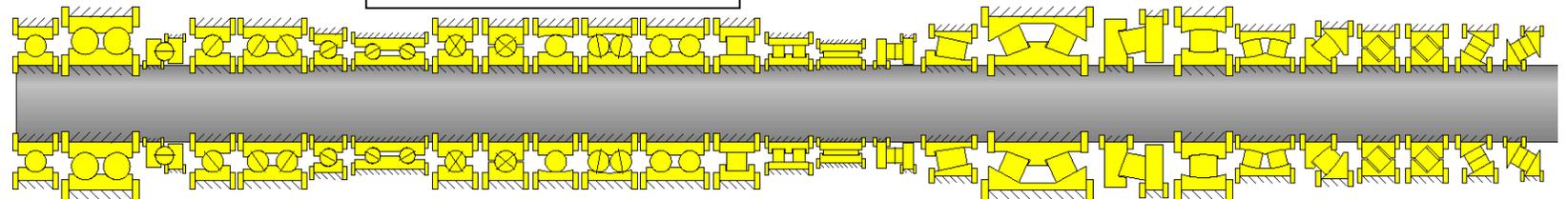
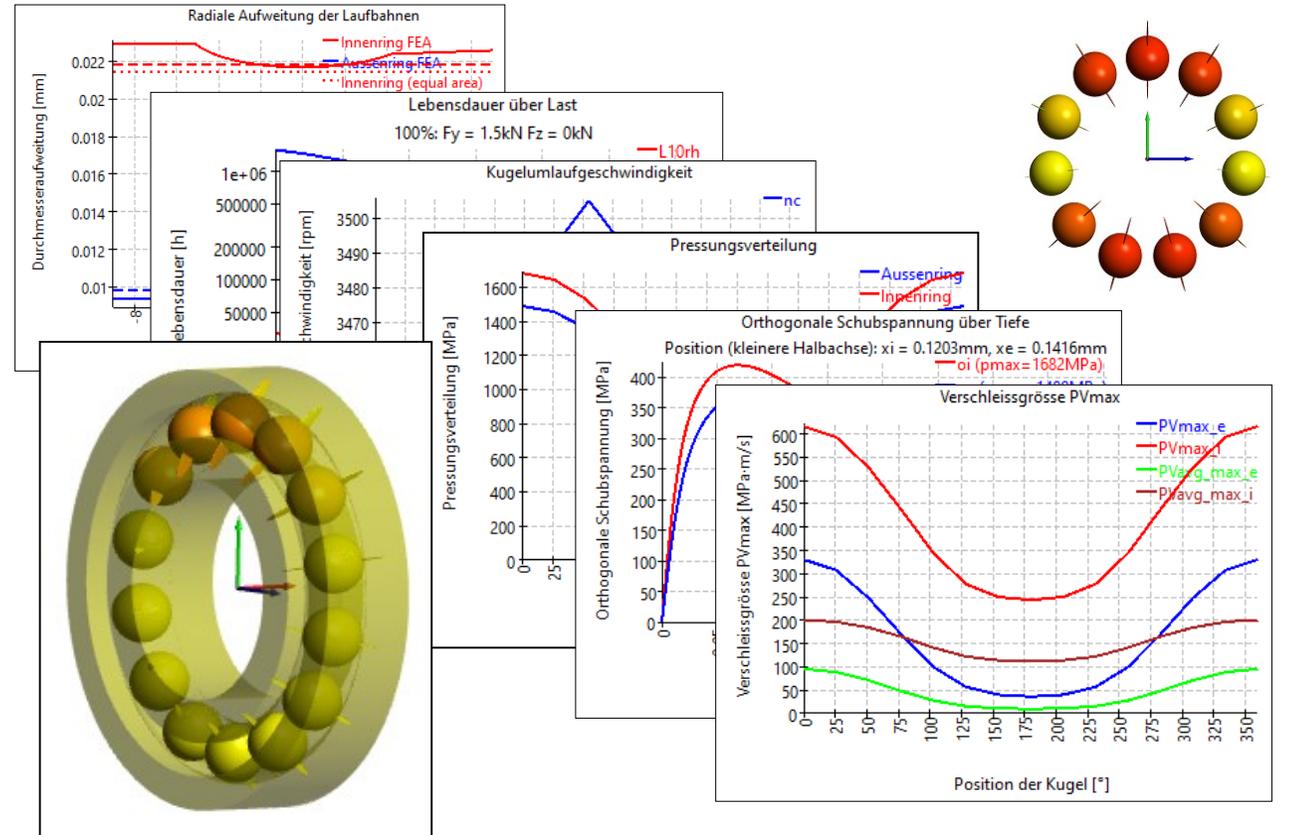


# MESYS Wälzlagerberechnung

Berechnung nach ISO 16281



- **Nominelle Lebensdauer nach ISO 281**

Die nominelle Lebensdauer  $L_{10}$  in Mio Umdrehungen wird aus der dynamischen Tragzahl  $C_r$  und einer dynamisch äquivalenten Belastung  $P$  berechnet.

- **Erweiterte Lebensdauer nach ISO 281**

Die erweiterte Lebensdauer  $L_{nm}$  wird über die Faktoren  $a_1$  und  $a_{ISO}$  aus der nominellen Lebensdauer berechnet. Die Faktoren berücksichtigen Ausfallwahrscheinlichkeit, Schmierung und Sauberkeit.

- **Nominelle Referenz-Lebensdauer nach ISO/TS 16281 (DIN 26281)**

Die Referenzlebensdauer  $L_{10r}$  wird aus der Belastung der einzelnen Wälzkörper und der dynamischen Tragzahl berechnet. Über die Berechnung der Lastverteilung im Lager werden Lagerspiel oder auch Verkippungen berücksichtigt.

- **Modifizierte Referenz-Lebensdauer nach ISO/TS 16281 (DIN 26281)**

Über die Faktoren  $a_1$  und  $a_{ISO}$  werden die Einflüsse von Ausfallwahrscheinlichkeit, Schmierung und Sauberkeit in der modifizierten Referenz-Lebensdauer  $L_{nmr}$  berücksichtigt

- **Statische Sicherheit nach ISO 76**

Die statische Sicherheit wird als  $S = C_0/P_0$  aus der statischen Tragzahl und der statisch äquivalenten Belastung berechnet. Der statischen Tragzahl liegt eine zulässige Pressung von 4200 MPa bei Kugellagern und von 4000MPa bei Rollenlagern zugrunde.

- **Statische Sicherheit aus der Lastverteilung nach ISO/TS 16281**

Die statische Sicherheit SF wird aus der zulässigen Pressung und der auftretenden Pressung bei Kugellagern zu  $S = (p_{zul}/p_{max})^3$  und bei Rollenlagern zu  $S = (p_{zul}/p_{max})^2$  berechnet. Alternativ kann die statische Sicherheit SF auch aus den Kräften pro Wälzkörper berechnet werden.

- **Statische Sicherheit nach ISO 17956**

Die statische Sicherheit  $S_{0eff}$  wird gemäss einem Entwurf zu ISO 17956 berechnet. Für Kugellager basiert diese auf der Kraft pro Wälzkörper, für Rollenlager dagegen auf der Kraft pro Scheibe. Ein gewisser Einfluss des Kippwinkels wird daher berücksichtigt, aber keine Kantenspannungen.

# Einstellungen zur Berechnung

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

**mesys** **Wälzlagerberechnung**  
Engineering Consulting Software AG

Projektname:

Beschreibung:

Einstellungen

Zuverlässigkeit	S	<input type="text" value="90"/>	%	Berechnung für mittleres Spiel	▼
Grenzwert für aISO	aISOmax	<input type="text" value="50"/>		Wälzkörper hat maximale Temperatur	▼
Reibwert	$\mu$	<input type="text" value="0.1"/>		Erster Wälzkörper auf y-Achse	▼ +
<input type="checkbox"/> Schmierfilmdicke berechnen				Kreiselmoment wird nicht berücksichtigt	▼
<input checked="" type="checkbox"/> Fliehkraft berücksichtigen				Die Lebensdauer des Wälzkörpersatzes wird nicht berechnet	▼
<input type="checkbox"/> Temperaturgradient in Passungen berücksichtigen				Elastische Aufweitung der Ringe wird nicht berücksichtigt	▼ +
<input type="checkbox"/> Oszillierendes Lager				<input type="checkbox"/> Lastkollektiv verwenden	
<input checked="" type="checkbox"/> Erforderliche Einhärtetiefe berechnen				<input checked="" type="checkbox"/> Erweiterte Lebensdauer berechnen	
<input checked="" type="checkbox"/> Erforderliche Einhärtetiefe aus Dauerfestigkeit				<input type="checkbox"/> Erweiterte Methode für Pressungsberechnung	
Erforderliche Sicherheit für Einhärtetiefe	Ssmin	<input type="text" value="1"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Statischen Sicherheitsfaktor über Pressung berechnen	

Überlebenswahrscheinlichkeit

Maximalwert für aISO

Reibwert für Berechnung des Reibmomentes

Fliehkraft kann für schnelllaufende Lager berücksichtigt werden

Für randschichtgehärtete Lager kann die erforderliche Härtetiefe bestimmt werden

Lage im Toleranzfeld für das Lagerspiel

Temperatur für Wälzkörper

Position für Wälzkörper

Elastische Aufweitung der Lagerringe

Eine Berechnung mit Lastkollektiv ist möglich

Erweiterte Methode zur Pressungsberechnung bei Rollenlagern

# Geometrie des Wälzlagers

The screenshot shows the 'Wälzlagergeometrie' (Roller Bearing Geometry) tab in the mesys software. It is divided into two main sections: 'Eingabe der Innengeometrie' (Input of Inner Geometry) and 'Lagerspiel' (Clearance). The 'Eingabe der Innengeometrie' section includes fields for 'Innendurchmesser' (Inner Diameter), 'Aussendurchmesser' (Outer Diameter), 'Lagerbreite' (Bearing Width), 'Anzahl Wälzkörper' (Number of Balls/Rollers), 'Durchmesser Wälzkörper' (Ball/Roller Diameter), 'Teilkreis' (Pitch Circle Diameter), 'Konformität Innenring' (Inner Ring Conformity), 'Konformität Aussenring' (Outer Ring Conformity), 'Schulterhöhe Innenring' (Inner Ring Shoulder Height), and 'Schulterhöhe Aussenring' (Outer Ring Shoulder Height). The 'Lagerspiel' section includes 'Dynamische Tragzahl' (Dynamic Load Rating), 'Statische Tragzahl' (Static Load Rating), 'Ermüdungsgrenzbelastung' (Fatigue Limit Load), 'Lagerspiel' (Clearance), 'Diametrales Lagerspiel' (Radial Clearance), 'Toleranz des Lagers' (Bearing Tolerance), 'Passung zur Welle' (Shaft Fit), 'Oberflächenrauheit der Welle' (Shaft Surface Roughness), 'Innendurchmesser der Welle' (Shaft Inner Diameter), 'Passung zum Gehäuse' (Housing Fit), and 'Oberflächenrauheit Gehäuse' (Housing Surface Roughness). The right side of the interface shows calculated values for 'Cr', 'C0r', 'Cur', 'Pd', 'k6', 'Rz', 'dsi', 'H7', 'Rz', and 'dhe'. Yellow callout boxes provide additional information: 'Optionen zum Lagertyp' (Bearing type options), 'Vorgabe von Deformationen des Aussenringes' (Specification of outer ring deformations), 'Abschätzung Geometrie aus Schadensfrequenzen' (Geometry estimation from damage frequencies), 'Umrechnung der Schmiegun aus dem Radius' (Conversion of conformity from radius), 'Schmiegun im Kontakt  $f_i = r_i / D_w$ ' (Conformity in contact), 'Schulterhöhen zur Prüfung der Ausdehnung der Druckellipsen' (Shoulder heights for checking the expansion of the pressure ellipses), 'Tragzahlen können berechnet werden oder eingegeben werden' (Load ratings can be calculated or entered), 'Nominelles Spiel vor der Montage' (Nominal clearance before assembly), 'Umrechnung Radial- und Axialspiel' (Conversion of radial and axial clearance), 'Spieländerung durch Passungen' (Clearance change due to fits), 'Passungen können als ISO Toleranz oder eigene Werte angegeben werden' (Fits can be specified as ISO tolerance or own values), 'Rauheit des Gehäuses für Setzbetrag bei der Presssitzberechnung' (Housing surface roughness for press fit calculation), and 'Aussendurchmesser Gehäuse zu 2\*D angenommen, falls nicht definiert' (Housing outer diameter assumed to be 2\*D if not defined).

# Lagerkonfiguration für mehrreihige Lager

The screenshot shows the 'Lagerkonfiguration' tab in a software application. A table is displayed with the following data:

	Position [mm]	Axialer Versatz [mm]	Lage des Druckmittelpunktes
1	-10	0	links
2	10	0	rechts

Callouts provide the following information:

- Positionen für mehrere Lagerreihen (points to the Position column)
- Verschiebung des Aussenringes um Vorspannung zu Erzeugen (points to the Axialer Versatz column)
- Lage des Druckmittelpunktes für Lager mit Druckwinkel (points to the Lage des Druckmittelpunktes column)
- Weitere Spalten mit Ergebnissen können über die rechte Maustaste zugefügt werden (points to the right side of the table)

Mehrreihige Lager können über Lagerkonfigurationen definiert werden. Die Lagerringe sind dabei starr gekoppelt. Wärmedehnung wird beim axialen Versatz berücksichtigt. Die Reihen haben alle die gleiche Geometrie. Die Kräfte und Verschiebungen gelten für Position Null.

# Werkstoff und Schmierung

The screenshot shows the 'Werkstoff und Schmierung' (Material and Lubrication) tab in a software application. It is divided into two main sections: 'Werkstoff' (Material) and 'Schmierung' (Lubrication). The 'Werkstoff' section includes input fields for surface hardness (HRC), core strength (Rm), and case depth (hdi/hde) for both inner and outer rings. It also features surface roughness (Rq) inputs and dropdown menus for material selection (Stahl) for the inner ring, roller, shaft, and housing. The 'Schmierung' section includes a dropdown for oil type (ISO VG 220 Mineralöl), a filter selection (Oil lubrication with on-line filter ISO4406 -/17/14), and input fields for viscosity at 40°C (nu40 = 220 mm²/s) and 100°C (nu100 = 19 mm²/s), oil temperature (TOil = 70 °C), oil density (rho = 890 kg/m³), and the pressure-viscosity coefficient (alpha = 0.0174449 1/MPa). A checkbox indicates the presence of EP additives.

**Werkstoff**

Oberflächenhärte Innenring	58	HRC	Oberflächenhärte Aussenring	58	HRC
Kernfestigkeit Innenring	Rm 1200	MPa	Kernfestigkeit Aussenring	Rm 1200	MPa
Einhärtetiefe Innenring	hdi 0	mm	Einhärtetiefe Aussenring	hde 0	mm
Oberflächenrauheit Innenring	Rq 0.4	µm	Oberflächenrauheit Aussenring	Rq 0.4	µm
Oberflächenrauheit Wälzkörper	Rq 0.4	µm	Werkstoff Innenring	Stahl	+
Werkstoff Aussenring	Stahl	+	Werkstoff Wälzkörper	Stahl	+
Werkstoff Welle	Stahl	+	Werkstoff Gehäuse	Stahl	+

**Schmierung**

ISO VG 220 Mineralöl | Oil lubrication with on-line filter ISO4406 -/17/14 | +

Viskosität bei 40°C	nu40 220	mm²/s	Temperatur	TOil 70	°C
Viskosität bei 100°C	nu100 19	mm²/s	Dichte des Öls	ρ 890	kg/m³
<input type="checkbox"/> enthält wirksame EP Additive	Druck-Viskositäts-Koeffizient	α 0.0174449			1/MPa

**Callouts:**

- Die Oberflächenhärte kann zu einer Reduktion der Tragzahlen führen
- Kernfestigkeit für die Berechnung der Einhärtetiefe
- Rauheiten für die Berechnung der Schmierfilmdicke
- Eingaben für die Schmierung zur Berechnung der erweiterten Lebensdauer
- Einhärtetiefe als Eingabe oder notwendige Einhärtetiefe als Ausgabe
- Werkstoffangaben für die Berechnung der Pressungen, eigene Eingabe möglich
- Auswahl für die Schmierstoffsauherkeit oder Eingabe des Faktors eC
- Druck-Viskositätskoeffizient für die Berechnung der Schmierfilmdicke

# Belastung des Lagers

The screenshot shows the 'Belastung' (Load) tab of the mesys software interface. It contains several input fields and checkboxes for defining bearing loads and temperatures. Callouts explain the following parameters:

- Kraft in drei Richtungen:** Axialkraft (Fx), Radialkraft (Fy), and Radialkraft (Fz).
- Kippmoment um zwei Achsen:** Moment (My) and Moment (Mz).
- Drehzahlen für Innen- und Aussenring:** Drehzahl Innenring (ni) and Drehzahl Aussenring (ne).
- Auswahl der Eingabe von Kraft oder Verschiebung für alle 5 Komponenten:** Radio buttons for 'Verschiebung' (Displacement) and 'Kippwinkel' (Tilt angle) for ux, uy, uz, ry, and rz.
- Verschiebung in 3 Richtungen:** Input fields for ux, uy, and uz.
- Kippwinkel:** Input fields for ry and rz.
- Temperatures mit Einfluss auf das Lagerspiel:** Temperatur der Welle (Ti) and Temperatur des Gehäuses (Te).
- Auswahl welcher Ring sich zur Last dreht hat Einfluss auf die Lebensdauer:** Checkboxes for 'Innenring rotiert zur Last' and 'Aussenring rotiert zur Last'.

A 3D diagram of a bearing cross-section is shown at the bottom left, with a coordinate system (y, z) and force vectors (Fx, Fy, Fz) applied to the inner ring.

# Berechnung mit elastischem Aussenring für Stützrollen

Stützrollen

elastischen Aussenring berücksichtigen

Axial [mm]	Radial [mm]	Radius [mm]
------------	-------------	-------------

symmetrische Geometrie

Schubverformungen berücksichtigen

Standardwerte (Cw, C0w, ...) berechnen

Cw mit L10r=1 berechnen

C0w, Cw auf Basis der Spannungen berechnen, ohne Kantenspannungen

Statisch zulässige Biegespannung  $\sigma_{050}$  0 MPa

Dynamisch zulässige Biegespannung  $\sigma_{005}$  0 MPa

Mittelspannungseinflussfaktor  $\psi$  0.3

Geometriedaten direkt eingeben

Axiales Flächenträgheitsmoment Iaa 0 mm<sup>4</sup>

Radiales Flächenträgheitsmoment Irr 0 mm<sup>4</sup>

Tangenciales Flächenträgheitsmoment Itt 0 mm<sup>4</sup>

Deviatorisches Flächenträgheitsmoment Iar 0 mm<sup>4</sup>

Schwerpunkt, axial s\_a 0 mm

Schwerpunkt, radial s\_r 0 mm

Querschnittsfläche A 0 mm<sup>2</sup>

Eingabe der Aussenring Geometrie

Aussenring schubsteif oder weich

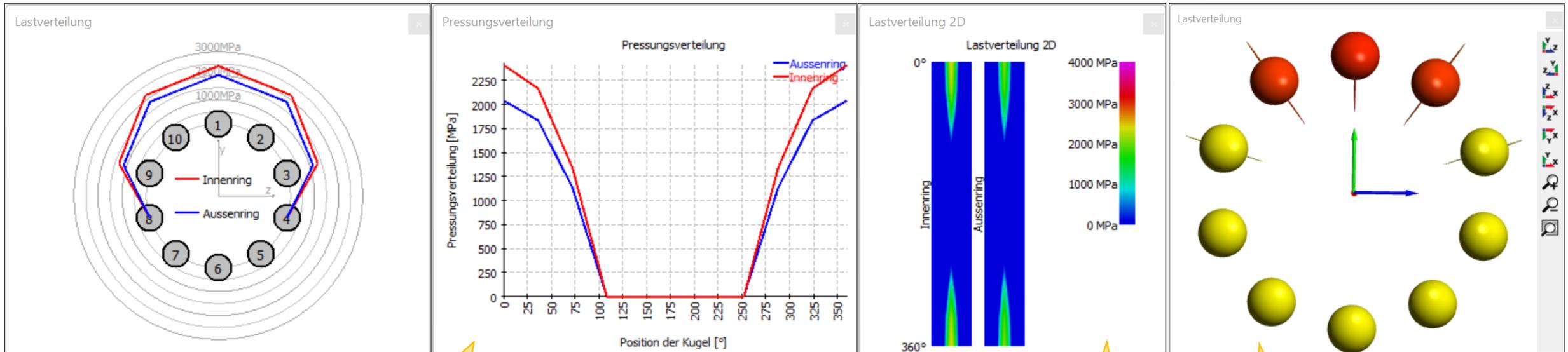
Berechnung der reduzierten Tragzahlen

Optionen für die Berechnung der wirksamen Tragzahlen

Zulässige Spannungen für die Belastung des Aussenringes

Geometriedaten können auch direkt als Parameter aus dem CAD eingegeben werden

# Verteilung der Pressung

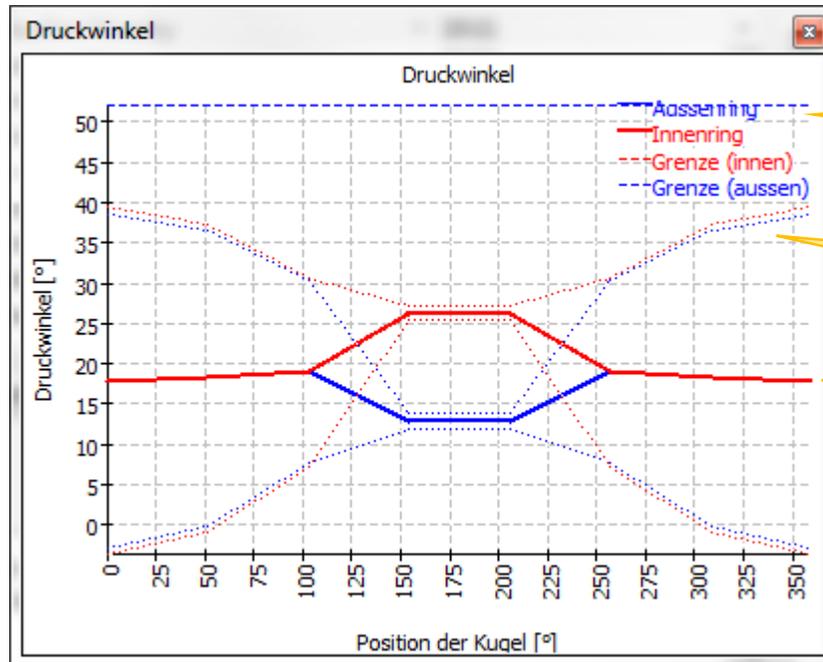


Hertzische Pressung über der Winkelposition der Kugel

Lastverteilung 2D

Lastverteilung 3D

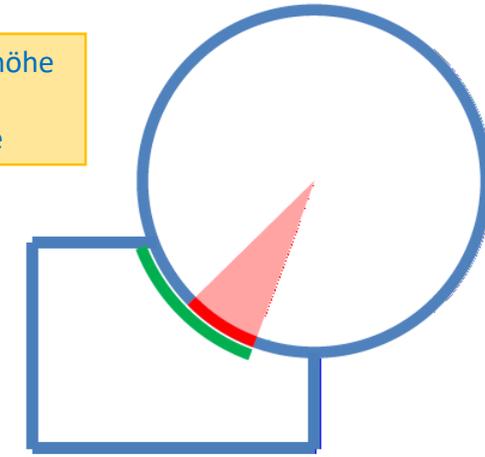
# Ausdehnung der Druckellipse



Druckwinkel an der Schulterhöhe ist ein Grenzwert für die Ausdehnung der Druckellipse

Ausdehnung der Druckellipse

Druckwinkel in der Mitte der Druckellipse

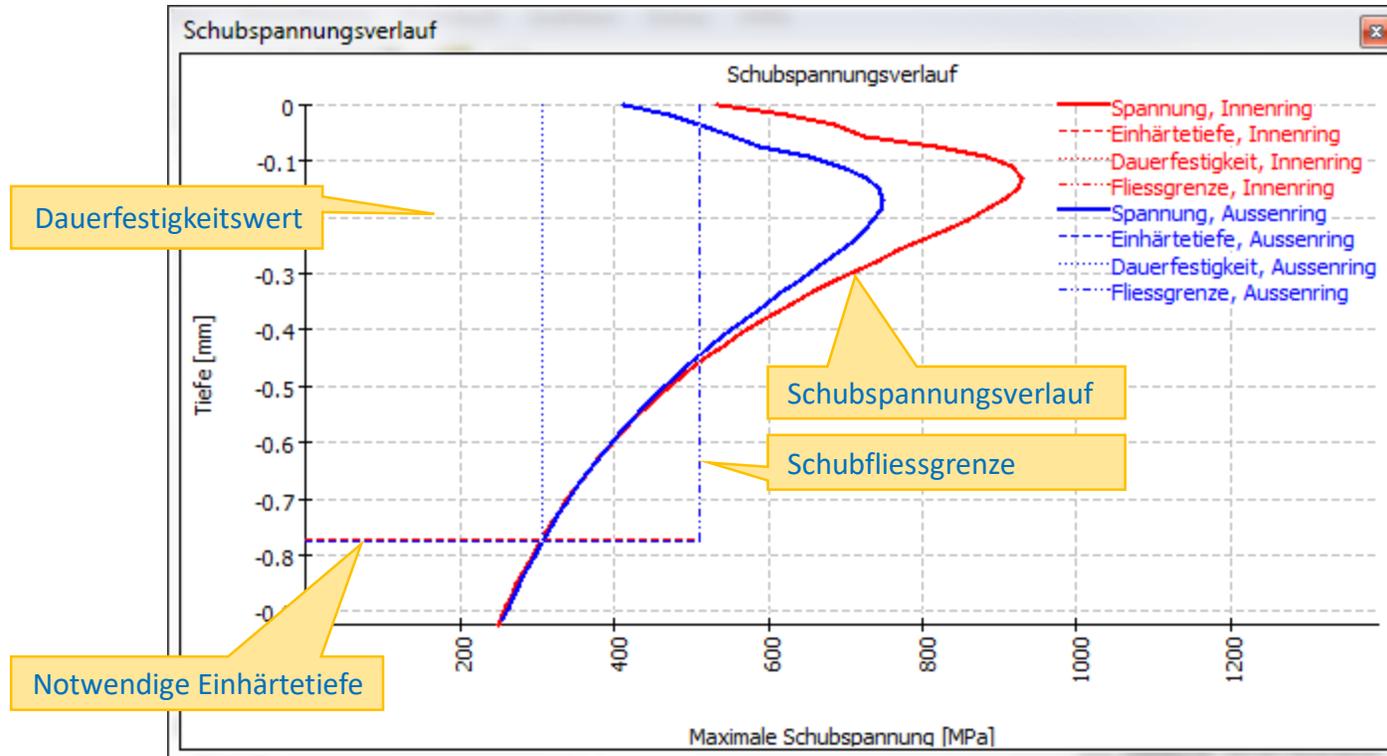


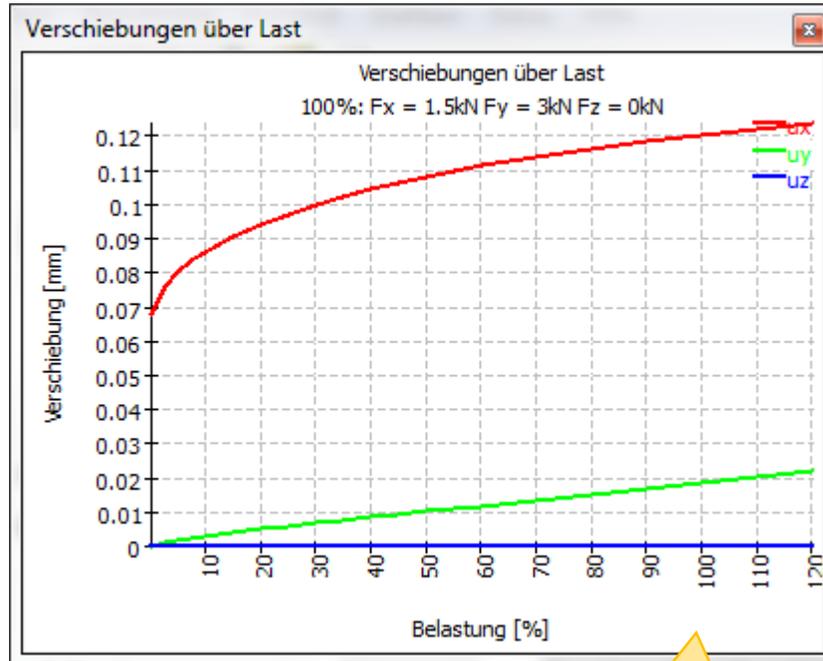
Ausdehnung der Druckellipse Innenring	dCimax	28.0342	mm
Ausdehnung der Druckellipse Aussenring	dCemin	42.0495	mm
Längenverhältnis Druckellipse Innenring	eLR_i	1.31939	
Längenverhältnis Druckellipse Aussenring	eLR_e	1.35304	

Maximale Ausdehnung der Druckellipse

Das Längenverhältnis ist das Verhältnis der grünen zur roten Linie

# Schubspannungsverlauf unter der Oberfläche





Grafische Darstellung der Verschiebungen über der Belastung für den gewählten Lastzustand

## Steifigkeitsmatrix des Lagers

	$u_x$ [ $\mu\text{m}$ ]	$u_y$ [ $\mu\text{m}$ ]	$u_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	$r_y$ [mrad]	$r_z$ [mrad]
$F_x$ [N]	43.551	43.314	-0.000	0.000	-383.072
$F_y$ [N]	43.335	133.130	-0.000	0.000	-711.652
$F_z$ [N]	0.000	-0.000	161.789	910.807	-0.000
$M_y$ [Nm]	0.000	-0.000	0.929	7.079	-0.000
$M_z$ [Nm]	-0.391	-0.726	0.000	-0.000	6.257

Steifigkeitsmatrix im Protokoll  
Hier für ein radial und axial belastetes Rillenkugellager