

Tutorial Series

Wälzlagerberechnung - Starter Basics

Erste Ergebnisse

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	2
1.1 Ziel des Tutorials	2
1.2 Software Version.....	2
1.3 Hinweise	2
2. MESYS Wälzlagerberechnung - Stärken und Möglichkeiten	2
3. Software Handbuch	3
3.1 Handbuch online.....	3
3.2 Handbuch als PDF	3
4. Berechnung von Wälzlager	3
4.1 Generell	3
4.2 Menü-Funktionen	3
4.3 Einstellungen unter 'Allgemein'	4
4.3.1 Generell	4
4.3.2 Faktor aISO	4
4.3.3 Fliehkraft.....	5
4.3.4 Temperaturgradient in Passungen	5
4.3.5 Berechnung für Spiellage.....	5
4.3.6 Wälzkörpertemperatur.....	5
4.3.7 Elastische Aufweitung Ringe	5
4.3.8 Lastkollektiv	5
4.3.9 Erweiterte Lebensdauer	5
4.4 Wälzlagergeometrie	6
4.4.1 Generell	6
4.4.2 Eingabe über Aussengeometrie	6
4.4.3 Eingabe der Aussengeometrie und der Tragzahlen.....	7
4.4.4 Eingabe der Innengeometrie.....	7
4.4.5 Eingabe der Innengeometrie und der Tragzahlen	10
4.4.6 Lager aus Datenbank wählen	10
4.4.7 Lagerspiel.....	11
4.4.8 Toleranz des Lagers.....	12
4.5 Einstellungen unter 'Lagerkonfiguration'	16
4.6 Einstellungen unter 'Werkstoff und Schmierung'	16
4.6.1 Werkstoff.....	16
4.6.2 Schmierung.....	16
4.7 Einstellungen unter 'Belastung'	17
4.7.1 Allgemein.....	17
4.7.2 Eingabefelder	17
4.8 Berechnung von Stützrollen	17
5. Auslegung	18
5.1 Methodologie.....	18
5.2 Passung	18
5.2.1 Protokoll Toleranzen	18
5.2.2 Toleranz & Rauheit	18
5.2.3 ISO Passung	18
5.2.4 Temperaturgefälle	19
5.2.5 Elastische Aufweitung der Ringe.....	19
5.2.6 Temperaturgradient	20
5.3 Montage / Demontage	20
5.4 Belastung	20
5.4.1 Allgemein.....	20
5.4.2 Tragzahl.....	20
5.4.3 Lastkollektiv	21
5.4.4 Parametervariation.....	21
6. Resultate.....	23
6.1 Protokolle	23
6.2 Grafiken	23
6.3 Weitere Resultate	24
6.4 Protokolle	24

1. Vorwort

1.1 Ziel des Tutorials

Dieses Starter-Tutorial zu [MESYS Wälzlagerberechnung](#) zeigt die grundlegenden Funktionen der Software und vermittelt erste Eindrücke zur Leistungsfähigkeit der rechnerischen Auslegung von Wälzlagern. Es behandelt gezielt nur Themen und Einstellungen, die zur Einarbeitung in das Produkt und die Übungsinhalte notwendig sind.

Wenden Sie sich ungehindert an [MESYS](#), sollten in der Verwendung der Software Fragen auftauchen.

1.2 Software Version

Dieses Tutorial wurde mit MESYS Wälzlagerberechnung Version 12-2024 erstellt.

1.3. Hinweise



Ein blauer Pfeil bedeutet eine Aufforderung an den Leser.



Ein grüner Pfeil bedeutet eine Schlussfolgerung oder Wirkung.

2. MESYS Wälzlagerberechnung - Stärken und Möglichkeiten

Um sich ein Bild von den Möglichkeiten der MESYS Wälzlagerberechnung zu machen, laden wir Sie herzlich ein, die MESYS-Website an der spezifischen Adresse für [Wälzlagerberechnung](#) zu besuchen.

Bitte konsultieren Sie auch die entsprechenden [Artikel für Wälzlager](#) unter Home/Produkte/Kategorien/Wälzlager gemäss Bild 1 an:

3. Software Handbuch

3.1 Handbuch online

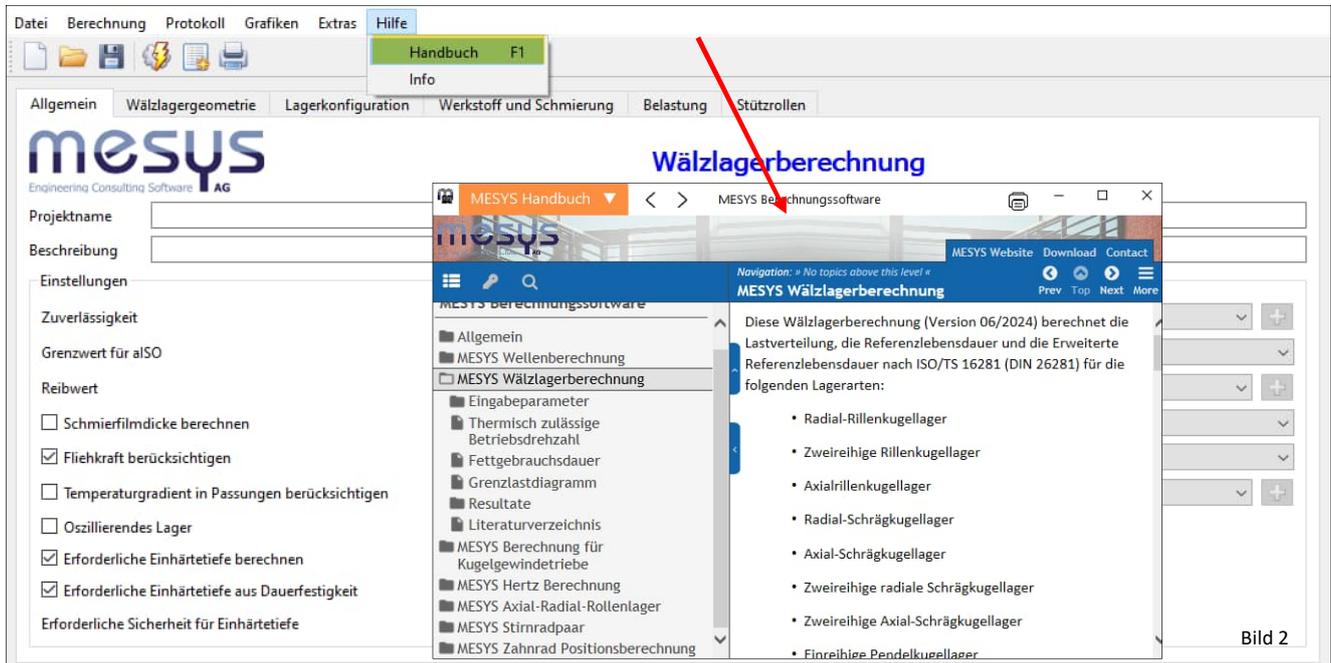


Bild 2

Das [Software-Handbuch](#) ist über die Benutzeroberfläche abrufbar, indem das Menü 'Hilfe' unter dem Punkt 'Handbuch F1' angewählt wird:

Sie können das Software-Handbuch jederzeit auch lokal mit positionsspezifischen Inhalten direkt über Ihre Tastatur F1 öffnen.

3.2 Handbuch als PDF

Das Software-Handbuch finden Sie in den Hauptsprachen auch als PDF-Format im MESYS-Installationsverzeichnis (Bild 3) oder direkt auf der MESYS Website unter '[Downloads/Allgemeine Downloads](#)'.

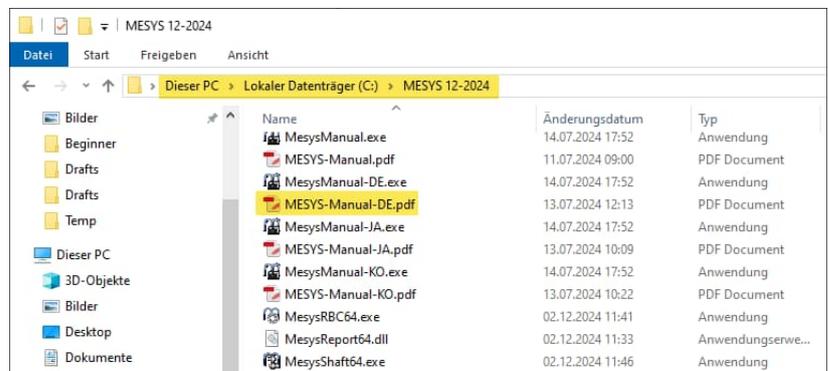


Bild 3

4. Berechnung von Wälzlager

4.1 Generell

Die Software MESYS Wälzlagerberechnung berechnet die Lastverteilung, die Referenzlebensdauer und die Erweiterte Referenzlebensdauer nach ISO 16281, sowie die Basislebensdauer und Erweiterte Lebensdauer nach ISO 281 für aktuell 31 Wälzlagerausführungen.

➡ Bitte starten Sie die Software MESYS Wälzlagerberechnung.

4.2 Menü-Funktionen

Nicht alle Menüs bestehen aus selbsterklärenden Inhalten. Dieses Tutorial führt Sie im Rahmen der gestellten Aufgaben und in der Abwicklung des Eingabeprozesses über die entsprechenden Inhalte und Erklärungen.



Nach dem Start präsentiert sich die Oberfläche der Software in 6 Registerkarten: 'Allgemein', 'Wälzlagergeometrie', 'Lagerkonfiguration', 'Werkstoff und Schmierung', 'Belastung' und 'Stützrollen'.

Bild 4



Unter dem Reiter 'Allgemein' wird Ihnen eine zahlreiche Menge an möglichen Einstellungen geboten. Im Rahmen dieses 'Starter Tutorial' ist es aufgrund des potentiellen Umfangs nicht möglich, im Detail auf alle Funktionen der Software einzugehen. Bitte konsultieren Sie für die entsprechenden Inhalte das Online-Handbuch im Abschnitt '[Eingabeparameter](#)' und den zugehörigen Unterkapiteln.

Wir möchten in der Folge im Rahmen eines imaginären Tutorial-Projektes, der Software einige Berechnungsaufgaben übertragen.

➡ Wählen Sie gemäss Bild 4 einen geeigneten Namen und eine Beschreibung für das imaginäre Projekt.

Lassen Sie uns anhand eines gängigen Lagertyps, in der Praxis oft verwendete Einstellungen näher betrachten. Gehen Sie davon aus, dass die standardmässigen Voreinstellungen beim Programmstart, für das schrittweise Herangehen einer übliche Wälzlagerberechnung, aufgrund der breiten Verwendung ein guter Einstieg darstellt.

4.3 Einstellungen unter 'Allgemein'

4.3.1 Generell

Dieses Tutorial gibt einen vereinfachten Überblick über die unter 'Allgemein' aufgeführten Einstellungen, die hier entweder genutzt werden oder für das Verständnis wichtig sind. Dabei konzentrieren wir uns auf die wesentlichen Punkte und bitten um Verständnis, wenn wir einige Funktionen nur an der Oberfläche erwähnen und andere überspringen werden.

➡ Belassen Sie vorerst alle Einstellungen so wie sie bei Programmstart standardmässig geschaltet sind.

4.3.2 Faktor aISO

Der Faktor aISO 'modifiziert' die nominelle – und Referenz-Lebensdauer derart, dass eine realistischere Prognose für die tatsächliche Einsatzdauer des Wälzlagers geliefert wird. Ein Wert von 1 entspricht normalen Bedingungen, während Werte über 1 günstige Bedingungen definieren. Die Formel 26 aus ISO 281 definiert die Derivation mit Lagerfaktor (f), Ermüdungsgrenzbelastung (Cu) und Äquivalente Belastung (P) wie folgt:

$$a_{ISO} = f \left(\frac{e_C C_u}{P}, \kappa \right)$$

Die Faktoren eC (Verunreinigungsbeiwert) und κ (Viskositätsverhältnis) berücksichtigen die Verschmutzung und den Zustand der Schmierung.

Die ISO 281 begrenzt diesen Faktor auf $a_{ISO} \leq 50$.

4.3.3 Fliehkraft

Die Berücksichtigung der Fliehkraft erhöht die Belastung am Aussenring und verringert die Belastung am Innenring. Dies führt zu unterschiedlichen Druckwinkeln am Innen- und Aussenring und daher zu einem erhöhten Bohr- zu Roll-Verhältnis.

 Fliehkraft berücksichtigen

4.3.4 Temperaturgradient in Passungen

 Temperaturgradient in Passungen berücksichtigen

Ist die Option 'Temperaturgradient in Passungen berücksichtigen' aktiviert, können zusätzlich zu Innen- und Aussenringtemperaturen auch Wellen- und Gehäusetemperaturen eingegeben werden. Dies ist erforderlich, wenn Temperaturgradienten berücksichtigt werden sollen. Siehe dazu auch Kapitel [5.2.6](#).

4.3.5 Berechnung für Spiellage

Für die Berechnung kann entweder der minimale, minimal erwartete, mittlere, maximal erwartete, maximale oder benutzerdefinierte Wert aus dem zugrundeliegenden Passungs- und Nominalspiel-Toleranzspektrum verwendet werden.

4.3.6 Wälzkörpertemperatur

Die Wälzkörpertemperatur beeinflusst das resultierende Betriebsspiel. Diese kann auf Ringtemperatur, auf gemittelte Ringtemperatur oder durch eigenen Eingabe zugewiesene Temperatur eingestellt werden.

Die Wälzkörpertemperatur beeinflusst das resultierende Betriebsspiel. Diese kann auf

4.3.7 Elastische Aufweitung Ringe

Das unter realistischer Betrachtung entstehende Ausdehnen oder Schrumpfen von Lagerringen wie etwa aus axialer Vorspannung, beeinflusst die resultierende Vorspannung oder die Passungsüberdeckung. Diese wichtigen Einflüsse können durch zuschalten von 'Elastische Aufweitung der Ringe' in der Berechnung numerisch approximiert werden. Siehe dazu auch [Kapitel 5.2.5](#).

Weiterführende Informationen zu elastischer Aufweitung entnehmen Sie bitte dem [Handbuch](#).

4.3.8 Lastkollektiv

 Lastkollektiv verwenden

Eine weitere Methode zur Analyse des Anwendungsverhaltens besteht darin, verschiedene Bedingungen oder Lastzustände zu berücksichtigen. Wenn das Kontrollkästchen für 'Lastkollektiv verwenden' aktiviert ist, wird die Eingabemaske unter dem Reiter 'Belastung' als Eingabe-Tabelle dargestellt. Siehe dazu auch Kapitel [5.4.3](#).

4.3.9 Erweiterte Lebensdauer

Wenn dieses Flag gesetzt ist, wird die erweiterte Lebensdauer für ISO 281 und ISO 16281 berechnet. Dies erfordert Informationen über das Schmierkonzept und potentielle Kontamination.

 Erweiterte Lebensdauer berechnen

4.4 Wälzlagergeometrie

4.4.1 Generell

Die aktuelle Version der MESYS Wälzlagerberechnung sieht inkl. Untertypen 31 Wälzlagerausführungen zur Berechnung vor. Unter dem Reiter 'Wälzlagergeometrie' (Bild 5) kann der gewünschte Lagertyp mittels Dropdown vorgewählt werden.

Über die '+'-Schaltfläche können noch weitere, zahlreiche Einstellungen vorgenommen werden (Bild 5). Wir möchten diese jedoch gerne in weiterführenden Schriften näher erläutern.

➔ Bitte belassen Sie die standardmässigen Voreinstellungen.

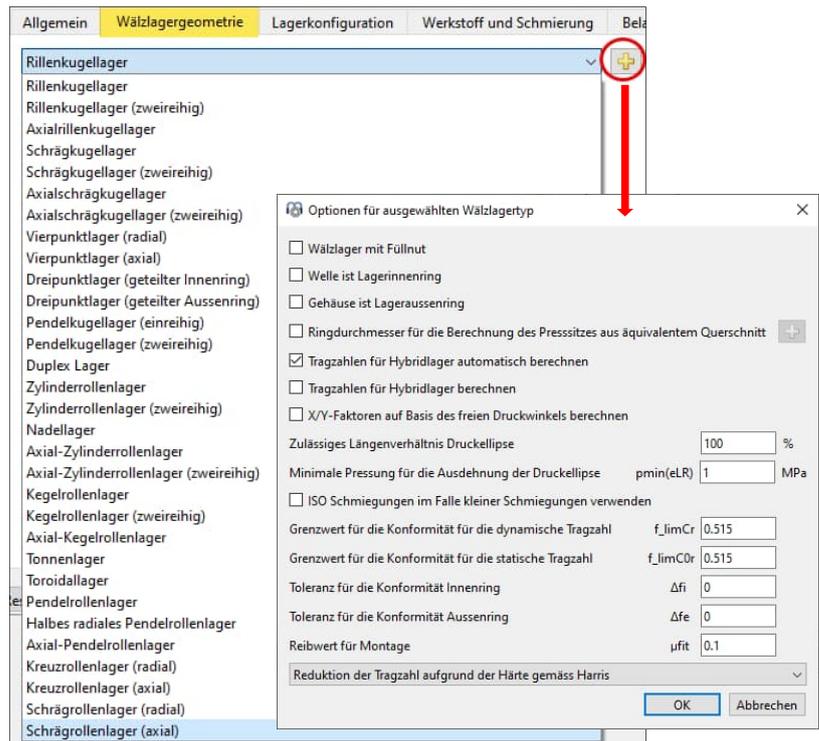


Bild 5

Auf der rechten Seite können wir über Dropdown die Modalität der Eingabe für Bauart der Wälzlager zuweisen. Hier stehen deren 5 zur Verfügung (Bild 6):

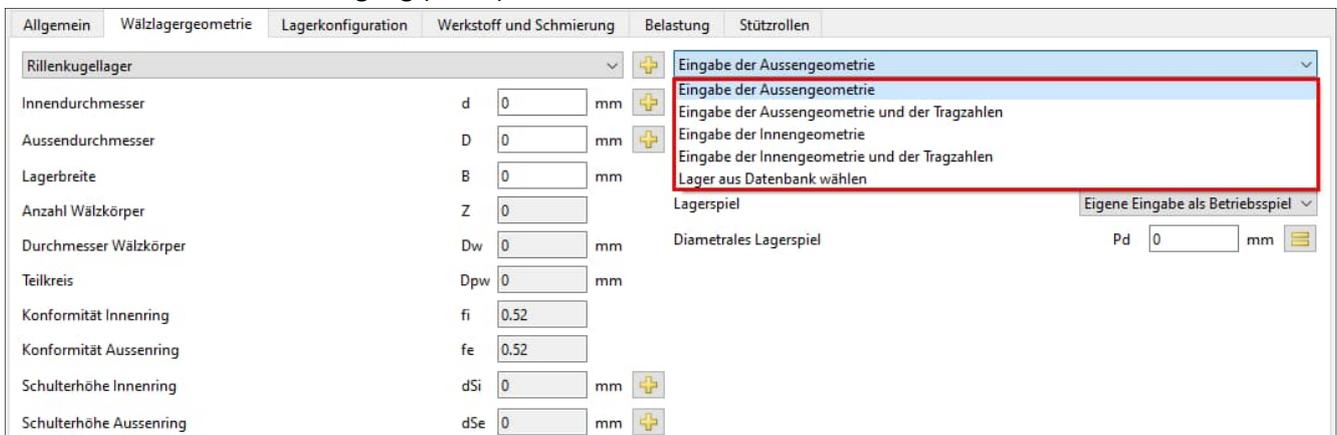
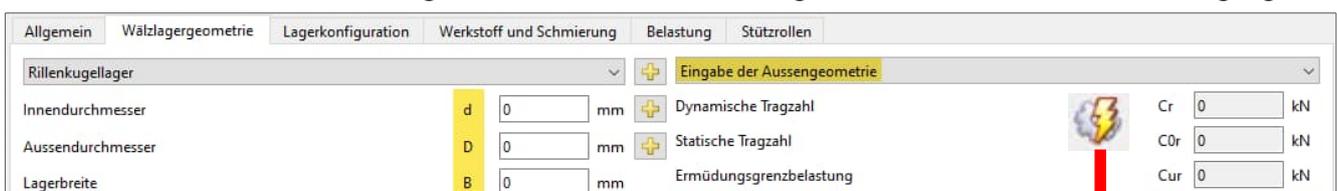


Bild 6

4.4.2 Eingabe über Aussengeometrie

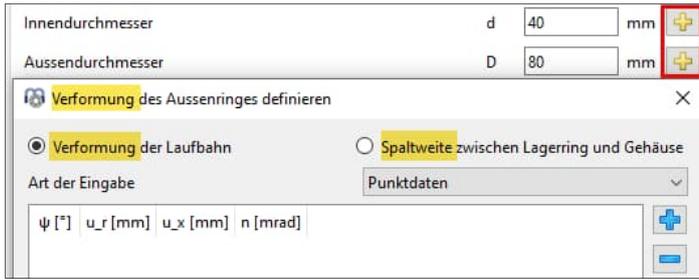
Es stehen über diese Modalität lediglich die Aussenmasse eines Lagers für dessen Definition zur Verfügung.



Dies kann die Wahl sein, wenn Innengeometrie und Tragzahlen nicht bekannt sind. Die Software rechnet diese nach erstem [Berechnungsbefehl](#) auf Basis generischer Innengeometrie und gemäss ISO 281, sowie ISO 76 (Bild 7).

Cr	35.888	kN
COr	21.3049	kN
Cur	1.11028	kN

Bild 7



Über die '+'-Schaltflächen (Bild 8), können den Laufbahnen örtliche Verformungen vergeben werden. Wir möchten diese spezifische Option jedoch gerne in weiterführenden Schriften näher erläutern.

Bild 8

4.4.3 Eingabe der Aussengeometrie und der Tragzahlen

Zusätzlich sind mit dieser Modalität auch die Felder für Dynamische -, Statische Tragzahl und Ermüdungs-Grenzbelastung beschreibbar (Bild 9).

Wenn die Tragzahlen nicht bekannt sind, können die Felder auch unbeschrieben belassen werden. Die Software rechnet diese nach [Berechnungsbefehl](#) auf Basis generischer Innengeometrie und gemäss ISO 281, resp. ISO 76.

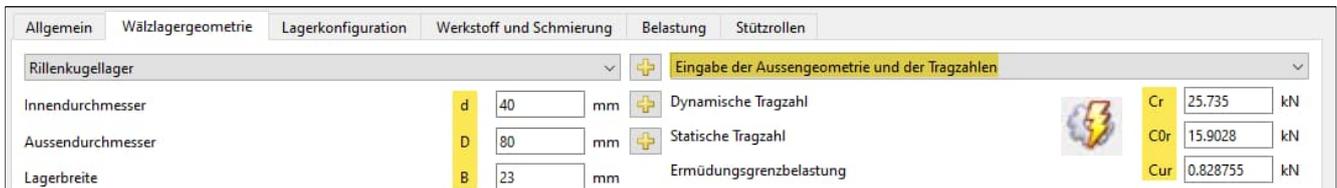


Bild 9

4.4.4 Eingabe der Innengeometrie

4.4.4.1 Generell

Die substantiellen Werte welche die Innengeometrie definieren, können über diese Modalität (Bild 10) in die entsprechenden Felder eingegeben werden.

Die Tragzahlen werden nach dem ersten Berechnungsbefehl auf Basis der eingegebenen Werte der Innengeometrie und gemäss ISO 281 und ISO 76 gerechnet und eingetragen.

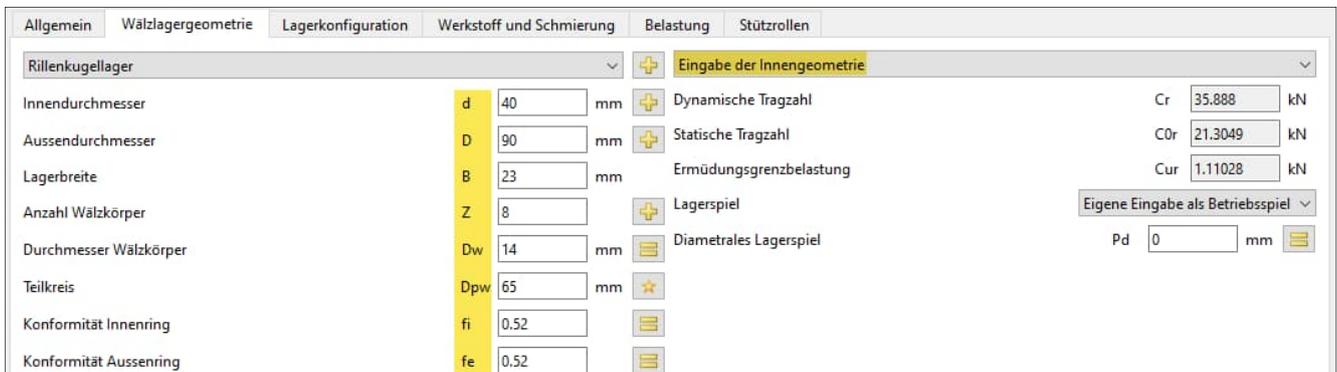


Bild 10

4.4.4.2 Anzahl Wälzkörper

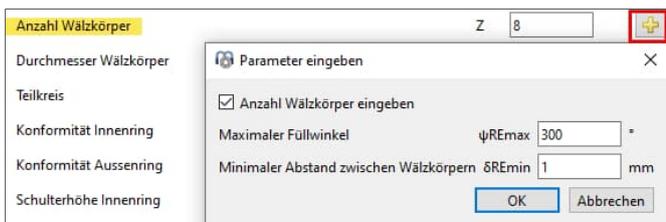
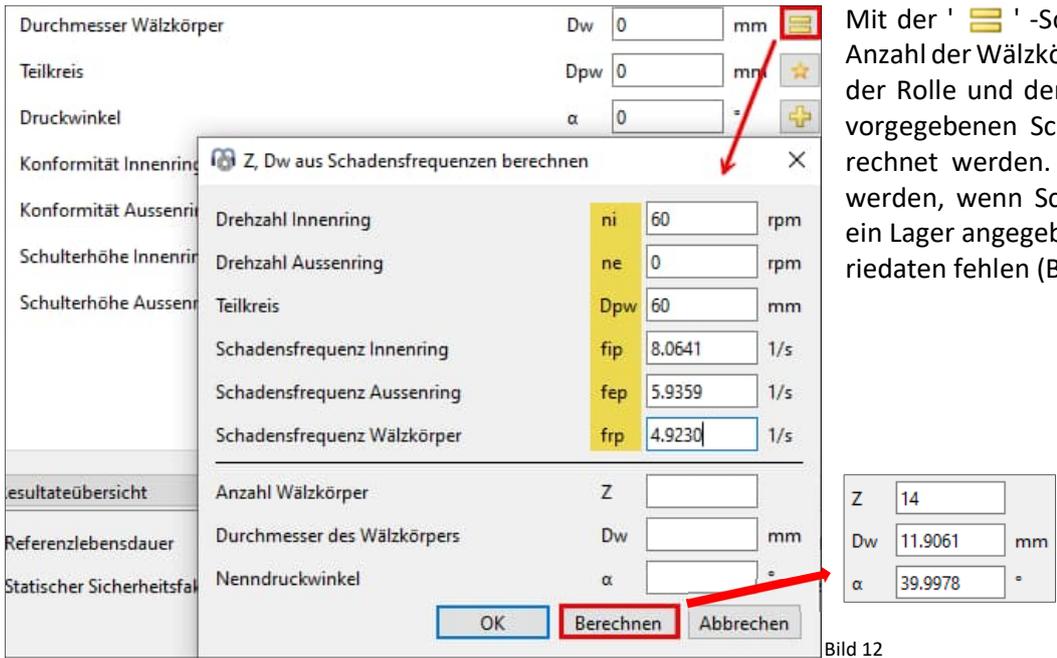


Bild 11

Die Anzahl Wälzkörper Z kann über die rechtsstehende '+'-Schaltfläche automatisch auf Basis eines maximalen Füllwinkels und eines minimalen Abstands zwischen den Wälzkörpern berechnet werden. Wir möchten diese spezifische Option (Bild 11) gerne in weiterführenden Schriften behandeln.

4.4.4.3 Durchmesser Wälzkörper

Bei Kegelrollenlagern wird der Durchmesser der Rollenmitte als Eingabe verwendet, sofern dieser bekannt ist.

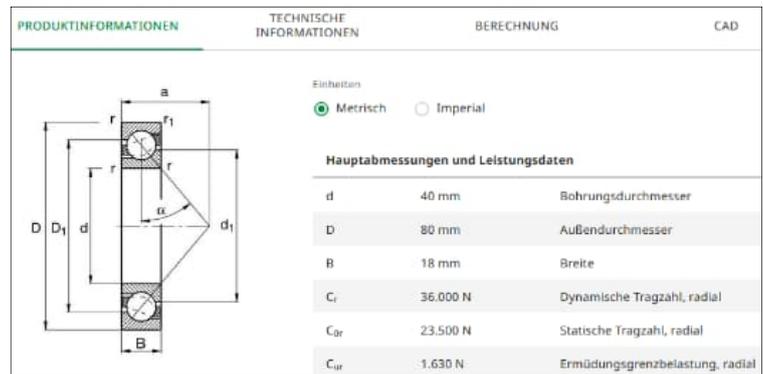


Mit der ' = ' -Schaltfläche können die Anzahl der Wälzkörper, der Durchmesser der Rolle und der Druckwinkel aus den vorgegebenen Schadensfrequenzen berechnet werden. Dies kann verwendet werden, wenn Schadensfrequenzen für ein Lager angegeben sind, aber Geometriedaten fehlen (Bild 12).

Bild 12

Bitte begeben Sie sich auf eine Hersteller Produkteseite und laden Sie die Produktdaten eines Schrägkugellagers 7208 mit Nachsetzzeichen 'B' Alternativ verwenden Sie diejenigen aus Bild 13.

Bild 13 (Quelle: Schaeffler Medias)



Suchen Sie hier nach den Grundfrequenzen.



Bild 14 (Quelle: Schaeffler Medias)

7208-B-XL-TVP		
Grundfrequenzfaktoren bezogen auf 1/s		
Überrollfrequenzfaktor am Außenring	BPFFO	5,9359
Überrollfrequenzfaktor am Innenring	BPFFI	8,0641
Überrollfrequenzfaktor am Wälzkörper	BSFF	2,4615
Ringkontaktfrequenzfaktor am Wälzkörper	RPFFB	4,9230
Drehzahlfaktor des Wälzkörpersatzes für drehenden Innenring	FTFF_i	0,4240
Drehzahlfaktor des Wälzkörpersatzes für drehenden Außenring	FTFF_o	0,5760

Gehen Sie zu Reiter Wälzlagergeometrie und übertragen Sie die Daten unter 'Eingabe der Innengeometrie'. Öffnen Sie den Dialog bei 'Durchmesser Wälzkörper' über die ' = ' - Schaltfläche (Bild 12).

Tragen sie die Grundfrequenzen wie in Bild 14 dargestellt ein und starten Sie die Berechnung über den offenen Dialog zur Eingabe der Schadensfrequenzen.

Bitte überprüfen Sie die Resultate Z / Dw / α über Abgleich mittels Bild 12.

4.4.4.4 Teilkreis

Beim Teilkreis-Durchmesser handelt es sich um den Durchmesser zwischen den Mittelpunkten der Wälzkörper. Sollte dieser Wert nicht bekannt sein, kann approximativ auch der mittlere Durchmesser des inneren und äusseren Lagerdurchmessers hergenommen werden.

4.4.4.5 Druckwinkel

Der Druckwinkel muss für Schrägkugellager, Vierpunktkugellager, Pendelkugellager, Kegelrollenlager und Pendelrollenlager angegeben werden. Für Kegelrollenlager wird der Winkel am Aussenring verwendet, da dies die Richtung der Kraft ist.

Mit der '+'-Schaltfläche kann die Richtung des Druckwinkels gewählt werden.

➔ Bitte runden Sie den unter [4.4.4.3](#) errechneten Druckwinkel auf 40° und stellen Sie ihn für eine nachfolgende Axialbelastung in Richtung x-positiv auf eine Lage links.

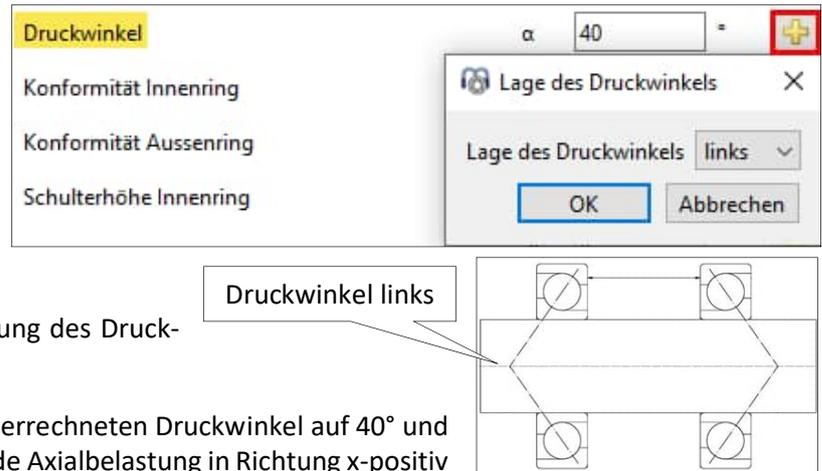


Bild 15

4.4.4.6 Konformität

Die Konformität ist das Verhältnis zwischen dem Krümmungsradius eines Lagerringes und dem Kugeldurchmesser. Aus geometrischen Gründen muss der Wert grösser als 0,5 sein. Bitte entnehmen Sie weiterführende Informationen mit Bezug zu den Normen aus [entsprechendem Kapitel](#) des Handbuchs.

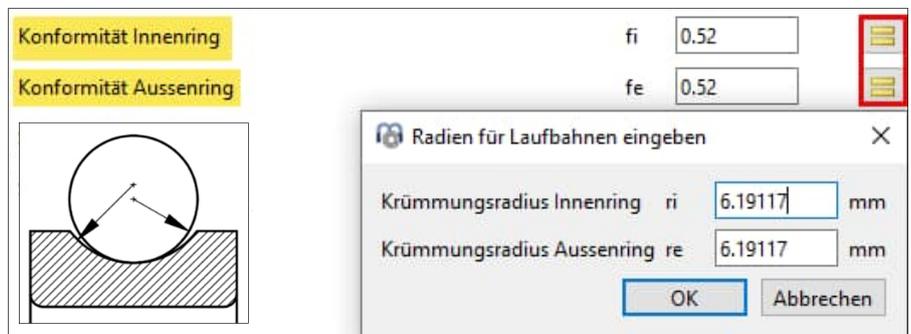


Bild 16

Die Konformität kann direkt eingegeben werden (Bild 16) oder alternativ auch über die betroffenen Radien, indem der entsprechende Dialog mittels '='-Schaltfläche geöffnet wird.

➔ Bitte vergeben Sie für die Konformität $f_i / f_e = 0.52$.

4.4.4.7 Schulterhöhe Innen- & Aussenring

Um den aktuellen Zustand der Kontaktellipse und eine eventuelle Ausdehnung über die Schulter hinaus zu beobachten, wird diese laufend bewertet. Der erforderliche Schulterdurchmesser kann in der [Resultate-Übersicht](#) und im Haupt-Protokoll zusammen mit einem Längenverhältnis eLR_i , eLR_e ausgegeben werden, was eine Sicherheit bezüglich der Mindest-Schulterlänge darstellt. Das Längenverhältnis ist definiert als die Länge vom unteren Ende der Kontaktellipse bis zur Schulter (die grüne Linie in der Grafik) geteilt durch die Länge der Kontaktellipse (rote Linie in der Grafik aus Bild 17). Der Wert sollte daher grösser als 1 oder 100% sein.

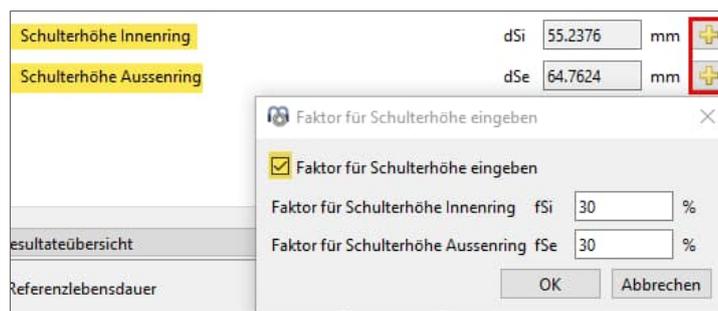


Bild 18

Statt mit einem absoluten Wert d_{Si} / d_{Se} kann die Schulterhöhe

auch mit einem Prozentsatz des Kugeldurchmessers definiert werden (Bild 18). Ein Faktor von 50% würde eine Schulter bis zum Teilkreisdurchmesser bedeuten, so dass der Faktor für die

meisten Lagertypen zwischen 10% und 40% liegen sollte. Die Verwendung dieses Faktors ermöglicht eine Standard-Geometrie bei Änderung des Kugeldurchmessers oder der Teilung. Bitte sehen Sie für ausführlichere Information dazu das [Handbuch](#).

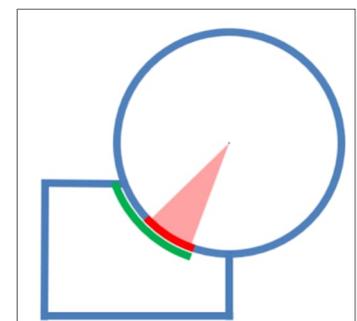


Bild 17

4.4.5 Eingabe der Innengeometrie und der Tragzahlen

Da die Lagerhersteller häufig grössere Tragzahlen verwenden als die nach den Normen berechneten ist es möglich, nebst Innengeometrie auch die Tragzahlen einzutragen. Die Tragzahlen werden dann für die Berechnung der Lebensdauer verwendet.

Eingabe der Innengeometrie und der Tragzahlen

Dynamische Tragzahl Cr kN

Statische Tragzahl C0r kN

Ermüdungsgrenzbelastung Cur kN

Bild 19

➡ Bitte übertragen Sie die [Tragzahlen](#) des imaginären Herstellers und starten Sie die [Berechnung](#).



➡ Beobachten Sie die Änderungen in der [Resultateübersicht](#) am unteren Rand der Benutzeroberfläche.

Resultateübersicht

Maximale Pressung pmax MPa Statischer Sicherheitsfaktor SF Statischer Sicherheitsfaktor (ISO 17956) S0eff

Äquivalente Belastung Pref N Viskositätsverhältnis κ Freier Druckwinkel α0 *

Effektives diametrales Lagerspiel Pdef mm Effektives axiales Lagerspiel Paef mm Maximum Bohr- zu Roll-Verhältnis maxSpinToF

Maximale Differenz der Druckwinkel Δα *

Bild 20

➡ Eine Lebensdauer wird hier erst ausgegeben, wenn eine Drehzahl vergeben ist.

4.4.6 Lager aus Datenbank wählen

Schräggugellager

Innendurchmesser d mm Dynamische Tragzahl

Aussendurchmesser D mm Statische Tragzahl

Manufacturer	name	di [mm]	De [mm]	B [mm]	alpha [°]	C [kN]	Ermüdungsgrenzbelastung	Lagerspiel	Axialspiel
JTEKT	7208C	40	80	18	15	45.4			
JTEKT	7208B	40	80	18	40	38.2			
JTEKT	7208	40	80	18	30	42			
CSC	B7208-E-T-P4S	40	80	18	25	34.7			
CSC	B7208-C-T-P4S	40	80	18	15	36.3			

Bild 21

Anstatt die Wälzlagergeometrie durch den Anwender einzugeben, kann diese aus einer Datenbank gewählt werden (Bild 21). Innen- und Aussendurchmesser können optional definiert werden. Dies schränkt die Anzahl der in der Liste angezeigten Lager ein.

➡ Durch Anklicken der Spaltenbezeichnung können die Daten entsprechend dieser Spalte auf- oder absteigend dargestellt werden.

Allgemein | **Wälzlagergeometrie** | Lagerkonfiguration | Werkstoff und Schmierung | Belastung | Stützrollen

Schräggugellager

Innendurchmesser d mm Dynamic load rating Cr kN

Aussendurchmesser D mm Static load rating C0r kN

Manufacturer	name	di [mm]	De [mm]	B [mm]	alpha	Ermüdungsgrenzbelastung	Lagerspiel	Axialspiel
SKF	*7208 BEGAP	40	80	18	40			
SKF	*7208 BECBY	40	80	18	40			
SKF	*7208 BECBP	40	80	18	40			
SKF	*7208 BECBM	40	80	18	40			
SKF	*7208 BECBJ	40	80	18	40			
SKF	7208 BE-2RZP	40	80	18	40			
SKF	*7208 ACCBM	40	80	18	25			
Generic	7208B	40	80	18	40			

Ermüdungsgrenzbelastung Cur kN

Lagerspiel μm

Axialspiel μm

Filtern Sie ein generisches Schräggugellager mit d = 70 mm, D = 80 mm, B = 18 mm, und α = 40°, anschliessend klicken Sie doppelt darauf. Nach erfolgter Wahl kann mittels Umschalten auf etwa 'Eingabe der Aussengeometrie' der zugrundeliegende Druckwinkel eingesehen werden.

Bild 22

4.4.7 Lagerspiel

4.4.7.1. Generell

Das Lagerspiel kann nach (ISO 5753, 2009) (C2...C5) für Rillenkugellager, Vierpunktlager, Pendelkugellager, Pendel- und Zylinderrollenlager automatisch eingestellt werden. Zusätzlich gibt es die Einstellungen 'aus Datenbank', 'Eigene Eingabe als Betriebssystem' und 'Eigene Eingabe / als Bereich'.



Bild 23

Je nach Lagerausführung, also ob reines Radiallager, Lager mit Druckwinkel oder reines Axiallager, listet die Software die entsprechenden Eingabefelder.



Bild 24

Im Rahmen dieses 'Starter Tutorial' ist es aufgrund des potentiellen Umfangs nicht möglich, im Detail auf alle Arten mit entsprechenden Eingabefelder einzugehen. Bitte sehen Sie für die entsprechenden Inhalte das entsprechende Kapitel im [Handbuch](#) ein.

4.4.7.2 Eigene Eingabe

Diese Einstellung ermöglicht die Eingabe des Lagerspiels vor dem Einbau (Bild 25). Einflüsse von Temperatur oder Übermass werden zusätzlich berücksichtigt. Dies ist die empfohlene Einstellung, wenn Sie beispielsweise die Spieländerung in der zu betrachtenden Anwendungsbedingung analysieren wollen.



Bild 25

4.4.7.3 Berechnung von Axialspiel

Im Falle einer Axialspieleinstellung wie etwa bei radialen Wälzlagern mit Druckwinkel (Bild 26), kann über die '☰' - Schaltfläche im Dialog ein effektives Lagerspiel über Vorspannkraft errechnet werden. Eine nominelle -, unmontierte -, montierte oder effektive Vorspannkraft kann dafür vergeben werden.

Es stehen mehrere Möglichkeiten für die Eingabe der Vorspannkraft zur Verfügung:

- Die Berechnung mit "Fp" verwendet den seitens Hersteller deklarierten Vorspannwert der Lager.
- Die Berechnung mit "Fpu" verwendet den seitens Hersteller deklarierten Vorspannwert der Lager zusammen mit einer unbegrenzten radialen elastischen Ausdehnung. Diese Option kann verwendet werden, wenn der Hersteller die Vorspannwege mittels der vorspannwert-entsprechende Messlasten ermittelt.
- Die montierte Vorspannkraft "Fpm" wird mit Vorspannwerten nach der Montage berechnet, aber ohne Temperatur- und Drehzahleffekte.
- Die effektive Vorspannkraft "FpEff" wird mit den Vorspannwerten nach der Montage und unter Berücksichtigung von Temperatur und Drehzahl berechnet.

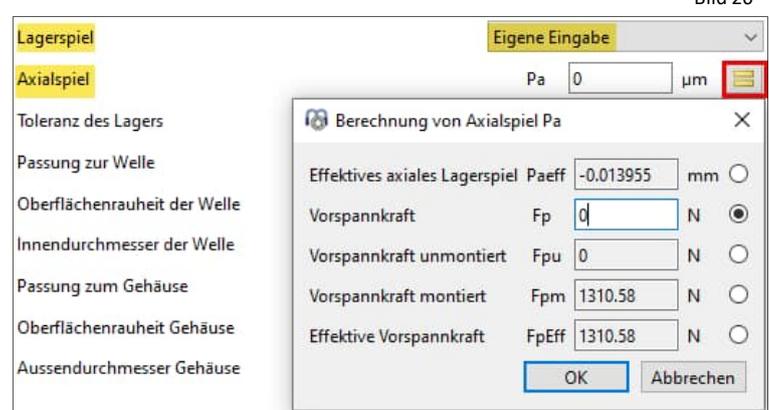


Bild 26

Zur Beachtung:

➡ Es muss ggf. mit dem Hersteller geklärt werden, wie der Vorspannweg (Axialspiel, Pa) zur deklarierten Vorspannkraft ermittelt wird. Damit kann die korrekte Art der Axialspielberechnung gewählt werden.

Bei Definition von Lagerspiel für reine Radiallagern, wird an der Stelle ein Dialog mit den lagerbauart-entsprechenden Eingabefelder geöffnet.

4.4.7.4 Vorspannklassen für radiale Schrägkugellager

Bild 27

Für radiale Schrägkugellager kann eine Vorspannklasse aus der Lager-Datenbank definiert werden, sofern diese Informationen dazu übertragen wurden (Bild 27). Für GMN-Produkte etwa stehen zusätzliche Auswahlen zur Verfügung, wie 'Leichte Vorspannkraft', 'Mittlere Vorspannkraft' und 'Schwere Vorspannkraft'.

Lagerspiel	Leichte Vorspannkraft
Axialspiel	Leichte Vorspannkraft
Toleranz des Lagers	Mittlere Vorspannkraft
	Schwere Vorspannkraft

Bitte wählen Sie für 'Lagerspiel' die 'Eigene Eingabe'.

Lagerspiel	Eigene Eingabe
------------	----------------

Im Rahmen unseres Beispiels möchten wir annahmeweise davon ausgehen, dass die resultierenden Vorspannwege (Pa) des imaginären Herstellers, aus deklarierten vorspannkraft-entsprechenden Messlasten entstammen.

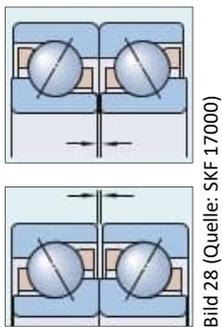


Bild 28 (Quelle: SKF 17000)

3
 Axiale Lagerluft, Vorspannung und Vorspannkraft von Lagersätzen mit Universallagern in O- oder X-Anordnung für die Toleranzklassen Normal, 6, 5

UA = Lager mit geringer Axialluft
 UB = Lager mit geringerer Axialluft als UA
 UO = Lager spielfrei bei O- und X-Anordnung
 UL = Lager leicht vorgespannt

Bohrungs-kenn-zahl	Axiale Lagerluft oder Vorspannung des Lagerpaars Nennmaß μm							Vorspannkraft $F_{V \max}$ N		
	UA	UB	UO	UL				UL		
	Lagerreihe									
	70...-B, 72...-B, 73...-B, 74...-B	70...-B	72...-B	73...-B	74...-B	70...-B	72...-B	73...-B		
00	22	14	0	-	-3	-	-	38	-	
01	24	15	0	-	-4	-5	-	53	82	
02	24	15	0	-	-4	-5	-	62	99	
03	24	15	0	-	-4	-6	-	77	123	
04	28	16	0	-4	-5	-6	-8	103	103 146	
05	34	19	0	-4	-4	-6	-8	115	112 200	
06	34	19	0	-5	-5	-7	-8	141	157 250	
07	40	22	0	-5	-6	-7	-9	172	208 300	
08	40	22	0	-5	-6	-8	-10	200	246 385	

Weisen Sie dem 7208B eine Vorspannung gemäss seitens eines imaginären Herstellers gegebener Klasse UL zu.

Bild 29 (Quelle Schaeffler, HR1)

Es ist aus den Katalogangaben (Bild 29) ersichtlich, dass eine solche unmontierte Vorspannung in einem Duplex Set in O- oder X-Anstellung in vorstehender Dimension und Druckwinkel, einem Vorspannweg (Pa) von $6 \mu\text{m}$ entspricht.

Die Software gibt einen Verschiebeweg Pa für 246 N Vorspannung unmontiert entsprechend der Wirkung am Einzellager, also in der Grössenordnung von (Vorspannweg Duplex = $6 \mu\text{m}$) / 2 = $3 \mu\text{m}$ (Bild 30).

Lagerspiel	Eigene Eingabe
Axialspiel	Pa -3.03731 μm
Toleranz des Lagers	Berechnung von Axialspiel Pa
Passung zur Welle	Axialspiel nach Montage Pam -0.010203 mm
Oberflächenrauheit d	Effektives axiales Lagerspiel Paeff -0.010203 mm
Innendurchmesser d	Vorspannkraft Fp 272.233 N
Passung zum Gehäuse	Vorspannkraft unmontiert Fpu 246 N
Oberflächenrauheit G	Vorspannkraft montiert Fpm 1423.07 N
Aussendurchmesser d	Effektive Vorspannkraft FpEff 1423.07 N

Bild 30

4.4.8 Toleranz des Lagers

4.4.8.1 Allgemein

Toleranz des Lagers	ISO 492 - P0	ISO 492 - P0
Passung zur Welle	Nicht berücksichtigt	k6
Oberflächenrauheit der Welle	Nennmass	Rz 4 μm
Innendurchmesser der Welle	Übermass definieren	dsi 0 mm
Passung zum Gehäuse	Mehrlagigen Presssitz definieren	H7
Oberflächenrauheit Gehäuse	Eigene Eingabe	Rz 4 μm
Aussendurchmesser Gehäuse	ISO 492 - P0	dhe 0 mm
	ISO 492 - P6	
	ISO 492 - P5	
	ISO 492 - P4	
	ISO 492 - P2	

Bild 31

Die Lagertoleranz kann nach ISO 492 (P0...P2) berücksichtigt werden. Die weiteren Eingabefelder in diesem Bereich ermöglichen die Schnittstellen zum Wälzlager, wie Passung Rauheit und Beschaffenheit der Welle (Innendurchmesser) und Gehäuse (Aussendurchmesser) zu beschreiben (Bild 31).

Nebst den möglichen Einstellungen über Toleranzklassen aus ISO 492, kann 'Nicht berücksichtigt' gewählt werden, wobei das Lager für die Berechnung nur den Temperaturen ausgesetzt wird. Bei 'Nennmass' wird davon ausgegangen, dass es keinen Toleranzbereich gibt.

Ergänzende Informationen zu Lagertoleranzen finden sich im [Handbuch](#).

➔ Nebst der Lagertoleranz sind die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Definition des Lagerspiels / Vorspannung ([4.4.7](#)), die Wirkung der nachfolgend einzugebenden Drehzahl und Temperaturen, sowie eine eventuelle Ausdehnung der Ringe aufgrund von Verspannung ([5.2.4](#)) ebenso wichtige Eingabegrößen um die Reaktion eines Wälzlagers zu bewerten. Die Summe der Wirkungen fliesst in die Berechnung der Interferenzen der Lagerringe und somit in das 'Protokoll Toleranzen'. Dazu mehr im Kapitel [4.4.8.7](#).

4.4.8.2 Übermass definieren

Sollte aufgrund von Anwendungsbedingungen nicht klar sein, welche Passung zu wählen sei, kann die Einstellung 'Übermass definieren' äusserst hilfreich sein. Damit lässt sich ein kaltes Übermass für ein Soll-Übermass in einem Betriebszustand definieren.

➔ Bitte vergeben Sie eine Hohlwelle (dsi) von 10 mm einen Aussendurchmesser für das Gehäuse (dhe) von 100 mm und ein Spiel an Gehäuse-Aussenring von 3 µm wie in Bild 32 gezeigt.

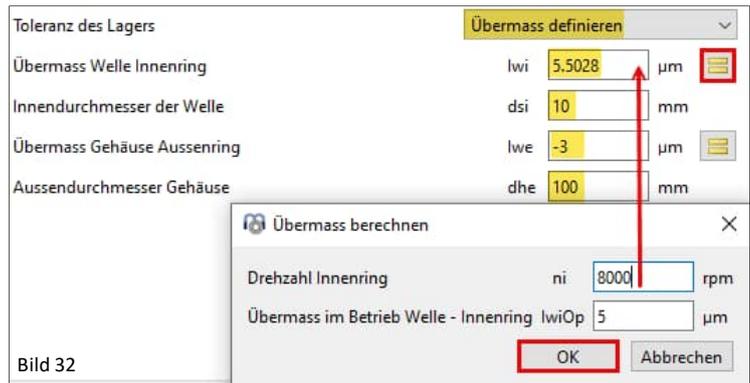


Bild 32

➔ Der Dialoge öffnen sich über die '☰' - Schaltfläche. Bitte vergeben Sie hier eine Drehzahl von 8000 rpm, ein Soll-Übermass von 5 µm innen (Bild 32).

➔ Ein dynamisches Übermass von 5.5028 µm wird für unseren aktuellen Zustand unter einer nichtmontierten Vorspannung von [246 N](#), bei einer Drehzahl von 8000 rpm und statischer Ist-Überdeckungen von innen 5 und aussen -3 µm errechnet! Daraus lässt sich ein Drehzahleffekt herauslesen.

Wir möchten im Rahmen des [Kapitels 5](#) 'Auslegung' anschliessend überprüfen, ob unter dem vorgegebenen Zustand die vorgegebenen Übermasse zielführend berechnet wurden. Bevor wir also auf eine Standard ISO-Passung wechseln, eine Lager-Präzisionsklasse bestimmen, Rauheit vergeben oder Temperaturen annehmen, sollten wir alle beeinflussenden Eingaben vorerst nicht ins Spiel bringen.

4.4.8.3 Berechnungsschritt unter Drehzahl

Lassen Sie uns die Eingabefelder im Reiter 'Belastung' nun entsprechend unserem Beispiel vorab beschreiben.

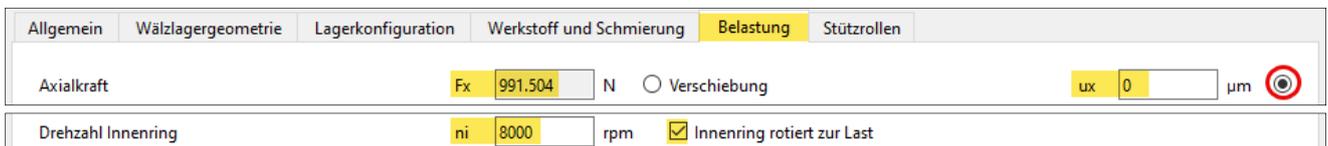


Bild 33

➔ Bitte setzen Sie die axiale Lager-Verschiebung ux auf 0 (Bild 33). Nehmen Sie für ein entsprechendes Verständnis den spezifischen Inhalt des Reiters 'Belastung' in Kapitel [4.7.2](#) zur Kenntnis.

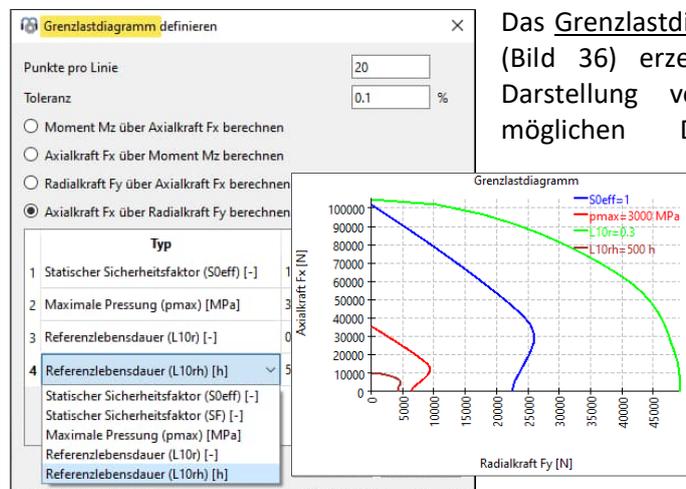
➔ Bitte vergeben Sie dem Lager eine Drehzahl von 8000 rpm und bestimmen Sie 'Innenring rotiert zur Last'. Damit geht die Software von einer stationären Belastung auf einen rotierenden Innenring aus (Bild 33).

4.4.8.4 Laufende Ergebnisse

Der Berechnungsschritt wird über den Punkt 'Berechnen' (Bild 34), über F5 oder dann über die entsprechende Ikone unter dem Menü-Band gestartet.

Die thermische Bezugsdrehzahl nach (ISO 15312, 2018) und die Thermisch zulässige Betriebsdrehzahl nach (DIN 732, 2010) können von der Software berechnet werden. Wir möchten diese gerne in weiterführenden Schriften näher erläutern.

Die Fettgebrauchsdauer (Bild 35) kann mittels Eingaben gemäss der FAG-Berechnungsmethode ermittelt und über den Report ausgegeben werden.



Das Grenzlastdiagramm (Bild 36) erzeugt die Darstellung von vier möglichen Diagrammen, in denen die Variablen der XY-Achsen miteinander verglichen werden.

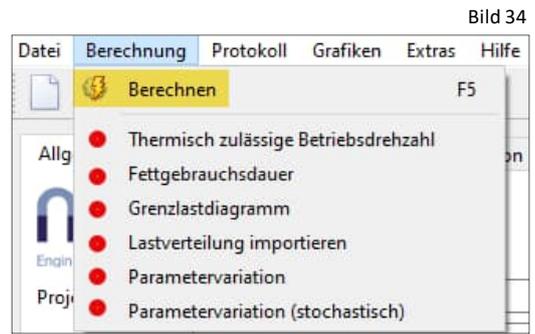


Bild 34

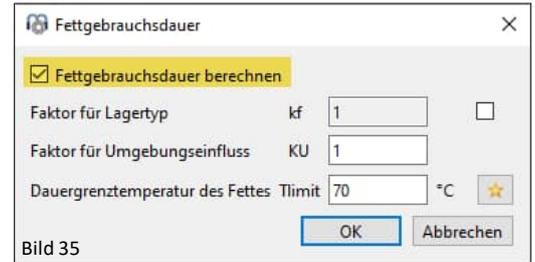


Bild 35

Bild 36

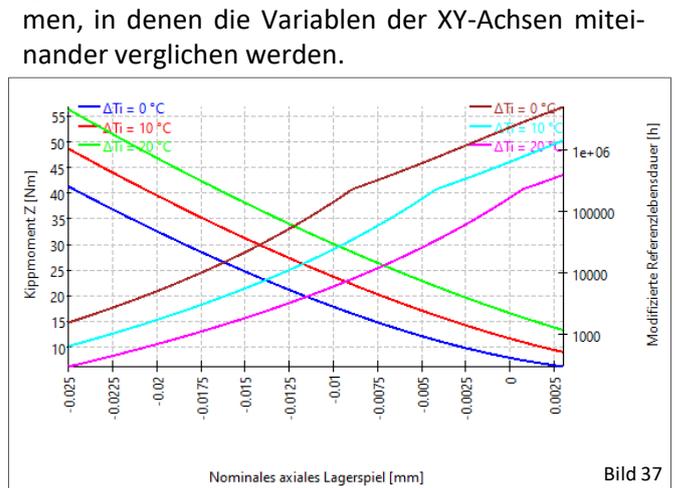


Bild 37

Die Parametervariation (Bild 37) ermöglicht es dem Anwender, Parameterstudien durchzuführen, deren Ergebnisse in Tabellen und Grafiken dargestellt werden. Typische Anwendungen sind z.B. die Visualisierung von Lebensdauer über Spiel oder Verschiebungen über Last. Siehe dazu Kapitel [5.4.4](#).

Parametervariation (stochastisch) unterstützt die Analyse von statistischen Verteilungen.

➡ Bitte aktivieren Sie den [Berechnungsvorgang](#).



➡ Damit erhalten wir eine axiale Belastung Fx von 991.504 N (Bild 38), welche sich aus der nichtmontierten Vorspannung von [246 N](#) und der aktuellen Passung ergibt.

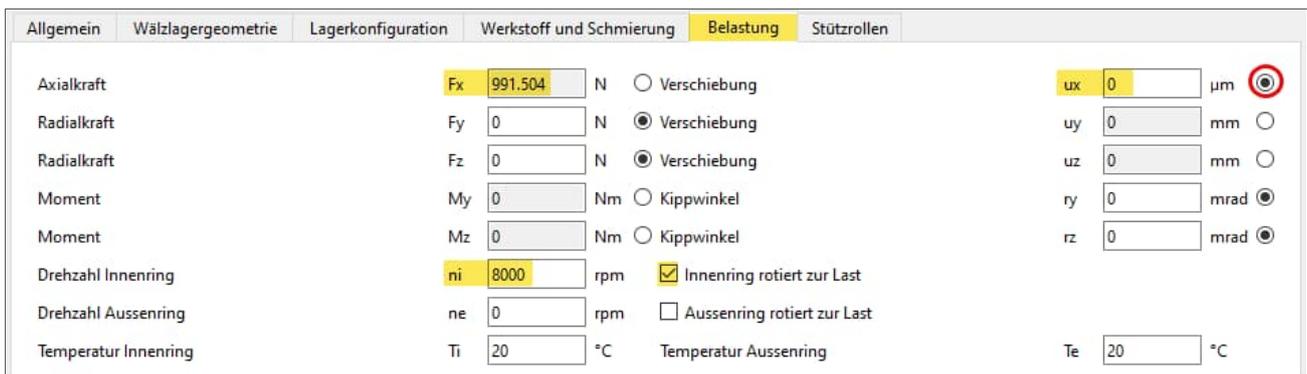


Bild 38

4.4.8.5 Menü 'Extras'

- Die Software lässt sich unter 9 Sprachen und nebst metrischen auch US-Einheitensystem bedienen.
- Nebst den Links zu Werkstoff-, Schmierstoff-, Wälzlager-, Toleranz, Hersteller- und Verzahnungswerkzeug-Datenbanken, kann hier auch ein Import aus bestehender Datenbank oder ein verschlüsselter Export von Daten angestossen werden.
- Über 'Resultateübersicht' (siehe Kap. 4.4.8.6 unterhalb) lässt sich der Inhalt des am unteren Rand der Benutzeroberfläche befindliche Resultate-Fenster editieren.
- Es finden sich des weiteren Lizenzinformationen und Zusätzliche 'Tools' wie die Presssitz-Berechnung, welche sich auch Online befindet¹.

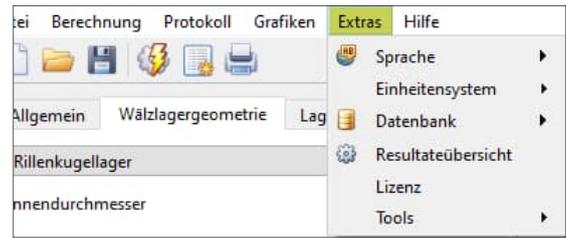


Bild 39

4.4.8.6 Aktuelle Resultateübersicht

Die im Rahmen unserer Beispielberechnung noch nicht zielführenden Inhalte in der Resultateübersicht am unteren Rand der Benutzeroberfläche (Bild 40) zeigen sich wie folgt:

Resultateübersicht					
Referenzlebensdauer	L10r	234185	Referenzlebensdauer	L10rh	487885 h
Modifizierte Referenzlebensdauer	Lnmr	1.171e+07	Modifizierte Referenzlebensdauer	Lnmrh	2.439e+07 h
Maximale Pressung	pmax	923.627 MPa	Statischer Sicherheitsfaktor	SF	94.0283
Statischer Sicherheitsfaktor	S0eff	79.4024	Äquivalente Belastung	Pref	456.785 N
Längenverhältnis Druckellipse Innenring	eLR_i	208.571 %	Längenverhältnis Druckellipse Aussenring	eLR_e	256.701 %
Ausdehnung der Druckellipse Innenring	dCimax	53.0167 mm	Ausdehnung der Druckellipse Aussenring	dCemin	68.0584 mm
Viskositätsverhältnis	κ	7.97427	Freier Druckwinkel	α0	40 °
Effektives diametrales Lagerspiel	Pdeff	0.203418 mm	Effektives axiales Lagerspiel	Paeff	-0.00578171 mm

Bild 40

4.4.8.7 Protokoll Toleranzen

Mittels dem 'Protokoll Toleranzen' (Bild 41) möchten wir in aktuellem Zustand des Files überprüfen, ob unsere Ziel-Übermasse aus Kapitel 4.4.8.2 korrekt angekommen sind.

➡ Bitte drucken Sie das Protokoll Toleranzen und überprüfen Sie die Angaben wie Durchmesser und Drehzahl im Protokoll-Vorspann auf Korrektheit.

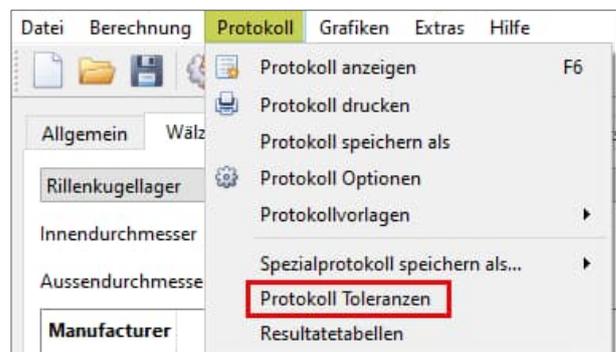


Bild 41

Tabelle 1

Eigenschaften für unterschiedliches Spiel		Minimum	Mittelwert	Maximum	Einheit
Nominales axiales Lagerspiel	Pa	-3.04	-3.04	-3.04	µm
Übermass Innenring	Iw_i	5.50	5.50	5.50	µm
Effektives Übermass Innenring	Iw_iop	5.00	5.00	5.00	µm
Übermass Aussenring	Iw_e	-3.00	-3.00	-3.00	µm
Effektives Übermass Aussenring	Iw_eop	-3.00	-3.00	-3.00	µm

➡ Das Ziel-Übermass (Iw_iop) ist exakt angekommen (Tabelle 1). Das kalte Übermass von 5.5 (5.5028) µm wird um den Drehzahleffekt auf 5 µm verringert.

¹ [Pressverband Online](#)

4.5 Einstellungen unter 'Lagerkonfiguration'

Unter diesem Reiter kann aus einem betrachteten Lagertyp ein Lager-Set zusammengestellt werden. Eine Paarung aus einer mehrfachen Anzahl kann damit dargestellt und berechnet werden. Wir möchten diese Konfigurationsmöglichkeit jedoch gerne in weiterführenden Schriften näher erläutern und im Rahmen dieses Tutorials überspringen. Ergänzende Informationen zu Lagerkonfiguration können im [Handbuch](#) eingesehen werden.

4.6 Einstellungen unter 'Werkstoff und Schmierung'

4.6.1 Werkstoff

Die Materialeigenschaften für Wälzkörper, Innen- und Aussenring, Welle und Gehäuse werden für die Berechnung der Lastverteilung und der Interferenzen zwischen Lager und Welle/Gehäuse verwendet. Auch Härte, deren Tiefe und Oberflächenrauheit können eingegeben werden (Bild 42).

Bild 42



Parameter	Value	Unit	Material
Oberflächenhärte Innenring	58	HRC	Steel
Kernfestigkeit Innenring	1200	MPa	Steel
Einhärtetiefe Innenring	0	mm	Steel
Oberflächenrauheit Innenring	0.114068	µm	Steel
Oberflächenrauheit Wälzkörper	0.114068	µm	Steel
Werkstoff Innenring			Steel
Werkstoff Welle			Steel
Oberflächenhärte Aussenring	58	HRC	Steel
Kernfestigkeit Aussenring	1200	MPa	Steel
Einhärtetiefe Aussenring	0	mm	Steel
Oberflächenrauheit Aussenring	0.114068	µm	Steel
Werkstoff Wälzkörper			Steel
Werkstoff Aussenring			Steel
Werkstoff Gehäuse			Steel

Diese Datenfelder können auch in den Werkstofftabellen eingesehen werden (Bild 43). Wir möchten diese Eingabemaske mit den dazugehörigen Detailtiefen im Rahmen dieses Tutorials gerne überspringen. Ausführliche Informationen zu Werkstoff sind im [Handbuch](#) zugänglich.

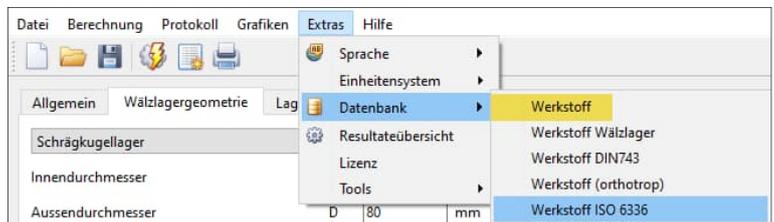
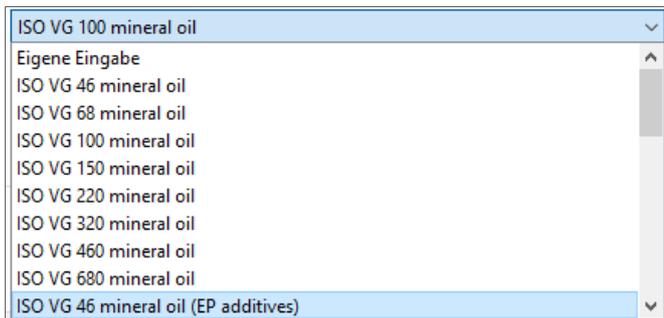


Bild 43

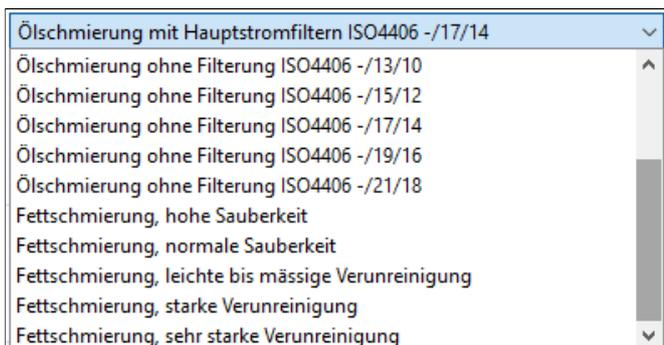
4.6.2 Schmierung



- ISO VG 100 mineral oil
- Eigene Eingabe
- ISO VG 46 mineral oil
- ISO VG 68 mineral oil
- ISO VG 100 mineral oil
- ISO VG 150 mineral oil
- ISO VG 220 mineral oil
- ISO VG 320 mineral oil
- ISO VG 460 mineral oil
- ISO VG 680 mineral oil
- ISO VG 46 mineral oil (EP additives)

Bild 44

Über das linke Drop-Down Menü wird die Wahl einer vordefinierten Qualität mit mineralischem oder synthetischem Grund-Öl sowie einer eigenen Eingabemöglichkeit zur Definition des Schmierstoffes gegeben (Bild 44).



- Ölschmierung mit Hauptstromfiltern ISO4406 -/17/14
- Ölschmierung ohne Filterung ISO4406 -/13/10
- Ölschmierung ohne Filterung ISO4406 -/15/12
- Ölschmierung ohne Filterung ISO4406 -/17/14
- Ölschmierung ohne Filterung ISO4406 -/19/16
- Ölschmierung ohne Filterung ISO4406 -/21/18
- Fettschmierung, hohe Sauberkeit
- Fettschmierung, normale Sauberkeit
- Fettschmierung, leichte bis mässige Verunreinigung
- Fettschmierung, starke Verunreinigung
- Fettschmierung, sehr starke Verunreinigung

Bild 45

Über das rechte Drop-Down Menü (Bild 45) kann einerseits zwischen Fett- oder Ölschmierung unterschieden werden, aber auch den Filtergrad nach ISO 4406 für Öl- und Verunreinigungsgrad nach ISO 281 für Schmierfett wählen.

Bild 46

➔ Der Verunreinigungsbeiwert eC wird für die Berechnung des Faktors also der modifizierten Lebensdauer verwendet (Bild 46).

Bild 47

Das Vorhandensein von EP-Additiven hat gemäss ISO 281 Einfluss auf die Berechnung des Faktors also für die modifizierte Lebensdauer.

Ist das Kontrollkästchen hinter der Öltemperatur nicht aktiviert, nimmt die Software für dessen Temperatur die eingestellte Wälzkörpertemperatur an. Siehe [4.3.6](#).

➔ Bitte wählen Sie gemäss Bild 47 eine Viskositätsklasse ISO VG 46 Mineral und eine Ölschmierung ohne Filterung 17/14.

➔ Lassen Sie den eC Verunreinigungsbeiwert unverändert und belassen Sie die Schmierstoff-Temperatur bei 70°C.

4.7 Einstellungen unter 'Belastung'

4.7.1 Allgemein

Das Koordinatensystem in MESYS ist wie folgt definiert:

- Richtung **X** ist als Achsenrichtung definiert.
- Die **Y**-Achse zeigt nach oben zum ersten Wälzkörper und der Winkel ist positiv um die **X**-Achse bzw. im rechten Diagramm im Uhrzeigersinn (in Richtung der **X**-Achse gesehen).
- Der Winkel beginnt beim ersten Wälzkörper auf der **Y**-Achse mit Null.
- Momente sind positiv, wenn sie um die entsprechende Achse wirken.
- Die Belastung wirkt auf den Innenring, so dass eine positive Belastung in **Y**-Richtung zu einer Belastung der Wälzkörper an der Oberseite führt, wie in Bild 48 dargestellt.

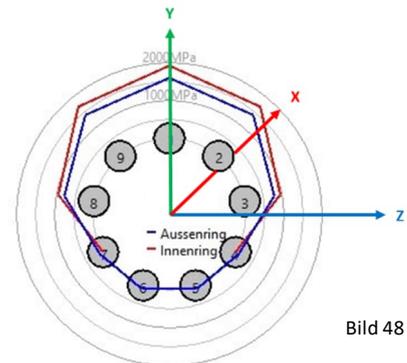


Bild 48

4.7.2 Eingabefelder

Bild 49

Axialkraft	F _x	991.504	N	<input type="radio"/> Verschiebung	u _x	0	µm	<input checked="" type="radio"/>
Radialkraft	F _y	0	N	<input checked="" type="radio"/> Verschiebung	u _y	0	mm	<input type="radio"/>
Radialkraft	F _z	0	N	<input checked="" type="radio"/> Verschiebung	u _z	0	mm	<input type="radio"/>
Moment	M _y	0	Nm	<input type="radio"/> Kippwinkel	r _y	0	mrad	<input checked="" type="radio"/>
Moment	M _z	0	Nm	<input type="radio"/> Kippwinkel	r _z	0	mrad	<input checked="" type="radio"/>

Für jede Koordinatenrichtung kann je nach Bedarf eine Kraft oder ein Weg (u_x) eingegeben werden (Bild 49). Soll der Ring mit welchem vorgespannt wird, an unserem Schrägkugellagers so wie angenommen festgehalten werden, kann die Verschiebung in axialer Richtung (u_x) auf null gesetzt werden und es wird über die vektorielle Aufteilung in Funktion des Druckwinkels die Reaktionskraft in axialer Richtung (F_x) berechnet.

Eine Momentbelastung oder eine Verkippung kann nur für zwei Richtungen eingegeben werden, da die Drehung um die Lagerachse (X) nicht eingeschränkt werden kann.

4.8 Berechnung von Stützrollen

Sollten Sie eine Lizenz für die Berechnung von 'Stützrollen' erworben haben und an Schulung für diese Extension interessiert sein, möchten wir Sie auffordern mit uns [Kontakt](#) aufzunehmen. Detaillierte Informationen dazu können im [Handbuch](#) eingesehen werden. Insofern überspringen wir im Rahmen dieses Tutorials die Inhalte unter dem Reiter 'Stützrollen'.

5. Auslegung

5.1 Methodologie

Die erfolgreiche Auslegung eines Wälzlagers folgt einer bewährten Methodologie. Die MESYS Wälzlagerberechnung bietet hierbei entscheidende Unterstützung und übernimmt einen Grossteil der notwendigen Aufgaben. Im Folgenden möchten wir gemeinsam einige der wichtigsten Schritte durchgehen.

5.2 Passung

5.2.1 Protokoll Toleranzen

Das [Protokoll Toleranzen](#) hat gezeigt, dass Passungen für Ziel-Überdeckungen mit MESYS sehr schnell gefunden werden können. Nun liegt es auf der Hand, dass niemand für Welle ein Nennmass von $\varnothing +5.5028 \mu\text{m}$ gemäss Kapitel [4.4.8.2](#) fertigt und dass weitere beeinflussende Grössen das reale Ist-Übermass bewirken. Des Weiteren haben auch Lagerdurchmesser definierte Toleranzfelder.

5.2.2 Toleranz & Rauheit

Bitte vergeben Sie dem Schrägkugellager 7208B eine Toleranzklasse P5.

Toleranz des Lagers ISO 492 - P5

Bitte vergeben Sie eine Rauheit für Welle und Bohrung von Rz = 6.

Oberflächenrauheit der Welle Rz 6 μm
 Oberflächenrauheit Gehäuse Rz 6 μm

Bitte runden Sie das [aktuelle Soll-Übermass](#) kalt und vergeben Sie der Welle für die Durchmesser-toleranz ein ISO-Klasse IT6 (16 μm) und dem Gehäuse ein solches von IT7 (35 μm).

Toleranz Welle

Eigene Eingabe für Toleranz Welle

Oberes Abmass für Welle: tolShaft_e 0.019 mm

Unteres Abmass für Welle: tolShaft_i 0.003 mm

OK Abbrechen

Toleranz Gehäuse

Eigene Eingabe für Toleranz Gehäuse

Oberes Abmass für Gehäuse: tolHousing_e 0.01 mm

Unteres Abmass für Gehäuse: tolHousing_i -0.025 mm

OK Abbrechen

Bild 50

Das Protokoll Toleranzen daraus:

Eigenschaften für unterschiedliches Spiel		Minimum	Minimum erwartet	Mittelwert	Maximum erwartet	Maximum	Einheit
Nominales axiales Lagerspiel	Pa	-3.04	-3.04	-3.04	-3.04	-3.04	μm
Toleranz Welle	Δds	19.00	16.96	11.00	5.04	3.00	μm
Toleranz Lagerinnenring	Δd	-8.00	-6.98	-4.00	-1.02	0.00	μm
Übermass Innenring	lw_i	24.60	21.54	12.60	3.66	0.60	μm
Effektives Übermass Innenring	lw_iop	24.10	21.04	12.10	3.15	0.10	μm
Toleranz Gehäuse	ΔDh	-25.00	-21.87	-7.50	6.87	10.00	μm
Übermass Aussenring	lw_e	22.60	18.67	0.60	-17.47	-21.40	μm
Effektives Übermass Aussenring	lw_eop	22.60	18.67	0.60	-17.47	-21.40	μm

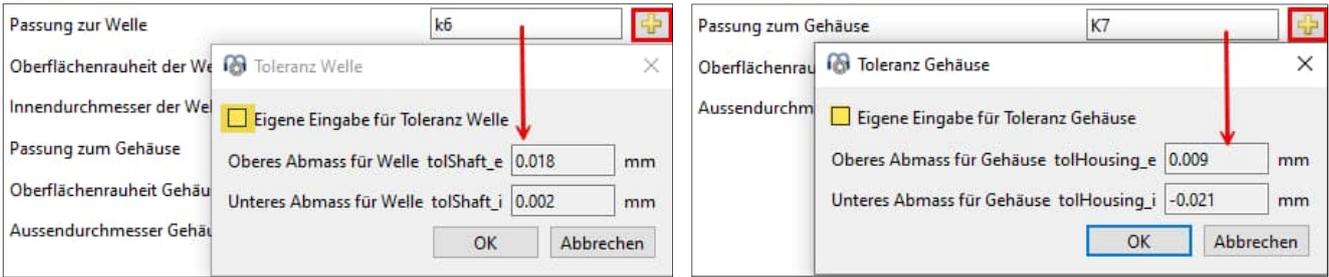
Tabelle 2

Das Effektive Übermass Innenring unter Maximum deckt mit 0.1 μm den schlechtesten Fall gerade noch positiv.

Das Effektive Übermass Aussenring ist im Mittelwert mit 0.6 μm praktisch kompensiert.

5.2.3 ISO Passung

Bitte ändern Sie für eine bessere industrielle Darstellbarkeit die Passung zur Welle auf k6 und diejenige der Bohrung auf K7 (Bild 51).



➔ Durch obige Anpassungen an die Anwendungsbedingungen, hat sich die Axialkraft vormals 991.504 N auf 1448.64 N erhöht:



5.2.4 Temperaturgefälle

Gehen wir in unserem Beispiel davon aus, dass man die Temperaturen am Innenring und am Aussenring messen, oder qualitativ abschätzen konnte:

➔ Bitte vergeben Sie für die Temperatur am Innenring 40 und am Aussenring 32°C und starten Sie die Berechnung.



➔ Die resultierende Axialkraft ist mit dem abgebildeten Temperaturgefälle nun auf 2'321.73N gestiegen. Dies könnte bedeuten, dass eine [Aufweitung der Ringe](#) damit eine substantielle Relevanz erhält.



5.2.5 Elastische Aufweitung der Ringe

➔ Bitte weisen Sie dem Lager unter dem Reiter 'Allgemein' die [Elastische Aufweitung](#) unter mittlerer Radialkraft zu (Bild 52).

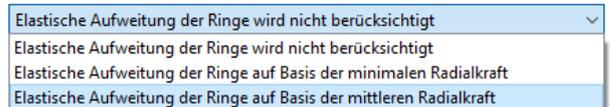


Bild 52

⚡ Der nachfolgende Berechnungsschritt zeigt, dass die Axialkraft sich damit nachvollziehbar wieder gesenkt hat.

Bitte entnehmen Sie dem [Handbuch](#) detaillierte Informationen zu Elastische Aufweitung der Ringe.



Das aktuelle Protokoll Toleranzen aus den vorangegangenen Einstellungen (Tabelle 3):

Tabelle 3

Eigenschaften für unterschiedliches Spiel		Minimum	Minimum erwartet	Mittelwert	Maximum erwartet	Maximum	Einheit
Nominales axiales Lagerspiel	Pa	-3.04	-3.04	-3.04	-3.04	-3.04	µm
Toleranz Welle	Δds	18.00	15.96	10.00	4.04	2.00	µm
Toleranz Lagerinnenring	Δd	-8.00	-6.98	-4.00	-1.02	0.00	µm
Übermass Innenring	lw_i	23.60	20.54	11.60	2.66	-0.40	µm
Effektives Übermass Innenring	lw_iop	24.11	21.05	12.11	3.16	0.10	µm
Toleranz Lageraussenring	ΔD	0.00	-0.89	-4.50	-8.11	-9.00	µm
Toleranz Gehäuse	ΔDh	-21.00	-18.05	-6.00	6.05	9.00	µm
Übermass Aussenring	lw_e	18.60	14.76	-0.90	-16.56	-20.40	µm
Effektives Übermass Aussenring	lw_eop	20.55	16.71	1.05	-14.62	-18.46	µm

➔ Restüberdeckung an Welle (lw_iop) unter 'Maximum' ist auch in 'schlechtester' Toleranzsumme positiv.

➔ Das effektive Übermass Aussenring (lw_eop) ist im 'Mittelwert' praktisch kompensiert. Eine Verschiebbarkeit wie etwa bei einem Loslager gefordert, ist damit nicht gegeben.

Tabelle 4

Effektives diametrales Lagerspiel	Pdeff	171.27	176.20	193.50	201.34	203.79	µm
Effektives axiales Lagerspiel	Paeff	-26.47	-23.13	-11.90	-7.04	-5.56	µm
Effektiver freier Druckwinkel	α0eff	36.16	36.70	38.53	39.33	39.58	°

➔ Das effektive axiale Lagerspiel (Paeff) im 'Mittelwert' hat substantiell abgenommen gegenüber den anfänglichem unmontiertem Pa von -3.03731 µm aus Kapitel 4.4.7.4 (Tabelle 4).

Wichtig wäre an dieser Stelle auch zu erwähnen, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Effektivem freiem Druckwinkel (α0eff) und Effektivem diametralem Lagerspiel (Pdeff) besteht. Kleine Nenn-Druckwinkel ergeben nach allen Einflüssen noch kleinere effektive freie Druckwinkel und können zur Kompensation des diametralen Lagerspiels (Scheitel-Radialluft) führen. Ein Wert von 171.27 µm wie hier im schlechtesten Fall (Minimum) ausgegeben, ist aber in keiner Weise Grund für ein solches Risiko.

5.2.6 Temperaturgradient

Es darf mit Bezug Kapitel 5.2.4 darauf hingewiesen werden, dass Lagersitze oft in der Nähe einer Wärmequelle, wie etwa eines Rotors positioniert werden. Dies kann die Wellentemperatur höher ausfallen lassen als die aktuelle Innenring-Temperatur, welche auch durch eine Ölschmierung bedingt, ständig um einen Betrag tiefer liegt.

Ebenso kann durch eine Gehäusekühlung, diese Temperatur kälter ausfallen als am Lager-Aussenring.

MESYS bietet die Möglichkeit, dies mittels 'Temperaturgradient in Passungen' zu berücksichtigen. Sehen Sie dazu unter Reiter 'Allgemein':

Temperaturgradient in Passungen berücksichtigen

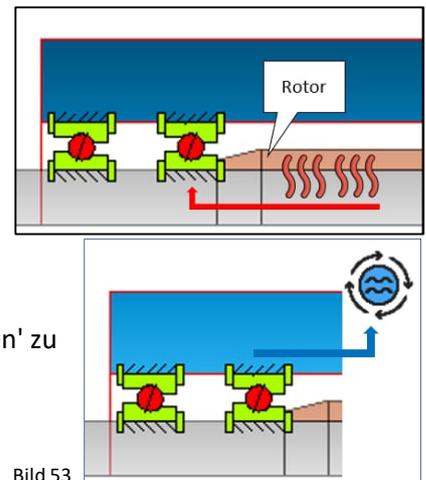


Bild 53

Bitte entnehmen Sie dem [Handbuch](#) detaillierte Informationen zu Berücksichtigung von Temperaturgradienten.

5.3 Montage / Demontage

Das 'Protokoll Toleranzen' gibt Einsicht in einen potentiellen Bedarf an Induktionsgeräten für die Montage (Aufziehen) der Lager und somit auch auf zu erwartende Belastungen bei einer hypothetischen Demontage (Tabelle 5):

Eigenschaften für unterschiedliches Spiel		Minimum	Minimum erwartet	Mittelwert	Maximum erwartet	Maximum	Einheit
Montagekraft Innenring (µfit=0.1)	Ffit_i	4567.5	3988.0	2292.5	598.1	19.5	N
Montagekraft Aussenring (µfit=0.1)	Ffit_e	1838.7	1494.9	93.5	0.0	0.0	N

Tabelle 5

5.4 Belastung

5.4.1 Allgemein

Die aus Arbeitsschritten, Gewichts- oder dynamischen Effekten stammenden Belastungen müssen eingegeben werden. Hierzu gibt MESYS Wälzlagerberechnung die Möglichkeit, nebst einer Bewertung unter stationären Zuständen wie unter dem Reiter 'Belastung', auch eine Betrachtung unter [Lastkollektiv](#).

5.4.2 Tragzahl

Für eine Bestimmung der Lagergrößen nach der Lebensdauer oder der Tragfähigkeit bietet die Software die nominelle und modifizierte Lebensdauer nach ISO 281 / 16281 und statische Sicherheitsfaktoren nach ISO 76, resp. ISO 17956. Eine unmittelbare Bewertung bietet die Resultateübersicht im unteren Teil des Bildschirms (Bild 54):

➔ Bitte geben Sie unter dem Reiter '[Belastung](#)' eine Radialkraft in Fy von 2000 N ein.

Radialkraft	Fy	2000	N
-------------	----	------	---

Resultateübersicht							
Modifizierte Referenzlebensdauer	Lnmrh	13294.7	h	Maximale Pressung	pmax	1817.45	MPa
Statischer Sicherheitsfaktor	SF	12.3413		Statischer Sicherheitsfaktor (ISO 17956)	S0eff	12.1043	
Äquivalente Belastung	Pref	2085.4	N	Viskositätsverhältnis	κ	2.33965	
Effektives diametrales Lagerspiel	Pdeff	0.193858	mm	Effektives axiales Lagerspiel	Paeff	-0.0116741	mm

➡ Über maximale Pressung und statischem Sicherheitsfaktor ist keine Überlast erkennbar (Bild 54).

5.4.3 Lastkollektiv

Eine Untersuchung des Lagerverhaltens mittels eines Lastkollektives kann weitere wichtige Erkenntnisse liefern:

➡ Bitte aktivieren Sie das Kästchen '[Lastkollektiv verwenden](#)' unter dem Reiter 'Allgemein'. Lastkollektiv verwenden

➡ Die Eingabefelder unter Reiter 'Belastung' erscheinen nun als Eingabetafel (Bild 55).

Allgemein	Wälzlagergeometrie	Lagerkonfiguration	Werkstoff und Schmierung	Belastung	Stützrollen						
	Häufigkeit	ux [mm]	Fy [N]	Fz [N]	ry [mrad]	rz [mrad]	ni [rpm]	ne [rpm]	T _j [°C]	T _e [°C]	TOil [°C]
1	0.5	0	1500	0	0	0	4000	0	40	32	60
2	0.5	0	1500	0	0	0	8000	0	42	32	70

Bild 55

➡ Bitte geben Sie die Werte im Rahmen des laufenden Beispiels wie oben (Bild 55) abgebildet ein, indem Sie über die '+' - Schaltfläche unten rechts Zeilen aktivieren.

➡ Die gemeinsamen Werte aus dem Lastkollektiv erscheinen nun im Resultateübersicht mit dem Vorsetzzeichen 'LS' (Bild 56):

Bild 56

Resultateübersicht											
Längenverhältnis Druckellipse Innenring	eLR_i	157.929	%	Maximale Differenz der Druckwinkel	Δα	7.26839	°	Maximale Pressung	LS_pmax	1682.23	MPa
Maximum Bohr- zu Roll-Verhältnis	LS_maxSpinToRo	0.360434		Minimale Pressung	LS_pmin	545.57	MPa	Modifizierte Referenzlebensdauer	LS_Lnmrh	43838.2	h
Statischer Sicherheitsfaktor (ISO 76)	LS_S0	13.5625		Statischer Sicherheitsfaktor	LS_SF	15.563		Viskositätsverhältnis	κ	2.2859	

Die restlichen Werte stehen dort für das in der Eingabemaske unten vorgewählte Lastkollektiv-Element:

➡ Innenring rotiert zur Last Aussenring rotiert zur Last Resultate für Nr 1

5.4.4 Parametervariation

Über den Menüpunkt 'Berechnung'/'Parametervariation' (4.4.8.4) wird ein Dialog für Parametervariationen angezeigt (Bild 57). Er ermöglicht es dem Anwender, Parameterstudien durchzuführen, deren Ergebnisse in Tabellen und Grafiken dargestellt werden. Typische Anwendungen sind z.B. die Visualisierung von Lebensdauer über Spiel oder Verschiebungen über Last. Eine optionale Optimierung für einen Parameter ist ebenfalls verfügbar. Sehen Sie für weiterführende Informationen zu Parametervariation die entsprechenden Einträge im [Handbuch](#).

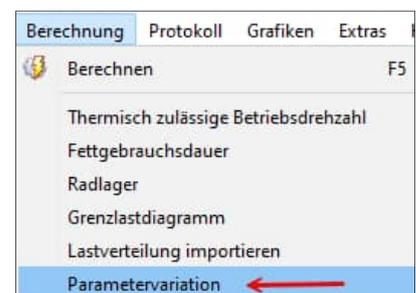


Bild 57

➔ Lassen Sie uns an dieser Stelle noch, ausgehend von unserem $P_a = -3.03731 \mu\text{m}$ aus nichtmontierter Vorspannung von 246 N , dieses mit 10 Schritten auf $-15 \mu\text{m}$ senken.

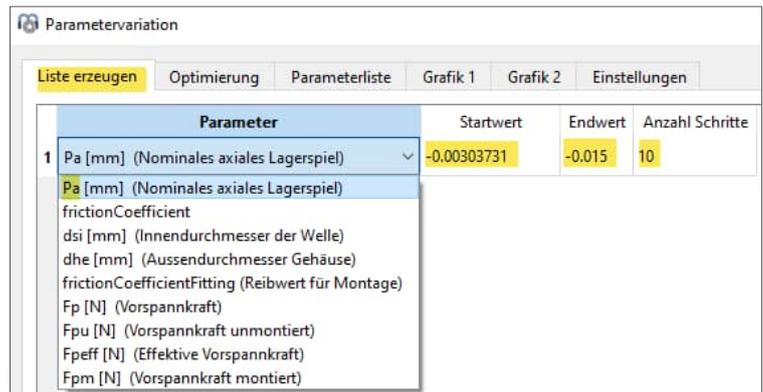


Bild 58

➔ Bitte wählen Sie die Elemente aus der Parameterliste (Bild 59).

Für Lastkollektiv (LS):

- Mod. Referenzlebensdauer Lnmrh
- SpinToRoll als Parameter für Kinematik
- Max. Kontaktspannung pmax
- Min. Kontaktspannung pmin

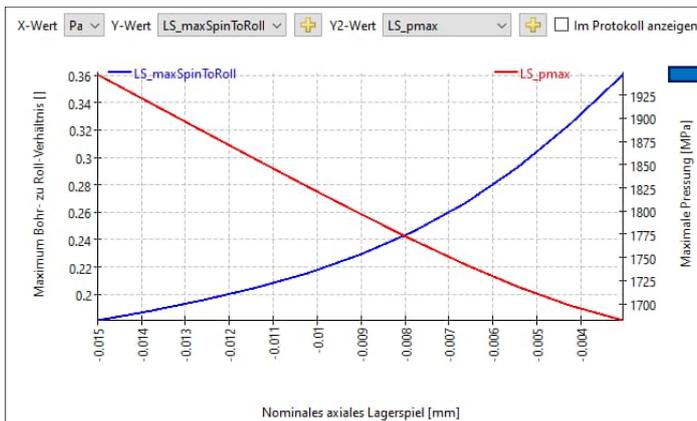
Für den Lastfall 2:

- Lastabhängiges Reibmoment Mfriction

Resultate für Nr 2

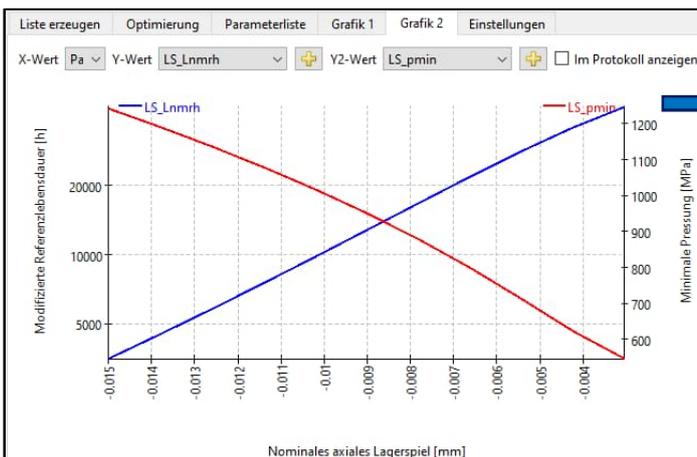
Nr	Pa [µm]	LS_Lnmrh [h]	LS_maxSpinToRoll	LS_pmax [MPa]	LS_pmin [MPa]	Mfriction [Nm]
1	-3.03731	643008	0.360434	1682.23	545.57	0.126902
2	-4.23358	558703	0.324498	1698.02	622.798	0.138691
3	-5.42985	458917	0.292835	1718.36	712.727	0.152644
4	-6.62612	338158	0.266592	1742.32	799.719	0.168668
5	-7.82239	236730	0.245645	1768.82	879.178	0.186603
6	-9.01866	165643	0.229028	1796.98	951.494	0.206299
7	-10.2149	116475	0.215413	1826.16	1017.88	0.227651
8	-11.4112	82566.9	0.204691	1855.97	1079.41	0.250591
9	-12.6075	59108.4	0.195752	1886.14	1136.94	0.27508
10	-13.8037	42771.5	0.187809	1916.49	1191.12	0.301096
11	-15	31295.5	0.180965	1946.91	1242.47	0.328628

Bild 59



➔ Bitte erstellen Sie als Beispiel das Diagramm SpinToRoll und pmax über axialem Lagerspiel.

Bild 60



➔ Bitte erstellen Sie als Beispiel das Diagramm Lnmrh Lebensdauer und pmin über axialem Lagerspiel.

Bild 61

6. Resultate

6.1 Protokolle

Resultate sind in verschiedenen Ausgaben verfügbar. Es steht die Standard-Resultateübersicht am unteren Rand der Benutzeroberfläche wie in Kapitel 4.4.8.6 bereits erwähnt immer aktualisiert zur Verfügung.

Ein Haupt-Protokoll als PDF oder DOCX mit Standard-Inhalt sowie mittels 'Protokoll Optionen' zu-steuerbaren weiteren Inhalten sind über Menü 'Protokoll' abrufbar.

Resultateübersicht			
Referenzlebensdauer	L10r 234185	Referenzlebensdauer	L10h 487885 h
Modifizierte Referenzlebensdauer	Lnmr 1,171e+07	Modifizierte Referenzlebensdauer	Lnmh 2,439e+07 h
Maximale Pressung	pmax 923,627 MPa	Statischer Sicherheitsfaktor	SF 94,0283
Statischer Sicherheitsfaktor	Soeff 79,4024	Äquivalente Belastung	Pref 456,785 N
Längenverhältnis Druckklinge Innenring	eLR i 208,571 %	Längenverhältnis Druckklinge Aussenring	eLR e 256,701 %

MESYS Wälzlagerberechnung 12-2024
Dateiname: C:/Users/Tutorials/2024/Beginner/Basics/RBC/Basics Beginner Tutorial Calculation_6.mRBC
Projektname: **Beginners Tutorial**
Beschreibung: **Erste Ergebnisse**
Datum: Thursday, 16. January 2025

Bitte wählen Sie den Umfang des Protokolls aus:

- Grafik: Lastverteilung
- Grafik: Lastverteilung 2D
- Grafik: Pressungsverteilung
- Grafik: Druckwinkel
- Grafik: Bohr- zu Roll-Verhältnis
- Grafik: Kugelvor-/nachlauf

Bild 62

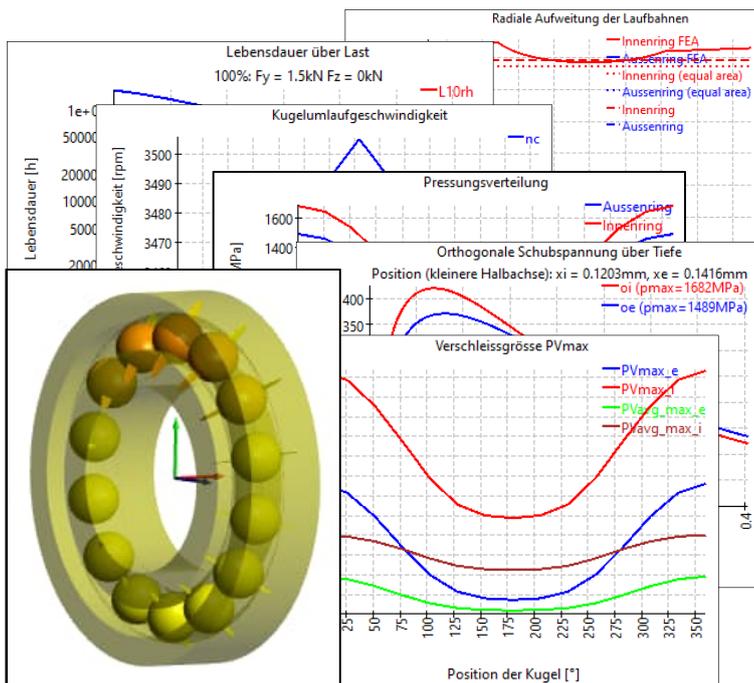
Unter Menü 'Protokoll'/'Resultattabellen' kann standardmässig eine Tabellenkalkulation mit Resultaten zur Weiterverarbeitung im XLSX-Format geöffnet werden.

	A	B	C	D	E	F
1	Load case: 1					
2		ux [µm]	uy [µm]	uz [µm]	ry [mrad]	rz [mrad]
3	Fx [N]	212.9289	66.52366	-1.8E-07	-2E-06	-1721.27
4	Fy [N]	66.4652	163.428	-1.6E-07	-1.5E-06	-3929.03
5	Fz [N]	-2.1E-07	1.55E-08	184.1099	4475.018	3.53E-06
6	My [Nm]	-5.1E-09	3.5E-10	4.473138	114.6083	8.76E-08
7	Mz [Nm]	-1.72216	-3.92524	3.79E-09	3.6E-08	100.9723
8	Load case: 2					
9		ux [µm]	uy [µm]	uz [µm]	ry [mrad]	rz [mrad]
10	Fx [N]	217.7691	61.28462	-5.5E-09	2.42E-07	-1551.14
11	Fy [N]	61.02589	158.7982	1.75E-07	-3.1E-06	-3846.97
12	Fz [N]	1.86E-07	-1.2E-07	170.2751	4152.423	3.61E-07
13	My [Nm]	4.68E-09	-2.9E-09	4.145374	106.8561	1.32E-08
14	Mz [Nm]	-1.55158	-3.83722	-4.5E-09	8.02E-08	99.20982

Bild 63

6.2 Grafiken

Unter dem Menü 'Grafiken' stehen eine breite Palette an grafischen Darstellungen 2D, 3D, Funktionen mit Bezügen zu Verformung, Lastverteilung, Kinematik, Verschleissgrößen, Schubspannung oder Lebensdauer zur Verfügung.



- Lastkollektiv
- Verformung der Lagering
- Lagerkonfiguration
- Lastverteilung
- Lastverteilung (Lastkollektiv)
- Lastverteilung 2D
- Lastverteilung 2D (Lastkollektiv)
- Lastverteilung 3D
- Lastverteilung 3D (ohne Ringe)
- Pressungsverteilung
- Druckwinkel
- Bohr- zu Roll-Verhältnis
- Maximale Spaltweite Kugel-Laufbahn
- Kugelumlaufgeschwindigkeit
- Kugelvor-/nachlauf
- Gyroskopischer Schlupfkoeffizient
- Verschleissgrösse QV
- Verschleissgrösse PVmax
- Verschleisskenngrösse PV über grösserer Halbachse
- Pressung und Gleitgeschwindigkeit auf grösserer Halbachse
- Wärmeleitwert
- Wälzkörperkräfte
- Zuverlässigkeit
- Schubspannungsverlauf
- Orthogonale Schubspannung (Innenring, kleinere Halbachse)
- Orthogonale Schubspannung (Aussenring, kleinere Halbachse)
- Orthogonale Schubspannung über Tiefe
- Orthogonale Schubspannung über kleinere Halbachse
- Kontaktmessungen
- Lebensdauer über Last
- Verschiebungen über Last
- Kippwinkel über Last
- Grenzlastdiagramm
- Verformung der Lagering
- Ergebnisse für Pressitz
- Radiale Aufweitung der Laufbahnen

Bild 64

Die Grafiken können mit aktuellen Ausgaben an die Hauptprogramm-Oberfläche ange dockt werden und sind nach jeder Berechnung automatisch aktualisiert.

Die Darstellungen können mit drag & drop in die Benutzeroberfläche unter die Menüleiste oder wie hier abgebildet in die Resultate-Übersicht gezogen werden (Bild 65).

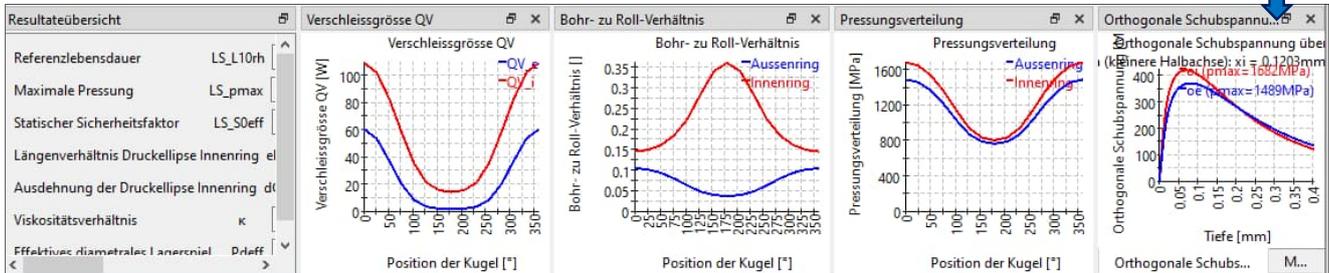


Bild 65

6.3 Weitere Resultate

Aufgrund der Eingrenzung dieses Tutorials möchten wir die weiteren Resultate wie Fettgebrauchsdauer unter Menü Berechnungen, Werkstoffe und deren Berechnung mit Bezug der Wärmebehandlung, Resultate rund um Schmierzustände, Lager-Konfigurationen, oszillierende Lager, Bewertung der Druckellipsen, Betrachtung unter minimalem, mittlerem und maximalem Spiel, Wirkung von Kreiselmomente und Vieles mehr lediglich mit dem Verweis auf das [Handbuch](#) erwähnen.

6.4 Protokolle

Das Standard-Protokoll lässt sich mit umfangreichen Inhalten über 'Protokoll Optionen' spezifisch editieren. Des Weiteren lässt sich das Protokoll in den verfügbaren Sprachen gesondert abspeichern. Es gibt die Möglichkeit, Protokollvorlagen zu ergänzen und nicht zu vergessen, das in diesem Rahmen bereits verwendete [Protokoll Toleranzen](#).

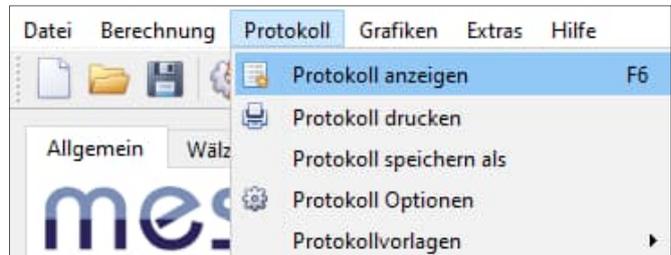


Bild 66

mesys Engineering Consulting Software **AG**

MESYS Wälzlagerberechnung 12-2024

Dateiname: C:/Users/Beginner/Tutorials/2024/Beginner/Basics/RBC/Basics Beginner Tutorial Calculation_6.mRBC

Projektname: **Beginners Tutorial**

Beschreibung: **Erste Ergebnisse**

Datum: Thursday, 16. January 2025

Wälzlagerberechnung

Bild 67

Bitte drucken Sie das Standard-Protokoll aus.

MESYS wünscht Ihnen eine lehrreiche und gewinnbringende Erfahrung mit unseren Tutorials. Bitte wenden Sie sich ungehindert bei Unklarheiten, Anregungen oder Fragen, an info@mesys.ch.