEMPERATUREN FÜR LAGERKOMPONENTEN

Material	Ungefähre chemische Zusammensetzung in %	Temp. °F	Härte in HRC	**-73 °C** -100° F	**-54 °C** -65° F	**-17 °C** 0° F	**38 °C** 100° F	**93 °C** 200° F	**121 °C** 250° F	**149 °C** 300° F	**204 °C** 400° F	**260 °C** 500° F	**316 °C** 600° F	**371 °C** 700° F	**427 °C** 800° F
Niedriglegierte Kohlenstoff-Chrom-Lagerstähle. 52100 und andere gemäß ASTM A295	1C 0,5–1,5 Cr 0,35 Mn	70	60		STABILISIERUNG DER STANDARDABMESSUNGEN <0,0001 Zoll/Zoll Abmessungsänderung in 2.500 Stunden bei 100 °C (212 °F). Gute Oxidationsbeständigkeit.										
Niedriglegierte Kohlenstoff-Chrom-Lagerstähle. 52100 und andere gemäß ASTM A295	1C 0,5–1,5 Cr 0,35 Mn	70 350 450	58 56 54	Wärmestabilisiert gemäß FS136, < 0,0001 cm/cm Abmessungsänderung in 2.500 Stunden bei 149 °C (300 °F). Im Anschluss an eine stabilisierende Wärmebehandlung ist A295-Stahl für viele Anwendungen im Bereich von 177 °C bis 232 °C (350 bis 450 °F) geeignet; die Formstabilität ist jedoch geringer als die Stabilität bei Temperaturen unter 177 °C (350 °F). Wenn äußerste Stabilität erforderlich ist, sollten Werkstoffe aus der nachfolgend angegebenen Gruppe „316 °C (600 °F)“ verwendet werden.										
Tiefgehärtete Stähle großer Durchmesser gemäß ASTM A485	1C 1–1,8 Cr 1–1,5 Mn 0,06 Si	70 450 600	58 55 52	Stabilisiert durch Wärmebehandlung und Härtung, < 0,0001 cm/cm Dimensionsänderung in 2.500 Stunden bei 149 °C (300 °F).											
Einsatzstähle gemäß ASTM A534 a) niedriglegiert 4118, 8X19, 5019, 8620 (Nickel-Molybdän-Sorten) b) hoher Nickelgehalt 3310	Ni-Moly: 0,2 C, 0,4-2,0 Mn, 0,3-0,8 Cr, 0-2,0 Ni, 0-0,3 Mo 0,1 C, 1,5 Cr, 0,4 Mn, 3,5 Ni	70	58		Nickel-Molybdän-Stahlsorten, die häufig für eine zusätzliche Verformbarkeit in Innenringen von Lagern mit Sperrvorrichtung eingesetzt werden. 3311 und andere werden für Sektionsringe besonderer Stärke eingesetzt.										
Korrosionsbeständiger rostfreier Stahl 440C gemäß ASTM A756	1C 18Cr	70	58		Ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit.										
Korrosionsbeständiger rostfreier Stahl 440C gemäß ASTM A756	1C 18Cr	70 450 600	58 55 52	Hitzestabilisiert für maximale Härte bei hohen Temperaturen (FS238). Gute Oxidationsbeständigkeit bei höheren Temperaturen. Hinweis: Tragfähigkeit fällt bei höheren Temperaturen schneller ab, als bei M50 unten. Dies sollte bei hohen Lasten berücksichtigt werden, < 0,0001 Zoll/Zoll Abmessungsänderung in 1.200 Stunden.										
M-50 mittlere bis hohe Drehzahl	4Cr 4Mo 1 V 0,8 C	70 450 600	60 59 57	Empfohlen, wenn stabile Hochfestigkeit bei erhöhten Temperaturen erforderlich ist, < 0,0001 cm/cm Abmessungsänderung in 1.200 Stunden bei 316 °C (600 °F).											

Hinweis: Die vorangegangenen Abmessungsstabilitätsdaten beziehen sich nur auf die dauerhafte metallurgische Vergrößerung/Verkleinerung. Effekte aufgrund der Wärmeausdehnung sind nicht mit eingerechnet. Wenden Sie sich bei Temperaturen über 427 °C (800 °F) an Ihren Timken-Techniker.

TABELLE 113 BETRIEBSTEMPERATUREN FÜR LAGERKOMPONENTEN



(1)Eingeschränkte Lebensdauer über diesen Temperaturen.

WÄRMEERZEUGUNG UND -ABLEITUNG

Die Betriebstemperatur von Lagern hängt von einer Reihe verschiedener Faktoren ab, einschließlich der Wärmeerzeugung aller beteiligten Wärmequellen, der Wärmeleitung zwischen diesen Quellen und der Fähigkeit des Systems, die Hitze abzuleiten. Zu den Wärmequellen zählen z. B. Lager, Dichtungen, Getriebe, Kupplungen und die Ölversorgung. Die Wärmeableitung wird von vielen Faktoren beeinflusst, einschließlich des Materials und der Bauart von Welle und Gehäuse, dem Schmiermittelkreislauf sowie den externen Umgebungsbedingungen. In den folgenden Abschnitten werden diese und andere Faktoren beschrieben.

WÄRMEERZEUGUNG

Unter normalen Betriebsbedingungen werden das größte Drehmoment und die meiste Wärme im Lager durch elastohydrodynamische Reibungsverluste an den Kontaktstellen von Wälzkörpern und Lagerringen erzeugt.

Die Wärmeerzeugung ist das Produkt aus dem Drehmoment und der Drehzahl des Lagers. Die erzeugte Wärme kann mit der folgenden Gleichung berechnet werden.

$$Q_{gen} = k_4 n M$$

Wenn es sich um ein Kegelrollenlager handelt, kann das Drehmoment mithilfe der folgenden Gleichung berechnet werden.

$$M = k_1 G_1 (n\mu)^{0,62} (P_{eq})^{0,3}$$

Wobei:

k_1 = Drehmomentkonstante
= 2,56 x 10^{-6} für M in N-m
= 3,54 x 10^{-5} für M in lbf-Zoll

k_4 = 0,105 für Q_{gen} in W, wenn M in N-m
= 6,73 x 10-4 für Q_{gen} in Btu/min, wenn M in lbf-in

Drehmomentberechnungen für Lager, bei denen es sich nicht um Kegelrollenlager handelt, finden Sie in den folgenden Abschnitten.

WÄRMEABLEITUNG

Es ist relativ schwierig, die Wärmeableitung eines Lagers in einer bestimmten Anwendung zu bestimmen. Im Allgemeinen zählen folgende Aspekte zu den Faktoren, die eine Wärmeableitung beeinflussen:

1. Temperaturgradient vom Lager zum Gehäuse. Dieser ist von der Größe des Gehäuses und externen Kühlelementen abhängig, wie z. B. Lüfter, Wasserkühlung oder Belüftung durch die rotierenden Komponenten.
2. Temperaturgradient vom Lager zur Welle. Die Temperatur der Welle ist von allen weiteren Wärmequellen, wie z. B. Getriebe oder zusätzliche Lager, und deren Nähe zu dem Lager abhängig, dessen Wärmeableitung berechnet wird.
3. Die durch ein Ölkreislaufsystem abgeführte Wärme.

Das Ausmaß, in dem die Punkte 1 und 2 gesteuert werden können, hängt von der Anwendung ab. Zu den Hitzeableitungs-Modi zählen die Leitung durch das System, Konvektion entlang der inneren und äußeren Oberflächen des Systems und der Austausch durch Abstrahlung zu und von benachbarten Komponenten. Bei vielen Anwendungen kann die gesamte Wärmeableitung in zwei Kategorien unterteilt werden:

Wärmeableitung durch den Ölkreislauf

Die Menge der durch das Schmiermittel abgeleiteten Wärme kann einfacher gesteuert werden. In Tauchschmierungssystemen kann die Temperatur des Öltanks durch Kühlschlangen gesteuert werden.

Die Wärmemenge, die in Ölkreislaufsystemen durch das Schmiermittel abgeführt wird, kann mithilfe der folgenden Gleichungen abgeschätzt werden.

$$Q_{oil} = k_6 C_p \rho f (\theta_o - \theta_i)$$

Wobei:

k_6 = 1,67 x 10^{-5} für Q_{oil} in W
= 1,67 x 10^{-2} für Q_{oil} in Btu/min

Wenn es sich beim Schmiermittel im Kreislauf um Mineralöl handelt, kann die abgeleitete Wärme zudem wie folgt abgeschätzt werden:

$$Q_{oil} = k_5 f (\theta_o - \theta_i)$$

Für die Gleichungen zur Wärmeerzeugung und -ableitung auf dieser Seite gelten folgende Faktoren.

Wobei:

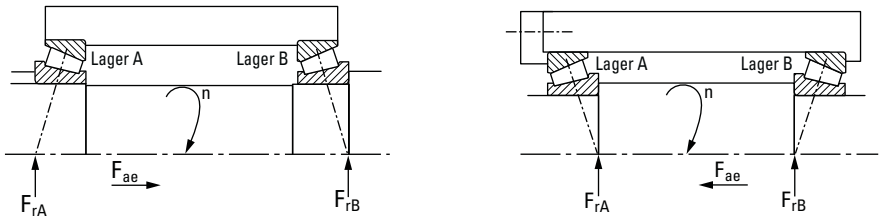
k_5 = 28 für Q_{oil} in W wenn f in L/min und θ in °C
= 0,42 für Q_{oil} in Btu/min wenn f in U.S. pt/min und θ in °F

DREHMOMENT
KEGELROLLENLAGER

BETRIEBSDREHMOMENT-M

Der Drehwiderstand eines Kegelrollenlagers hängt von Last, Drehzahl, Schmierungsbedingungen und lagerinternen Eigenschaften ab.

Die folgenden Formeln helfen bei der Abschätzung der Werte für das Betriebsdrehmoment des Lagers. Die Formeln gelten nur für ölgeschmierte Lager. Für Lager, die mit Fett oder einem Ölgemisch geschmiert werden, ist das Drehmoment normalerweise niedriger, auch wenn dies bei fettgeschmierten Systemen von Menge und Konsistenz des Fettes abhängt. Eine weitere Grundannahme ist, dass sich das Betriebsdrehmoment nach einer Einlaufphase stabilisiert hat.



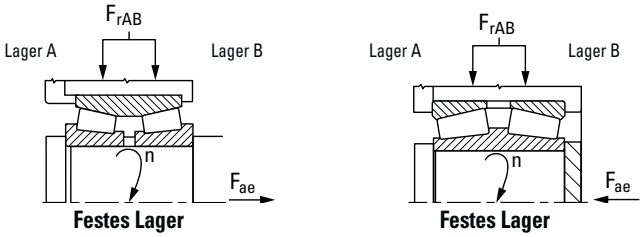
Bauform (externer Schub, F_{ae}, auf Lager A)

Abb. 141. Einreihiges Kegelrollenlager.

TABELLE 114. ANNÄHERUNGSWERTE FÜR DAS LAUFMOMENT DES LAGERS

Schubbedingung	Axialbeanspruchung des Lagers (Netto)	
$\frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} \le \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$ $F_{aB} = \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B}$	$M = k_1\,G_1\,(n\mu)^{0{,}62}\left(\frac{f_3\,F_r}{K}\right)^{0{,}3}$
$\frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} > \frac{0{,}47\,F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A}$ $F_{aB} = \frac{0{,}47\,F_{rA}}{K_A} - F_{ae}$	$n_{min} = \frac{k_2}{G_2\mu}\left(\frac{f_2\,F_r}{K}\right)^{2/3}$

Die Ergebnisse der Drehmomentgleichungen fallen zu niedrig aus, wenn die Betriebsdrehzahl n kleiner als n_{min} ist. Die Werte f_1 und f_2, entnehmen Sie Abb. 144 auf Seite 190.



Bauform (externer Schub, F_{ae}, auf Lager A)

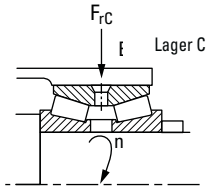
Abb. 142. Doppelreihiges Kegelrollenlager.

TABELLE 115. FESTE POSITION

Belastungsbedingung	Radiallast auf jede Reihe F_r	
$F_{ae} > \frac{0{,}47\ F_{rAB}}{K_A}$	Lager B ist nicht belastet $F_{rA} = F_{rAB}$ $F_{aA} = F_{ae}$	$M = k_1\ G_1\ (n\mu)^{0{,}62} \left(\frac{f_3\ F_{rAB}}{K}\right)^{0{,}3}$ $n_{min} = \frac{k_2}{G_2\mu} \left(\frac{f_2\ F_{rAB}}{K}\right)^{2/3}$
$F_{ae} \leq \frac{0{,}47\ F_{rAB}}{K_A}$	$F_{rA} = \frac{F_{rAB}}{2} + 1{,}06\ K\ F_{ae}$ $F_{rB} = \frac{F_{rAB}}{2} - 1{,}06\ K\ F_{ae}$	$M = k_1\ G_1\ (n\mu)^{0{,}62} \left(\frac{0{,}060}{K}\right)^{0{,}3} (F_{rA}^{0{,}3} + F_{rB}^{0{,}3})$ $n_{minA} = \frac{k_2}{G_2\mu} \left(\frac{1{,}78F_{rA}}{K}\right)^{2/3}$; $n_{minB} = \frac{k_2}{G_2\mu} \left(\frac{1{,}78F_{rB}}{K}\right)^{2/3}$

$$M = 2\ k_1\ G_1\ (n\mu)^{0{,}62} \left(\frac{0{,}030\ F_{rC}}{K}\right)^{0{,}3}$$

$$n_{min} = \frac{k_2}{G_2\mu} \left(\frac{0{,}890\ F_r}{K}\right)^{2/3}$$

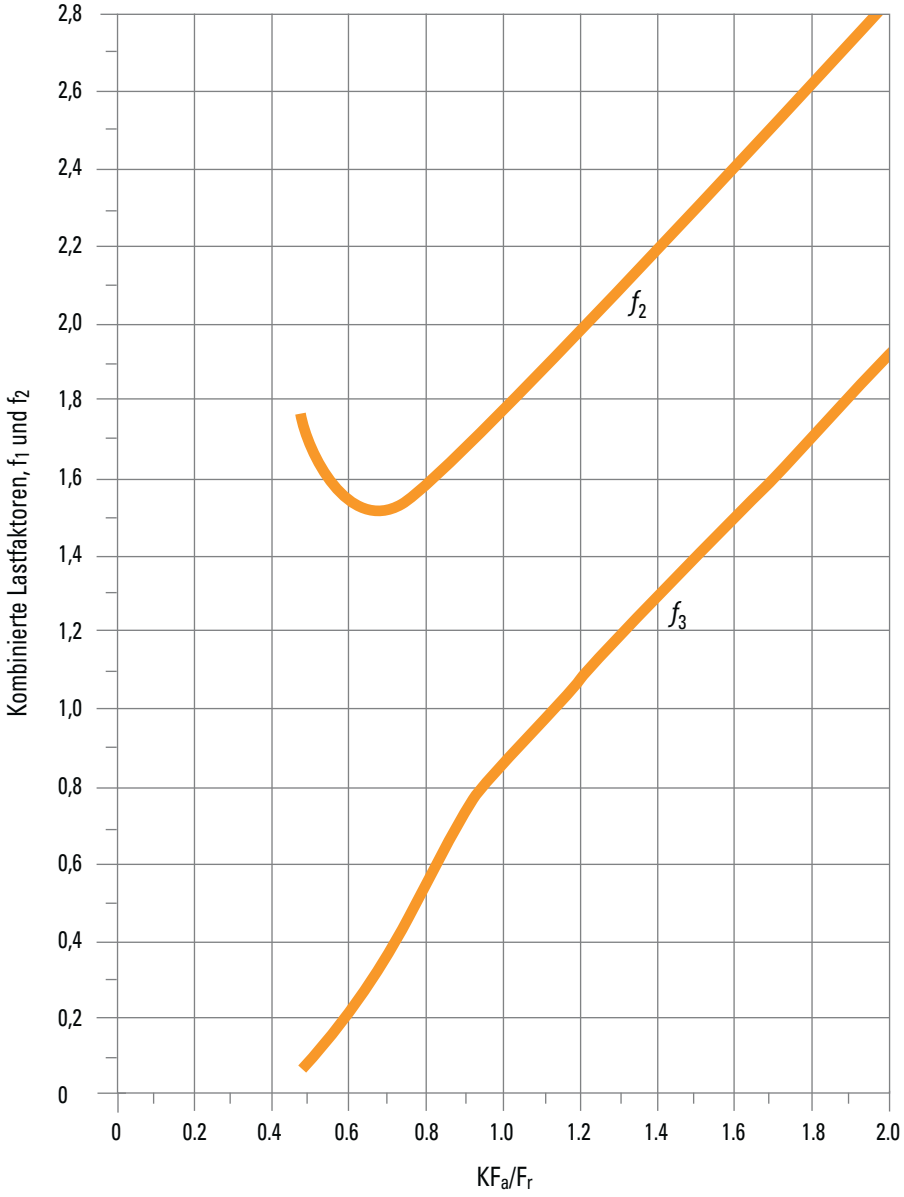


Schwimmendes Lager

Die Ergebnisse der Drehmomentgleichungen fallen zu niedrig aus, wenn die Betriebsdrehzahl n kleiner als n_{min} ist.
Die Werte f_1 und f_2, entnehmen Sie Abb. 144 auf Seite 190.

Abb. 143. Loslager-Position.

k_1 = 2,56 x 10^{-6} (Metrisch) oder 3,54 x 10^{-5} (Zoll)
k_2 = 625 (Metrisch) oder 1700 (Zoll)
μ = Dynamische Schmierstoffviskosität bei Betriebstemperatur in Centipoise
Für Fett ist die Grundölviskosität zu verwenden.
f3 = Kombinierter Lastfaktor, siehe Abb. 144 auf Seite 190
f2 = Kombinierter Lastfaktor, siehe Abb. 144 auf Seite 190



Belastungsbedingung	f3 und f2
$KF_a/F_r > 2,0$	$f_3 = KF_a/F_r$ $f_2 = f_3 + 0,8$
$0,47 \leq KF_a/F_r \leq 2,0$	Diagramm oben verwenden
$KF_a/F_r < 0,47$	$f_3 = 0,06$ $f_3 = 1,78$

Abb. 144. Bestimmung der kombinierten Lastfaktoren f_3 und f_2.

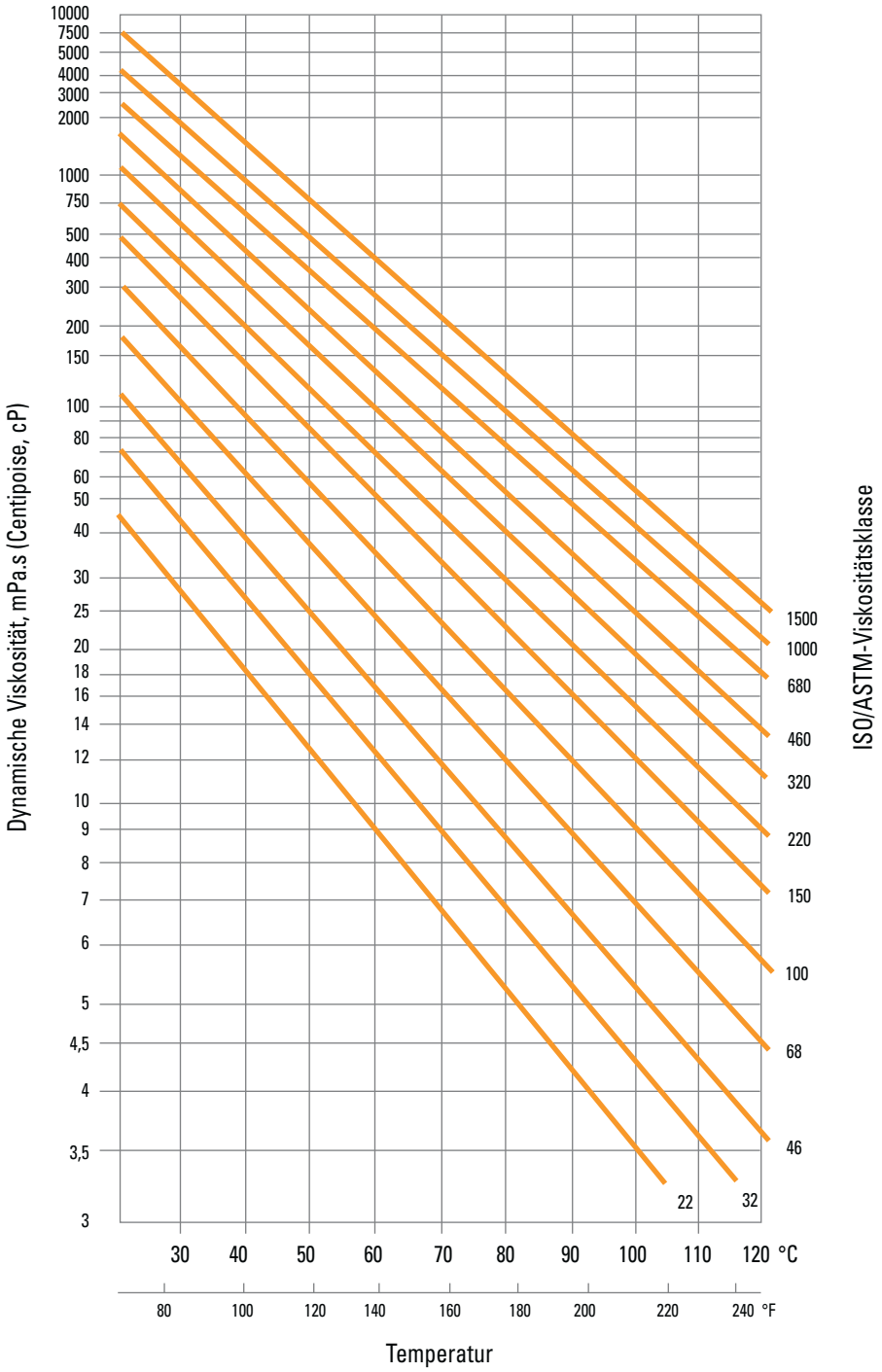


Abb. 145. Viskosität in mPa.s (Centipoise, cP) für ISO/ASTM-Klassenbezeichnungen für industrielle Flüssigschmierstoffe. Annahme: Viskositätsindex 90, spezifisches Gewicht 0,875 bei 40 °C (104 °F).

ZYLINDERROLLEN-, PENDELROLLEN- UND KUGELLAGER

Die Drehmomentgleichungen für Zylinderrollen- und Pendelrollenlager lauten wie folgt, wobei die Koeffizienten auf der Serie beruhen und in folgender Tabelle zu finden sind:

$$M = \begin{Bmatrix} f_1 F_\beta dm + 10^{-7} f_0 (v \times n)^{2/3} dm^3 \text{ wenn } (v \times n) \geq 2000 \\ f_1 F_\beta dm + 160 \times 10^{-7} f_0 dm^3 \text{ wenn } (v \times n) < 2000 \end{Bmatrix}$$

Hinweis: Die Viskosität ist in der Einheit Centistoke angegeben. Der Term „Last" (F_β) hängt wie folgt vom Lagertyp ab:

Rillenkugellager:

$$F_\beta = \max \begin{pmatrix} 0{,}9F_a \cot\alpha - 0{,}1F_r \\ \text{oder} \\ F_r \end{pmatrix}$$

Radial-Zylinder- und -Pendelrollenlager:

$$F_\beta = \max \begin{pmatrix} 0{,}8F_a \cot\alpha \\ \text{oder} \\ F_r \end{pmatrix}$$

Axialkugellager, Zylinder- und Pendelrollenlager:

$$F_\beta = F_a$$

TABELLE 116 KOEFFIZIENTEN FÜR DIE DREHMOMENTGLEICHUNG

Lagertyp	Maßreihen	f_0	f_1
Einreihige Rillenkugellager	18	1,7	0,00010
	28	1,7	0,00010
	38	1,7	0,00010
	39	1,7	0,00015
	00	1,7	0,00015
	02	2	0,00020
	03	2,3	0,00020
	04	2,3	0,00020
Einreihige Schrägkugellager $22° < \alpha \leq 45°$	02	2	0,00025
	03	3	0,00035
Doppelreihige oder paarweise angeordnete einreihige Schrägkugellager	32	5	0,00035
	33	7	0,00035
„Gothic Arch"-Kugellager	02	2	0,00037
	03	3	0,00037
Einreihige Zylinderrollenlager mit Käfig	10	2	0,00020
	02	2	0,00030
	22	3	0,00040
	03	2	0,00035
	23	4	0,00040
	04	2	0,00040
Einreihige Zylinderrollenlager, vollrollig	18	5	0,00055
	29	6	0,00055
	30	7	0,00055
	22	8	0,00055
	23	12	0,00055
Pendelrollenlager	30	4,5	0,00017
	39	4,5	0,00017
	40	6,5	0,00027
	31	5,5	0,00027
	41	7	0,00049
	22	4	0,00019
	32	6	0,00036
	03	3,5	0,00019
	23	4,5	0,00030
Doppelreihige Zylinderrollenlager, vollrollig	48	9	0,00055
	49	11	0,00055
	50	13	0,00055
Axial-Zylinderrollenlager	11	3	0,00150
	12	4	0,00150
Axial-Pendelrollenlager	92	2,5	0,00023
	93	2,5	0,00023
	94	3	0,00030

NENNDREHZAHLEN

RILLENKUGELLAGER

Es gibt keine exakte Methode zur Bestimmung der maximalen Drehzahl, bei der ein Kugellager betrieben werden kann. Die Eigenschaften des Lagers, die Merkmale von Teilen, Wellen, Gehäuse und anderen Komponenten in dessen Umgebung sowie grundlegende Betriebsbedingungen sind voneinander abhängige Variablen, von denen eine fortlaufend gute Leistung bei hohen Drehzahlen abhängt.

Die sichere Betriebsdrehzahl eines Lagers wird häufig durch die Temperatur innerhalb des Lagers eingeschränkt. Diese ist wiederum von der Umgebungstemperatur der Anwendung, der Präzision von Lagern, Wellen, Gehäusen, Hilfsteilen usw. und der Art und Menge des Schmiermittels abhängig.

Bei ordnungsgemäßer Installation und Schmierung können Radiallager mit geeigneten internen Verfeinerungen über lange Zeiträume mit hohen Drehzahlen betrieben werden. Toleranzklassen, Käfigkonstruktion und Schmiermittel zählen zu den Lagereigenschaften, die sich auf Drehzahleinschränkungen auswirken.

Lager mit Toleranzen gemäß ISO P0 sind bei normalen Drehzahlen mit Öl- und Fettschmierung im Allgemeinen ausreichend.

Kugellager mit Toleranzen gemäß ISO P5 oder höher und ringgeführten Kompositkäfigen, die mit einem effizienten, kühlenden Ölnebelsystem ohne unerwünschte Schmiermittelbewegungen geschmiert werden, sind hervorragend für hohe Drehzahlen geeignet.

Bei Duplex-Ausführungen, die häufig in Werkzeugmaschinenspindeln für hohe Drehzahlen zum Einsatz kommen, werden die zulässigen Drehzahlen außerdem durch die Vorspannung des Lagers und den Kontaktwinkel beeinflusst.

Die Werte in Tabelle 116 können als allgemeine Orientierung dienen, um die sichere Höchstdrehzahl der Standardkugellager von Timken zu bestimmen. Multiplizieren Sie den Gewindedurchmesser in Millimetern (oder bei extrakleinen Lagern in Zoll-Abmessungen den nächstgelegenen Millimeterwert) mit der Geschwindigkeit in Umdrehungen pro Minute, um den Drehzahlwert für beliebige Lagergrößen mit rotierendem Innenring zu bestimmen. Den am besten geeigneten Lager- und Käfigtyp, Toleranzwerte und die Art der Schmierung finden Sie in Tabelle 118 auf Seite 194.

Multiplizieren Sie bei Kugellagern mit rotierendem Außenring den Drehzahlwert (Gewinde- oder mittlerer Durchmesser in mm x U/min des Außenrings) mit den folgenden Faktoren, bevor Sie die Tabelle mit den Drehzahlwerten zu Rate ziehen.

TABELLE 117 FAKTOR FÜR KUGELLAGERBAUREIHEN

Extraklein (30 und S) und extraleicht (9100 und M9300)	1,3
Leicht (200, 5200 und 7200)	1,5
Mittelgroß (300, 5300 und 7300)	1,7

Obwohl die Drehzahlwerte in den Tabellen auf der folgenden Seite auf langjähriger Forschung und vielen akkumulierten Daten beruhen, werden Lager von Timken in vielen Anwendungen bei Drehzahlen betrieben, die weit über die angegebenen Werte hinausgehen. Bei solchen Anwendungen müssen genaue Überlegungen zur entsprechenden Toleranzklasse, der Schmierung, den Auswirkungen der Zentrifugalkräfte auf die Rollenelemente und weitere Faktoren angestellt werden. Weitere Informationen erhalten Sie bei Ihrem Timken-Techniker.

Umgekehrt kann die Nenndrehzahl bei bestimmten Anwendungsbedingungen, z. B. Last, Temperatur, Verunreinigungen usw., auch geringer ausfallen als in den folgenden Tabellen. Diese Werte gelten nicht für bestimmte Speziallager, z. B. der Tri-Ply-Serie und Lagern mit Vier- oder Sechskantbohrungen.

Die Drehzahlleistung von Lagern unterliegt bei jeder Anwendung einer Reihe verschiedener Faktoren, einschließlich der folgenden:

- Temperatur.
- Lagereinstellung oder -spiel.
- Schmierung.
- Lagerausführung.

Die relative Bedeutung der einzelnen Faktoren hängt von der jeweiligen Anwendung ab. Die Auswirkungen der einzelnen Faktoren dürfen nicht isoliert betrachtet werden. Sie tragen je nach Anwendung und gesamter Drehzahlleistung der Ausführung in unterschiedlichem Maße zur Drehzahlleistung bei.

Die Kenntnis der jeweiligen Auswirkungen dieser Faktoren auf die Leistung bei unterschiedlichen Drehzahlen ist wichtig, um die Drehzahlleistung eines Lagers voll ausschöpfen zu können.

PENDELROLLEN- UND ZYLINDERROLLENLAGER

Die thermischen Nenndrehzahlen für Zylinderrollenlager und Pendelrollenlager von Timken sind in den Lagertabellen aufgeführt. Diese Werte wurden durch einen Abgleich der innerhalb des Lagers erzeugten Wärme mit der Wärme, die vom Lager abgeleitet wird, bestimmt. Bei der Berechnung dieser Werte wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die Radiallast beträgt fünf Prozent der statischen Tragzahl.
- Bei Öl wird von einem Füllstand des Ölbads bis zur Mitte des untersten Wälzkörpers ausgegangen. bei Schmierfett von einer dreißigprozentigen Füllung der Lagerbohrung.
- Die Ölviskosität wurde mit einem Wert von 12 cSt (ISO VG32) bei einer Betriebstemperatur von 70 °C (158 °F) veranschlagt und die Basisölviskosität mit einem Wert von 22 cSt bei 70 °C (158 °F). Das Lager und die Komponenten haben eine Temperatur von 70 °C, die Umgebungstemperatur des Lagers liegt bei 20 °C (68 °F).

- Gehäuse und Welle sind aus Stahl oder Gusseisen.
- Die Rotationsachse des Lagers liegt in der horizontalen Ebene.
- Der Außenring ist stationär und der Innenring dreht sich.
- Die radiale Lagerluft des Lagers entspricht der normalen Klasse, und es werden Standardpassungen verwendet.
- Das Lager enthält keine Dichtungen.
- Im Lager treten keine Fehlausrichtungen oder Axiallasten auf.

Die thermischen Nenndrehzahlen dienen nur als Orientierung und können je nach Anwendung deutlich höher oder niedriger liegen. Wenden Sie sich an ihren Timken-Techniker, um genauere Informationen zu Drehzahleinschränkungen eines Lagers bei Ihrer Anwendung zu erhalten.

TABELLE 118 RILLENKUGELLAGER
d_m X N WERTE (d_m* IN MILLIMETER X U/MIN)

Lagertyp/Serie	Käfigtyp	ISO P0		ISO P6			ISO P5 und 4		
		Schmierfett	Öl(1)	Schmierfett	Öl(1)	Schmierfett	Schmierfett	Ölkreislauf(1)	Ölnebel
EINREIHIG									
Ohne Füllnut									
9300K, 9100K	Kugelgeführt, gegossenes Nylon (PRB)	250000	300000	250000	300000	—	300000	300000	300000
200K,	Pressstahl, Messing	300000	350000	300000	350000	—	350000	400000	450000
300K,	Ringgeführt, verstärktes Nylon, gegossen (PRC)	350000	400000	350000	450000	—	400000	550000	650000
XLS und Variationen	Komposit (CR)								
Füllnut									
200W und Variationen	Kugelgeführt, gegossenes Nylon (PRB)	250000	250000	—	—	—	—	—	—
300W und Variationen	Pressstahl	250000	300000	—	—	—	—	—	—
Schrägkugellager	Kugelgeführt, Pressstahl, gegossenes Nylon (PRB)	200000	300000	300000	350000	—	—	—	—
7200WN	Ringgeführt, Messing (MBR), Kugelgeführt, Br (MBR)	300000	400000	—	—	—	—	—	—
7300WN	Ringgeführt, verstärktes Nylon, gegossen (PRC)	350000	400000	350000	400000	—	—	—	—
Schrägkugellager Extra Präzision									
2M9300WI, 2M200WI,									
2M300WI, 2M9100WI,	Ringgeführt, Komposit (CR) oder (PRC)	350000	400000	750000	1000000	1200000			
2MM9300WI, 2MM9100,							1000000	1400000	1700000
2MM200WI, 2MM300WI									
DOPPELREIHIG									
5200	Kugelgeführt, gegossenes Nylon (PRB), Pressstahl	250000	300000	—	—	—	—	—	—
5300	Kugelgeführt, Messing (BR)								

* $\frac{\text{Bohrung + Außendurchmesser}}{2}$

(1) Bei Ölbadschmierung sollte der Ölstand von der Unterseite der untersten Kugel gemessen immer ein Drittel bis zur Hälfte betragen.
Hinweis: Bei abgedichteten Lagern mit Einfach- oder Doppelkontakt (P oder PP) sollten 300.000 PDN nicht überschritten werden..
Wenden Sie sich in Bezug auf Drehzahlgrenzen von RR- oder Tri-Ply-gedichteten Lagern an Ihren Timken-Techniker.

KEGELROLLENLAGER

Das übliche Maß für die Geschwindigkeit eines Kegelrollenlagers ist die Umlaufgeschwindigkeit im Mittelpunkt des Innenringführungsbords am großen Rollenende, siehe Abbildung 146. Sie lässt sich wie folgt berechnen:

Führungsbordgeschwindigkeit:

$$V_r = \frac{\pi D_m n}{60000} \text{ (m/s)}$$

$$= \frac{\pi D_m n}{12}$$

Wobei:

D_m = mittlerer Durchmesser der großen Innenringführungsbords — mm, Zoll

n = Lagerdrehzahl — Umdrehungen/min

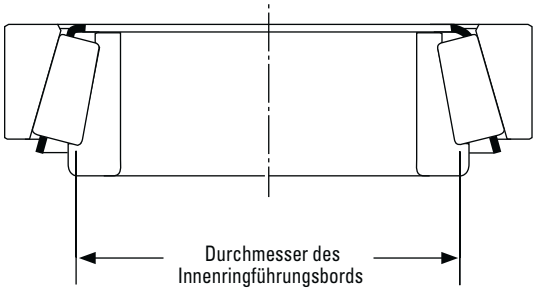
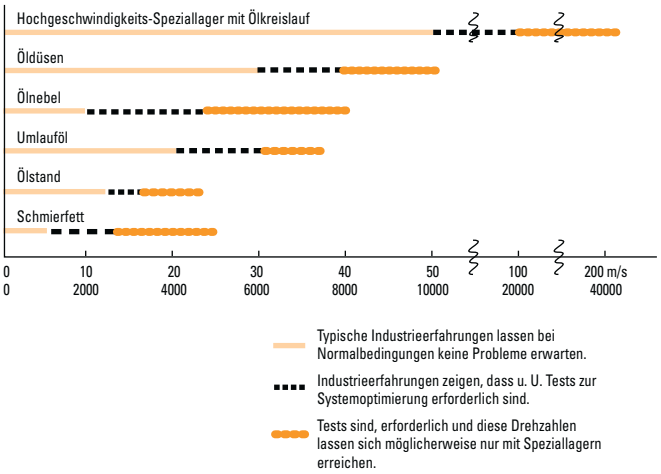


Abb. 146. Durchmesser des Innenringführungsbords Der Durchmesser des Innenringführungsbords kann maßstabsgerecht von einem Ausdruck übernommen werden.

Der mittlere Durchmesser des Innenringsführungsbords am zentralen Berührungspunkt des Rollenendes kann von einer Zeichnung des Lagers (falls vorhanden) maßstabsgetreu übernommen werden. Sie können auch Ihren Timken-Techniker nach diesem Wert fragen. Der mittlere Innendurchmesser des Innenringführungsbords kann abgeschätzt werden, indem der Außendurchmesser des Innenringführungsbords mit dem Faktor 0,99 multipliziert wird.

Von anderen Lagerherstellern werden häufig DN-Werte (das Produkt aus der Innenringbohrung in mm und der Drehzahl in U/min) als Maß für die Lagerdrehzahl verwendet. Aufgrund der großen Unterschiede in der Dicke des Lagerquerschnitts gibt es keine direkte Beziehung zwischen der Bordgeschwindigkeit eines Kegelrollenlagers und dem DN-Wert. Für eine grobe Schätzung kann jedoch bei Lagern mit mittlerem Durchmesser eine Bordgeschwindigkeit von einem m/s mit 16.000 DN gleichgesetzt werden. 0,3 m pro Minute entsprechen etwa 80 DN.

TABELLE 119 RICHTLINIEN FÜR DIE DREHZAHLFÄHIGKEIT BEI UNTERSCHIEDLICHEN SCHMIERSYSTEMEN



In Tabelle 118 sind auf Kundenerfahrungen beruhende Richtlinien hinsichtlich Drehzahl und Temperatur zusammengefasst. Kundentests und Untersuchungen wurden von Timken vorgenommen. Wenn Sie Fragen zu Anwendungen im Hochgeschwindigkeitsbereich haben, wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur.

UMRECHNUNGSTABELLEN

TABELLE 120 VISKOSITÄTS-UMRECHNUNGSTABELLE

Saybolt (Sek.) SUS	Redwood (Sek.) R′	Engler (Grad) E	Centistokes cSt
35	32,2	1,18	2,7
40	36,2	1,32	4,3
45	40,6	1,46	5,9
50	44,9	1,60	7,4
55	49,1	1,75	8,9
60	53,5	1,88	10,4
65	57,9	2,02	11,8
70	62,3	2,15	13,1
75	67,6	2,31	14,5
80	71,0	2,42	15,8
85	75,1	2,55	17,0
90	79,6	2,68	18,2
95	84,2	2,81	19,4
100	88,4	2,95	20,6
110	97,1	3,21	23,0
120	105,9	3,49	25,0
130	114,8	3,77	27,5
140	123,6	4,04	29,8
150	132,4	4,32	32,1
160	141,1	4,59	34,3
170	150,0	4,88	36,5
180	158,8	5,15	38,8
190	167,5	5,44	41,0
200	176,4	5,72	43,2
220	194,0	6,28	47,5
240	212	6,85	51,9
260	229	7,38	56,5
280	247	7,95	60,5
300	265	8,51	64,9
325	287	9,24	70,3
350	309	9,95	75,8
375	331	10,7	81,2
400	353	11,4	86,8
425	375	12,1	92,0

Fortsetzung nächste Spalte.

Saybolt (Sek.) SUS	Redwood (Sek.) R′	Engler (Grad) E	Centistokes cSt
450	397	12,8	97,4
475	419	13,5	103
500	441	14,2	108
550	485	15,6	119
600	529	17,0	130
650	573	18,5	141
700	617	19,9	152
750	661	21,3	163
800	705	22,7	173
850	749	24,2	184
900	793	25,6	195
950	837	27,0	206
1000	882	28,4	217
1200	1058	34,1	260
1400	1234	39,8	302
1600	1411	45,5	347
1800	1587	51	390
2000	1763	57	433
2500	2204	71	542
3000	2646	85	650
3500	3087	99	758
4000	3526	114	867
4500	3967	128	974
5000	4408	142	1082
5500	4849	156	1150
6000	5290	170	1300
6500	5730	185	1400
7000	6171	199	1510
7500	6612	213	1630
8000	7053	227	1740
8500	7494	242	1850
9000	7934	256	1960
9500	8375	270	2070
10000	8816	284	2200

TABELLE 121 ZOLL IN MILLIMETER – EINHEITEN

Zoll		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0,0000	0,000	25,400	50,800	76,200	101,600	127,000	152,400	177,800	203,200	228,600	254,000	279,400	304,800	330,200	355,600	381,000
1/16	0,0625	1,588	26,988	52,388	77,788	103,188	128,588	153,988	179,388	204,788	230,188	255,588	280,988	306,388	331,788	357,188	382,588
1/8	0,1250	3,175	28,575	53,975	79,375	104,775	130,175	155,575	180,975	206,375	231,775	257,175	282,575	307,975	333,375	358,775	384,175
3/16	0,1875	4,763	30,162	55,562	80,962	106,362	131,762	157,162	182,562	207,962	233,362	258,762	284,162	309,562	334,962	360,362	385,762
1/4	0,2500	6,350	31,750	57,150	82,550	107,950	133,350	158,750	184,150	209,550	234,950	260,350	285,750	311,150	336,550	361,950	387,350
5/16	0,3125	7,938	33,338	58,738	84,138	109,538	134,938	160,338	185,735	211,138	236,538	261,938	287,338	312,738	338,138	363,538	388,938
3/8	0,3750	9,525	34,925	60,325	85,725	111,125	136,525	161,925	187,325	212,725	238,125	263,525	288,925	314,325	339,725	365,125	390,525
7/16	0,4375	11,112	36,512	61,912	87,312	112,712	138,112	163,512	188,912	214,312	239,712	265,112	290,512	315,912	341,312	366,712	392,112
1/2	0,5000	12,700	38,100	63,500	88,900	114,300	139,700	165,100	190,500	215,900	241,300	266,700	292,100	317,500	342,900	368,300	393,700
9/16	0,5625	14,288	39,688	65,088	90,488	115,888	141,288	166,688	192,088	217,488	242,888	268,288	293,688	319,088	344,488	369,888	395,288
5/8	0,6250	15,875	41,275	66,675	92,075	117,475	142,875	168,275	193,675	219,075	244,475	269,875	295,275	320,675	346,075	371,475	396,875
11/16	0,6875	17,462	42,862	68,262	93,662	119,062	144,462	169,862	195,262	220,662	246,062	271,462	296,862	322,262	347,662	373,062	398,462
3/4	0,7500	19,050	44,450	69,850	95,250	120,650	146,050	171,450	196,850	222,250	247,650	273,050	298,450	323,850	349,250	374,650	400,050
13/16	0,8125	20,638	46,038	71,438	96,838	122,238	147,638	173,038	198,438	223,838	249,238	274,638	300,038	325,438	350,838	376,238	401,638
7/8	0,8750	22,225	47,625	73,025	98,425	123,825	149,225	174,625	200,025	225,425	250,825	276,225	301,625	327,025	352,425	377,825	403,225
15/16	0,9375	23,812	49,212	74,612	100,012	125,412	150,812	176,212	201,612	227,012	252,412	277,812	303,212	328,612	354,012	379,412	404,812

B.S.I. Norm Nr. 350
A.S.A. Norm Nr. B48,1
} 1 Zoll = 25,400 mm (exakt)

DIN 4890, 1 mm = $\frac{1}{25,4}$ Zoll

TABELLE 122 EINHEITEN

Zoll		10
0	—	254
1	25,4	279,4
2	50,8	304,8
3	76,2	330,2
4	101,6	355,6
5	127	381
6	152,4	406,4
7	177,8	431,8
8	203,2	457,2
9	228,6	482,6

TABELLE 123 BRÜCHE

1/10 Zoll		1/100 Zoll		1/1000 Zoll		1/10000 Zoll	
Zoll	mm	Zoll	mm	Zoll	mm	Zoll	mm
0,1	**2,54**	0,01	**0,254**	0,001	**0,0254**	0,0001	**0,00254**
0,2	**5,08**	0,02	**0,508**	0,002	**0,0508**	0,0002	**0,00508**
0,3	**7,62**	0,03	**0,762**	0,003	**0,0762**	0,0003	**0,00762**
0,4	**10,16**	0,04	**1,016**	0,004	**0,1016**	0,0004	**0,01016**
0,5	**12,70**	0,05	**1,270**	0,005	**0,1270**	0,0005	**0,01270**
0,6	**15,24**	0,06	**1,524**	0,006	**0,1524**	0,0006	**0,01524**
0,7	**17,78**	0,07	**1,778**	0,007	**0,1778**	0,0007	**0,01778**
0,8	**20,32**	0,08	**2,032**	0,008	**0,2032**	0,0008	**0,02032**
0,9	**22,86**	0,09	**2,286**	0,009	**0,2286**	0,0009	**0,02286**

TABELLE 124 BRÜCHE

1/10 mm		1/100 mm		1/1000 mm	
mm	Zoll	mm	Zoll	mm	Zoll
0,1	0,00394	**0,01**	0,00039	**0,001**	0,000039
0,2	0,00787	**0,02**	0,00079	**0,002**	0,000079
0,3	0,01181	**0,03**	0,00118	**0,003**	0,000118
0,4	0,01575	**0,04**	0,00157	**0,004**	0,000157
0,5	0,01969	**0,05**	0,00197	**0,005**	0,000197
0,6	0,02362	**0,06**	0,00236	**0,006**	0,000236
0,7	0,02756	**0,07**	0,00276	**0,007**	0,000276
0,8	0,03150	**0,08**	0,00315	**0,008**	0,000315
0,9	0,03543	**0,09**	0,00354	**0,009**	0,000354

TABELLE 125 MILLIMETER IN ZOLL – EINHEITEN

mm	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	–	0,39370	0,78740	1,18110	1,57480	1,96850	2,36220	2,75591	3,14961
1	0,03937	0,43307	0,82677	1,22047	1,61417	2,00787	2,40157	2,79528	3,18898
2	0,07874	0,47244	0,86614	1,25984	1,65354	2,04724	2,44094	2,83465	3,22835
3	0,11811	0,51181	0,90551	1,29921	1,69291	2,08661	2,48031	2,87402	3,26772
4	0,15748	0,55118	0,94488	1,33858	1,73228	2,12598	2,51969	2,91339	3,30709
5	0,19685	0,59055	0,98425	1,37795	1,77165	2,16535	2,55906	2,95276	3,34646
6	0,23622	0,62992	1,02362	1,41732	1,71102	2,20472	2,59843	2,99213	3,38583
7	0,27559	0,66929	1,06299	1,45669	1,85039	2,24409	2,63780	3,03150	3,42520
8	0,31496	0,70866	1,10236	1,49606	1,88976	2,28346	2,67717	3,07087	3,46457
9	0,35433	0,74803	1,14173	1,53543	1,92913	2,32283	2,71654	3,11024	3,50394

mm		100	200	300
0	–	3,93701	7,87402	11,81100
10	0,39370	4,33071	8,26772	12,20470
20	0,78740	4,72441	8,66142	12,59840
30	1,18110	5,11811	9,05512	12,99210
40	1,57480	5,51181	9,44882	13,38580
50	1,96850	5,90551	9,84252	13,77950
60	2,36220	6,29921	10,23620	14,17320
70	2,75591	6,69291	10,62990	14,56690
80	3,14961	7,08661	11,02360	14,96060
90	3,54331	7,48031	11,41730	15,35430

TABELLE 126 STAHLHÄRTEWERTE[1]

Ungefähre Werte zur Härteumrechnung für Stahl in Rockwell C													
		Brinell-Härtewert 10 mm Kugel Last 3000 kg			Rockwell-Härte Nummer			Superficial Rockwell-Härte Härtegrad Superficial Brale Penetrator					
Rockwell C-Skala Härte in Nummer	Diamant Pyramide Härte in Nummer Vickers	Standard Kugellager	Hultgren Kugellager	Wolfram Carbid Kugellager	A-Skala Last 60 kg Penetrator	B-Skala Last 100 kg 1/16 Zoll Durchmesser Kugellager	D-Skala 100 kg Penetrator	15-N Skala Last 15 kg	30-N Skala Last 30 kg	45-N Skala Last 45 kg	Shore Rückprall-härteprüfer Härte in Nummer	Zugprüfung Stärke (ca.) 1000 psi	Rockwell C-Skala Härte in Nummer
68	940	–	–	–	85,6	–	76,9	93,2	84,4	75,4	97	–	68
67	900	–	–	–	85	–	76,1	92,9	83,6	74,2	95	–	67
66	865	–	–	–	84,5	–	75,4	92,5	82,8	73,3	92	–	66
65	832	–	–	739	83,9	–	74,5	92,2	81,9	72	91	–	65
64	800	–	–	722	83,4	–	73,8	91,8	81,1	71	88	–	64
63	772	–	–	705	82,8	–	73	91,4	80,1	69,9	87	–	63
62	746	–	–	688	82,3	–	72,2	91,1	79,3	68,8	85	–	62
61	720	–	–	670	81,8	–	71,5	90,7	78,4	67,7	83	–	61
60	697	–	613	654	81,2	–	70,7	90,2	77,5	66,6	81	–	60
59	674	–	599	634	80,7	–	69,9	89,8	76,6	65,5	80	326	59
58	653	–	587	615	80,1	–	69,2	89,3	75,7	64,3	78	315	58
57	633	–	575	595	79,6	–	68,5	88,9	74,8	63,2	76	305	57
56	613	–	561	577	79	–	67,7	88,3	73,9	62	75	295	56
55	595	–	546	560	78,5	–	66,9	87,9	73	60,9	74	287	55
54	577	–	534	543	78	–	66,1	87,4	72	59,8	72	278	54
53	560	–	519	525	77,4	–	65,4	86,9	71,2	58,6	71	269	53
52	544	500	508	512	76,8	–	64,6	86,4	70,2	57,4	69	262	52
51	528	487	494	496	76,3	–	63,8	85,9	69,4	56,1	68	253	51
50	513	475	481	481	75,9	–	63,1	85,5	68,5	55	67	245	50
49	498	464	469	469	75,2	–	62,1	85	67,6	53,8	66	239	49
48	484	451	455	455	74,7	–	61,4	84,5	66,7	52,5	64	232	48
47	471	442	443	443	74,1	–	60,8	83,9	65,8	51,4	63	225	47
46	458	432	432	432	73,6	–	60	83,5	64,8	50,3	62	219	46
45	446	421	421	421	73,1	–	59,2	83	64	49	60	212	45
44	434	409	409	409	72,5	–	58,5	82,5	63,1	47,8	58	206	44
43	423	400	400	400	72	–	57,7	82	62,2	46,7	57	201	43
42	412	390	390	390	71,5	–	56,9	81,5	61,3	45,5	56	196	42
41	402	381	381	381	70,9	–	56,2	80,9	60,4	44,3	55	191	41
40	392	371	371	371	70,4	–	55,4	80,4	59,5	43,1	54	186	40
39	382	362	362	362	69,9	–	54,6	79,9	58,6	41,9	52	181	39
38	372	353	353	353	69,4	–	53,8	79,4	57,7	40,8	51	176	38
37	363	344	344	344	68,9	–	53,1	78,8	56,8	39,6	50	172	37
36	354	336	336	336	68,4	(109)	52,3	78,3	55,9	38,4	49	168	36
35	345	327	327	327	67,9	(108,5)	51,5	77,7	55	37,2	48	163	35
34	336	319	319	319	67,4	(108)	50,8	77,2	54,2	36,1	47	159	34
33	327	311	311	311	66,8	(107,5)	50	76,6	53,3	34,9	46	154	33
32	318	301	301	301	66,3	(107)	49,2	76,1	52,1	33,7	44	150	32
31	310	294	294	294	65,8	(106)	48,4	75,6	51,3	32,5	43	146	31
30	302	286	286	286	65,3	(105,5)	47,7	75	50,4	31,3	42	142	30
29	294	279	279	279	64,7	(104,5)	47	74,5	49,5	30,1	41	138	29
28	286	271	271	271	64,3	(104)	46,1	73,9	48,6	28,9	41	134	28
27	279	264	264	264	63,8	(103)	45,2	73,3	47,7	27,8	40	131	27
26	272	258	258	258	63,3	(102,5)	44,6	72,8	46,8	26,7	38	127	26
25	266	253	253	253	62,8	(101,5)	43,8	72,2	45,9	25,5	38	124	25
24	260	247	247	247	62,4	(101)	43,1	71,6	45	24,3	37	121	24
23	254	243	243	243	62	100	42,1	71	44	23,1	36	118	23
22	248	237	237	237	61,5	99	41,6	70,5	43,2	22	35	115	22
21	243	231	231	231	61	98,5	40,9	69,9	42,3	20,7	35	113	21
20	238	226	226	226	60,5	97,8	40,1	69,4	41,5	19,6	34	110	20

[1] Quelle ASTM.



SCHMIERUNG

Um die reibungsarmen Eigenschaften eines Lagers zu erhalten, ist eine Schmierung für folgende Zwecke erforderlich:

- Minimierung des Rollwiderstands aufgrund einer Deformierung von Wälzkörpern und Laufbahn unter Last (aufgrund der Trennung der Kontaktflächen).
- Die Gleitreibung zwischen Wälzkörpern, Laufflächen und Käfig ist zu minimieren.
- Wärmeableitung (mit Ölschmierung).
- Schutz vor Korrosion und Schmutzeintritt (bei Fettschmierung).



SCHMIERUNG

Aufgrund der großen Anzahl unterschiedlicher Lagertypen und Betriebsbedingungen ist es nicht möglich, einfache, allgemeine Regeln oder Richtlinien zur Wahl des richtigen Schmiermittels festzulegen. Während der Entwicklungsphase sollte zuerst überlegt werden, ob für den spezifischen Einsatzzweck eine Öl- oder eine Fettschmierung verwendet werden soll. Die Vorteile der Öl- bzw. Fettschmierung sind in der nachstehenden Tabelle beschrieben. Wenn Hitze vom Lager abgeleitet werden muss, sollte Öl verwendet werden. Bei Anwendungen mit sehr hohen Drehzahlen wird meist Öl verwendet. Die Nenndrehzahlen für fett- und ölgeschmierte Lager finden Sie auf den Seiten 193-195.

TABELLE 127 VORTEILE VON ÖL UND FETT

Öl	Schmierfett
Leitet Hitze vom Lager ab	Vereinfacht die Dichtungsausführung und dient als Dichtmittel
Leitet Feuchtigkeit und Partikel ab	Erlaubt die Vorschmierung versiegelter oder abgeschirmter Lager
Einfach zu steuernde Schmierung	Weniger Schmierungen erforderlich

Europäische REACH-Verordnung

Timken Schmierstoffe, Schmierfette und ähnliche Produkte, die in Einzelpackungen oder für Abgabesysteme verkauft werden, unterliegen der europäischen REACH-Verordnung (REACH = Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals; also Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien). Timken kann nur Schmierstoffe und Schmierfette an Mitgliedsstaaten der Europäischen Union importieren, die mit der Europäischen Chemikalienagentur ECHA (European CHemical Agency) registriert sind. Weitere Informationen sind bei Ihrem Timken-Ingenieur erhältlich.

ÖLSCHMIERUNG

Wenn als Schmiermittel für Lager Öle verwendet werden, sollte es sich nur um qualitativ hochwertige Mineralöle bzw. synthetische Öle mit den gleichen Eigenschaften handeln. Die Auswahl der geeigneten Öle richtet sich neben der Schmiermethode nach der Drehzahl des Lagers, der Belastung und der Betriebstemperatur. Zusätzlich zum Vorangegangenen bietet Öl als Schmiermittel die folgenden Funktionen und Vorteile:

- Bei hohen Drehzahlen oder hohen Temperaturen ist Öl das bessere Schmiermittel. Es kann gekühlt werden, um die Temperatur des Lagers zu verringern.
- Es lässt sich einfacher handhaben und die für das Lager benötigte Schmierstoffmenge lässt sich besser kontrollieren. Öl ist schwieriger als Fett im Lager zurückzuhalten. Der Schmiermittelverbrauch ist möglicherweise höher als bei Fett.
- Es gibt zahlreiche Möglichkeiten zur Ölschmierung von Lagern, z. B. durch Tropfenschmierung, Dochtschmierung, mithilfe einer Ölumlaufanlage unter Druck, durch ein Ölbad oder als Luft-Öl-Nebel. Welche Methode am besten geeignet ist, ist vom jeweiligen Anwendungstyp abhängig.
- Öl lässt sich in Umlaufanlagen leichter reinhalten.

Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, Öl in das Lagergehäuse zu leiten. Besonders häufig werden folgende Systeme verwendet:

- **Ölbad.** Das Gehäuse enthält eine Wanne, durch die die Wälzkörper des Lagers laufen. Der Ölstand darf generell den Mittelpunkt des niedrigsten Wälzkörpers nicht übersteigen. Bei hohen Drehzahlen sollte ein niedrigerer Ölstand verwendet werden, um ein Aufschäumen des Öls zu verringern. Mithilfe von Messlehren oder gesteuerten Abflussleitungen lässt sich der ordnungsgemäße Ölstand einstellen und beibehalten.
- **Ölumlaufanlage.** Dieses System bietet folgende Vorteile:
  - Eine ausreichende Ölversorgung zur Kühlung und zur Schmierung.
  - Dosierte Ölmenge für jedes Lager.
  - Entfernung von Verunreinigungen und Feuchtigkeit aus dem Lager durch Spülvorgang.
  - Geeignet für mehrere Lagerinstallationen.
  - Großer Vorratstank verringert Zersetzung des Öls. Die längere Lebensdauer des Schmiermittels führt zu einer höheren Wirtschaftlichkeit.
  - Einbau von Ölfiltervorrichtungen.
  - Positivkontrolle zur gezielten Schmierstoffabgabe.
  - Ein Ölumlaufsystem besteht normalerweise aus einem Ölvorratsbehälter, einer Pumpe, Leitungen und einem Filter. Möglicherweise ist ein Wärmeaustausch erforderlich.
- **Ölnebelschmierung**.. Ölnebelschmiersysteme werden in Anwendungen mit hohen Drehzahlen im Dauerbetrieb verwendet. Mit diesem System lässt sich die Menge des Schmiermittels für die Lager präzise steuern. Das Öl kann abgemessen, durch Druckluft zerstäubt und mit Luft vermischt werden, oder es kann mithilfe eines Venturi-Effekts aus einem Tank abgeleitet werden. In beiden Fällen wird die Luft gefiltert und unter ausreichenden Druck gesetzt, um eine ordnungsgemäße Schmierung der Lager zu gewährleisten. Die Steuerung dieses Schmiersystemtyps erfolgt durch die Überwachung der Betriebstemperaturen der zu schmierenden Lager. Der andauernde Durchfluss der Druckluft und des Öls durch die im System verwendeten Labyrinthdichtungen verhindert den Eintritt von Verunreinigungen aus der Umgebung in das System.

  Der erfolgreiche Betrieb dieses Systemtyps basiert auf den folgenden Faktoren:
  - Korrekte Positionierung der Schmieröffnungen für die zu schmierenden Lager.
  - Vermeidung von extremem Druckabfall durch Hohlräume innerhalb des Systems.
  - Korrektes Verhältnis von Luftdruck und Ölmenge für die jeweilige Anwendung.

- Ausreichendes Absaugen des Luft-Öl-Nebels nach erfolgter Schmierung.

Um das „Benetzen" der Lager sicherzustellen und mögliche Schäden an den Wälzkörpern und Ringen zu vermeiden, ist es erforderlich, das System für das Ölgemisch einige Minuten vor dem Starten des Geräts anzuschalten. Die Bedeutung des „Benetzens" des Lagers vor dem Einschalten ist vorteilhaft und ist besonders wichtig bei Geräten, die längere Zeit außer Betrieb waren.

Schmieröle sind im Handel in vielen unterschiedlichen Ausführungen erhältlich, für Fahrzeuge, industrielle Zwecke, für Luftfahrtanwendungen und andere Verwendungsbereiche. Öle werden unterteilt in mineralische Öle (aus Rohöl raffiniert) und synthetische Öle (durch chemische Synthese hergestellt).

MINERALISCHE ÖLE

Mineralische Öle werden aus einem Erdölkohlenwasserstoff hergestellt, der aus Rohöl gewonnen wird, mit Zusätzen zum Verbessern bestimmter Eigenschaften. Mineralische Öle werden für fast alle ölgeschmierten Anwendungen für Lager verwendet.

SYNTHETISCHE ÖLE

Synthetische Öle lassen sich in zahlreiche Kategorien einteilen und umfassen Polyalphaolefine, Silikone, Polyglykole und verschiedene Ester. Synthetische Öle sind im Allgemeinen weniger oxidationsanfällig und können bei extrem heißen und kalten Temperaturen eingesetzt werden. Physikalische Eigenschaften wie z. B. Druck-Viskositäts-Koeffizienten variieren je nach Öltyp. Dies ist bei der Auswahl des Öls zu berücksichtigen.

Polyalphaolefine (PAO) verfügen über Kohlenwasserstoffverbindungen, die mineralischen Ölen ähneln, sowohl was die chemische Struktur als auch die Druck-Viskositäts-Koeffizienten betrifft. Daher wird PAO-Öl hauptsächlich in Anwendungen zum Schmieren von Lagern verwendet, wenn extreme Temperaturen (heiß und kalt) herrschen, oder wenn eine besonders lange Lebensdauer des Schmiermittels erforderlich ist.

Silikon-, Ester- und Polyglykolöle basieren auf Sauerstoffverbindungen, die große strukturelle Unterschiede zu mineralischen Ölen und PAO-Ölen aufweisen. Dieser Unterschied hat weitreichende Auswirkungen auf die physikalischen Eigenschaften, da die Druck-Viskositäts-Koeffizienten niedriger sein können als bei Mineralölen und PAO-Ölen. Dies bedeutet, dass diese Typen von synthetischen Ölen möglicherweise bei Betriebstemperatur einen dünneren elastohydrodynamischen (EHD) Film bilden als Mineralöle oder PAO-Öle mit der gleichen Viskosität. Diese Verringerung der Dicke des Schmierfilms kann zur Reduzierung der Lebensdauer der Lager und zu einem erhöhten Verschleiß führen.

VISKOSITÄT

Bei jeder Anwendung für Lager sollten bei der Auswahl der Ölviskosität bestimmte Faktoren berücksichtigt werden: Belastung, Drehzahl, Lagereinstellung, Öltyp und anwendungsspezifische Faktoren. Da sich die Ölviskosität umgekehrt proportional zur Temperatur verhält, muss ein Viskositätswert immer mit der Temperatur angegeben werden, bei der er bestimmt wurde. Hochviskoses Öl wird für Anwendungen mit niedrigen Drehzahlen oder hoher Umgebungstemperatur verwendet. Niedrigviskoses Öl wird für Anwendungen mit hohen Drehzahlen oder niedriger Umgebungstemperatur verwendet.

Es gibt verschiedene Klassifikationen von Öl, die auf dem Viskositätsgrad basieren. Am gebräuchlichsten sind die Klassifizierungen der Society of Automotive Engineers (SAE) für Motoren- und Getriebeöl. Die American Society for Testing and Materials (ASTM) und die Internationale Organisation für Normung (ISO) haben für industrielle Flüssigkeiten Standardviskositätsklassen festgelegt. In Abb. 147 wird die Viskosität bei 40 °C (104 °F) in den Klassifikationssystemen ISO/ASTM und SAE verglichen.

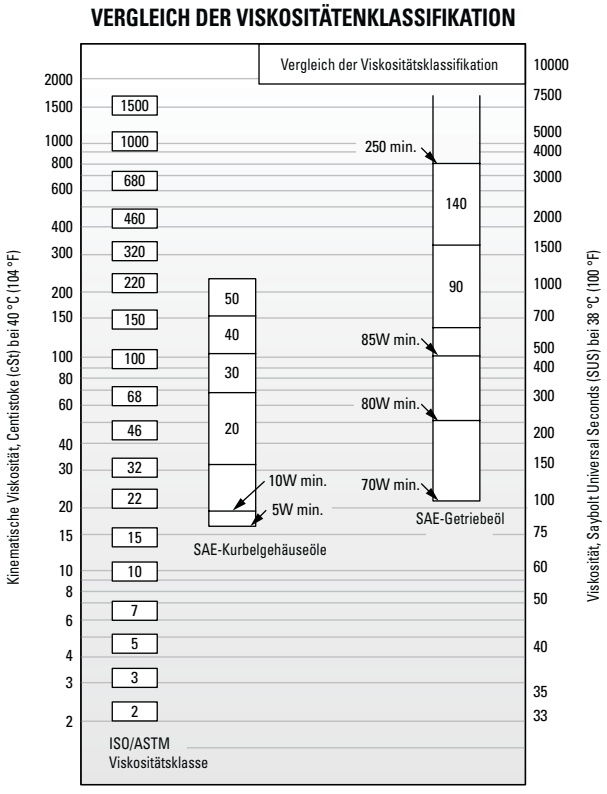


Abb. 147. Vergleich zwischen ISO/ASTM-Klassen (ISO 3448/ASTM D2442) und SAE-Klassen (SAE J 300-80 für Kurbelgehäuseöle, SAE J 306-81 für Achs- und Schaltgetriebeöle).

Das ASTM/ISO-Viskositätsklassensystem für industrielle Öle ist im Folgenden abgebildet.

ISO-VISKOSITÄTSSYSTEM

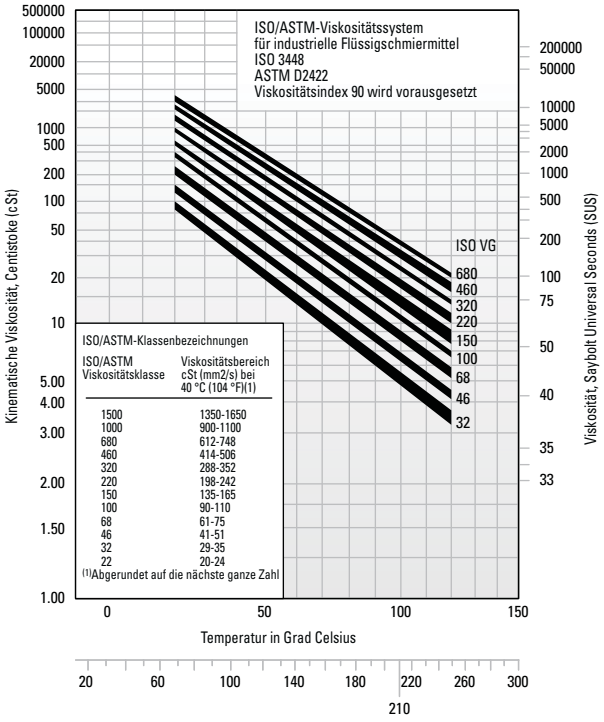


Abb. 148. Viskositätsklassensystem für industrielle Öle.

TYPISCHE SCHMIERÖLE FÜR LAGER

In diesem Abschnitt sind die Eigenschaften und die Charakteristik von Schmiermitteln für typische Anwendungen von Wälzlagern aufgeführt. Diese allgemeinen Eigenschaften basieren auf dem erfolgreichen Einsatz in Anwendungen in allen Industrien.

Universalschmieröl mit Rost- und Oxidationsschutz

Universalschmieröle mit Rost- und Oxidationsschutz sind die häufigsten industriellen Schmiermittel. Sie werden zum Schmieren von Timken®-Lagern in allen Arten von industriellen Anwendungen verwendet, bei denen keine besonderen Bedingungen vorliegen.

TABELLE 128 EMPFOHLENE UNIVERSALSCHMIERÖLE MIT ROST- UND OXIDATIONSSCHUTZ

	Eigenschaften
Grundöl	Durch Lösungsmittel aufbereitetes, mineralisches Öl mit hohem Viskositätsindex
Additive	Mit Korrosions- und Oxidationsschutz
Viskositätsindex	mindestens 80
Fließpunkt	Maximal -10° C
Viskositätsklassen	ISO/ASTM 32 bis 220

Für einige Anwendungen mit niedrigen Drehzahlen und/oder hoher Umgebungstemperatur ist eine höhere Viskositätsklasse erforderlich. Für Anwendungen mit hohen Drehzahlen und/oder niedrigen Temperaturen ist eine niedrigere Viskositätsklasse erforderlich.

Hochdruck-(EP)Getriebeöl für Industrieanwendungen

Hochdruck-Getriebeöle werden in den meisten schweren Industrieanwendungen als Schmiermittel für Lager von Timken verwendet. Sie sind auf außergewöhnliche Stoßbelastungen ausgelegt, wie sie häufig bei Schwermaschinen auftreten.

TABELLE 129 EIGENSCHAFTEN DES EMPFOHLENEN INDUSTRIELLEN HOCHDRUCK-GETRIEBEÖLS

	Eigenschaften
Grundöl	Durch Lösungsmittel aufbereitetes, mineralisches Öl mit hohem Viskositätsindex
Additive	Mit Korrosions- und Oxidationsschutz Hochdruck(EP)-Additiv(1) – mind. 15,8 kg
Viskositätsindex	mindestens 80
Fließpunkt	Maximal -10° C
Viskositätsklassen	ISO/ASTM 100, 150, 220, 320, 460

(1) ASTM D 2782

Industrielle Hochdruck-Getriebeöle sollten aus einer hochraffinierten, mineralölbasierten Grundlage mit passenden Inhibitoren und Additiven bestehen. Sie sollten keine Stoffe enthalten, die bei Lagern zu Korrosion oder Abrieb führen. Die Inhibitoren sollten das Lager langfristig vor Oxidation und bei Feuchtigkeit vor Korrosion schützen. Die Öle sollten während des Betriebs nicht schäumen und über gute Wasserabscheideeigenschaften verfügen. Ein Hochdruck-Additiv schützt vor Riefenbildung unter Grenzschmierungsbedingungen. Die empfohlenen Viskositätsklassen sind für einen großen Bereich geeignet. Für Anwendungen mit hohen Temperaturen und/oder niedrigen Drehzahlen sind im Allgemeinen höhere Viskositätsklassen erforderlich. Bei niedrigen Temperaturen und/oder hohen Drehzahlen ist die Verwendung einer niedrigeren Viskositätsklasse erforderlich.

FETTSCHMIERUNG

Die Fettschmierung ist grundsätzlich für Anwendungen mit niedrigen und mittleren Drehzahlen geeignet, bei denen die Betriebstemperatur die Beschränkungen des Fetts nicht übersteigt. Es gibt kein universell einsetzbares Schmierfett für Lager. Jedes Fett besitzt limitierende Eigenschaften und Kennwerte.

Fette bestehen aus einem Basisöl, einem Verdickungsmittel und Additiven. Herkömmliche Fette zur Lagerschmierung bestehen aus einem Öl auf Erdölbasis, das bis zur gewünschten Konsistenz mit metallischen Seifenverbindungen verdickt wird. Bei moderneren Ölen auf synthetischer Basis werden organische und anorganische Verdickungsmittel verwendet. In Tabelle 129 ist die Zusammensetzung typischer Schmierfette zusammengefasst.

TABELLE 130 ZUSAMMENSETZUNG VON FETTEN

Basisöl	+	Verdickungs-mittel	+	Additive	=	Schmierfett
Mineralöl Synthetische Kohlenwasserstoffe Ester Perfluorierte Öle Silikon		Seifen und Komplexseifen mit Lithium, Aluminium, Barium oder Kalzium Seifenfreie (anorganische) Microgele (Ton), Ruß, Kieselgel, PTFE Seifenfreie (organische) Polyharnstoffverbindungen		Korrosionsschutz-mittel Farbstoffe Kleber Metall-deaktivatoren Oxidations-hemmer EP-Additive zum Verschleißschutz		

Fette auf Kalzium- und Aluminiumbasis verfügen über eine hervorragende Wasserbeständigkeit und werden für industrielle Zwecke eingesetzt, bei denen das Eindringen von Wasser ein Problem darstellt. Fette auf Lithiumbasis sind universell einsetzbar und werden für industrielle Anwendungen und Radlager eingesetzt.

Synthetische Basisöle, z. B. Ester, organische Ester und Silikone, die mit herkömmlichen Verdickungsmitteln und Additiven verwendet werden, besitzen typischerweise maximale Betriebstemperaturen, die über denen von mineralölbasierten Fetten liegen. Synthetische Fette können für den Einsatz im Temperaturbereich zwischen -73 °C (-100 °F) und 288 °C (550 °F) formuliert werden.

In der folgenden Tabelle finden sich die allgemeinen Eigenschaften verbreiteter Verdickungsmittel, die mit Ölen auf Mineralölbasis verwendet werden.

TABELLE 131 ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN VON MIT MINERALGRUNDÖLEN VERWENDETEN VERDICKUNGSMITTELN

Verdickungsmittel	Typischer Tropfpunkt		Höchst-temperatur		Typische Wasser-beständigkeit
	°C	°F	°C	°F	
Lithiumseife	**193**	380	**121**	250	Gut
Lithiumkomplex	**260+**	500+	**149**	300	Gut
Aluminiumkomplex	**249**	480	**149**	300	Hervorragend
Calciumsulfonat	**299**	570	**177**	350	Hervorragend
Polyharnstoff	**260**	500	**149**	300	Gut

Der Einsatz der Verdickungsmittel in Tabelle 130 mit synthetischen Ölen auf Kohlenwasserstoff- oder Esterbasis erhöht die maximale Betriebstemperatur um etwa 10 °C (50 °F).

Der Einsatz von Polyharnstoffen als Verdickungsmittel für Schmierflüssigkeiten ist eine der bedeutendsten Entwicklungen in der Schmiertechnik seit mehr als 30 Jahren. Polyharnstoff-Fette bieten in einem breiten Spektrum von Lageranwendungen hervorragende Leistungen und haben sich in einem relativ kurzen Zeitraum als werksseitig genutztes Schmiermittel für Kugellager durchgesetzt.

NIEDRIGE TEMPERATUREN

Das Anlaufmoment bei fettgeschmierten Lagern kann bei niedrigen Temperaturen entscheidend sein. Einige Fette schmieren zwar hinreichend, wenn das Lager in Betrieb ist, der Widerstand bei einer Anlaufbewegung kann jedoch enorm sein. Bei bestimmten kleineren Lagern kann es sogar vorkommen, dass bei sehr niedrigen Temperaturen der Startvorgang nicht mehr möglich ist. Bei solchen Betriebsbedingungen werden daher grundsätzlich Fette benötigt, die Öle mit Tieftemperatureigenschaften enthalten.

Bei einem breiten Betriebstemperaturbereich bieten synthetische Fette einige Vorteile. Synthetische Fette sind erhältlich, die ein sehr kleines Start- und Betriebsdrehmoment bei Temperaturen bis zu -73 °C (-100 °F) bieten. In bestimmten Situationen bieten diese Fette diesbezüglich sogar eine bessere Leistung als Öl.

Ein wichtiger Aspekt bei Schmierfetten ist, dass das Anlaufmoment nicht zwangsläufig von der Konsistenz oder den Gleiteigenschaften des Fettes abhängt. Das Anlaufmoment ist eher von den spezifischen Fließeigenschaften eines bestimmten Fettes abhängig und kann am besten anhand der Erfahrungen aus der praktischen Anwendung eingeschätzt werden.

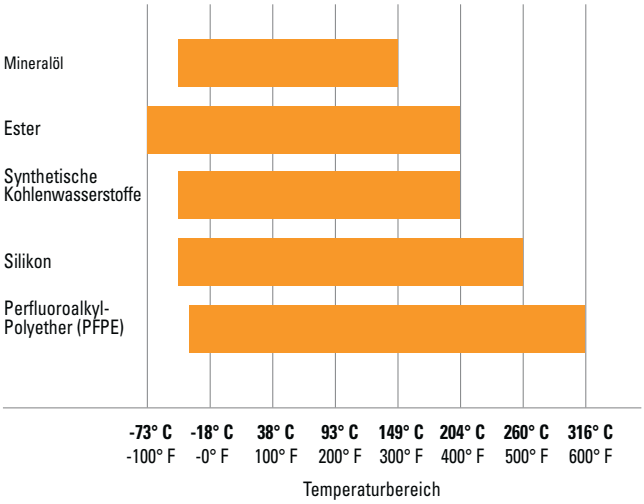
HOHE TEMPERATUREN

Der obere Temperaturgrenzwert für Schmierfette ist grundsätzlich von der thermischen Stabilität und Oxidationsstabilität der Flüssigkeit und der Effizienz der Oxidationshemmer abhängig. Der Temperaturbereich von Fetten wird sowohl durch den Tropfpunkt des Verdickungsmittels als auch durch die Zusammensetzung des Basisöls bestimmt. In Tabelle 131 werden die Temperaturbereiche verschiedener Grundöle gezeigt, die bei der Fettherstellung verwendet werden.

Nach einer Faustregel, die auf langjährigen Tests fettgeschmierter Lager basiert, halbiert sich die Lebensdauer des Schmierfetts, wenn die Temperatur um 10 °C (50 °F) ansteigt. Wenn ein bestimmtes Fett bei einer Temperatur von 90 °C (194 °F) beispielsweise eine Lebensdauer von 2.000 Stunden hat, würde ein Temperaturanstieg auf 100 °C (212 °F) die Lebensdauer des Fetts auf etwa 1.000 Stunden verkürzen. Andererseits könnte man bei einer Senkung der Betriebstemperatur auf 80 °C (176 °F) mit einer Erhöhung der Lebensdauer auf 4.000 Stunden rechnen.

Thermische Stabilität, Oxidationsbeständigkeit und Temperaturbeschränkungen müssen bei der Auswahl von Fetten für Hochtemperaturanwendungen daher immer berücksichtigt werden. Bei nicht nachschmierbaren Anwendungen sind bei Betriebstemperaturen über 121 °C (250 °F) hochraffinierte Mineralöle oder chemisch stabile synthetische Flüssigkeiten als Ölkomponente des Fetts erforderlich.

TABELLE 132 TEMPERATURBEREICHE FÜR BASISÖLE IN SCHMIERFETTEN



VERSCHMUTZUNG

Abrieb

Wenn Wälzlager in sauberen Umgebungen betrieben werden, ist die primäre Schadensursache eine Materialermüdung der Wälzkontaktoberflächen. Wenn jedoch das Lagersystem durch Partikel kontaminiert wird, treten wahrscheinlich Schäden wie erste Überrollungsmarkierungenauf, die die Lebensdauer des Lagers verkürzen können.

Wenn Verunreinigungen aus der Umgebung oder metallische Verschleißablagerungen von Anwendungskomponenten das Schmiermittel verunreinigen, kann Verschleiß die Hauptursache von Lagerschäden werden. Bei einem erhöhten Lagerverschleiß treten danach Änderungen an den entscheidenden Lagerbereichen, Wälzkörpern und Führungsborden auf, die den Betrieb der Maschine beeinträchtigen können.

Bei Lagern, die mit kontaminierten Schmiermitteln betrieben werden, ist der Anfangsverschleiß höher als bei Lagern, deren Schmiermittel nicht kontaminiert sind. Wenn keine weiteren Verunreinigungen in das System gelangen, sinkt die Verschleißrate jedoch schnell ab. Die Partikelgröße sinkt während des normalen Betriebs durch Kontakt mit den Lageroberflächen.

Wasser

Wasser und Feuchtigkeit stellen eine besondere Gefahr für Wälzlager dar. Schmierfette können einen gewissen Schutz vor dieser Kontamination bieten. Bestimmte Fette, z. B. Kalzium- und Aluminiumkomplexe, verfügen über eine hohe Wasserbeständigkeit.

Fette mit Natriumseifen sind wasserlöslich und sollten daher nicht für Anwendungen verwendet werden, in denen Wasser zum Einsatz kommt.

Wasser in Schmierölen kann sowohl in Lösung als auch in Suspension einen nachteiligen Einfluss auf die Ermüdungslebensdauer von Lagern ausüben. Wasser kann außerdem Verätzungen verursachen, die die Ermüdungslebensdauer zusätzlich verkürzen. Der genaue Mechanismus, durch den Wasser die Ermüdungslebensdauer verringert, ist bisher nicht vollständig bekannt. Eine mögliche Theorie besagt, dass Wasser in die mikroskopisch kleinen Risse der Lagerringe eindringt, die durch die wiederkehrenden Belastungszyklen verursacht werden. Dies führt zu Korrosion und Wasserstoffversprödung innerhalb der Risse, weshalb diese schneller auf Abplatzungen inakzeptabler Größe anwachsen.

Wasserbasierte Flüssigkeiten, z. B. Wasser-Glykolgemische und invertierte Emulsionen, können ebenfalls zu einer kürzeren Ermüdungslebensdauer führen. Wasser aus diesen Quellen kann zwar nicht als Kontamination bezeichnet werden, hat jedoch die gleichen Auswirkungen wie Wasser in Schmiermitteln, die oben beschrieben wurden.

AUSWAHL VON SCHMIERFETTEN

Die erfolgreiche Verwendung von Lagerfett hängt von den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Schmiermittels und von Anwendung und Umweltbedingungen ab. Da es häufig schwierig ist, das richtige Schmierfett für ein bestimmtes Lager bei bestimmten Betriebsbedingungen auszuwählen, sollten Sie sich mit Ihrem Schmiermittellieferanten oder Maschinenhersteller in Verbindung setzen, um spezifische Fragen zu den Schmieranforderungen Ihrer Anwendung zu klären. Allgemeine Richtlinien zur Schmierung in allen Einsatzgebieten erhalten Sie außerdem bei Ihrem Timken-Ingenieur.

Schmierfette müssen hinsichtlich ihrer Konsistenz und der Betriebstemperatur sorgfältig ausgewählt werden. Bis zu einem festgelegten Grad sollte keine Verdickung, Abscheidung von Öl, Säurebildung oder Härtung auftreten. Das Fett sollte glatt, nicht faserig und vollständig frei von chemisch aktiven Bestandteilen sein. Der Tropfpunkt sollte deutlich über der Betriebstemperatur liegen.

Anwendungsspezifische Schmiermittel von Timken® wurden auf der Grundlage unserer Fachkenntnisse über Tribologie und Wälzlager entwickelt, um eine optimale allgemeine Systemleistung zu gewährleisten. Schmiermittel von Timken unterstützen den effizienten Betrieb von Lagern und verwandten Komponenten bei anspruchsvollen industriellen Betriebsabläufen. In schwierigen Umgebungen bieten hitzebeständige, abnutzungsresistente und wasserabstoßende Zusätze einen überragenden Schutz. Tabelle 132 gibt Überblick über Schmierfette von Timken für allgemeine Anwendungen. Wenden Sie sich an Ihren Timken-Ingenieur, um ausführlichere Veröffentlichungen zu Schmierlösungen von Timken zu erhalten.

TABELLE 133 AUSWAHLHILFE FÜR SCHMIERFETTE

UMGEBUNG		ANWENDUNG
Hoher Verschleiß • Mittlere Lasten Mittlere Drehzahlen Mittlere Temperaturen	Timken Premium Universal-Industrieschmierfett	Landwirtschaft • Buchsen/Kugelgelenke LKW- und PKW-Radlager Hohe industrielle Beanspruchung
Extreme Hitze • Schwere Lasten Hoher Gleitverschleiß Schmutzige Umgebungen Niedrige Drehzahlen • Stoßbelastungen	Timken Schmierfett für das Baugewerbe und für Off-Highway-Anwendungen	Landwirtschaft/Bergbau• Zementfabriken Baugewerbe/Off-Road • Steinbruch Erdbaumaschinen Flottenausrüstung • Schwerindustrie Gelenkbolzen/Zahnwellen
Nasse und korrosive Bedingungen Leise Umgebungen • Leichte Lasten Mittlere bis hohe Drehzahlen Mittlere Temperaturen Leichte Lasten Mittlere Wassereinwirkung	Timken Schmierfett für Stehlager mit Kugellagern	Leicht belastete Stehlagergehäuse Umlenkrollen • Ofenförderanlagen Elektromotoren • Gebläse • Pumpen Lichtmaschinen • Generatoren
Korrosive Medien • Extreme Hitze Schwere Lasten • Nasse Bedingungen Niedrige bis mittlere Drehzahlen	Timken Schmierfett für Walzwerke	Aluminiumwerke • Papierfabriken Stahlwerke • Ölplattformen Stromerzeugung
Zufälliger Lebensmittelkontakt Heiße und kalte Temperaturen Mittlere bis hohe Drehzahlen Mittlere Lasten	Timken Lebensmittelechtes Schmiermittel	Lebensmittel- und Getränkeindustrie Arzneimittel
Extreme niedrige oder hohe Temperaturen Schwere Lasten Korrosive Medien Niedrige bis mittlere Drehzahlen	Timken Synthetisches Industrie-Schmiermittel	Hauptlager von Windenergieanlagen Zellstoff- und Papiermaschinen Allgemeine Schwerindustrie Marineanwendungen Zentralschmiersysteme
Mittlere Drehzahlen Leichte bis mittlere Lasten Mittlere Temperaturen Mittlerer Wasserbereich	Timken Timken Mehrzweck-Lithium-Schmierfett	Allgemeine industrielle Anwendungen Bolzen und Buchsen • Stützrollen Wasserpumpen Gleitlager und reibungsarme Lager

Diese Auswahlhilfe ist nicht dazu bestimmt, die Spezifikationen des Geräteherstellers, der für die Leistung verantwortlich ist, zu ersetzen.

Für viele Lageranwendungen sind Schmierstoffe mit besonderen Eigenschaften bzw. Schmiermittel erforderlich, die speziell für bestimmte Umgebungen entwickelt wurden.

- Reibkorrosion (Passungsrost).
- Chemische und Lösungsmittelbeständigkeit.
- Lebensmittelverarbeitung.
- Laufruhe.
- Weltraum und/oder Vakuum.
- Elektrische Leitfähigkeit.

Bei Fragen bezüglich dieser oder anderer Bereiche mit speziellen Anforderungen an Schmierstoffe wenden Sie sich an Ihren Timken-Techniker.

RICHTLINIEN ZUR VERWENDUNG VON SCHMIERFETTEN

Es ist wichtig, dass für jede Anwendung die richtige Menge Schmierfett verwendet wird. Bei gängigen Industrieanwendungen sollte die Füllung der Lagerbohrung zwischen einem Drittel und der Hälfte liegen. Eine geringere Menge an Schmierfett kann zu einer mangelhaften Schmierung führen. Eine größere Menge kann zu unerwünschten Walkbewegungen führen. Durch beide Bedingungen kann eine übermäßige Wärmeentwicklung ausgelöst werden. Bei steigender Temperatur nimmt die Viskosität des Schmierfetts ab, und es wird dünner. Dies kann zu einer Verringerung der Schmierwirkung und zu zunehmendem Schmierfettaustritt aus dem Lager führen. Zudem können sich die Bestandteile des Schmierstoffs voneinander trennen, was zu einem vollständigen Abbau der Schmiereigenschaften führt. Mit dem Zerfall des Schmierstoffs nimmt das Drehmoment zu. Wenn eine zu große Schmierfettmenge bewegt wird, kann auch dies aufgrund des durch das Fett verursachten Widerstands zu einem höheren Drehmoment führen.

Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn im Gehäuse ausreichender Platz für überschüssiges Fett aus dem Lager vorhanden ist. Es ist jedoch ebenso wichtig, dass das Schmierfett das gesamte Lager umgibt. Große Hohlräume zwischen einzelnen Lagern sollten mit Schmierfett gefüllt werden, um das Austreten des Fetts aus dem Lagerbereich zu verhindern.

Nur bei Anwendungen mit niedriger Drehzahl darf das Gehäuse vollständig mit Schmierfett gefüllt sein. Durch dieses Schmierverfahren kann das Eintreten von Fremdstoffen in Fällen verhindert werden, in denen der Ausschluss von Schadstoffen und Feuchtigkeit durch die vorhandenen Dichtungen nicht gewährleistet werden kann.

Bei längeren Standzeiten ist es in der Regel ratsam, die Gehäuse zum Schutz der Lageroberflächen vollständig mit Schmierfett zu füllen. Vor der erneuten Inbetriebnahme sollte das überschüssige Schmierfett entfernt und der ordnungsgemäße Füllstand wiederhergestellt werden.

Wenn bei Anwendungen eine Fettschmierung verwendet wird, sollte das Gehäuse im oberen Bereich auf gegenüberliegenden Seiten mit einem Schmiernippel und einer Entlüftung ausgestattet sein. In der Nähr des Gehäusebodens sollte eine Ablassschraube angebracht sein, damit altes Schmierfett aus dem Lager abgeführt werden kann.

Um Schäden zu verhindern, sollten die Lager in regelmäßigen Abständen nachgeschmiert werden. Es ist nicht ganz einfach, die Nachschmierintervalle festzulegen. Wenn in Ihrem Werk keine praktischen Erfahrungen mit dieser oder anderen Anwendungen vorhanden sind, wenden Sie sich an den Schmiermittellieferanten.

Schmiermittel von Timken unterstützen den effizienten Betrieb von Lagern und verwandten Komponenten bei anspruchsvollen



Abb. 149. Schmierfett kann einfach von Hand aufgetragen werden.



Abb. 150. Mechanische Schmiervorrichtung

industriellen Betriebsabläufen. In schwierigen Umgebungen bieten hitzebeständige, abnutzungsresistente und wasserabstoßende Zusätze einen zusätzlichen Schutz. Timken bietet zudem eine Reihe von Ein- und Mehrpunktschmiervorrichtungen, mit denen die Verteilung der Schmierstoffe vereinfacht wird.

Anwendungsmethoden für Schmiermittel

Für die Lagerschmierung in Industrieanwendungen ist die Verwendung von Schmierfetten im Allgemeinen einfacher als die von Ölen. Für die meisten Lager, die von Anfang an mit Fett geschmiert wurden, ist ein regelmäßiges Nachschmieren erforderlich, um den effizienten Betrieb zu gewährleisten.

Das Schmierfett sollte in das Lager hineingerieben werden, damit es zwischen die Wälzkörper gelangt. Bei Kegelrollenlagern sollte der Schmierstoff von der breiten Seite hin zur schmalen Seite des Lagers aufgetragen werden, um eine gleichmäßige Verteilung sicherzustellen.

Lager kleinerer und mittlerer Größe können leicht von Hand geschmiert werden (Abb. 149). In Betrieben, in denen Lager häufig nachgeschmiert werden, kann eine mechanische Schmiervorrichtung hilfreich sein, mit der das Schmiermittel unter Druck in das Lager eingepresst wird (Abb. 150). Unabhängig von der angewendeten Methode sollte nach dem Schmieren der inneren Lagerbereiche auch außen auf den Wälzkörpern eine kleine Menge Fett aufgetragen werden.

Beim Festlegen der Nachschmierzyklen sind zwei Faktoren ausschlaggebend: die Betriebstemperatur und die Wirksamkeit der Dichtung. Für Anwendungen mit hoher Betriebstemperatur ist das Nachschmieren häufiger erforderlich. Je schlechter eine Dichtung abdichtet, desto größer ist der Fettverlust und desto häufiger muss Schmierfett hinzugefügt werden.

Es sollte jedes Mal Schmierfett hinzugefügt werden, wenn die Menge im Lager unter der gewünschten Menge liegt. Schmierstoffe sollten ersetzt werden, wenn die Schmiereigenschaften durch Verunreinigung, hohe Temperaturen, Wasser, Oxidation oder beliebige andere Faktoren verringert sind. Weitere Informationen zu geeigneten Nachschmierzyklen erhalten Sie vom Anlagenhersteller oder von einem Timken-Ingenieur.

Vorgeschmierte Lager

Vorgeschmierte abgeschirmte und angedichtete Lager kommen bei Anwendungen zum Einsatz, bei denen:

- Fett andere Teile der Anlage beeinträchtigen könnte.
- Kosten- und Raumbeschränkungen die Verwendung eines fettgefüllten Gehäuses verhindern.
- Gehäuse nicht frei von Schmutz und Ablagerungen, Wasser oder anderen Verunreinigungen gehalten werden können.
- Nachschmierung nicht möglich ist oder den gewünschten Einsatz gefährden würde.

Vorgeschmierte Lager sind mit chemisch und mechanisch stabilen Schmierfetten befüllt und zeigen gute Langzeitergebnisse bei rotierenden Lagern. Das Schmierfett wird mehrfach gefiltert, um alle schädlichen Inhaltsstoffe zu entfernen, und genau bemessen, damit in jedem Lager die erforderliche Menge an Schmierfett vorhanden ist.

Bei Kugellagern werden Schmierfette auf Polyharnstoff- und Lithiumbasis gegenüber Allzweckschmiermitteln für Lager bevorzugt. Außerdem bieten diese Fette Vorteile bei Anwendungen mit hoher Feuchtigkeit. Beide Fette zeichnen sich durch gute Wasserbeständigkeit aus. Die Temperaturbereiche von Standardschmierfetten sind in Tabelle 133 angegeben

TABELLE 134. STANDARDSCHMIERUNG FÜR KUGELLAGER VON TIMKEN

Lagertyp	Fetttyp	Temperaturbereich des Schmierfetts
Radiallager (Zweifach abgeschirmt und einfach oder doppelt abgedichtet)	Polyharnstoff-Verdickungsmittel Mineralöl	**-34 °C bis +135 °C (-30 °F bis +275 °F)**
Lager mit breitem Innenring (Kontaktdichtungstyp)	Polyharnstoff-Verdickungsmittel Mineralöl	**-34 °C bis +135 °C (-30 °F bis +275 °F)**
Lager mit breitem Innenring (Labyrinthdichtungstyp)	Synthetisches Verdickungsmittel Synthetische flüssige Kohlenwasserstoffe	**-54° C bis +163° C** (-65° F bis +325° F)

KONSISTENZ

Die Konsistenz von Schmierstoffen kann sehr unterschiedlich ausfallen. Es gibt sowohl halbflüssige Stoffe, die kaum dichter sind als zähflüssiges Öl, als auch feste Sorten mit der Konsistenz von weichem Holz.

Die Konsistenz wird mit einem Penetrometer gemessen, mit dem ein Standardgewicht in Form eines Kegels in den Schmierstoff fallen gelassen wird. Der Weg, den der Kegel beim Eindringen zurücklegt (gemessen in Zehntelmillimetern in einem bestimmten Zeitraum), ist die Durchdringungszahl.

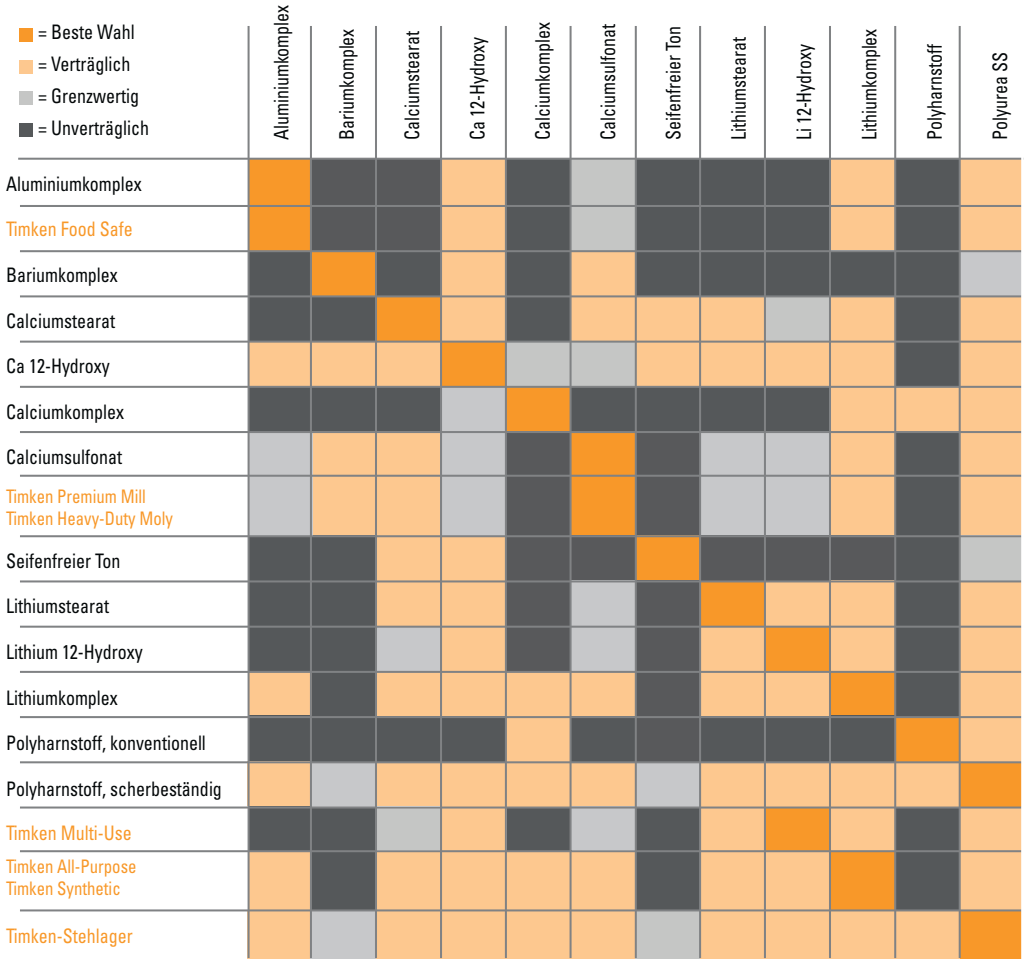
Im folgenden finden Sie die Klassifikation der Fettkonsistenz des National Lubricating Grease Institute (NLGI):

TABELLE 135 NLGI-KLASSIFIKATIONEN

NLGI-Fettqualitäten	Durchdringungszahl
0	355-385
1	310-340
2	265-295
3	220-250
4	175-205
5	130-160
6	85-115

Die Schmierfettkonsistenz ist nicht unveränderlich. Normalerweise wird das Fett beim Scheren oder „Arbeiten“ weicher. Im Labor wird dieses „Arbeiten“ simuliert, indem ein Lochblech in einem geschlossenen Fettbehälter auf und ab bewegt wird. Dieses „Arbeiten“ kann nicht mit den starken Scherkräften in einem Lager verglichen werden und ist deshalb nicht unbedingt auf die tatsächliche Leistung übertragbar.

TABELLE 136 DIAGRAMM ZUR SCHMIERFETTVERTRÄGLICHKEIT



HINWEIS

Das Mischen von Schmierfetten kann zu fehlerhafter Lagerschmierung führen. Befolgen Sie stets die jeweiligen Schmieranweisungen Ihres Geräteherstellers.

DICHTUNGEN

AUSWAHL DER RICHTIGEN DICHTUNG

Bei der Auswahl der richtigen Dichtungsausführung für beliebige Anwendungen von Timken Lagern müssen die Art der Schmierung, die Betriebsumgebung, die Drehzahl und allgemeine Betriebsbedingungen berücksichtigt werden.

WELLENOBERFLÄCHE

Es muss unbedingt sichergestellt werden, dass sich keine spiralförmigen Rillen von der Wellenfertigung auf der Oberfläche befinden, da dies dazu führen kann, dass Schmiermittel aus oder Verunreinigungen in die Lagerbohrung befördert werden. Durch Einstechschleifen wird im Allgemeinen eine ausreichende Oberflächengüte erzielt.

FETTSCHMIERUNG – DRUCKAUSGLEICH

Bei Fettschmierung in Verbindung mit Dichtungen mit oder ohne Kontakte sollte für einen Druckausgleich zwischen beiden Lagern im Inneren der Lagerhohlräume gesorgt werden. So wird ein Eindringen von Verunreinigung durch die Dichtungen verhindert, falls es zu Druckunterschieden zwischen dem Lagerhohlraum und der Umgebung kommt.

VERTIKALE WELLENVERSCHLÜSSE – ÖLSCHMIERUNG

Die Schmierung von Lagern auf vertikalen Wellen ist problematisch. Bevorzugt werden der Einfachheit halber Schmierfett, Ölnebel oder Öl-/Luft-Schmierung eingesetzt. Bei einigen Anwendungen mit hohen Drehzahlen oder Lasten wird dagegen mit Ölkreisläufen gearbeitet. Hierfür sind ein ausgezeichnetes Dichtungssystem und eine Saugpumpe erforderlich, um das Öl aus dem unteren Lagerbereich zu entfernen.

BERÜHRUNGSLOSE DICHTUNGEN

METALLSTANZTEILE

Gestanzte Metallabdeckungen sind eine effektive Lösung für Anwendungen mit hoher Sauberkeit. Bei schmutzigen Umgebungsbedingungen werden gestanzte Metallabdeckungen in Verbindung mit anderen Verschlusselementen verwendet, um ein effektives Labyrinth gegen das Eindringen von Fremdstoffen in die Lagerkammer zu bilden.

Die in Abbildung 151 gezeigte gestanzte Metallabdeckung stellt eine effektive Lösung für fettgeschmierte Anwendungen in einer reinen Umgebung dar. Bei der in Abbildung 152 dargestellten Ausführung wird das Schmierfett mithilfe von gestanzten Metallringen auf beiden Seiten des Lagers nahe am Lager gehalten. Durch den Schleuderteller an der Außenseite des Lagers wird ein Labyrintheffekt erzielt.

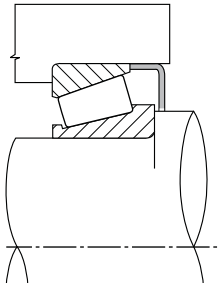


Abb. 151. Metallstanzring.

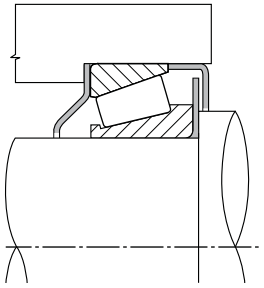


Abb. 152. Metallstanzringe.

Die Stanzteile sollten so konzipiert sein, dass ein Spiel von 0,5 bis 0,6 mm (0,020 bis 0,025 Zoll) zwischen den rotierenden und den stationären Teilen vorhanden ist. Dabei sollte ein Axialspiel von wenigstens 3 mm (0,125 Zoll) eingehalten werden.

GEFRÄSTE SCHLEUDERTELLER

Anstelle von Stanzteilen können in Kombination mit anderen Verschlusselementen gefräste Teile verwendet werden, wenn ein geringeres Spiel notwendig ist. Dies führt zu einer effizienteren Rückhaltung des Schmiermittels und zum Fernhalten von Fremdstoffen aus der Lagerumgebung. Beispiele hierfür sind in den Abbildungen 153 und 154 dargestellt.

Abb. 154 zeigt einen schirmförmigen Schleuderteller mit umlaufenden Rillen zur Welle in Verbindung mit einem Ring für einen effektiven Labyrintheffekt. Durch diese Kombination wird das Öl bei hohen Wellengeschwindigkeiten effektiv zurück- und Schmutz vom System ferngehalten.

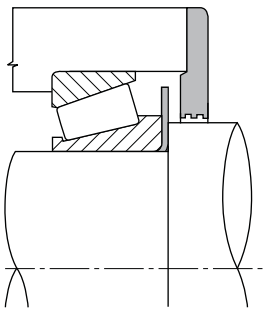


Abb. 153. Gefräster Schleuderteller in Verbindung mit umlaufenden Rillen.

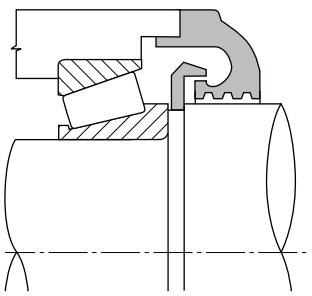


Abb. 154. Gefräster schirmförmiger Schleuderteller in Verbindung mit umlaufenden Rillen und Metallring.

UMLAUFENDE NUTEN

Abdeckungen mit umlaufenden Rillen oder Nuten werden häufig in Kombination mit Fettschmierung anstelle von Radiallippendichtungen verwendet, wenn erhebliche Mengen an Staub und Sand vorhanden sind. Die Abdeckung verfügt meist über mehrere Nuten, die je nach Ausführung in die Bohrung oder den äußeren Durchmesser eingefräst sind. Diese werden mit Fett aufgefüllt, das zur Verhärtung neigt und somit ein gutes Verschließen gewährleistet. Bei Verwendung mit Öl neigen die Rillen dazu, die Kapillarkräfte zu unterbrechen, durch die das Öl normalerweise aus der Lagerbohrung austreten würde. umlaufende Nuten mit gefrästem Labyrinth bieten einen effektiven Schutz für fettgeschmierte Lager, wenn die Einheit in besonders schmutzigen Umgebungen betrieben wird (Abb. 155). Dieser Verschlusstyp ist besonders effektiv, wenn er bei geringem Laufspiel und der maximal möglichen Anzahl von Rillen eingesetzt wird. Die empfohlenen Abmessungen sind in Tabelle 136 angegeben.

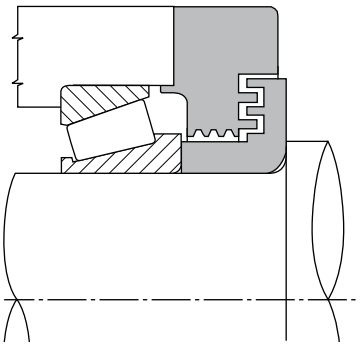
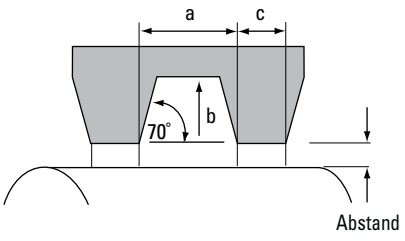


Abb. 155. Umlaufende Rillen in Verbindung mit einem gefrästen Labyrinth.

TABELLE 137 EMPFOHLENE ABMESSUNGEN FÜR UMLAUFENDE RILLEN



	mm Zoll	
Abmessung a	**3,20 - 4,80** 0.125 - 0.190	
Abmessung b	**4,00 - 4,80** 0.160 - 0.190	
Abmessung c	0,5a	
Diametrales Spiel	**0,25 - 0,40** 0,010 - 0,016	für Durchmesser bis 50 mm (2 Zoll)
	max. 1,3 max. 0,05	für Durchmesser über 50 mm (2 Zoll)

BERÜHRENDE DICHTUNGEN

RADIALLIPPENDICHTUNGEN

Es sind viele Bauarten und Ausführungen von Radialwellendichtungen im Handel erhältlich, um unterschiedliche Dichtungsanforderungen zu erfüllen. In sauberen Umgebungen, in denen es primär darum geht, das Schmiermittel im Inneren des Lagers zu halten, werden häufig einfache Lippendichtungen verwendet, bei denen die Lippe nach innen zeigt. Wenn es in erster Linie darum geht, keine Verunreinigungen in das Lagerinnere gelangen zu lassen, zeigt die Lippe nach außen (Abb. 156).

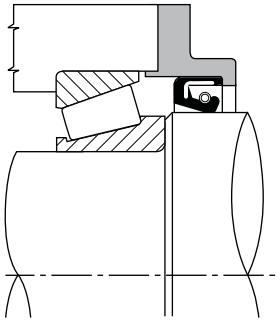


Abb. 156. Radiale Lippendichtungen.

Lippendichtungen sind mit oder ohne federgespannte Lippe erhältlich. Die Feder sorgt für einen konstanten Druck der Lippe auf die Dichtungsoberfläche und ermöglicht so eine effizientere Dichtung über einen längeren Zeitraum. Wenn aufgrund der Umgebungsbedingungen das Eindringen von Verunreinigungen in die Lagerkammer und das Austreten von Schmiermittel mithilfe einer Dichtung verhindert werden muss, werden häufig doppelte oder dreifache Lippendichtungen verwendet. Zusätzliche Schleuderteller oder Mantelringe sollten bei extrem verunreinigten Umgebungsbedingungen als Primärdichtungen dienen. Die Dichtungslippe und die Dichtungsoberfläche sind geschützt, um schnellen Verschleiß und vorzeitige Schäden zu vermeiden (Abb. 157).

Die Verschleißflächen der Dichtung sollten in der Regel eine Oberflächengüte von etwa 0,25-0,40 µm (10-15 µZoll) Ra aufweisen. Grundsätzlich sollte die Verschleißfläche bei Anwendungen mit extremen Verunreinigungen eine Oberflächenhärte von mindestens 45 HRC aufweisen. Genauere Informationen erhalten Sie vom Dichtungshersteller.

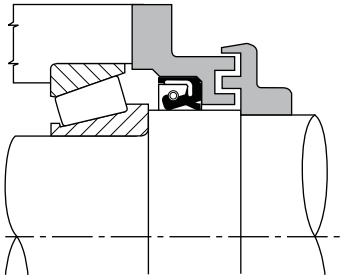


Abb. 157. Lippendichtung mit gefrästem Labyrinth.

DUO FACE®-PLUS-DICHTUNGEN

Die DUO FACE-PLUS-Dichtung (Abb. 158) verfügt über doppelte Lippen, die die Gehäusebohrung und die geschliffene Oberfläche der Außenringvorderseite abdichten. So muss keine besondere Dichtungsoberfläche eingefräst werden. Die DUO FACE-PLUS-Dichtung hat sich bei vielen unterschiedlichen fettgeschmierten Anwendungen bewährt.

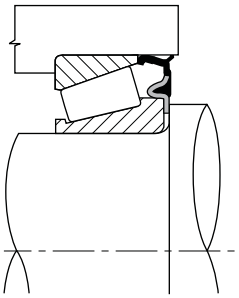


Abb. 158. DUO FACE®-PLUS-Dichtung.

MEMBRANDICHTUNGEN

Membrandichtungen (Abb. 159) sind im Handel erhältlich. Die Metalllippe wird mit einer Feder gegen die schmale Seite des Außenrings gespannt. Der in Abbildung 160 dargestellte Dichtungstyp ist mit einer zweiten Lippe zur Abdichtung gegen das Gehäuse ausgestattet.

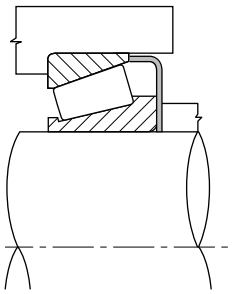


Abb. 159. Membrandichtung.

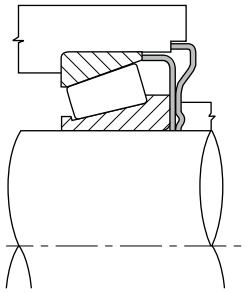


Abb. 160. Membrandichtung mit zweiter Lippe.

MECHANISCHE GLEITRINGDICHTUNGEN

Diese Dichtungen werden häufig in extrem schmutzigen Umgebungen bei niedrigen Drehzahlen eingesetzt. In Abbildung 159 ist ein im Handel erhältlicher firmeneigener Typ mechanischer Gleitringdichtungen dargestellt. Dieser Dichtungstyp muss in einem Ölbad verwendet werden. Darüber hinaus sind Ausführungen für hohe Drehzahlen und weitere besondere Anwendungsfälle erhältlich.

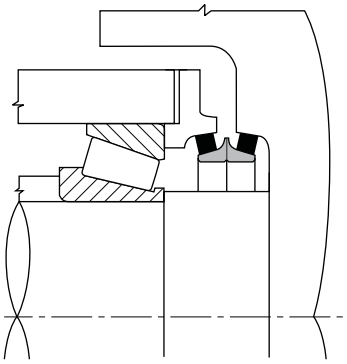


Abb. 161. Mechanische Gleitringdichtung für niedrige Drehzahlen und verschmutzte Umgebungen.

V-RING-DICHTUNGEN

V-Ring-Dichtungen können sowohl mit Fett- als auch Ölschmierung verwendet werden. Mit steigender Drehzahl neigen die Lippen dazu, sich von der Dichtungsoberfläche fortzubewegen und sich wie Schleuderteller zu verhalten. Diese Dichtung ist für die Verwendung mit Öl- oder Fettschmierung geeignet (Abb. 162). Wenden Sie sich an Ihren Lieferanten, um Informationen zu Anwendungsbeschränkungen von V-Ring-Dichtungen zu erhalten.

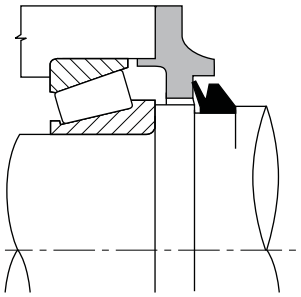


Abb. 162. V-Ring-Dichtungen.

KUGELLAGER MIT DECKSCHEIBEN UND DICHTUNGEN

DECKSCHEIBEN (TYP D)

Einreihige Radialtypen der Typen K und W sind mit einer (Suffix D) oder zwei (Suffix DD) DECKSCHEIBEN erhältlich. Die Deckscheiben auf einer Seite bietet Schutz gegen das Eindringen von groben Verunreinigungen oder Splittern und ermöglicht eine Nachschmierung des Lagers über die offene Seite (vgl. Abb. 163).

Beideitig abgedeckte Lager werden mit der richtigen Menge eines von Timken empfohlenen Kugellagerfetts vorgeschmiert und sind für Anwendungen bestimmt, bei denen eine Nachschmierung nicht erforderlich ist (Abb. 164).

LABYRINTH- ODER MECHANI-DICHTUNGEN (TYP L)

Lager mit Mechani-Dichtungen werden nur bei Lagern ohne Füllnut eingesetzt und sind mit einer einzelnen Dichtung (Nachsetzzeichen L), einer Dichtung und einer Deckscheibe (Nachsetzzeichen LD) und zwei Dichtungen (Nachsetzzeichen LL) erhältlich. Diese Lager haben standardmäßige Bohrungen, Außendurchmesser und Außenringbreiten; der Innenring ist jedoch breiter als bei nicht-abgeschirmten und abgeschirmten Standardgrößen. Wie in Abbildung 165 und 165 dargestellt, sind die Innenringe beim Typ L und LD auf der gegenüberliegenden Seite der Dichtung leicht versetzt, um für das erforderliche Spiel zu sorgen, wenn die Lager in Blindgehäusen montiert werden.

Die Mechani-Dichtung wurde von Timken entwickelt, um eine Dichtung mit extrem niedriger Reibung bereitzustellen, die zudem noch für eine effektive Fettrückhaltung sorgt und Kontaminationen ausschließt. Sie besteht aus zwei tellerförmigen Stahlelementen. Das innere Element ist am Außenring fixiert. Dieser ist üblicherweise feststehend und bildet eine Barriere, die das Schmierfett zurückhält. Das äußere Element wird an den Außendurchmesser des Innenrings gepresst und rotiert als Schleuderteller, um Verunreinigungen abzuwehren. Das enge Laufspiel zwischen innerem und äußerem Element sorgt für eine effektive Abdichtung unter besonders schwierigen Bedingungen. Die Dichtungskonfiguration ist besonders bei hohen Drehzahlen effektiv, da die Reibung durch die berührungsfreie Konstruktion der Dichtung minimiert wird und durch die höhere Geschwindigkeit des Schleudertellers mehr Verunreinigungen abgehalten werden. Lager mit Mechani-Dichtungen werden häufig bei pneumatischen Werkzeugen mit hoher Drehzahl, kleinen Elektromotoren, Pumpen, Anwendungen im Haushalt und bei ähnlichen Anwendungen mit hohen Drehzahlen eingesetzt. In Abb. 167 ist eine typische Lageranordnung des LL-Typs dargestellt.

Radiallager in breiter Ausführung (Typ W-LL) mit Mechani-Dichtungen sind durch das Präfix W und das Suffix LL für beide Dichtungen gekennzeichnet. Sie werden mit standardmäßigen Bohrungen und Außendurchmessern gefertigt, die Breite entspricht jedoch der Ausführung von doppelreihigen Lagern der entsprechenden Größe. Die zusätzliche Breite bietet zusätzlichen Raum für langlebiges werksseitig gefiltertes Schmierfett und zusätzliche Unterstützung für Wellen und Gehäuse – so werden bei Anwendungen wie Elektromotoren keine Kontermuttern und Sicherungsringe benötigt. Eine typische Lageranordnung ist in Abbildung 169 dargestellt.

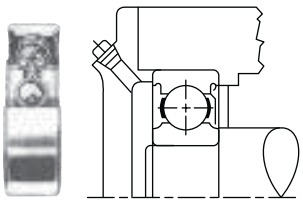


Abb. 163. Eine Abschirmung, Nachsetzzeichen D.

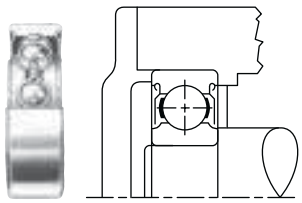


Abb. 164. Zwei Deckscheiben, Nachsetzzeichen DD.

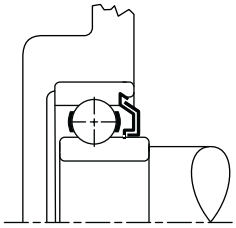


Abb. 165. Nachsetzzeichen L.

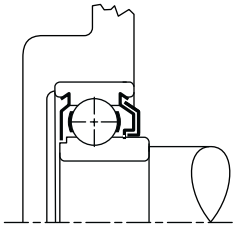


Abb. 166. Nachsetzzeichen

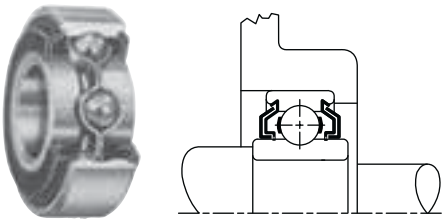


Abb. 167. Zwei Mechani-Dichtungen Nachsetzzeichen LL.



Abb. 168. Typ W-LL.

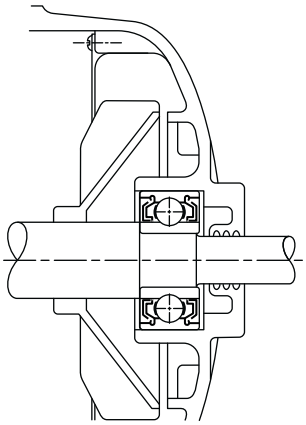


Abb. 169. Typische Lageranordnung.

FILZDICHTUNGEN (TYP T)

Filzdichtungen bestehen aus zwei Metallplatten, die einen Filzring umschließen und im Außenring des Lagers fixiert sind. Dieser Filzring wird vor der Montage im Lager mit Öl getränkt und steht mit der geschliffenen Außenfläche des Innenrings in Kontakt, um eine Reibung mit minimalen Reibungsverlusten zu gewährleisten.

Lager mit Filzdichtungen werden nur bei Lagern ohne Füllnut eingesetzt und sind mit einer einzelnen Dichtung (Suffix T), einer Dichtung und einer Abschirmung (Suffix TD) und zwei Dichtungen (Suffix TT) erhältlich. Die Bohrungen und Außendurchmesser dieser Lager entsprechen denen der standardmäßigen ungeschirmten und abgeschirmten Typen, die Gesamtbreite ist jedoch höher. Wie in Abbildung 168 und 169 dargestellt, sind bei den Typen T und TD Wie in den Abbildungen 170 und 171 für die Typen T und TD dargestellt, sind die Innenringe auf der gegenüberliegenden Seite der Dichtung leicht versetzt, um für das erforderliche Spiel zu sorgen, wenn die Lager in Blindgehäusen montiert werden.

GUMMIDICHTUNGEN (TYP P)

Radiallager mit ein oder zwei Gummidichtungen werden durch die Suffixe „P" bzw. „PP" gekennzeichnet. Mit Ausnahme der extrakleinen Größen sind sie jeweils mit den offenen und abgeschirmten Größen austauschbar.

Beim Typ P handelt es sich um eine formschließende Dichtung aus gegossenem synthetischem Gummi. Die Dichtung ist fest am Außenring befestigt, weitet sich nach außen und sitzt auf dem Innenring. Die Ausweitung der Dichtung zum Radius des Innenrings sorgt für einen Formschluss, der eine effektive Barriere gegen eindringende Verunreinigungen und den Austritt von Schmiermittel bietet.

Lager mit Gummidichtungen von Timken stellen eine praktische kompakte Ausführung dar, da sie der Größe von einreihigen Standardradiallagern entsprechen.

Radiallager in breiter Ausführung mit Gummidichtung (Typ W-PP) sind durch das Präfix W und das Suffix PP (für zwei Dichtungen) gekennzeichnet. Sie verfügen über standardmäßige Bohrungen und Außendurchmesser, die Breite entspricht jedoch der von doppelreihigen Lagern der entsprechenden Größe. Außerdem sind gegossene Dichtungen integriert.

Die zusätzliche Breite bietet einen größeren Kontaktbereich für Welle und Gehäuse und zusätzlichen Raum für die Ablagerung von Schmierfett während des Betriebs.

Diese Lager in breiter Ausführung mit Gummidichtung sind insbesondere für Elektromotoren geeignet. Dank der Vorteile dieser Lager konnten die Motorhersteller deren Bauweise vereinfachen. Ein typisches Beispiel für eine vereinfachte Motorkonstruktion ist in Abbildung 173 dargestellt.

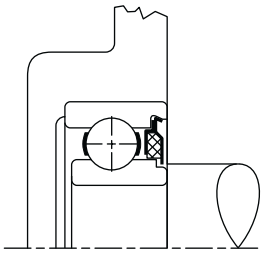


Abb. 170. Nachsetzzeichen T.

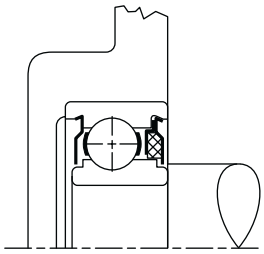
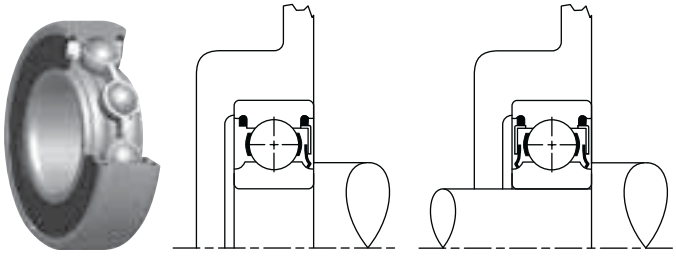


Abb. 171. Nachsetzzeichen TD.



Nachsetzzeichen PP **Typ P** **Typ PP**

Abb. 172. Typische Lageranordnungen.



Abb. 173. Elektromotoreinheit mit Lager des Typs W-PP.

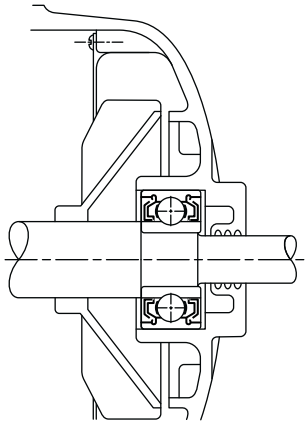


Abb. 174. Typische Lageranordnung des Typs W-PP.

GUMMIDICHTUNGEN (TYP R)

Eine der fortschrittlichsten von Timken eingeführten Dichtungsausführungen ist das Lager mit Gummidichtung des Typs R. Dabei handelt es sich um eine formschließende Dichtung, die aus drei Teilen besteht: einer synthetischen Gummidichtung, die von zwei Stahlkappen eingeschlossen wird. Die Dichtung weitet sich nach außen und sitzt auf oder wischt über die geschliffene Oberfläche des Innenrings. Bei dieser Bauweise ist das Dichtungselement aus Gummi vollständig durch eine genau angepasste Außenkappe (bzw. einen Mantelring) geschützt, die eng am Dichtungselement sitzt und dessen sich ausweitender Form am Innenring des Außendurchmessers folgt. Der innerste Teil ist in eine Rille des Außenrings gepresst und schließt die Dichtung und den äußeren Mantelring ein. Der Sicherungsbügel der Dichtungsbaugruppe sorgt für einen engen Kontakt der Dichtung und verfügt über ein sehr enges Spiel am Außendurchmesser des Innenrings. Dies verhindert, dass die Dichtung nach innen gedrückt wird.

Dichtungen des Typs R bieten eine verbesserte Schmiermittelrückhaltung sowie größeren Schutz vor eintretenden Verunreinigungen und dem Abrieb der Gummidichtung, ein Problem bei vielen Anwendungen in der Landwirtschaft und der Textilverarbeitung. Diese Dichtungsbauweise ist auch für breite Innenlager in Standard- und schwerer Ausführung erhältlich.

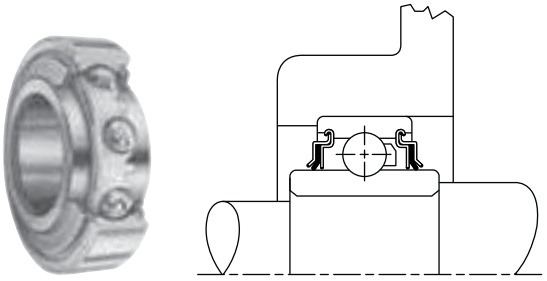


Abb. 175. Nachsetzzeichen RR für Mantelringdichtung.

TRI-PLY-DICHTUNGEN

Kugellager mit Tri-Ply-Mantelringdichtung sind für Lageranwendungen bei außergewöhnlich schweren Verunreinigungen oder bei Umgebungsbedingungen mit extremem Abrieb ausgelegt. Sie werden in zahlreichen Typen und Größen für Ausführungen mit normalen und breitem Innenring gefertigt.

Jede Tri-Ply-Dichtung besteht aus einer dreilippigen Nitrildichtung, die in eine Mantelringkappe aus Schwermetall gegossen ist. Alle drei Dichtungslippen weiten sich aus, stehen eng mit dem Außendurchmesser des Innenrings in Kontakt und bieten einen außergewöhnlich effektiven Schutz gegen Schmiermittelverlust und das Eindringen von nassen oder abrasiven Verunreinigungen. Die Mantelringkappe sitzt eng an der äußeren Dichtungslippe und schützt die Gummidichtung vor Abriebsschäden.

Ein Merkmal dieser Lager ist die ausbalancierte Bauweise mit tiefen Laufflächen, großen Kugeln sowie extrabreiten oder schweren Innenringen. Der Einsatz von Tri-Ply-Lagern vereinfacht die Gehäuseausführungen, und die zusätzliche Breite des Innenrings bietet eine größere Unterstützung der Welle. Diese Lager kommen häufig bei Förderanlagen und landwirtschaftlichen Geräten zum Einsatz, z. B. in Scheibeneggen, Häuflern oder Tomaten- und Baumwollerntemaschinen.

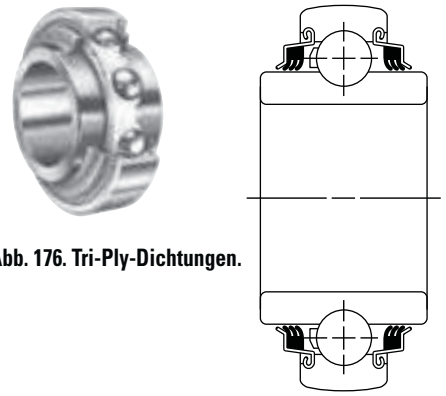


Abb. 176. Tri-Ply-Dichtungen.

Interaktive Versionen der Timken Kataloge finden Sie unter www.timken.com/catalogs. Eine Katalog-App für Ihr Smartphone oder Ihr mobiles Gerät können Sie durch Einlesen des QR-Codes oder bei timkencatalogs.squawqr.com herunterladen.

Best.-Nr. E10424-DE | Timken® ist eine eingetragene Marke von The Timken Company | © 2019 The Timken Company | Gedruckt in Europa.

TIMKEN

Das Team von Timken nutzt sein technisches Know-how, um in unterschiedlichsten Märkten weltweit die Zuverlässigkeit und Leistung von Maschinen und Anlagen zu verbessern. Wir entwickeln, fertigen und vermarkten leistungsstarke mechanische Bauteile, darunter Wälzlager, Riemen, Bremsen, Kupplungen, Ketten, Getriebe und verwandte Produkte und Dienstleistungen für die Antriebstechnik.

Stronger. By Design.

www.timken.com