

KISSsoft AG - +41 55 254 20 50
 Uetzikon 4 - +41 55 254 20 51
 8634 Hombrechtikon - info@KISSsoft.AG
 Switzerland - www.KISSsoft.AG

KISSsoft Tutorial: Welleneditor

1 Welleneditor starten

1.1 Wellenberechnung starten

Siehe dazu KISSsoft-Tutorial-005, Wellenberechnung, Kapitel 1.2.

1.2 Aufruf des Welleneditors, Einstellungen

Die Hauptmaske der Wellenberechnung (Abbildung 1.1) besteht aus den Tabs „Welleneditor“, „Basisdaten“ und „Festigkeit“. Im Welleneditor können Wellen mit ihren Randbedingungen und Belastungen modelliert werden. Danach stehen sie zur Berechnung (Deformation, Festigkeit usw., siehe Tutorial 005) zur Verfügung. Im Tab „Basisdaten“ werden dazu grundlegende Einstellungen (Lage der Welle, Drehzahl, Drehrichtung) direkt oder über den Menüpunkt „Berechnung/Einstellungen“ gesetzt (für weitere Informationen zu den berechnungsspezifischen Einstellungen: Diese mit „F1“ Hilfe/Manual aufrufen):

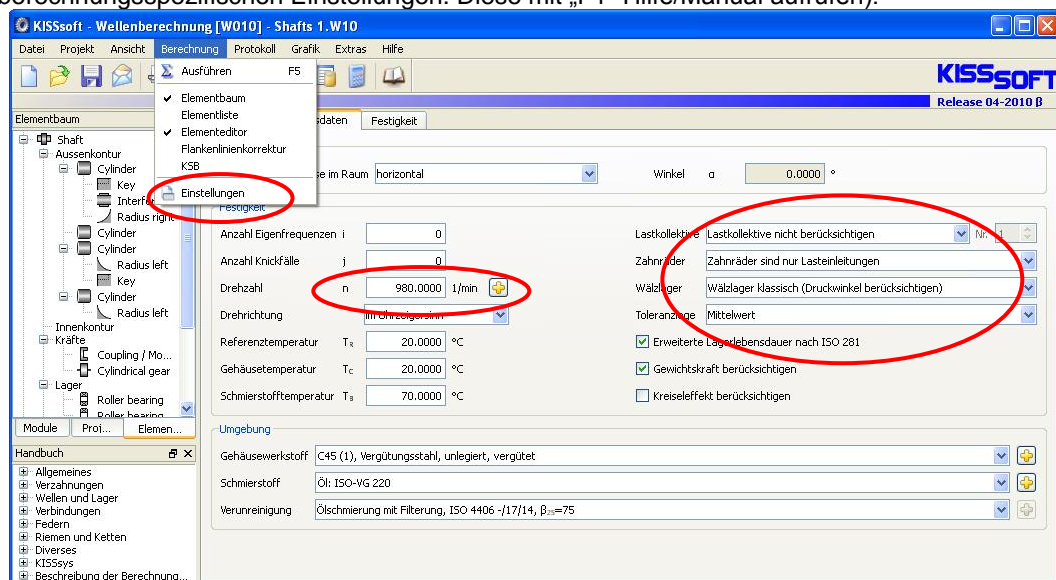


Abbildung 1.1 Welleneditor, modulspezifische Einstellungen, Drehzahleingabe, Werkstoffe etc.

2 Modellierung einer Welle

2.1 Allgemeines Vorgehen

Die Modellierung einer Welle in KISSsoft bedingt Angaben zu den Hauptabmessungen, den Kerbgeometrien, äusseren Lasten und Lagerungen/Randbedingungen und kritischen Querschnitten. Diese werden im „Elementbaum“ definiert. Dazu selektiert man das entsprechende Element und erhält durch rechten Mausklick eine Liste der Elemente, welche hinzugefügt werden können. Für rotationssymmetrische Konturen (Zylinder und Konus) können Nebenelemente erstellt werden.

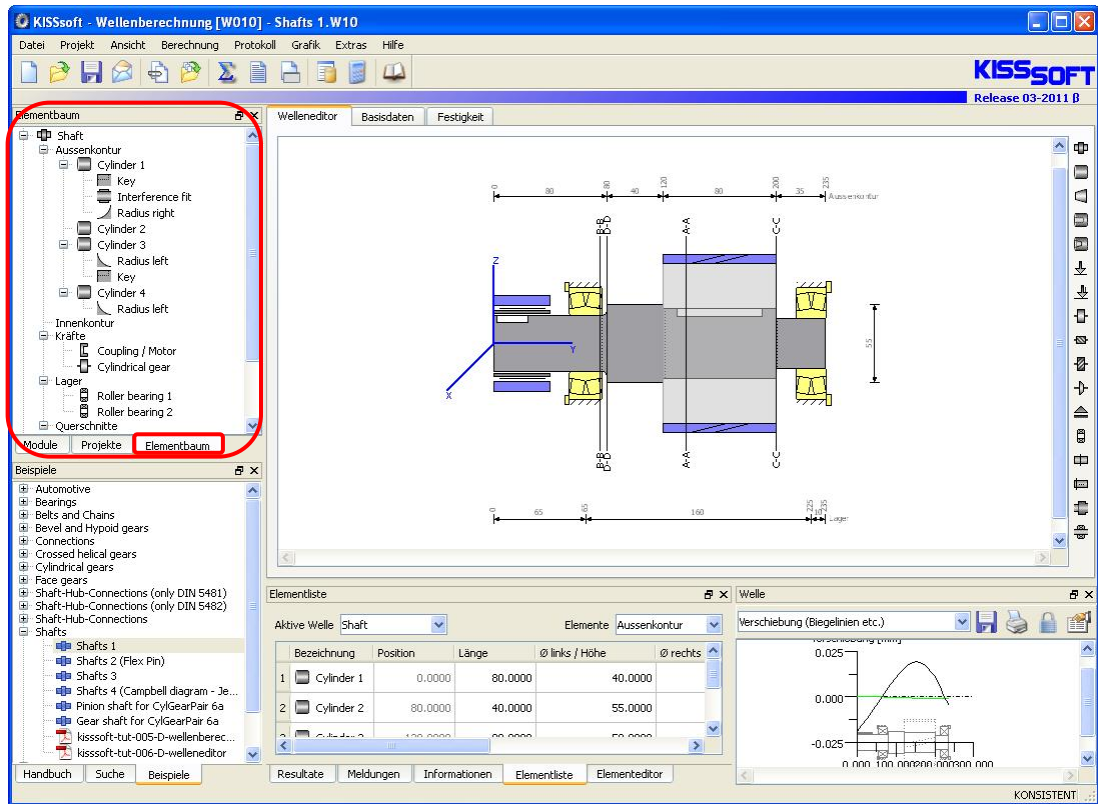
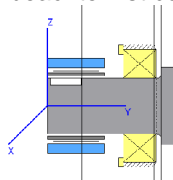


Abbildung 2.1 Die fünf wichtigsten Elemente für das Erstellen einer Welle

Elemente	Angaben zu	Notwendige Angaben	Zur Bestimmung von	Farbe
Aussen-/Innenkontur	Wellenabschnitt	Durchmesser und Länge eines Wellenstückes, Oberflächenrauigkeit	$A, I_{xx}, I_{zz}, I_p, W_{xx}, W_{zz}, W_p$	Grau
Zylinder/Konus	Kerbe	Art der Kerbe, Geometrie	α_k	Weiss
Kräfte	Lasten	Zentrische oder Exzentrische Kraft-/Momentenvektoren, Maschinenelemente zur Lasteinleitung	$F_y, Q_x, Q_z, M_{bx}, M_{bz}, T$	Blau
Lager	Lagerungen	Auswahl von Wälzlagern, Angaben zur Lagersteifigkeit, Freiheitsgrade der Lagerung	Lagerkräfte, Randbedingungen	Gelb
Querschnitte	kritischen Querschnitt	Art der Kerbwirkung, Position, Geometrie, Oberflächenrauheit	Kerbfaktoren, Beanspruchungen	Schwarz

2.2 Koordinatensystem

Zu beachten ist das Koordinatensystem (rechtshändig, kartesisch)



Positive x-Achse : Aus dem Bildschirm heraus

Positive y-Achse: Längsrichtung der Welle, von links nach rechts

Positive z-Achse: Von unten nach oben

Angaben für Eingriff: Winkel von positiver x-Achse in Richtung positiver z-Achse

Das Ein- bzw. Ausblenden des Koordinatensystems erfolgt über ein Aktivieren / Deaktivieren der Checkbox in den „Modulspezifische Einstellung“.

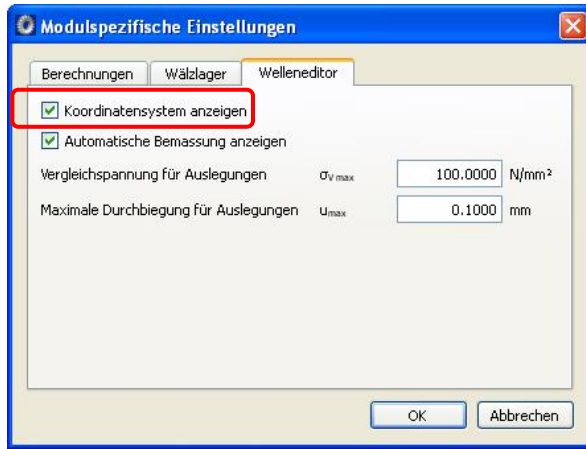


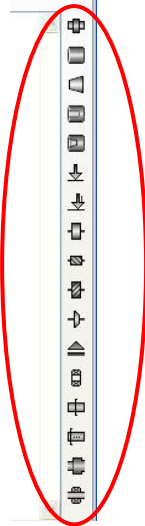
Abbildung 2.2 Dialog Welleneditor in Modulspezifische Einstellungen

2.3 Editierfunktionen, Bildschirmansicht

In der grafischen Welleneingabe stehen die folgenden Editierfunktionen zur Verfügung:

Funktion	Erklärung
+ Taste/-Taste/Pos1-Taste	Einzoomen/Auszoomen/Vollbild
Linke Maustaste	Element auswählen/Element verschieben
Rechte Maustaste	Einzoomen/Auszoomen/Vollbild
Delete	Ausgewähltes Element löschen

An der rechten Seite des Editors befinden sich die folgenden, die Eingabe von Elementen vereinfachenden, Symbole:



- Welle einfügen
- Zylinder einfügen
- Kegel einfügen
- Bohrung einfügen
- Kegelige Bohrung einfügen
- Zentrischer Kraft/Momentenvektor
- Exzentrischer Kraft/Momentenvektor
- Maschinenelement einfügen Stimrad, ...
- ...
- Lagerung einfügen
- Wälzlager einfügen
- Bedingter/ freier Querschnitt einfügen
- Verbindung allgemein einfügen
- Verbindendes Lager einfügen

2.4 Eingabe der Hauptabmessungen

Die Definition eines Wellenabschnittes erfolgt durch Anwahl des Elementes im „**Elementbaum** → **Aussenkontur**“ oder durch Anwahl des entsprechenden Symbols aus der senkrechten Symbolleiste z. Bsp. für „**Zylinder**“ wird ein nachfolgender Dialog im Elementeditor geöffnet (Abbildung 2.3).

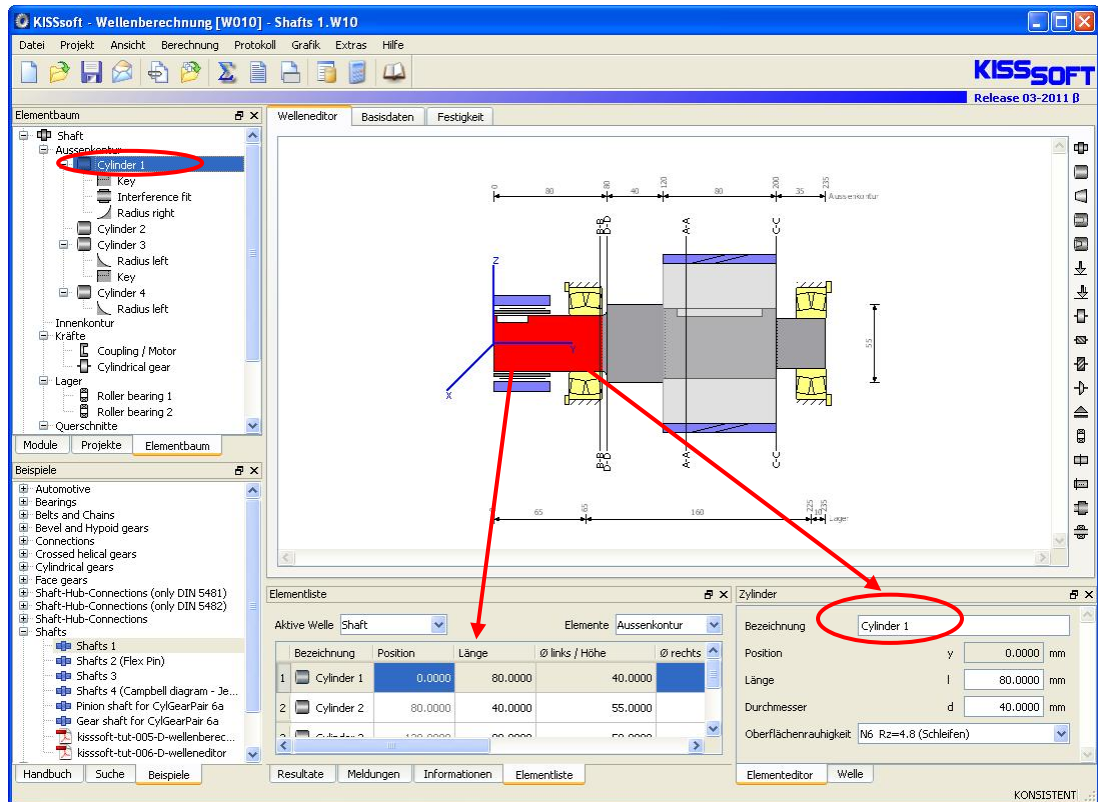


Abbildung 2.3 Dialog zur Definition eines Wellenabschnittes (Zylinder)

Im Elementeditor werden der Durchmesser, die Länge und die Oberflächenrauigkeit definiert werden. Neu hinzugefügte Wellenabschnitte können, davor (links) oder danach (rechts), vor oder nach den bestehenden Abschnitten angesetzt werden. Soll ein Wellenabschnitt zu einem bestehenden Abschnitt hinzugefügt werden, so ist zuerst der bestehende Abschnitt mit der linken Mausklick zu selektieren, dann ist über rechten Mausklick und Auswahl von „**Element davor einfügen**“ der neue Wellenabschnitt einzufügen. Bestehende Elemente können nachdem Selektieren mit linkem Mausklick im Elementeditor modifiziert werden. Falls dieser nicht im Ansichtsfenster verfügbar ist, kann er über „**Berechnung/Elementeditor**“ angezeigt werden (Abbildung 2.4).

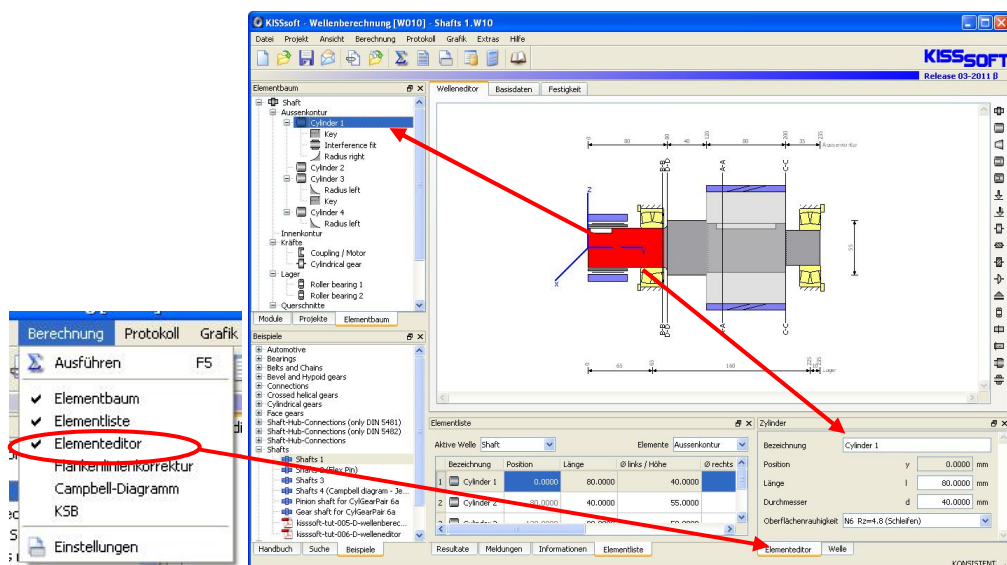


Abbildung 2.4 Dialog zur Anzeige des Elementeditors

Bohrungen („**Innenkontur** → **zylindrische Bohrung**“) werden ebenfalls von links nach rechts in der bestehenden Welle eingefügt. Soll die Bohrung nur am rechten Ende der Welle

vorhanden sein, so ist zuerst eine Bohrung mit Durchmesser Null vom linken Ende der Welle her zu definieren.

2.5 Eingabe der Kerbgeometrien

Bevor eine Kerbe eingefügt wird, muss ein Wellenabschnitt (linker Mausklick auf Abschnitt, Abschnitt wird rot) oder das entsprechende Element im „**Elementbaum**“ selektiert werden, auf dem die Kerbe platziert werden soll. Zuerst durch rechten Mausklick auf Wellenabschnitt im Elementbaum gelangen und dann entsprechende Kerbe wählen. Es stehen dabei verschiedene Kerbarten zur Verfügung (z.B. Umlaufnut). Nach Auswahl einer Kerbart erscheint ein Dialog, in dem die Geometrie und Position (Bezugsmass: das linke Ende des ausgewählten Wellenabschnittes) der Kerbe definiert werden kann.

Die Nebenelemente „**Radius**“, „**Fase**“ und „**Freistich**“ müssen nicht positioniert werden, diese werden automatisch an das gewählte Ende (links/rechts) des aktuellen Wellenabschnittes gesetzt.

Eine allgemeine Kerbwirkung kann über Auswahl von „**Kerbwirkung allgemein**“ eingefügt werden. Die entsprechenden Kerbfaktoren sind direkt im „**Elementeditor**“ einzugeben.

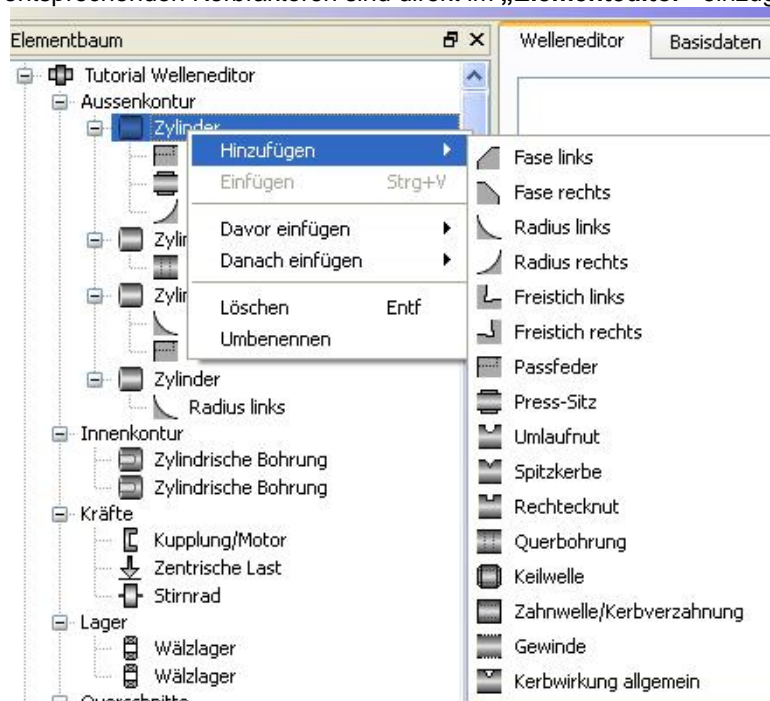


Abbildung 2.5 Dialog zur Definition von Nebenelementen

2.6 Eingabe von Lasten

2.6.1 Allgemeine Kräfte

Über „**Kräfte**→**Zentrische Last**“ oder „**Kräfte**→**Exzentrische Last**“ im „**Elementbaum**“ kann ein Lastvektor (drei Kräfte, drei Momente) definiert werden, der entweder auf der Mittellinie der Welle oder exzentrisch dazu wirkt. Es können auch Linienlasten vorgegeben werden. Der Kraftvektor wird in der Grafik nur symbolisch als einzelner Pfeil in negativer z-Richtung dargestellt und nicht als Vektor.

2.6.2 Maschinenelemente

Neben der Eingabe allgemeiner Kraftvektoren bietet KISSsoft vordefinierte Maschinenelemente. Die resultierenden Kräfte auf die Welle werden dabei aus der Geometrie des Maschinenelementes sowie der definierten Leistung bestimmt. Das manuelle Umrechnen über z.B. Schrägungswinkel und Teilkreisdurchmesser entfällt, die Eingabe der Belastung wird damit wesentlich weniger fehleranfällig.

Unter „**Kräfte**“ wird ein Maschinenelement ausgewählt (Abbildung 2.6) und es erscheint ein Dialog wie in Abbildung 2.7 gezeigt.

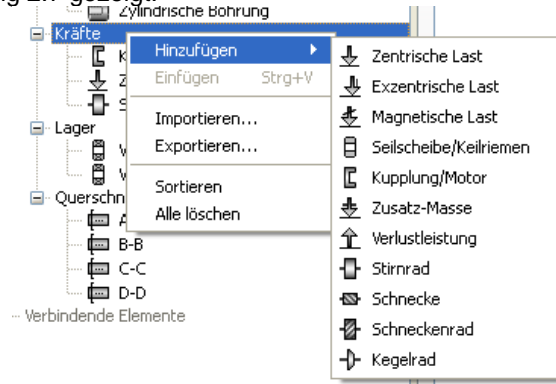
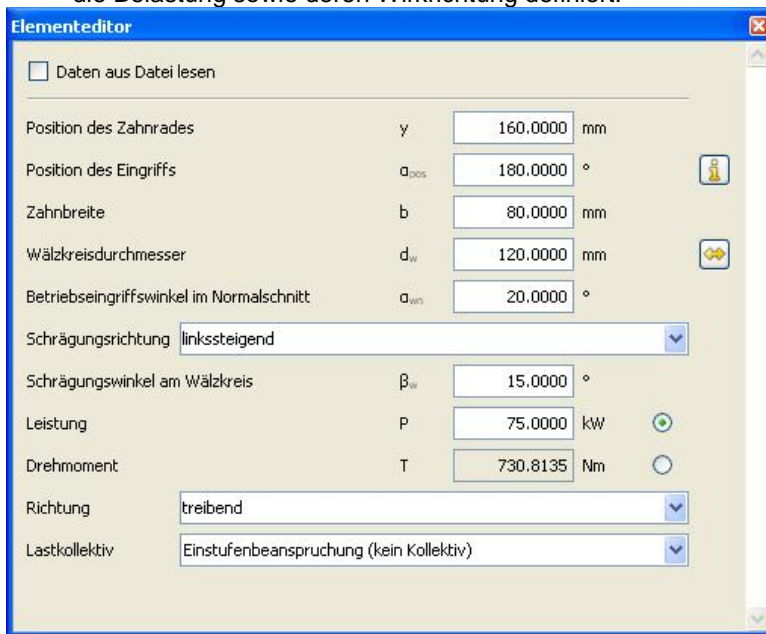


Abbildung 2.6 Einfügen von Maschinenelementen

Hier kann nun das Maschinenelement definiert und positioniert werden. Des Weiteren werden die Belastung sowie deren Wirkrichtung definiert.



Elementeditor für die Definition des Maschinenelements „**Stirnrad**“
 Richtung: (Leistungsfluss) Treibend: Die Welle treibt ein System an, aus dem Maschinenelement wird Leistung entzogen.
 Getrieben: Die Welle wird von aussen getrieben, dem Maschinenelement wird Leistung zugeführt.
 Position des Eingriffs: Von der positiven x-Achse im Gegenuhrzeigersinn (zur positiven z-Achse hin)
 Position des Stirnrades auf der Welle (y-Koordinate)

Abbildung 2.7 Definition eines Maschinenelementes, hier am Beispiel eines Stirnrades gezeigt

In diesem Beispiel werden zwei Maschinenelemente verwendet, einmal eine Kupplung/Motor (Abbildung 2.8) sowie ein Stirnrad (Abbildung 2.7).

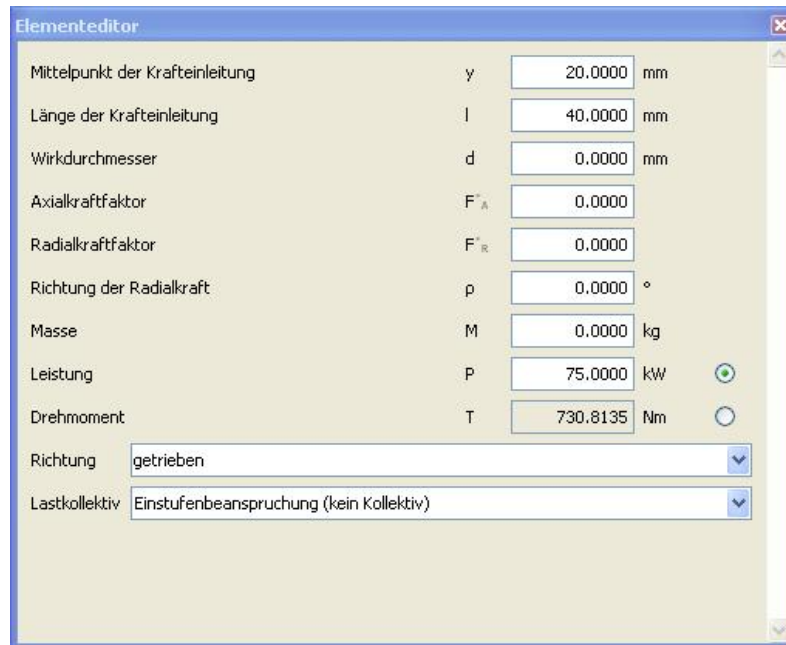


Abbildung 2.8 Definition der Kupplung

Der Welle wird hier von aussen Leistung zugeführt, deshalb „getrieben“

Es ist darauf zu achten, dass die Summe aller dem System zu- und abgeführten Leistungen gleich Null ist, anderenfalls erscheint eine Warnung folgender Art:

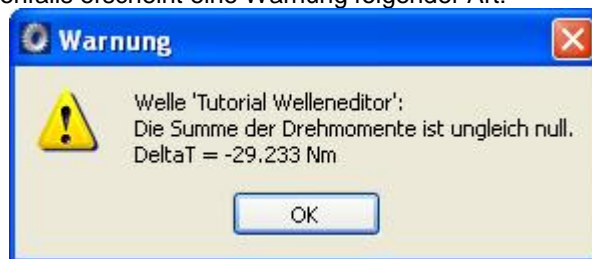


Abbildung 2.9 Warnhinweis, dass die Leistungsbilanz im System nicht stimmt

2.7 Eingabe von Lagerungen

Es können in KISSsoft entweder allgemeine Lagerstellen oder Wälzlager definiert werden.

2.7.1 Allgemeine Lagerungen

Ein Lager wird definiert im Elementbaum. Im Elementbaum „Lager“ mit der Maus anwählen und mit rechter Maustaste das „Lager allgemein“ oder „Wälzlager“ hinzufügen. Ein einfacher Dialog erscheint im Elementeditor. Das Lager kann positioniert werden (Angabe der y-Koordinate des Lagers, vom linken Ende der Welle aus gemessen). In einem weiteren Schritt ist die Art der Lagerung anzugeben.

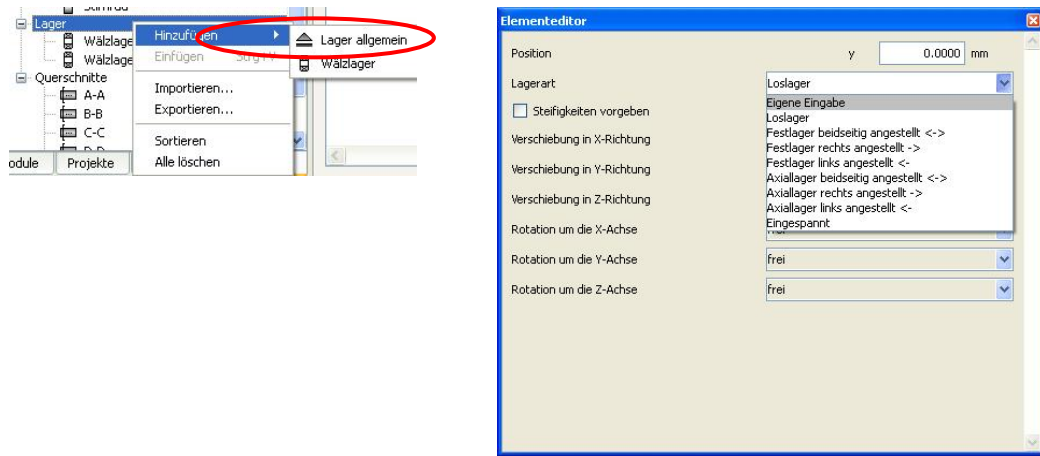
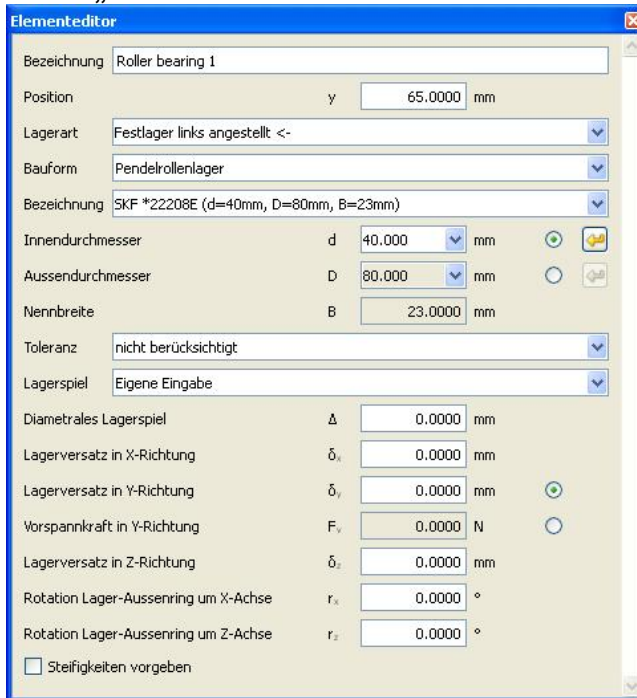


Abbildung 2.10 Dialog für Positionierung und Auswahl der Art einer Lagerung

2.7.2 Eingabe von Wälzlagern

Wird ein Wälzlagerlager im „Elementbaum“ ausgewählt erscheint ein Dialog wie in Abbildung 2.11 gezeigt. Die Anwahl des Lagers kann alternativ in der Grafik erfolgen. Dazu ist der Tab „Welleneditor“ zu aktivieren. Die Daten zum Lager können definiert werden:



- Lager positionieren
- Aufnahme der Axialkräfte
- Lagerbauform wählen
- Lagertyp wählen
- Lagerdurchmesser wird automatisch aufgrund der Lagerposition bestimmt
- Auswahl der Mass- und Laufgenauigkeit
- Auswahl der radialen Lagerluftgruppe

Evtl. Lagerversatz angeben

Evtl. Lagersteifigkeiten angeben

Abbildung 2.11 Eingabe eines Wälzlagers

2.7.3 Spezielle Lagerungen

Die Lagerungen können auch mit Steifigkeiten versehen werden. Diese werden bei der Berechnung der Belastung, der Deformation sowie auch bei der Berechnung der Eigenfrequenzen berücksichtigt. Damit kann der Einfluss der Steifigkeit eines Wälzlagers oder auch eines Gehäuses simuliert werden. Diese muss jedoch anderweitig (z.B. über eine FEM-Rechnung) bestimmt werden.

Linienlagerungen sind durch mehrere einzelne Lagerungen zu modellieren. Dabei sind Lager mit einer Nachgiebigkeit/Steifigkeit zu verwenden!

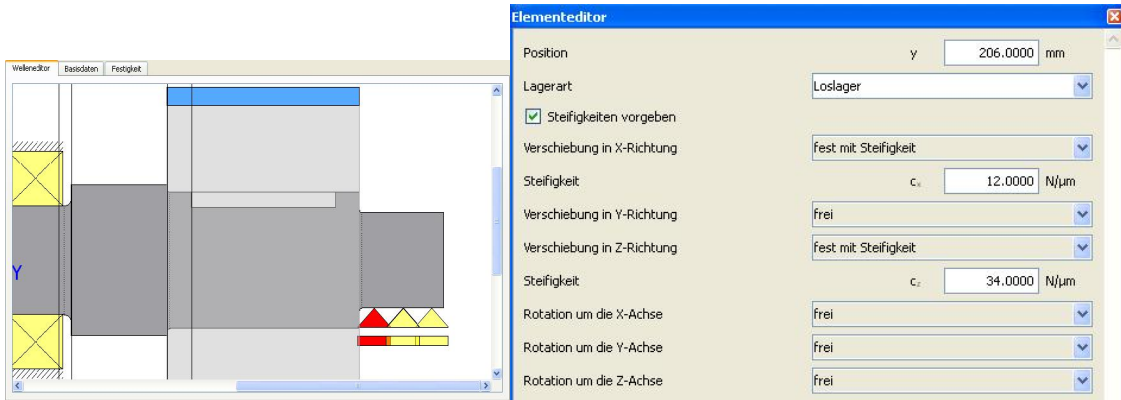


Abbildung 2.12 Beispiel für die Modellierung einer Linienlagerung mit mehreren Lagern

2.8 Auslegung auf konstante Vergleichsspannung

Es sei nun die Wellengeometrie (Hauptabmessungen) so zu optimieren, dass die Vergleichsspannung (Nennspannungen) über die Länge der Welle mehr oder weniger konstant ist (Leichtbau). In den Modulspezifischen Einstellungen wird die Eingabe vorgenommen, was zugrund zu legen ist (siehe Abbildung 2.13). Hier kann nun die der Berechnung zu Grunde gelegten Vergleichsspannung eingegeben werden (in diesem Beispiel 100N/mm²).

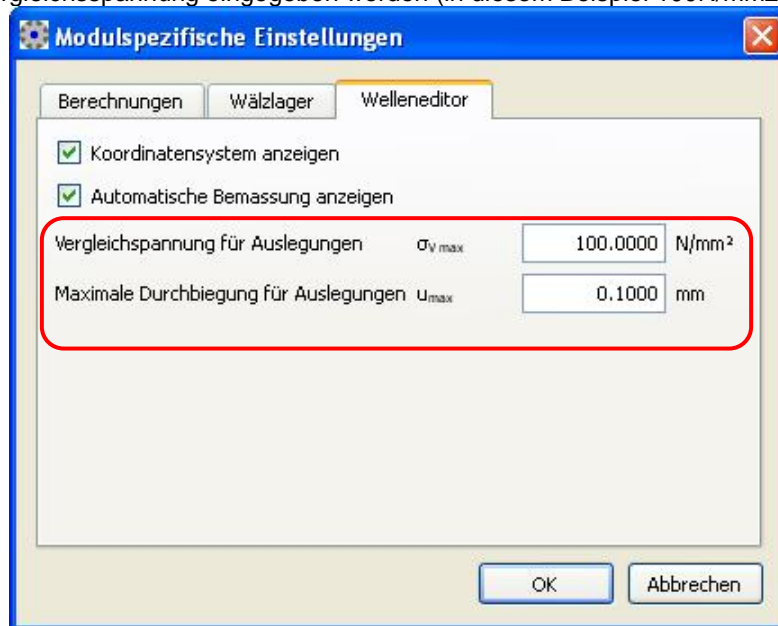


Abbildung 2.13 Vorgabe der zulässigen Werte für die Auslegung

Nun kann im Menü „Auslegen“-> „Auf Festigkeit“ die Berechnung gestartet werden, die für die gegebene Belastung die Aussenkontur der Welle so bestimmt, dass sich in jedem Querschnitt gerade die vorgegebene Vergleichsspannung ergibt.

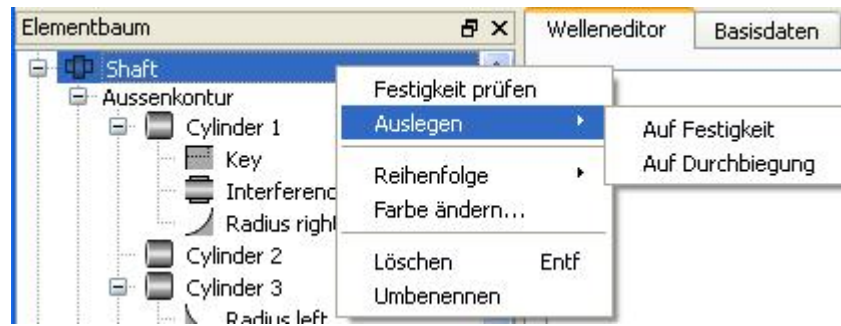


Abbildung 2.14 Aufruf des Menüs „Auslegen“-> „Auf Festigkeit“ durch Klick der rechten Maustastenklick auf der Welle

Die resultierende Kontur wird als grüne Linie dargestellt. Die Abmessungen der Welle können nun – soweit als konstruktiv sinnvoll – diesem grünen Linienzug angepasst werden. Damit wird eine gleichmässige Belastung (ausgenommen sind dabei die Kerben) der Welle erreicht

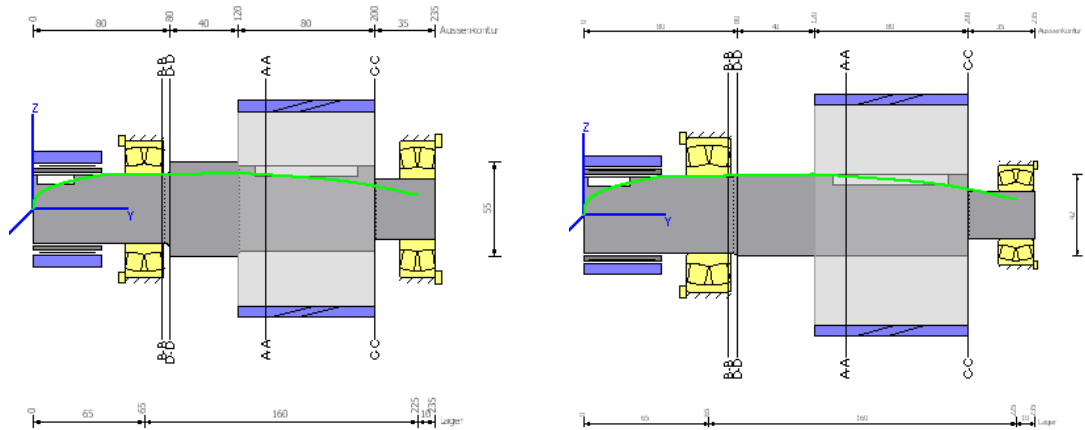


Abbildung 2.15 Ursprüngliche Geometrie mit Vorschlag für den Durchmesserverlauf (grüne Linie), Rechts: Angepasste Wellengeometrie Aufruf des Menüs „Auslegen“ -> „Auf Festigkeit“

2.9 Auslegung auf maximale Durchbiegung

In ähnlicher Art lässt sich die Wellengeometrie so optimieren, dass eine zulässige Durchbiegung nicht überschritten wird. Diese zulässige Durchbiegung wird wie in Abbildung 2.13 gezeigt (hier 0.1mm) vorgegeben. Nach Aufrufen der Berechnung über „Auslegen“→ „Auf Durchbiegung“, wird ein Faktor bestimmt, um den alle Wellendurchmesser vergrößert bzw. verkleinert werden müssen, damit die Durchbiegung gerade den eingestellten Wert erreicht. Die resultierende Wellengeometrie wird wiederum mit einem magenta Linienzug dargestellt. Die Abmessungen der Welle können nun – soweit konstruktiv sinnvoll – diesem magenta Linienzug angepasst werden.

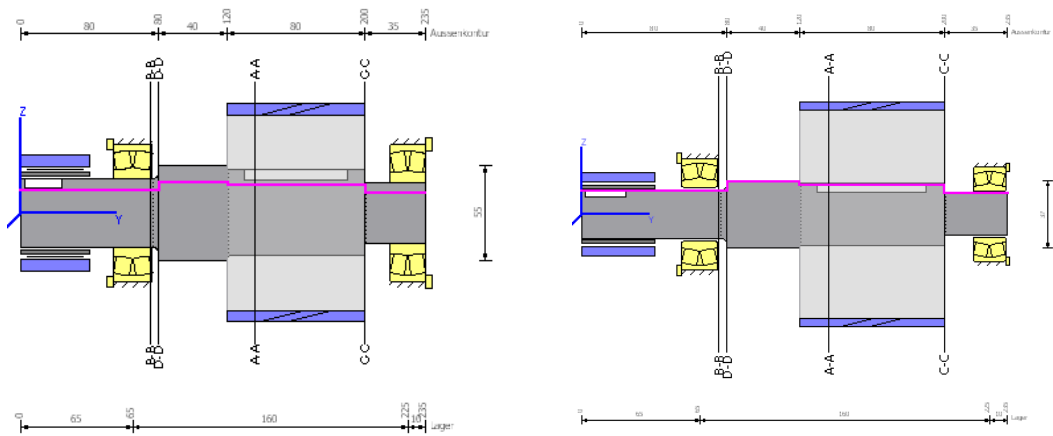


Abbildung 2.16 Ursprüngliche Geometrie mit Vorschlag für den Durchmesserverlauf (Magenta Linie), Rechts: Angepasste Wellengeometrie Aufruf des Menüs „Auslegen“-> „Auf Durchbiegung“

2.10 Mehrere Wellen

Mit dem Berechnungsmodul von Wellensystemen ist es jetzt möglich, mehrere koaxiale Wellen gleichzeitig innerhalb einer Wellenberechnung einzugeben und zu berechnen. Diese Art der Modellierung ist zum Beispiel für eine Wellenberechnung in einem Planetengetriebe sinnvoll.

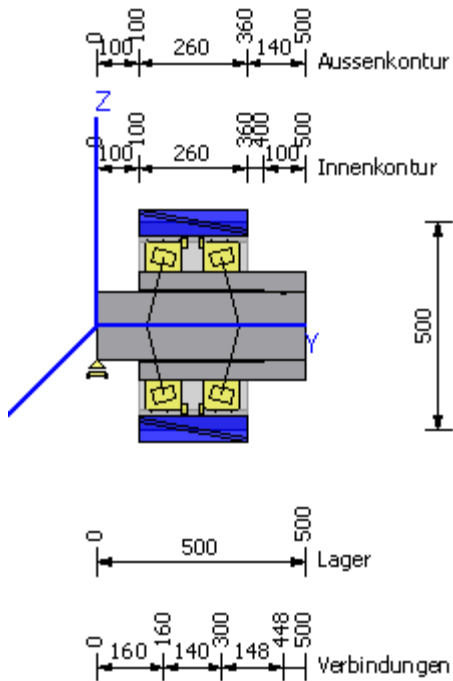


Abbildung 2.17 Beispiel Shafts 2 (Flex Pin)