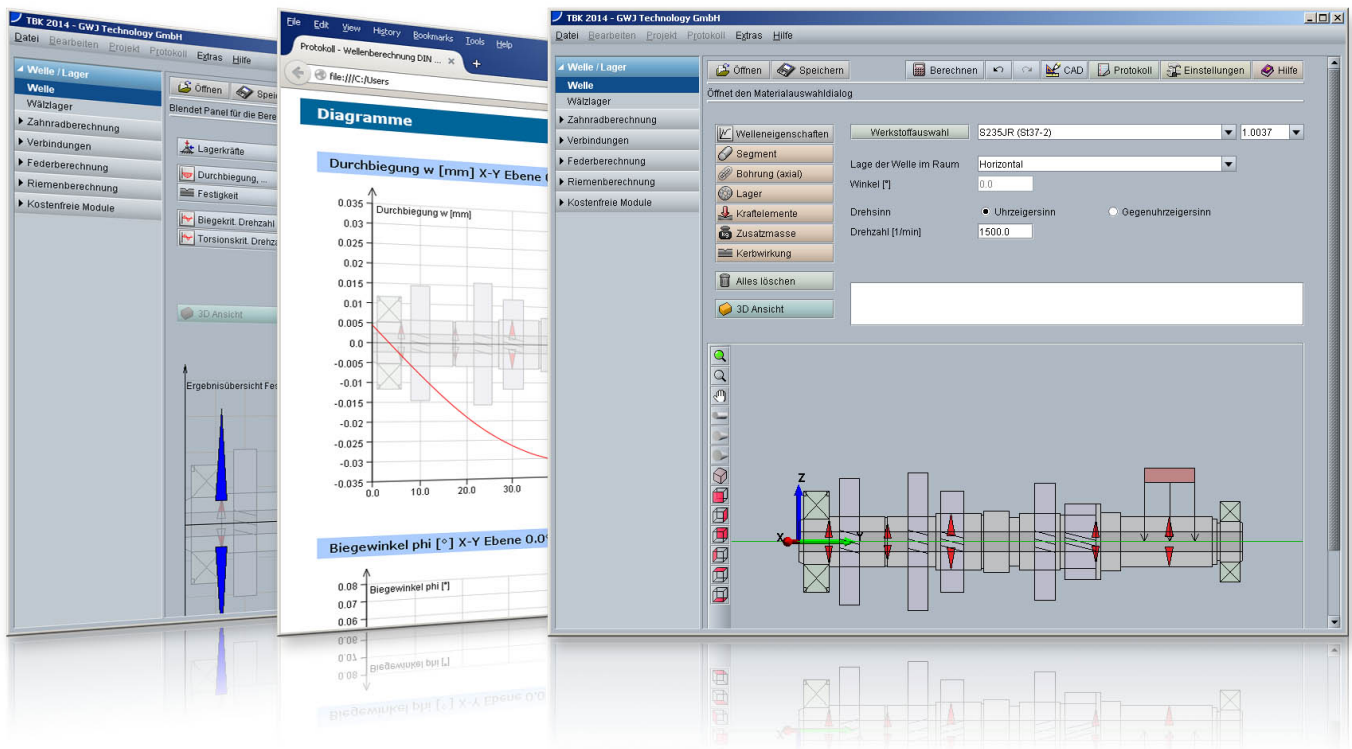


Berechnungsbeispiel

Welle mit Festigkeit nach DIN 743



Ausgabe März 2025

Inhaltsverzeichnis

0.1	Berechnungsbeispiele: Welle nach DIN 743	3
0.1.1	Berechnungsmodul starten	3
0.1.2	Erstes Berechnungsbeispiel	3
0.1.3	Durchführung der Berechnung	12
0.1.4	Dokumentation: Protokoll	15
0.1.5	Berechnung speichern	17
0.1.6	Zweites Berechnungsbeispiel	18
0.1.7	Durchführung der Berechnung	22
0.1.8	Dokumentation: Protokoll	23
0.1.9	Berechnung speichern	24

0.1 Berechnungsbeispiele: Welle nach DIN 743

0.1.1 Berechnungsmodul starten

Um das Berechnungsmodul für die Welle zu starten, klicken Sie in der Baumstruktur auf der linken Seite auf den Menüpunkt „Welle/Lager“ und anschließend auf „Welle“.

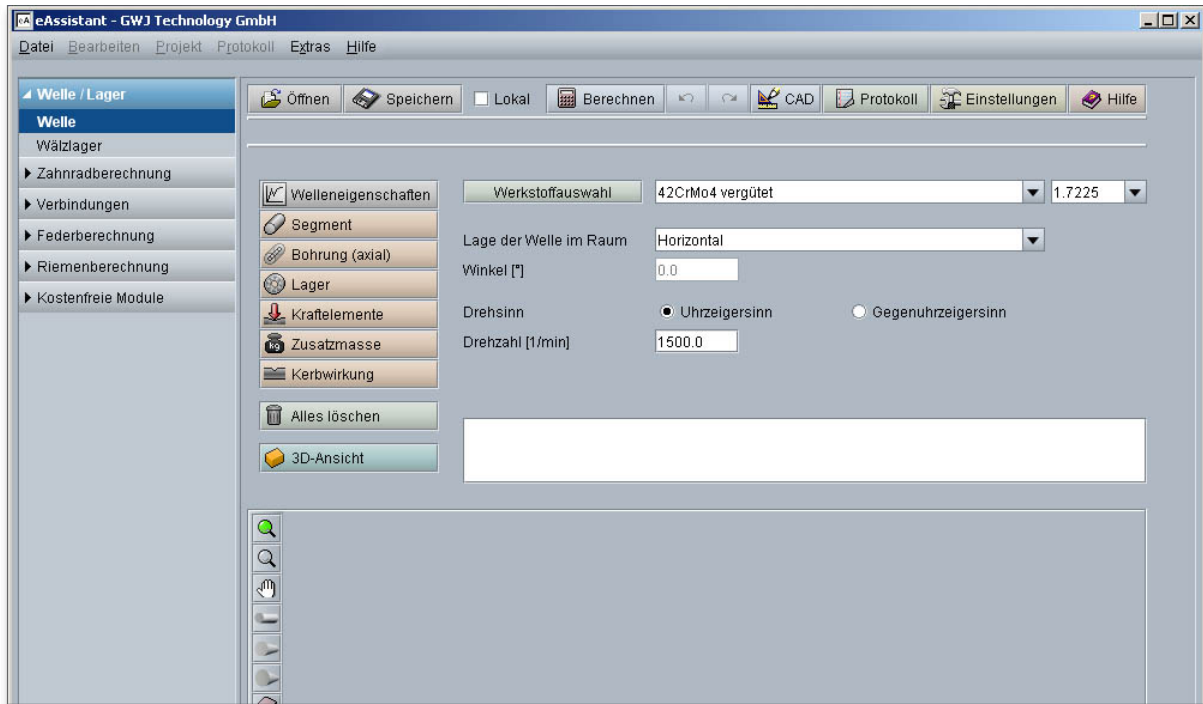


Abbildung 1: Berechnungsmodul

0.1.2 Erstes Berechnungsbeispiel

Bei diesem Berechnungsbeispiel handelt es sich hierbei um eine Wickelwelle mit einer Fest-/Loslagerung und als Belastung eine Zusatzmasse.

Wellensegmente erzeugen

Um das erste Wellensegment zu erzeugen, klicken Sie auf den Button „Segment“. Geben Sie die Länge mit 50 mm, den Durchmesser mit 20 mm an.



Abbildung 2: Erstes Segment erzeugen

Das erste Segment wird graphisch dargestellt.

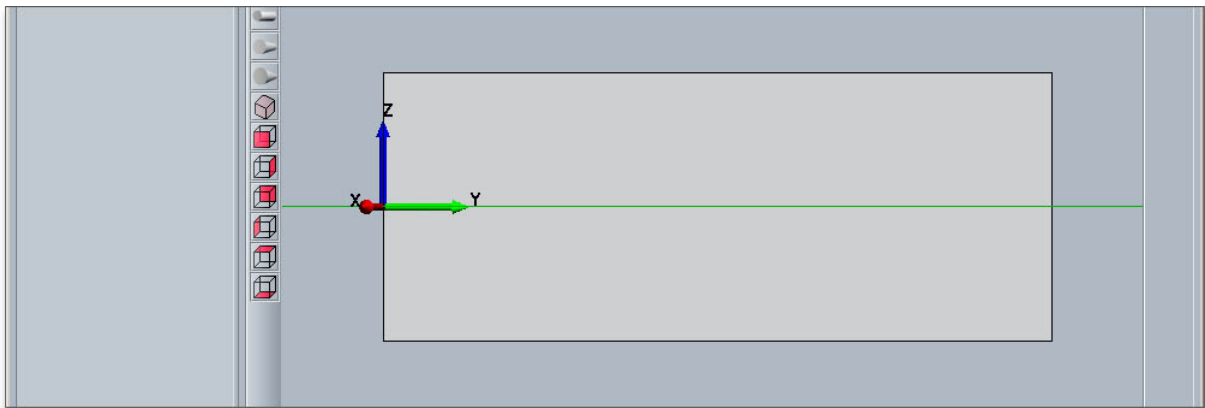


Abbildung 3: Darstellung des erzeugten und definierten Wellensegmentes

Um das zweite Segment zu erzeugen, klicken Sie erneut auf den Button „Segment“. Geben Sie die Länge mit 400 mm, den Durchmesser mit 50 mm an.

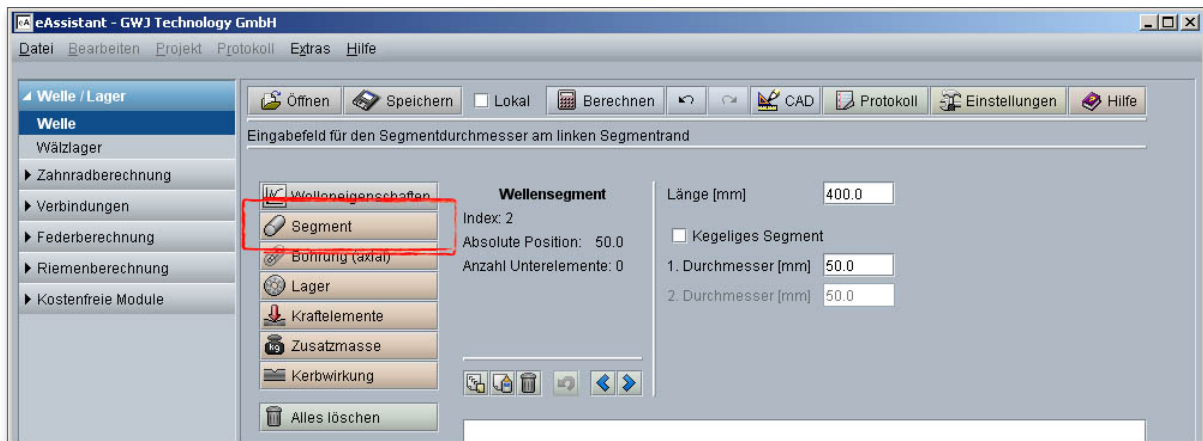


Abbildung 4: Zweites Segment erzeugen

Das zweite Segment wird graphisch dargestellt.

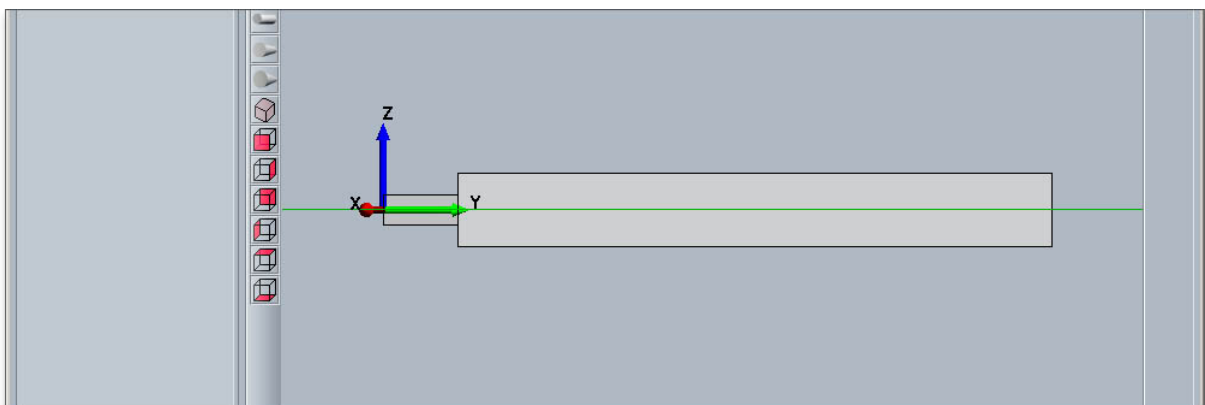


Abbildung 5: Darstellung des zweiten Segments

Da das dritte Wellensegment die gleichen Eingaben wie das erste Wellensegment erhält, nutzen wir jetzt die Funktionen „Kopieren“ und „Einfügen“. Klicken Sie das erste Segment in der Grafik an.

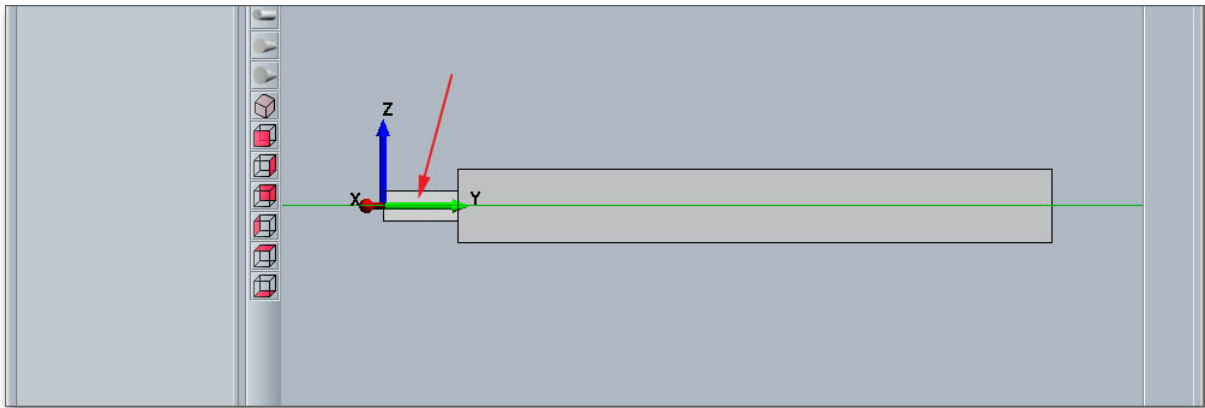


Abbildung 6: Erstes Segment auswählen

Klicken Sie auf den Button „Kopieren“.

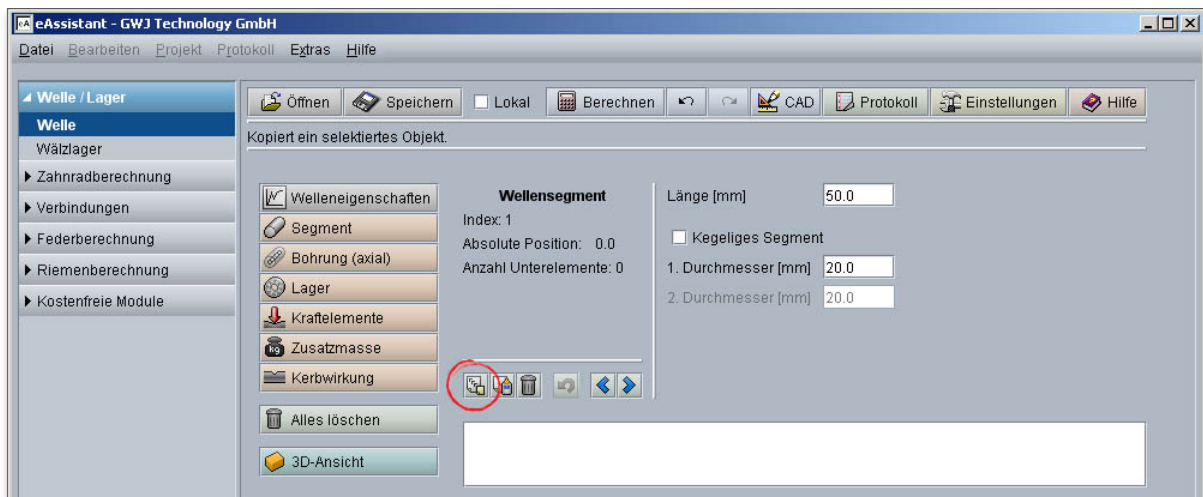


Abbildung 7: Erstes Segment kopieren

Wählen Sie das zweite Wellensegment aus, damit das kopierte Segment dahinter eingefügt werden kann.

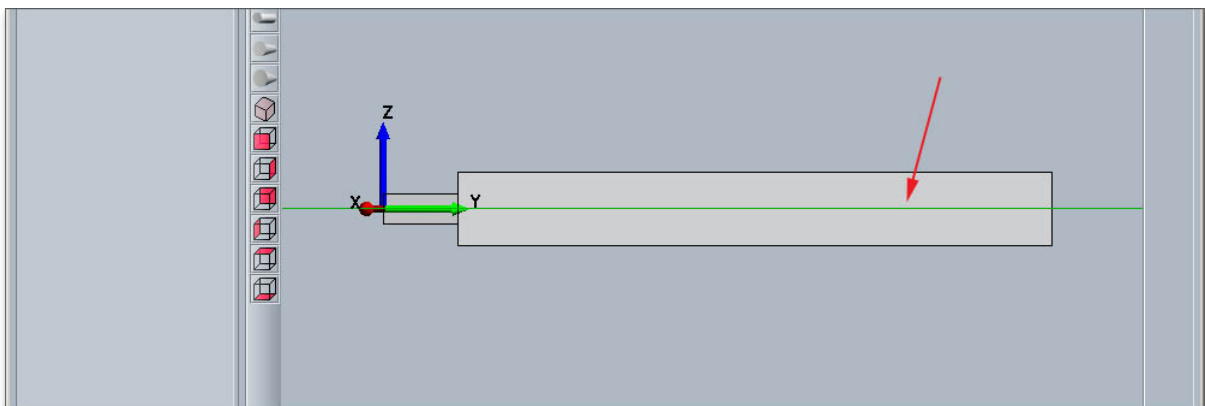


Abbildung 8: Zweites Segment auswählen

Klicken Sie auf den Button „Einfügen“.



Abbildung 9: Segment einfügen

Das kopierte Segment wird als drittes Wellensegment eingefügt.

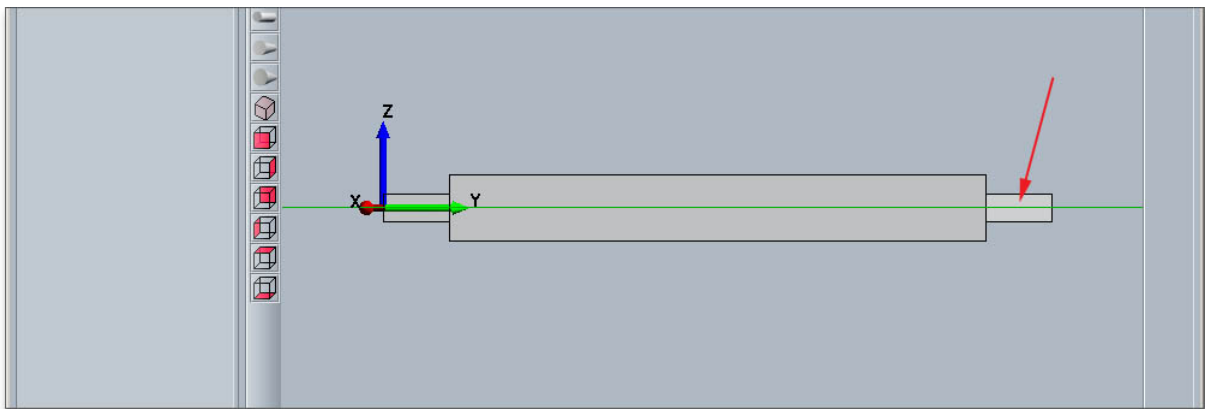


Abbildung 10: Drittes Wellensegment einfügen

Hinweis: Wenn Sie ein Element auswählen und auf die rechte Maustaste klicken, öffnet sich ein neues Kontextmenü mit den Befehlen „Kopieren“ und „Einfügen“. Wählen Sie dann die entsprechenden Optionen.

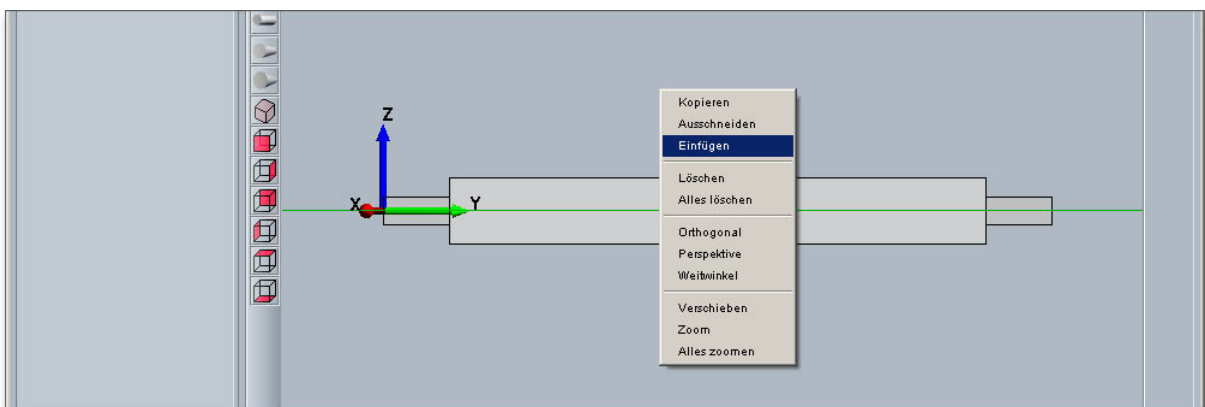


Abbildung 11: Rechte Maustaste zum Öffnen des Kontextmenüs

Axiale Bohrungen erzeugen

Um die erste Bohrung zu erzeugen, klicken Sie auf den Button „Bohrung (axial)“. Geben Sie die Länge mit 70 mm und den Durchmesser mit 0 mm an.



Abbildung 12: Erste axiale Bohrung erzeugen

Klicken Sie auf den Button „Bohrung (axial)“, um die zweite Bohrung zu erzeugen. Geben Sie die Länge mit 360 mm und den Durchmesser mit 40 mm an.



Abbildung 13: Zweite axiale Bohrung definieren

Die Bohrung wird in der Grafik dargestellt.

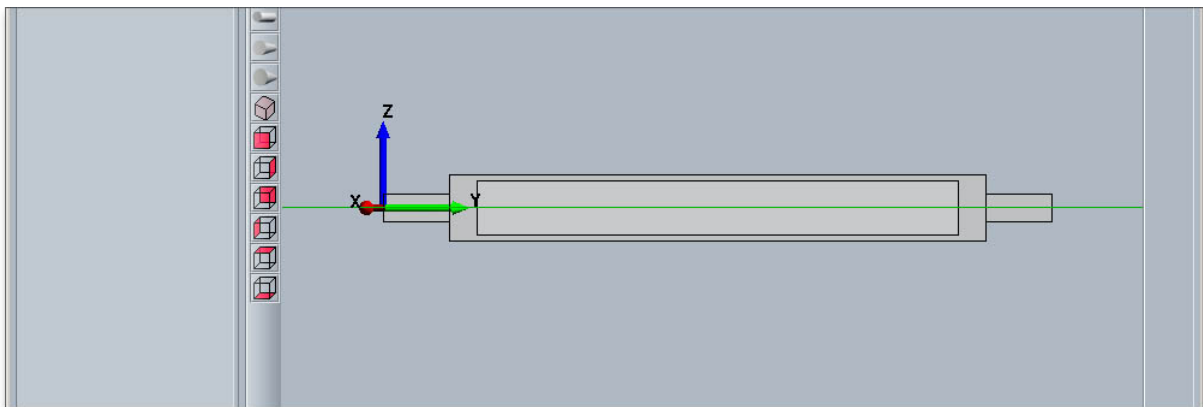


Abbildung 14: Darstellung der axialen Bohrung

Hinweis: Die Auswahl von Elementen in der grafischen Darstellung ist auch über die Tastatur möglich. Möchten Sie zum Beispiel von der Werteeingabe eines Wellensegmentes in den Auswahlmodus wechseln, so drücken Sie auf die „Bild nach unten“-Taste auf Ihrer Tastatur. Anschließend können Sie mit den Pfeiltasten nach links und rechts die Elemente wählen. Um von den Wellensegmenten zu den axialen Bohrungen und umgekehrt zu wechseln, benutzen Sie die Pfeiltasten „nach oben“ und „nach unten“ auf der Tastatur. Zur Werteeingabe

eines gewählten Elementes können Sie dann wieder mit der „Bild nach oben“- Taste wechseln.

Lager einfügen

Um das erste Lager einzufügen, wählen Sie das erste Wellensegment in der Grafik aus.

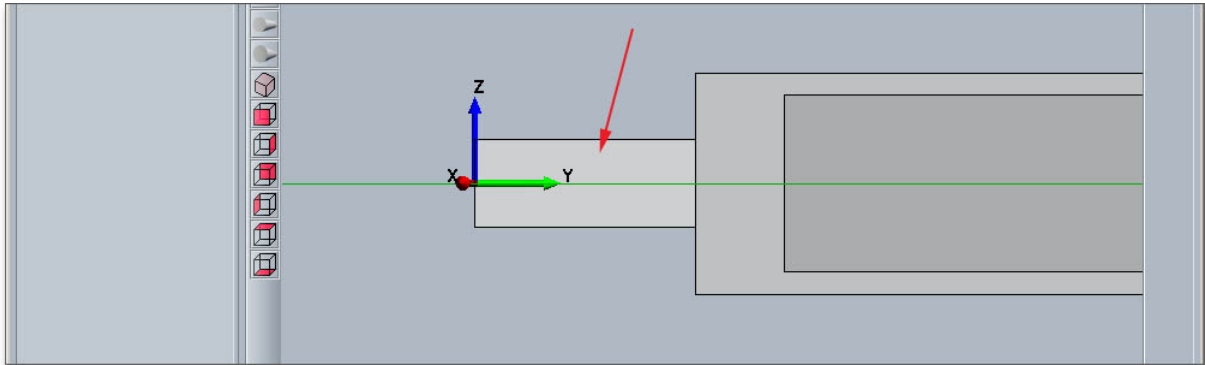


Abbildung 15: Segment auswählen

Klicken Sie auf den Button „Lager“.

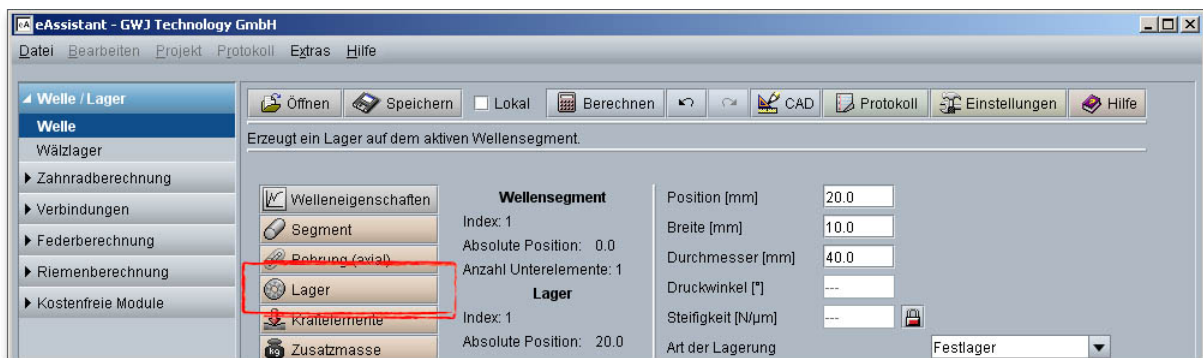


Abbildung 16: Button „Lager“

Das Lager wird eingefügt. Definieren Sie die Position des Lagers mit 20 mm, Breite mit 10 mm und den Durchmesser mit 40 mm. Wählen Sie aus der Listbox die Art der Lagerung. In diesem Fall wählen Sie „Festlager“.

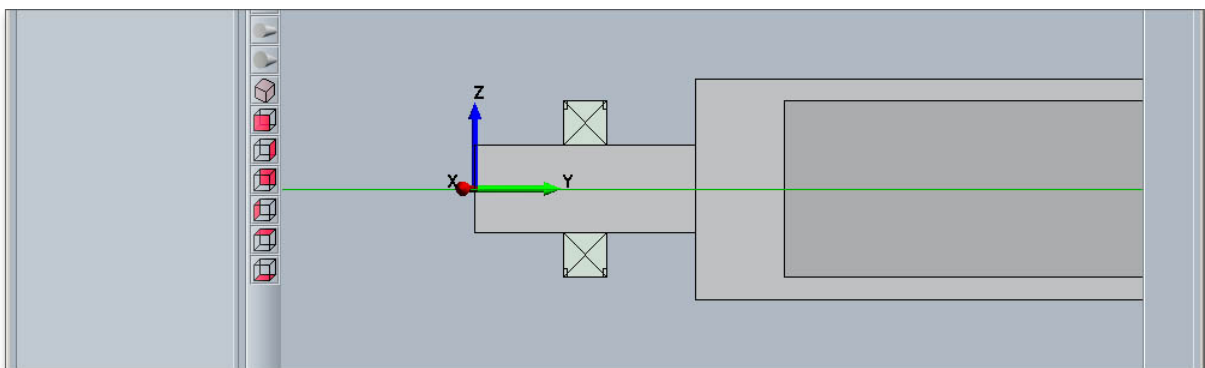


Abbildung 17: Erstes Lager einfügen

Um das zweite Lager einzufügen, wählen Sie das erste Lager in der Grafik aus und klicken Sie auf den Button „Kopieren“.

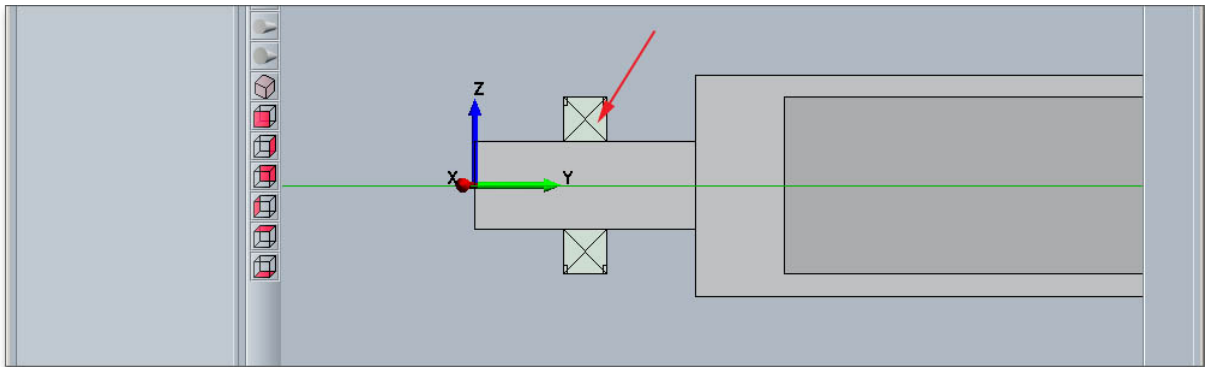


Abbildung 18: Erstes Lager auswählen

Wählen Sie das dritte Wellensegment aus und klicken Sie auf den Button „Einfügen“. Da das Lager kopiert wurde, ist es bereits richtig mit Position, Breite, Durchmesser angegeben. Definieren Sie nur noch die Art der Lagerung. Bei diesem Lager wird aus der Listbox „Art der Lagerung“ das Loslager ausgewählt.

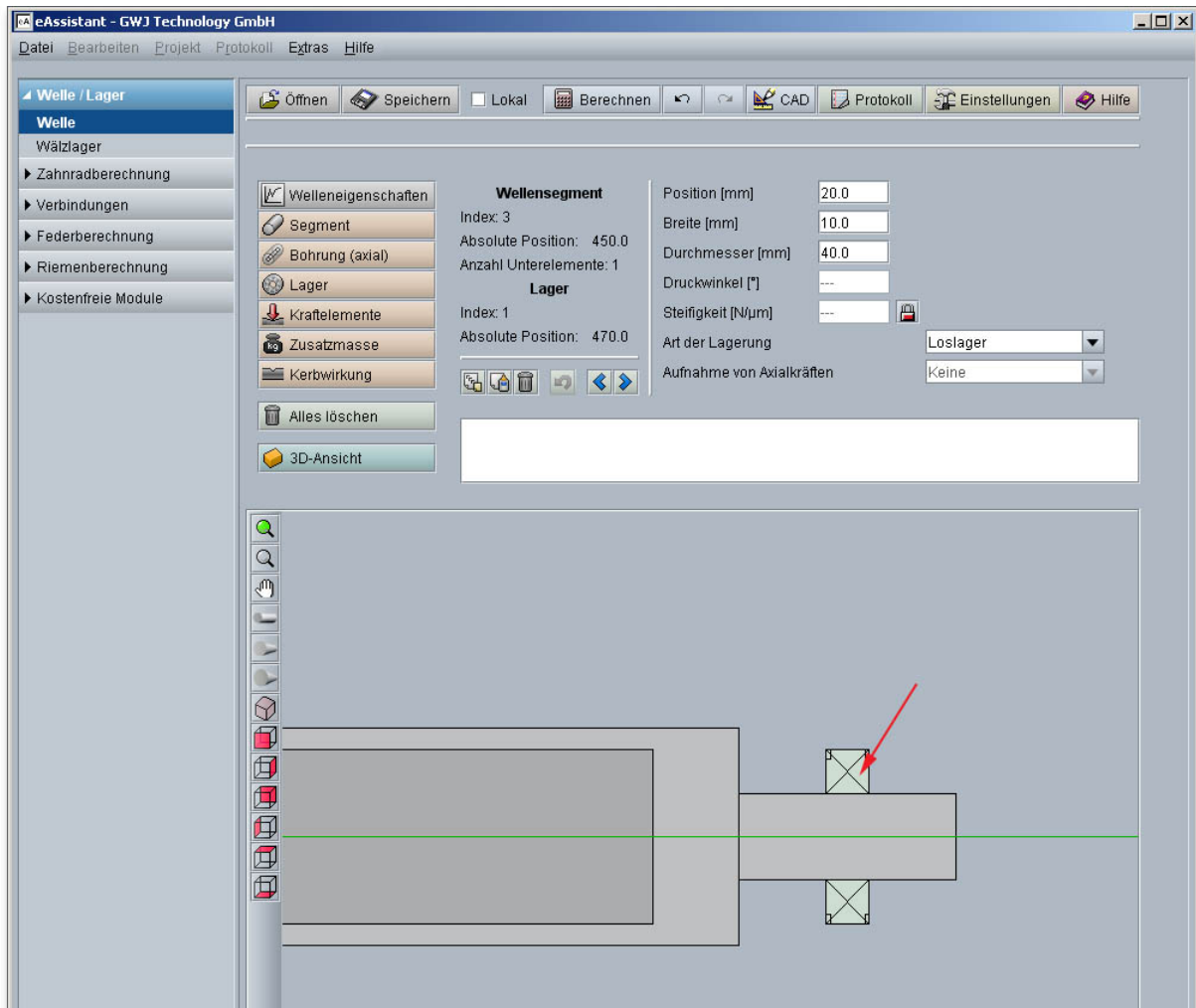


Abbildung 19: Zweites Lager definieren

Belastung als Zusatzmasse definieren

Um die Zusatzmasse zu positionieren, wählen Sie das zweite Wellensegment aus.

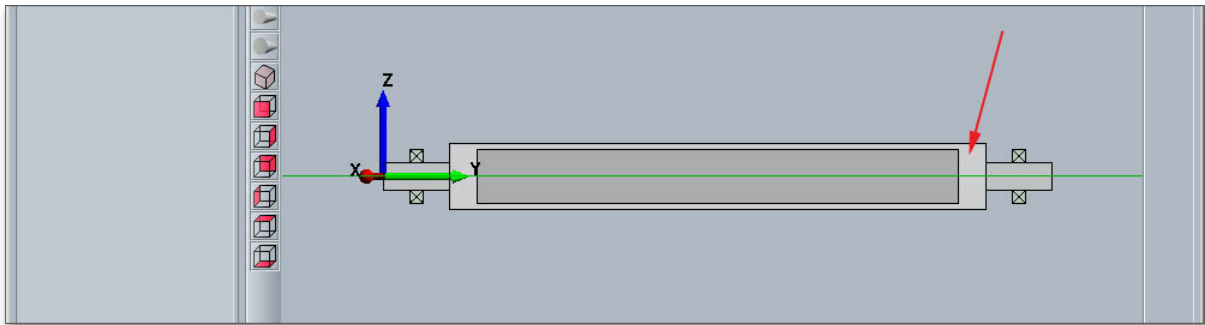


Abbildung 20: Wellensegment auswählen

Klicken Sie auf den Button „Zusatzmasse“.

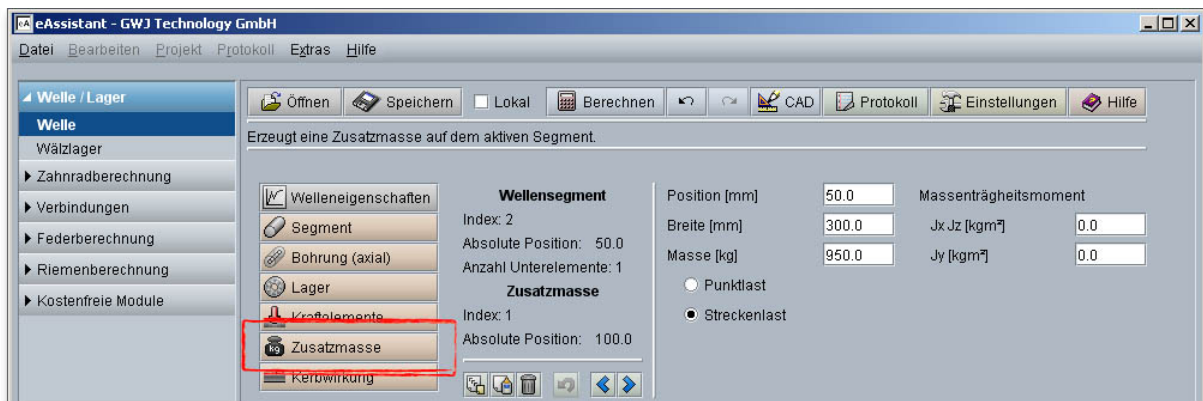


Abbildung 21: Button „Zusatzmasse“

Die Zusatzmasse wird auf das Wellensegment positioniert. Definieren Sie die Zusatzmasse mit den Eingabe für Position 50 mm, Breite 300 mm und Masse 950 kg.

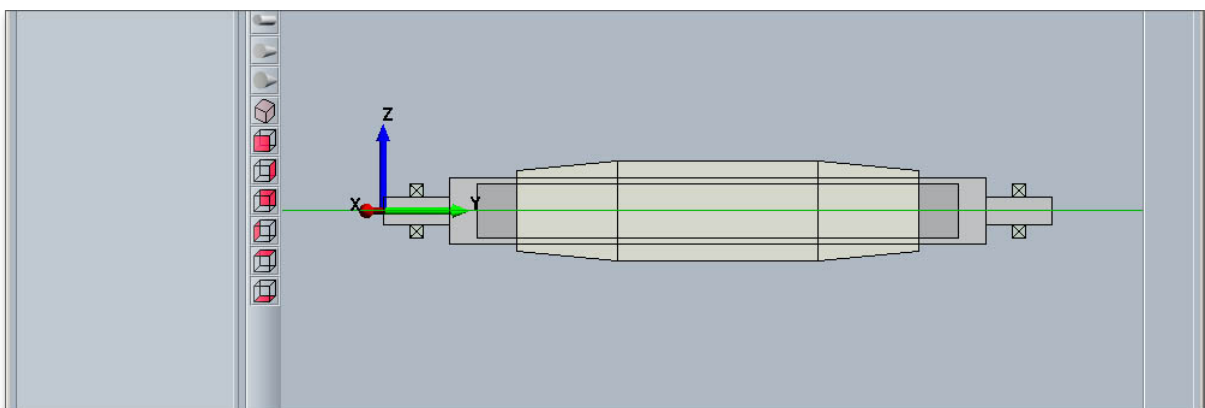


Abbildung 22: Zusatzmasse wird eingefügt

Definition der Kerbwirkungen

Klicken Sie auf den Button „Kerbwirkung“, um die Kerbwirkungen einzufügen.

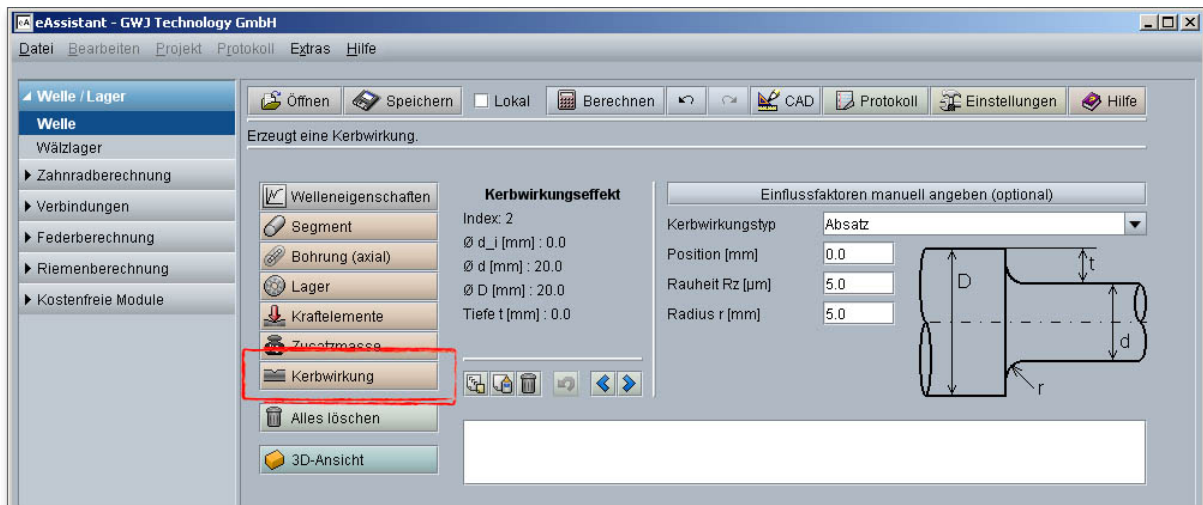


Abbildung 23: Button „Kerbwirkung“

Die Kerbwirkung wird eingefügt und kann jetzt an der entsprechenden Stelle der Welle positioniert werden. Geben Sie dafür die Position direkt in das Eingabefeld „Position“ ein oder verschieben Sie die Kerbwirkung mit Hilfe der beiden Pfeilbuttons. Wählen Sie über die Listbox die Kerbwirkungsart aus.

Definieren Sie nun die folgenden Kerbwirkungen:

- Erste Kerbwirkung: am linken Wellenabsatz mit der Kerbwirkungsart „Absatz“ mit Rauheit $R_z = 5$ mm und Radius $r = 10$ mm
- Zweite Kerbwirkung: am rechten Wellenabsatz analog zum linken Wellenabsatz mit identischen Daten für Kerbwirkungsart, Rauheit und Radius
- Dritte Kerbwirkung: an der Wellenmitte wird eine Kerbwirkung vom Typ „Presssitz“ definiert

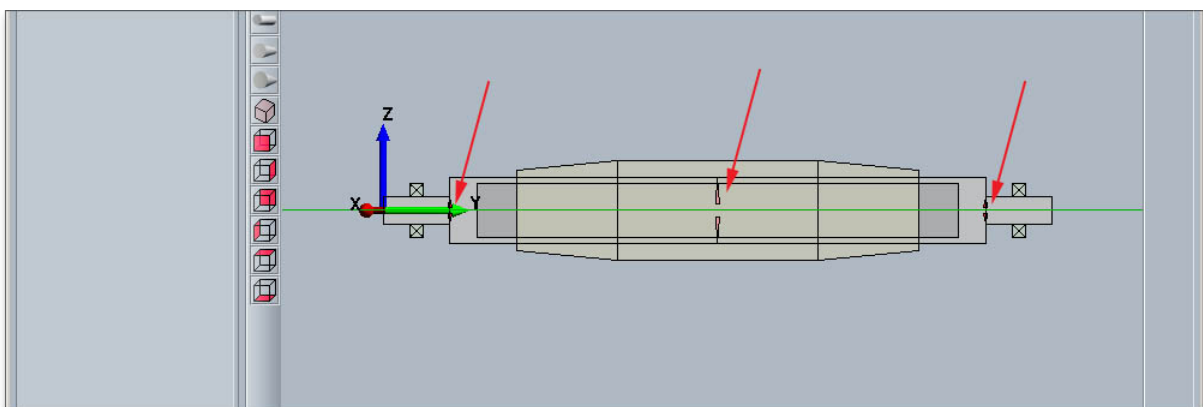


Abbildung 24: Kerbwirkungen

0.1.3 Durchführung der Berechnung

Nach Abschluss Ihrer Definition von Wellengeometrie, Lagerung, Belastung und Kerbwirkungen können Sie jetzt in den Berechnungsteil wechseln, um die verschiedenen Berechnungen zu starten. Klicken Sie dazu auf den Button „Berechnen“ in der obersten Menüzeile des Berechnungsmoduls. Nach dem Klick ändert sich der Button „Berechnen“ in „Geometrie“. Dadurch können Sie jederzeit wieder in den Geometrieteil wechseln.

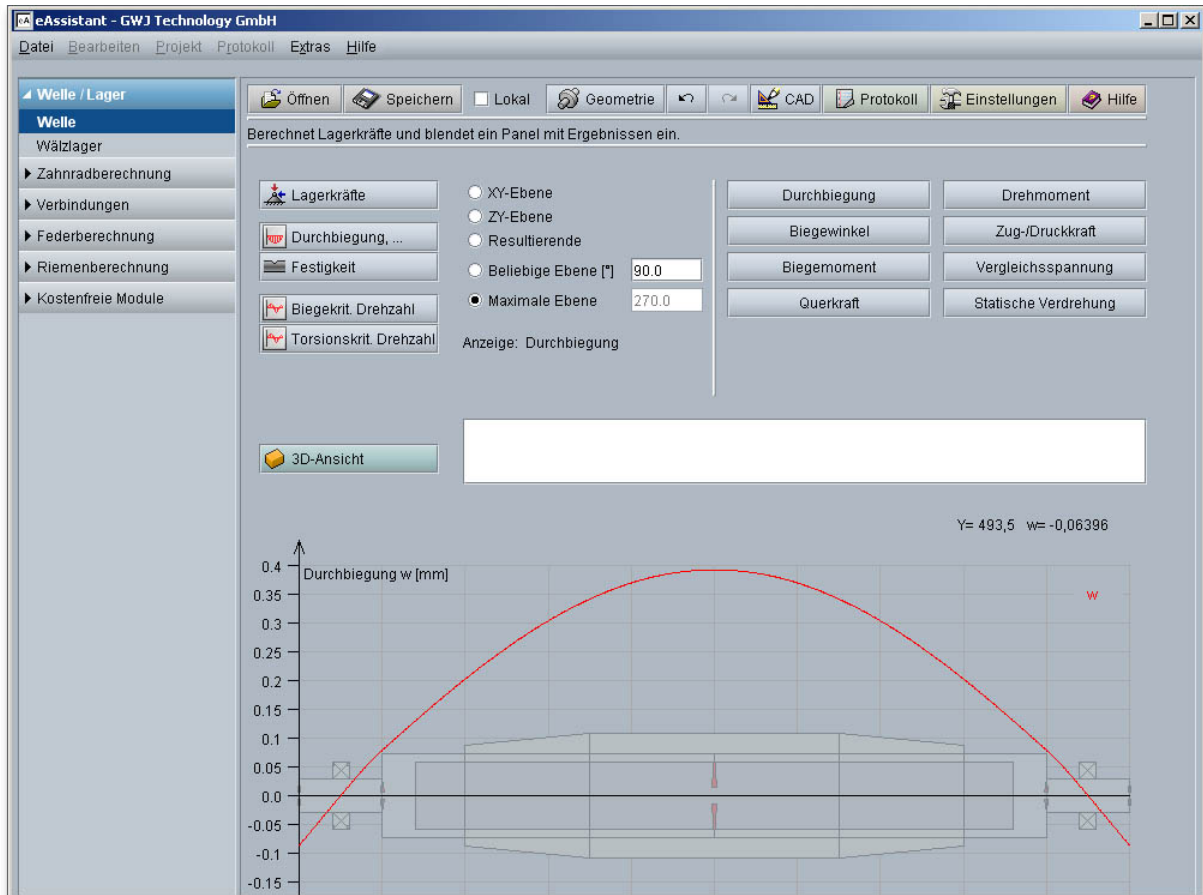


Abbildung 25: Berechnungsteil

Im Berechnungsteil können Sie Ihre Berechnungen durchführen, jedoch keine Änderungen an der Geometrie durchführen. Falls Sie Anpassungen an der Geometrie vornehmen möchten, müssen Sie in den Geometriebereich wechseln. Klicken Sie dazu auf den Button „Geometrie“.

Hier können Sie die einzelnen Berechnungen, wie zum Beispiel die Festigkeitsberechnung nach DIN 743, durchführen.

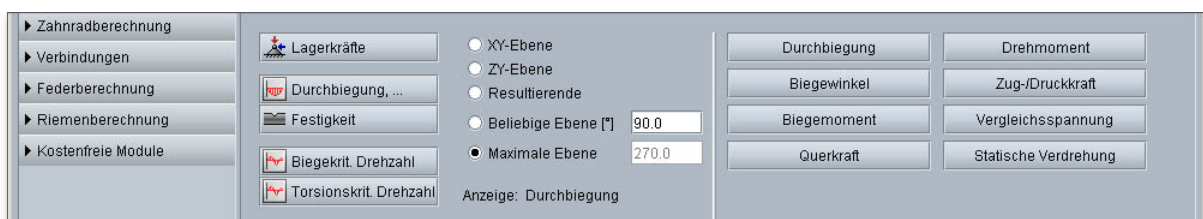


Abbildung 26: Verschiedene Berechnungen

Berechnung der Lagerkräfte

Um die Berechnung der Lagerkräfte zu starten, klicken Sie auf den Button „Lagerkräfte“.

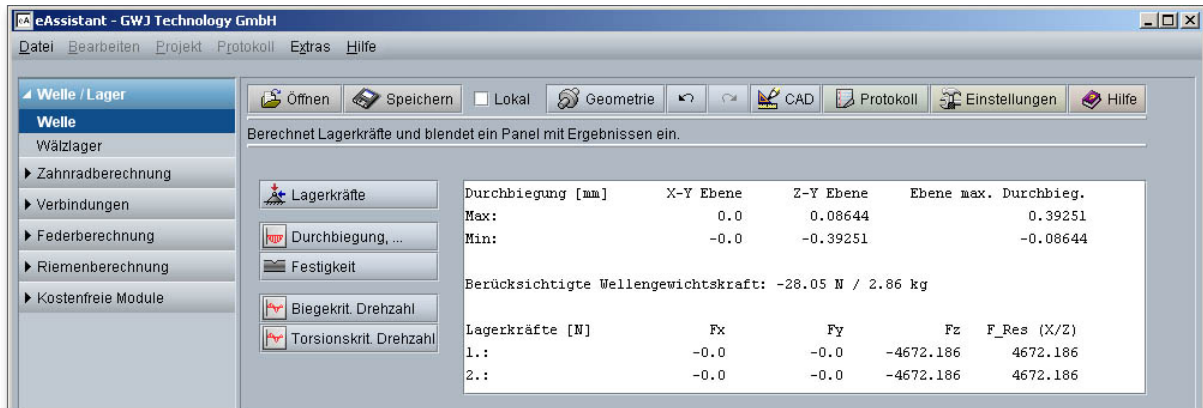


Abbildung 27: Berechnung der Lagerkräfte

Berechnung der Durchbiegung

Um die Berechnung der Durchbiegung, des Biegewinkels sowie des Biegemoments usw. zu starten, klicken Sie auf den Button „Durchbiegung“. Hier können Sie die verschiedenen Kraft- und Momentenverläufe für die jeweils gewählte Ebene aufrufen.

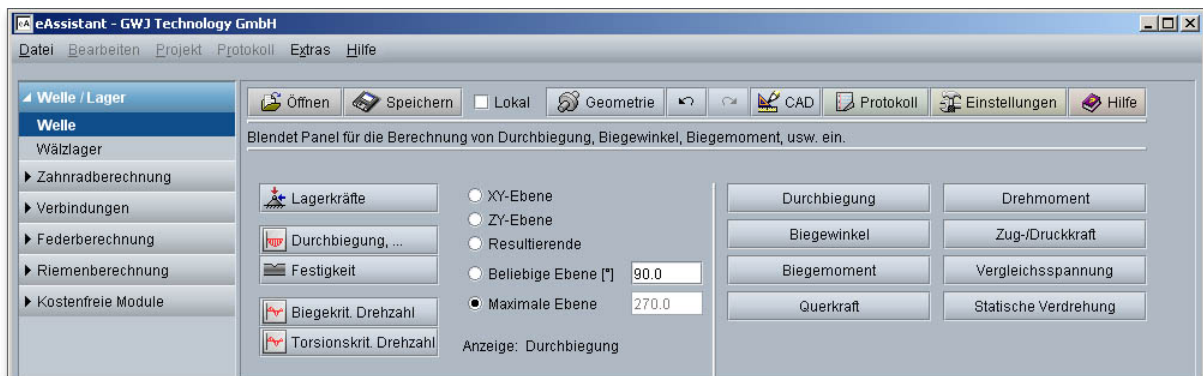


Abbildung 28: Verschiedene Kraft- und Momentenverläufe

Die Werte für die Durchbiegung etc. können mit einem Mausklick direkt aus der graphischen Darstellung abgefragt werden. Die Werte erscheinen dann im Textfeld.



Abbildung 29: Werte per Mausklick abfragen

Berechnung der Festigkeit nach DIN 743

Starten Sie die Festigkeitsberechnung mit einem Klick auf den Button „Festigkeit“. In der Festigkeitsberechnung wird ein kompletter Statischer- und Dauerfestigkeitsnachweis vollständig gemäß DIN 743 durchgeführt. Die genauen Werte der Sicherheiten werden in einem Textfenster dargestellt oder können mit der Maus in der Grafik abgerufen werden.

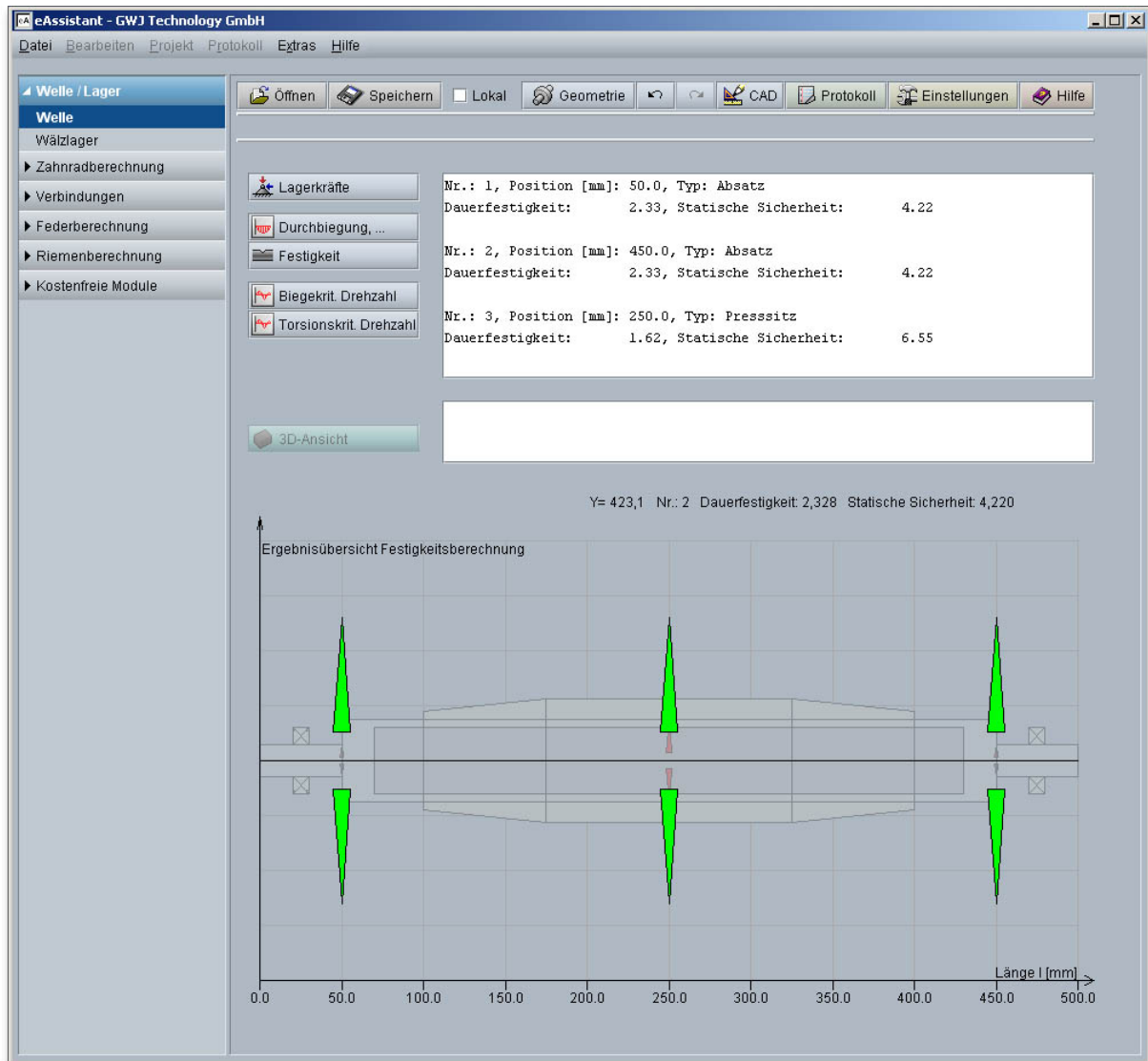


Abbildung 30: Festigkeitsberechnung nach DIN 743

Die wichtigsten Ergebnisse werden Ihnen im Textfeld angezeigt. Detaillierte Ergebnisse erhalten Sie im Berechnungsprotokoll. Zusätzlich werden die Ergebnisse für die einzelnen Querschnitte in einer Grafik farblich dargestellt:

- Rot gekennzeichnete Querschnitte bedeuten: Die Mindestsicherheit wird unterschritten.
- Grün gekennzeichnete Querschnitte bedeuten: Die Mindestsicherheit ist erfüllt (bis zum 3-fachen der vorgegebenen Mindestsicherheit).
- Blau gekennzeichnete Querschnitte bedeuten: Die erreichte Mindestsicherheit ist größer als das 3-fache der vorgegebenen Soll-sicherheit.

Berechnung der biegekritischen Drehzahl

Um die Berechnung der biegekritischen Drehzahl zu starten, klicken Sie auf den Button „Biegekritische Drehzahl“. Hierbei können optional Massenträgheitsmoment, Kreiseffekt und Schubverformung mit berücksichtigt werden. Aktivieren Sie dafür die entsprechende Checkbox.

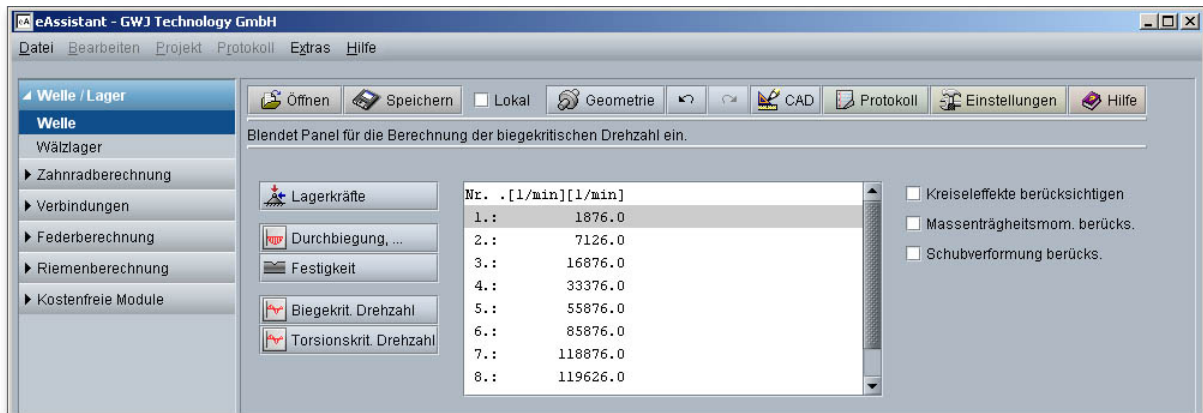


Abbildung 31: Biegekritische Drehzahl

Berechnung der torsionskritischen Drehzahl

Um die Berechnung der torsionskritischen Drehzahl zu starten, klicken Sie auf den Button „Torsionskritische Drehzahl“.

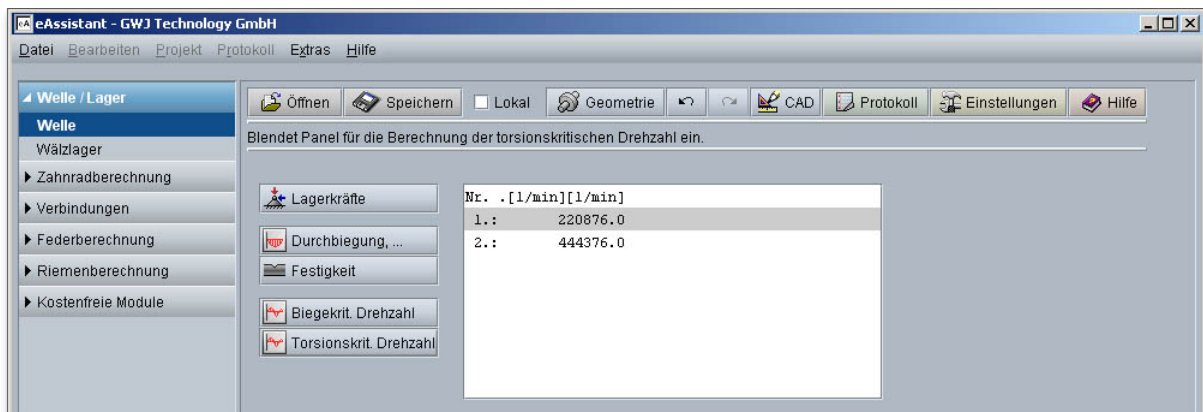


Abbildung 32: Torsionskritische Drehzahl

0.1.4 Dokumentation: Protokoll

Nach Abschluss Ihrer Berechnung kann ein Protokoll im gewünschten Umfang generiert werden. Klicken Sie auf den Button „Protokoll“.



Abbildung 33: Button „Protokoll“

Sie gelangen zunächst in die Protokollkonfiguration. Hier können Sie auswählen, welche Grafiken und Ergebnisse Ihr Berechnungsprotokoll enthalten soll.

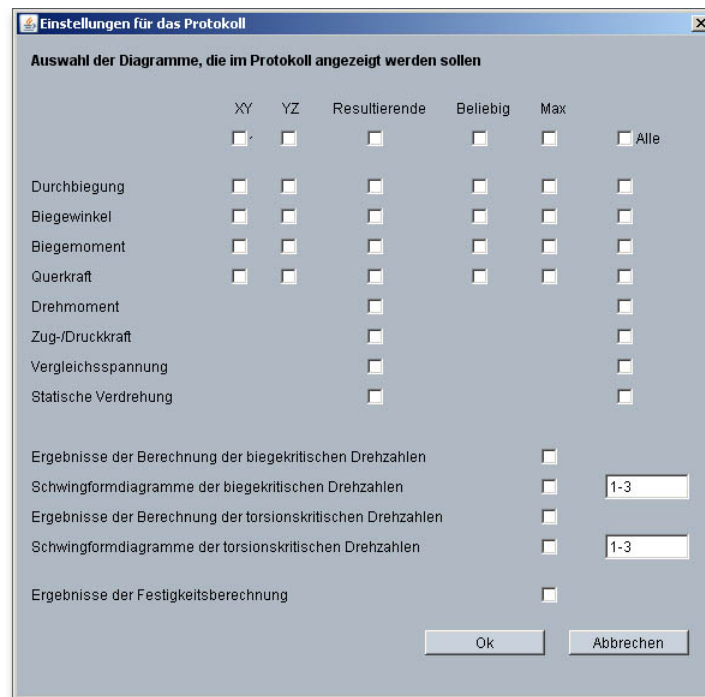


Abbildung 34: Protokollkonfiguration

Während das Protokoll erzeugt wird, erscheint ein Wartebildschirm. Sie können jedoch parallel zur Protokollerzeugung in der Wellenberechnung weiterarbeiten. Die Zeitdauer, die für die Protokollerzeugung notwendig ist, ist von der Anzahl der Grafiken abhängig, die erzeugt werden müssen.

Das Protokoll enthält ein Inhaltsverzeichnis. Hierüber können die gewünschten Ergebnisse schnell aufgerufen werden. Es werden Ihnen alle Eingabedaten und Ergebnisse aufgeführt. Sie können das erzeugte Protokoll ausdrucken oder auch im HTML-Format abspeichern und später wieder in einem Web-Browser oder z. B. auch in Word für Windows öffnen. Die Abbildungen werden im HTML-Protokoll im GIF-Format angezeigt. Bei Vorhandensein eines SVG-Viewers werden die Abbildungen im SVG ausgegeben. Damit besteht für Sie die Möglichkeit, in die Abbildung hineinzuzoomen.

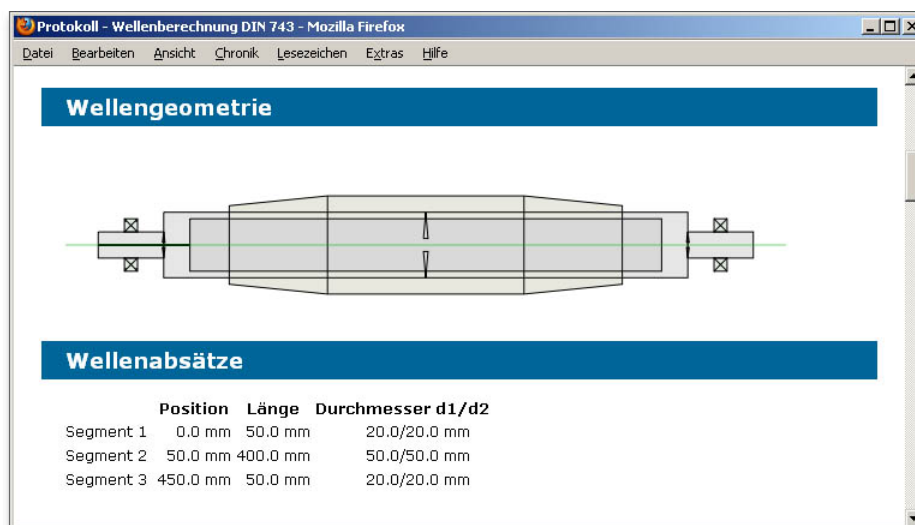


Abbildung 35: Berechnungsprotokoll

Das Berechnungsprotokoll lässt sich drucken oder speichern:

- Um das Protokoll zu speichern, rufen Sie das Menü „Datei“ auf und klicken Sie anschließend auf „Speichern unter“.
- Klicken Sie auf das Drucken-Symbol, so kann das Protokoll gedruckt werden.
- Klicken Sie auf das PDF-Symbol, so wird das Protokoll im PDF-Format aufgerufen. Um das Protokoll im PDF-Format zu speichern, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das PDF-Symbol. Wählen Sie in dem nun folgenden Kontextmenü „Ziel speichern“ aus.

0.1.5 Berechnung speichern

Nach der Durchführung Ihrer Berechnung können Sie diese speichern. Sie haben dabei die Möglichkeit, auf Ihrem Rechner zu speichern. Klicken Sie auf den Button „Speichern“ in der obersten Zeile des Berechnungsmoduls.



Abbildung 36: Button „Speichern“

Geben Sie im Windows-Dialogfenster unter „Dateiname“ den Namen Ihrer Berechnung ein und klicken Sie anschließend auf den Button „Speichern“.

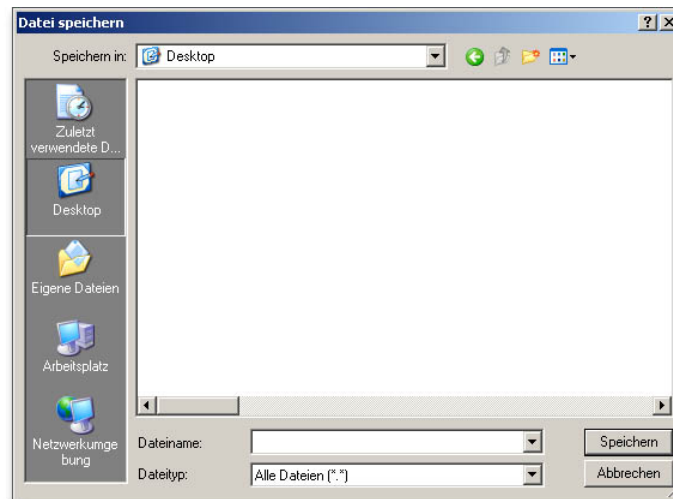


Abbildung 37: Windows-Dialog zum Speichern

0.1.6 Zweites Berechnungsbeispiel

Anhand eines weiteren Beispiels möchten wir Ihnen zeigen, wie Sie diese Getriebe-Zwischenwelle schnell und einfach aufbauen können.

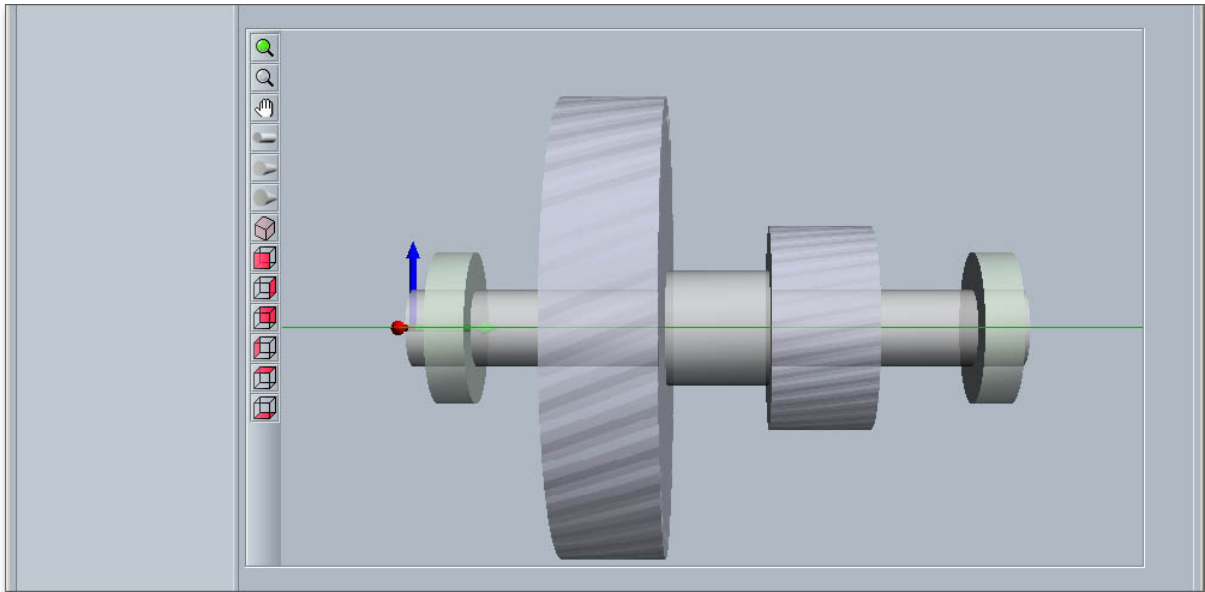


Abbildung 38: Getriebe-Zwischenwelle

Wellensegmente erzeugen

Klicken Sie auf den Button „Segment“ und erzeugen Sie drei Wellensegmente mit den folgenden Eingabewerten:

1. Wellensegment: Länge $l_1 = 100$ mm Durchmesser $d_1 = 30$ mm
2. Wellensegment: Länge $l_2 = 40$ mm Durchmesser $d_2 = 45$ mm
3. Wellensegment: Länge $l_3 = 100$ mm Durchmesser $d_3 = 30$ mm

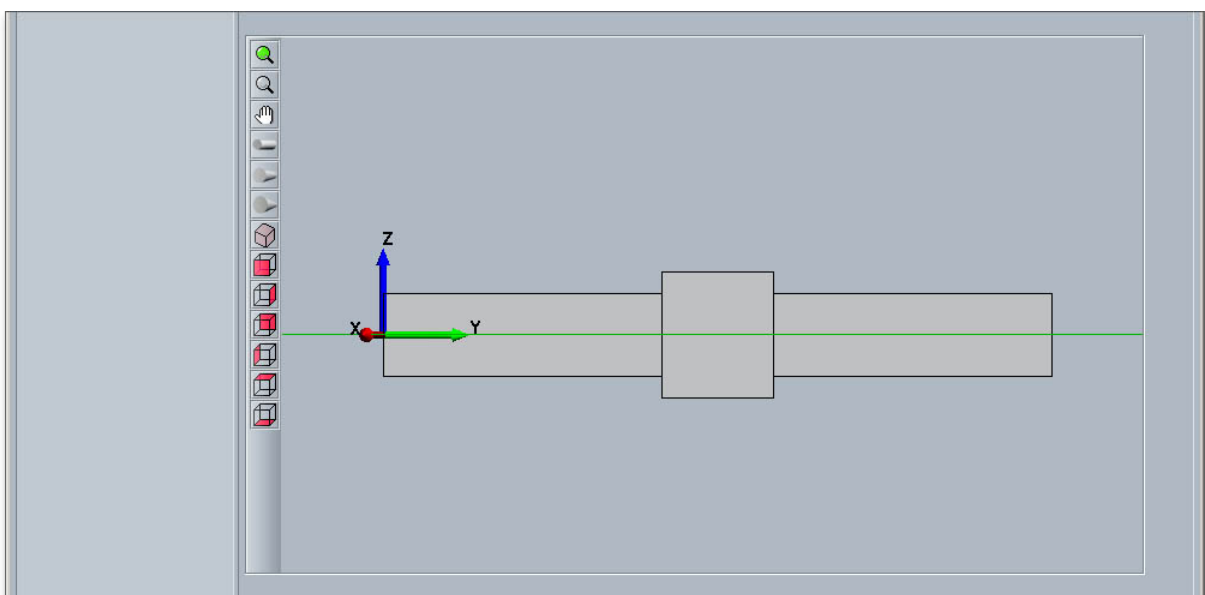


Abbildung 39: Wellensegmente

Lager einfügen

Fügen Sie anschließend zwei Lager ein. Klicken Sie dazu auf den Button „Lager“. Die Lager erhalten die folgenden Eingabewerte:

1. Lager: Position = 10 mm Breite $b_1 = 15$ mm Durchmesser $d_1 = 60$ mm Festlager
2. Lager: Position = 80 mm Breite $b_2 = 15$ mm Durchmesser $d_2 = 60$ mm Loslager

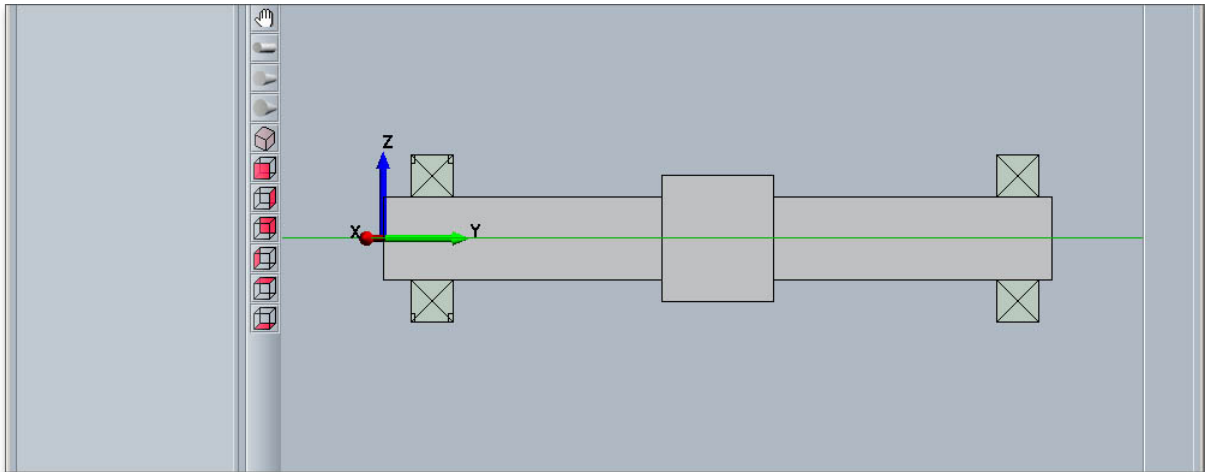


Abbildung 40: Lager

Erstes Stirnrad erzeugen

Um das erste Stirnrad zu erzeugen, markieren Sie in der Grafik das erste Wellensegment. Klicken Sie auf den Button „Kraftelemente“ und wählen Sie aus dem Untermenü den Eintrag „Stirnrad“ aus. Definieren Sie über die Eingabemaske das erste Stirnrad mit den folgenden Eingabewerten:

- Position = 60 mm
 Breite $b_1 = 40$ mm
 Teilkreisdurchmesser $d_{T1} = 180$ mm
 Schrägungswinkel $\beta_1 = 25^\circ$
 Eingriffswinkel $\alpha_1 = 20^\circ$
 Eingriffslage = 90°
 Drehmoment $T_1 = 320$ Nm
 Masse $m_1 = 0,0$ kg



Abbildung 41: Eingabemaske für das erste Stirnrad

Beide Stirnräder werden jetzt in der Grafik dargestellt.

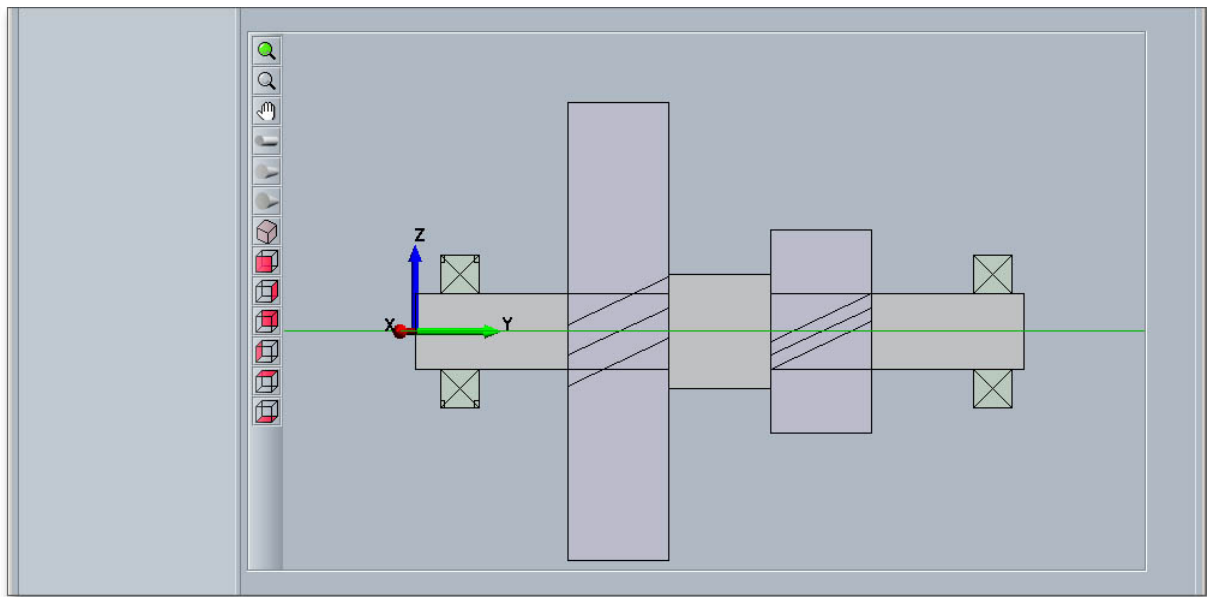


Abbildung 44: Zwei Stirnräder erzeugt

Anschließend können Sie sich die Getriebewelle in den verschiedenen Ansichten anzeigen lassen. Klicken Sie auf den Button „3D-Ansicht“, wählen Sie in der Toolbar die verschiedenen Ansichten aus oder zoomen Sie in die Grafik. Über den Button „Berechnen“ gelangen Sie vom Geometrieteil in den Berechnungsteil und können dort Ihre Berechnungen durchführen. Über den Button „Protokoll“ kann ein Protokoll generiert werden.

Ergebnis

Wenn Sie auf den Button „3D-Ansicht“ klicken, dann erhalten Sie die folgende dreidimensionale Darstellung als Ergebnis. Auch in der 3D-Darstellung können Sie die einzelnen Elemente mit der Maus auswählen, über die Eingabefelder modifizieren sowie neu positionieren.

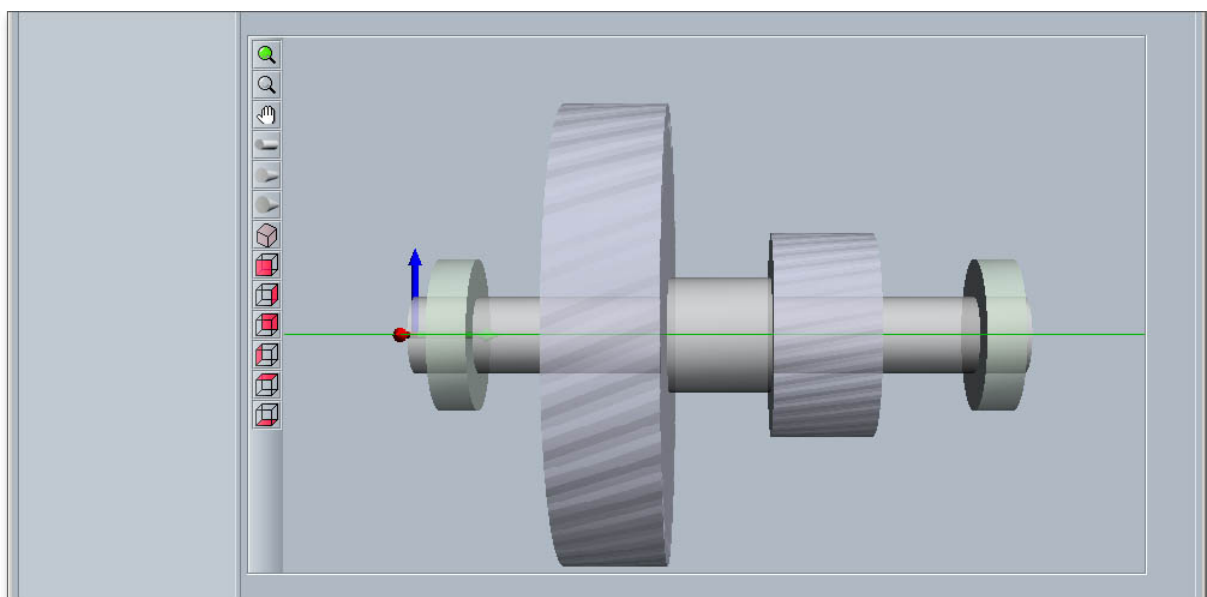


Abbildung 45: 3D-Ansicht der Getriebe-Zwischenwelle

0.1.7 Durchführung der Berechnung

Nach Abschluss Ihrer Definition von Wellengeometrie, Lagerung und Belastungen können Sie jetzt in den Berechnungsteil wechseln, um die verschiedenen Berechnungen zu starten. Klicken Sie dazu auf den Button „Berechnen“ in der obersten Menüzeile des Berechnungsmoduls. Nach dem Klick ändert sich der Button „Berechnen“ in „Geometrie“. Dadurch können Sie jederzeit wieder in den Geometrieteil wechseln. Im Berechnungsteil können auf Knopfdruck die folgenden Berechnungen durchgeführt werden:

- Lagerkräfte
- Durchbiegung, Biegewinkel und Biegemoment,...
- Festigkeit
- Biegekritische Drehzahlen
- Torsionskritische Drehzahlen

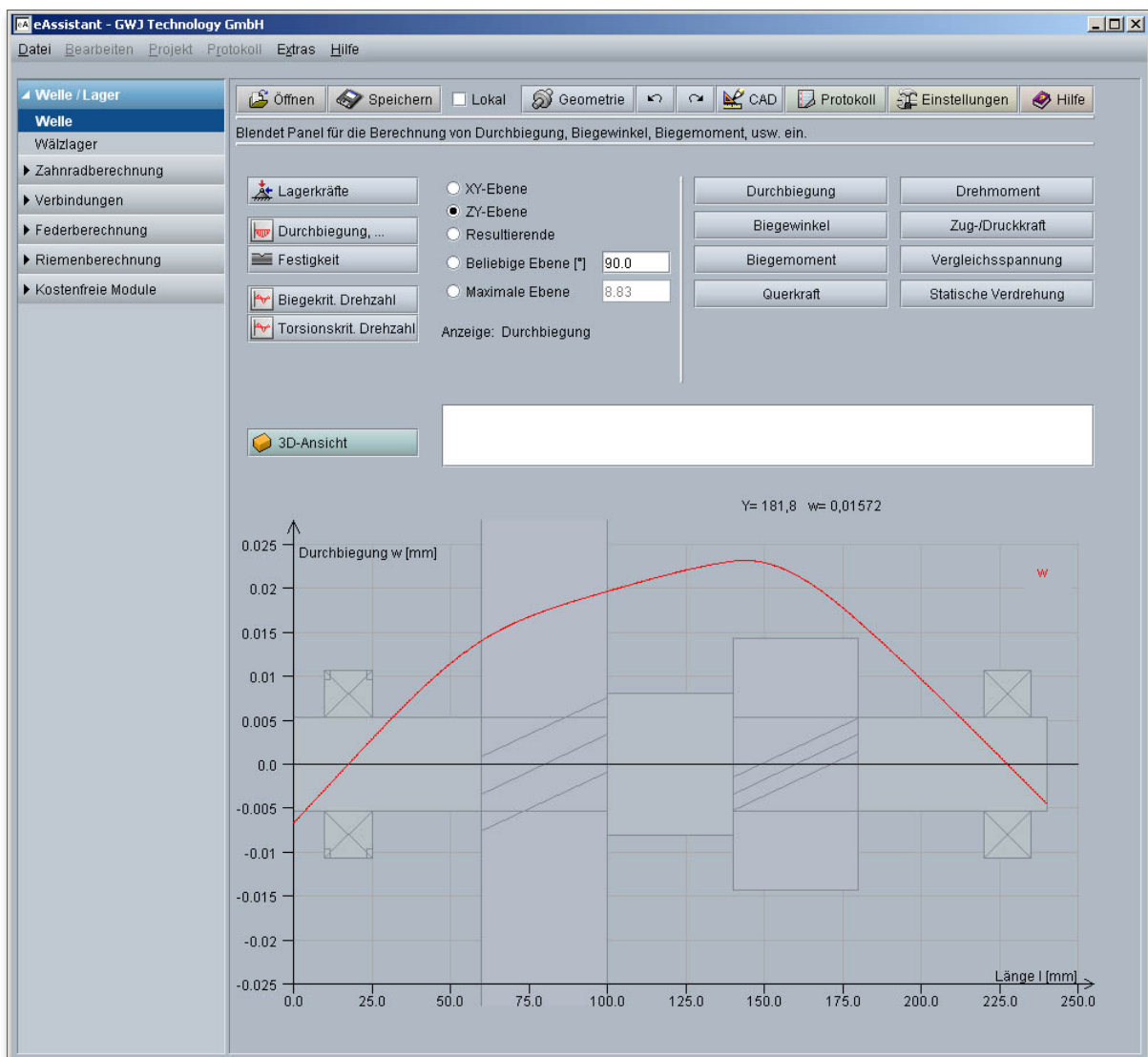


Abbildung 46: Start der Berechnung

Im Berechnungsteil können Sie Ihre Berechnungen durchführen, jedoch keine Änderungen an der Geometrie durchführen. Falls Sie Anpassungen an der Geometrie vornehmen möchten, müssen Sie in den Geometriebereich wechseln. Klicken Sie dazu auf den Button „Geometrie“.

0.1.8 Dokumentation: Protokoll

Nach Abschluss Ihrer Berechnung kann ein Protokoll im gewünschten Umfang generiert werden. Klicken Sie auf den Button „Protokoll“.



Abbildung 47: Button „Protokoll“

Wählen Sie aus der Protokollkonfiguration aus, welche Grafiken und Ergebnisse Ihr Berechnungsprotokoll enthalten soll. Das Protokoll enthält ein Inhaltsverzeichnis. Hierüber können die gewünschten Ergebnisse schnell aufgerufen werden. Es werden Ihnen alle Eingabedaten und Ergebnisse aufgeführt. Sie können das erzeugte Protokoll ausdrucken oder auch im HTML-Format abspeichern und später wieder in einem Web-Browser oder z. B. auch in Word für Windows öffnen. Die Abbildungen werden im HTML-Protokoll im GIF-Format angezeigt. Bei Vorhandensein eines SVG-Viewers werden die Abbildungen im SVG ausgegeben. Damit besteht für Sie die Möglichkeit, in die Abbildung hineinzuzoomen.



Abbildung 48: Berechnungsprotokoll

Das Berechnungsprotokoll lässt sich drucken oder speichern:

- Um das Protokoll zu speichern, rufen Sie das Menü „Datei“ auf und klicken Sie anschließend auf „Speichern unter“.
- Klicken Sie auf das Drucken-Symbol, so kann das Protokoll gedruckt werden.
- Klicken Sie auf das PDF-Symbol, so wird das Protokoll im PDF-Format aufgerufen. Um das Protokoll im PDF-Format zu speichern, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das PDF-Symbol. Wählen Sie in dem nun folgenden Kontextmenü „Ziel speichern“ aus.

0.1.9 Berechnung speichern

Nach der Durchführung Ihrer Berechnung können Sie diese speichern. Sie haben dabei die Möglichkeit, auf Ihrem Rechner zu speichern. Klicken Sie auf den Button „Speichern“ in der obersten Zeile des Berechnungsmoduls.



Abbildung 49: Button „Speichern“

Geben Sie im Windows-Dialogfenster unter „Dateiname“ den Namen Ihrer Berechnung ein und klicken Sie anschließend auf den Button „Speichern“.

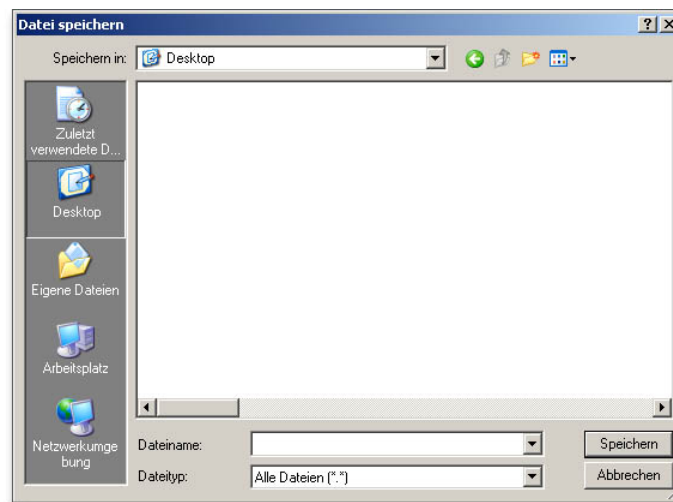


Abbildung 50: Windows-Dialog zum Speichern

Für weitere Fragen, Informationen oder auch Anregungen stehen wir Ihnen jederzeit gern zur Verfügung. Sie erreichen unser Support-Team über die E-Mail info@tbksoft.eu oder unter der Telefon-Nr. +49 (0) 531 129 399-0.