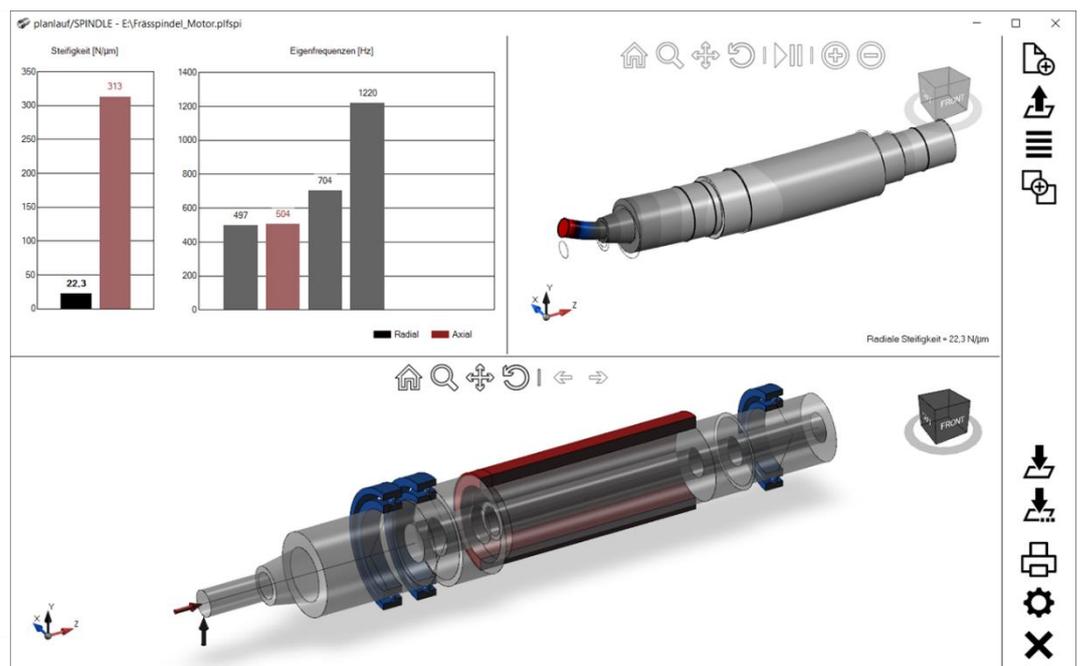


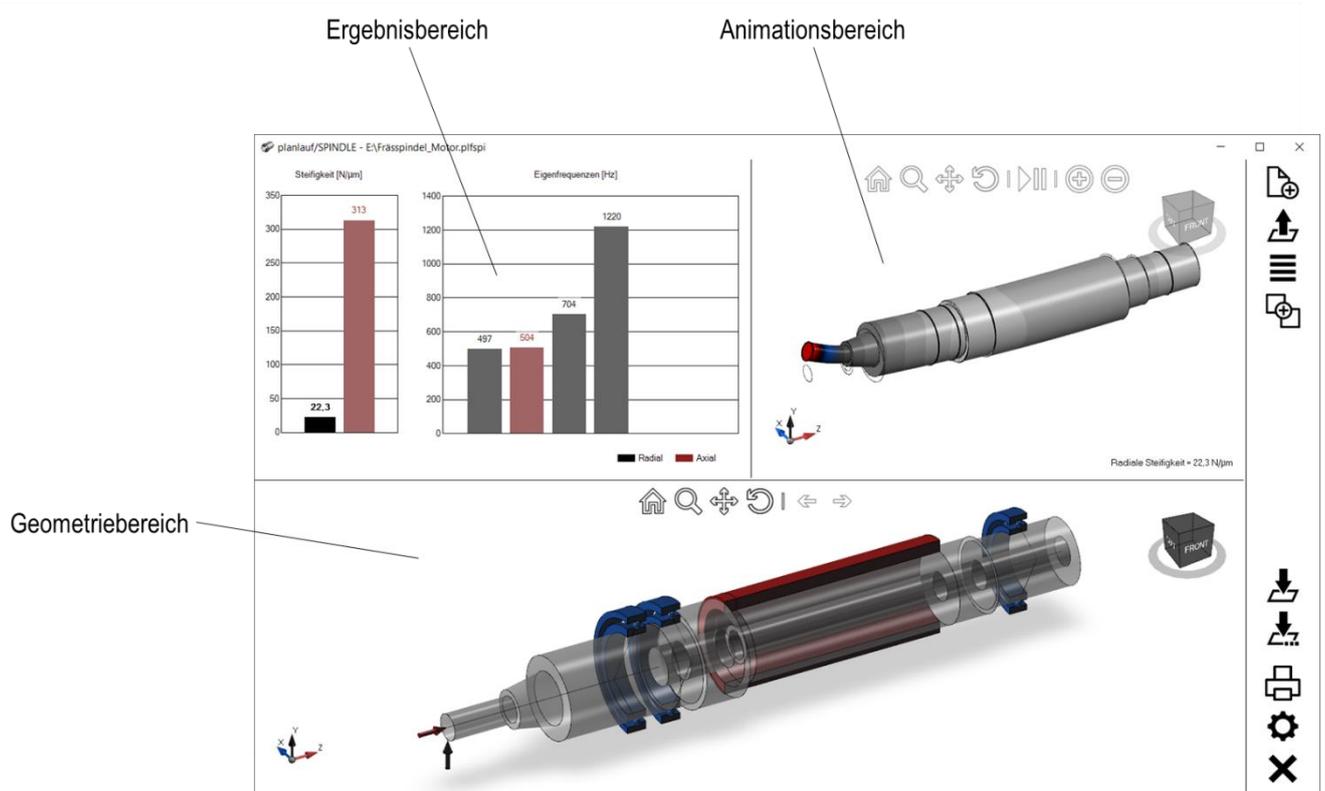
planlauf/SPINDLE ist eine Software zur Berechnung der statischen und dynamischen Eigenschaften von Hauptspindeln auf Basis der Finite-Elemente-Methode. Die aktuelle Version planlauf/SPINDLE 2023 verfügt über die folgenden Eigenschaften:

- Intuitiver und schneller Modellaufbau durch einfache Ziehoperationen mit der Maus
- Verwendung von Bildern (bmp, jpeg, png) mit Anpassung von Helligkeit und Kontrast als Vorlage für die Modellierung
- Datenbank mit mehr als 6.000 Lagern mit allen erforderlichen Steifigkeits- und Dämpfungswerten (Hersteller FAG, GMN, NSK, SKF, SNFA, IBC, TIMKEN und SLF)
- Effiziente Berechnung von statischen Steifigkeiten, Eigenfrequenzen, Schwingungsformen und Nachgiebigkeitsfrequenzgängen mit automatischer Aktualisierung bei Modelländerungen
- Einfaches Anfügen von Modellen zur Bewertung des Spindelverhaltens mit unterschiedlichen Werkzeugen
- Speichern von gesperrten Modellen zur Weitergabe ohne die Möglichkeit der Veränderung
- Automatische Erstellung eines PDF-Berichts mit allen Ergebnissen
- Export der Geometrie als STEP-Datei zur Weiterverarbeitung im CAD-System
- Export als planlauf/VIEW-Datei zur freien Weitergabe der Ergebnisse
- Export der Frequenzgänge und der Knotenverlagerungen als Text- oder CSV-Datei



Anforderungen

- Unterstützung von OpenGL 4.0 oder höher durch die Grafikkarte
- Windows 10/11 mit Microsoft .NET-Framework 4.8 oder höher



Geometriebereich

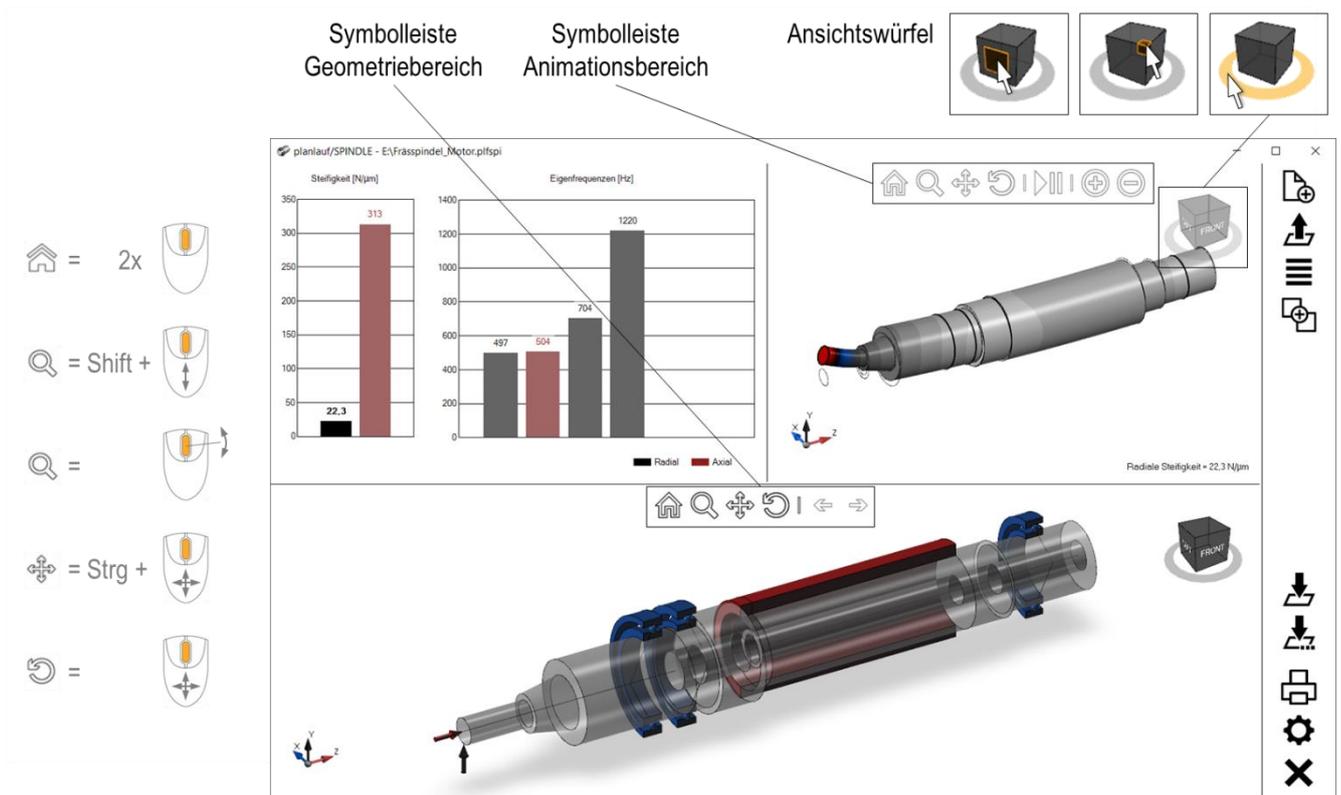
Die Geometrie der zu berechnenden Hauptspindel inkl. der Lager und Zusatzmassen wird im Geometriebereich über einfache Ziehoperationen mit der Maus definiert oder verändert.

Ergebnisbereich

Im Ergebnisbereich werden die statischen und dynamischen Eigenschaften der Hauptspindel dargestellt. Über das Kontextmenü kann zwischen der Darstellung von „Steifigkeit / Eigenfrequenz“ und „Nachgiebigkeitsfrequenzgang“ gewechselt werden.

Animationsbereich

Die statischen Verformungen oder die Schwingungsformen können im Animationsbereich dargestellt werden.



Symbolleiste des Geometriebereichs

Über **Standardansicht** wird die vordefinierte Ansicht dargestellt. Wenn **Zoom** , **Verschieben** oder **Drehen** angeklickt ist, kann die Modellansicht bei gedrückter linker Maustaste und durch Bewegen der Maus angepasst werden. Änderungen können über oder **STRG+Z rückgängig** gemacht werden.

Symbolleiste des Animationsbereichs

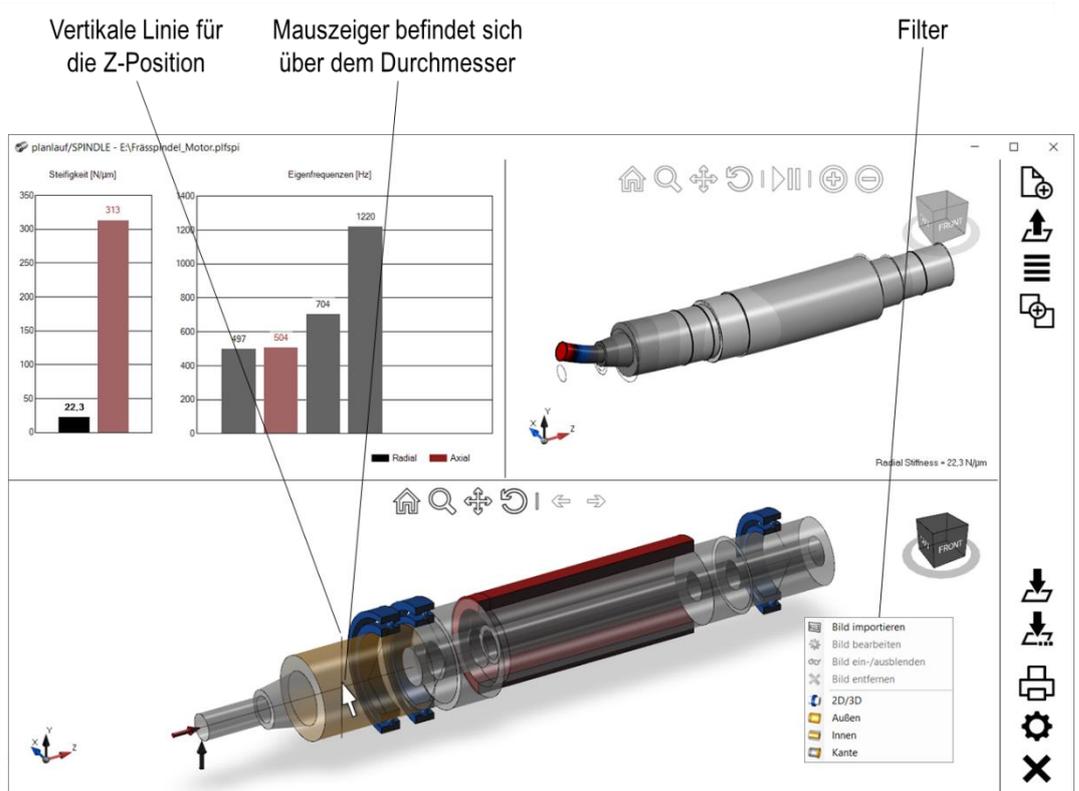
Die Funktionen zur Steuerung der 3D-Ansicht entsprechen denen des Geometriebereichs. Die Animation lässt sich über den **Startbutton** starten und stoppen. Der **Verformungsfaktor** steuert die Überhöhung der berechneten Verformungen.

Ansichtswürfel

Der Ansichtswürfel des Geometrie- oder Animationsbereichs ermöglicht die Darstellung des Modells in den üblichen Standardansichten. Die entsprechenden Ansichten werden hervor gehoben, sobald sich die Maus darüber befindet. Dabei können die Flächen, die Kanten und die Ecken ausgewählt werden. Das Anklicken des Rings ermöglicht zusammen mit einer Mausbewegung die Drehung des Modells um die Hochachse.

Hinweis: planlauf/SPINDLE unterstützt ebenfalls die Verwendung einer **3D-Maus** (3Dconnexion) sowie die Ansichtsteuerung über die **mittlere Maustaste** (Drehen) in Verbindung mit der SHIFT- (Zoomen) oder STRG-Taste (Verschieben).

Bei der Verwendung eines **Touchscreens** kann ein Element im Geometriebereich angetippt werden um es auszuwählen. Anschließend kann die gewünschte Ziehoperation durchgeführt werden. Das Kontextmenü wird bei längerem Kontakt des Fingers mit dem Display angezeigt. Bei Verwendung des Touchscreens wird zur leichteren Modelländerung die 2D-Darstellung empfohlen.



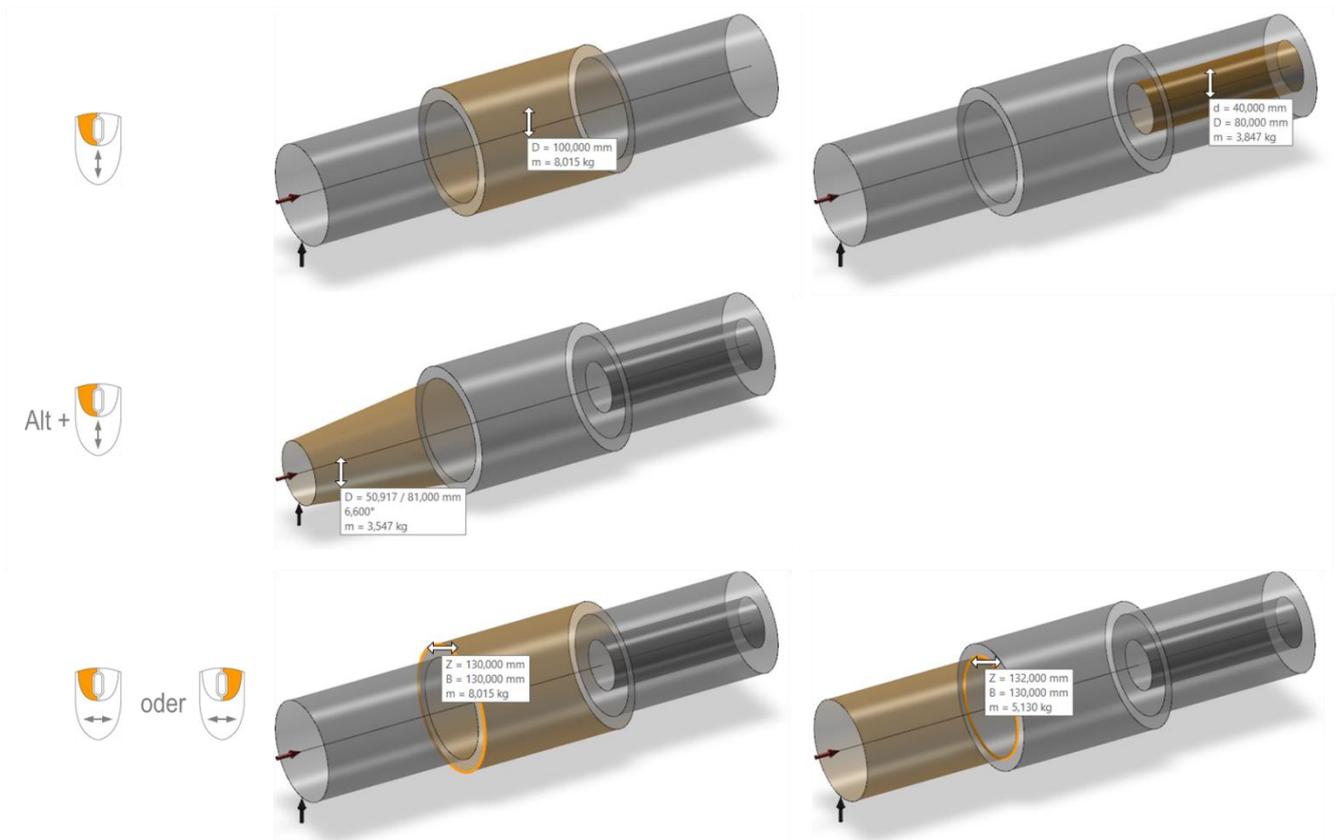
Die **Hervorhebung** der zu ändernden Elemente erfolgt im Geometriebereich automatisch in Abhängigkeit der **Mausposition**. Sobald sich die Maus über einem der folgenden Elemente befindet, wird dieses hervorgehoben:

- Außendurchmesser der Segmente
- Innendurchmesser der Segmente
- Kanten an den Enden der Segmente
- Kraftpeile
- Lager
- Federn
- Zusatzmassen

Die **Mehrfachauswahl** von Außen- oder Innendurchmessern ist mit gedrückter **STRG-Taste** und Anklicken des hervorgehobenen Durchmessers möglich. Dabei wird automatisch auf Basis des ersten Elements in der Mehrfachauswahl ein Filter gesetzt, so dass eine Auswahl immer nur Außen- oder Innendurchmesser enthält, die anschließend gemeinsam bearbeitet werden können. Durch einfachen Mausklick auf den Geometriebereich außerhalb der Geometrie oder durch das Drücken der **ESC-Taste** kann die Mehrfachauswahl aufgehoben werden.

Die aktuelle Z-Position wird mit Hilfe einer **vertikalen Linie** hervorgehoben und kann in den Einstellungen standardmäßig ein- oder ausgeblendet werden.

Im Kontextmenü des Geometriebereichs befinden sich ebenfalls die **Filter** für Außen-/Innendurchmesser und Kanten sowie die Schaltfläche für den Wechsel zwischen der **2D- und 3D-Darstellung**.



Außen- und Innendurchmesser

Hervorgehobene Durchmesser oder eine Mehrfachauswahl von Durchmessern können bei gedrückter **linker Maustaste** durch Bewegung der Maus nach oben (unten) vergrößert (verkleinert) werden. Hierbei werden der aktuelle Durchmesser sowie die Masse des Segments in einem Info-Feld angezeigt.

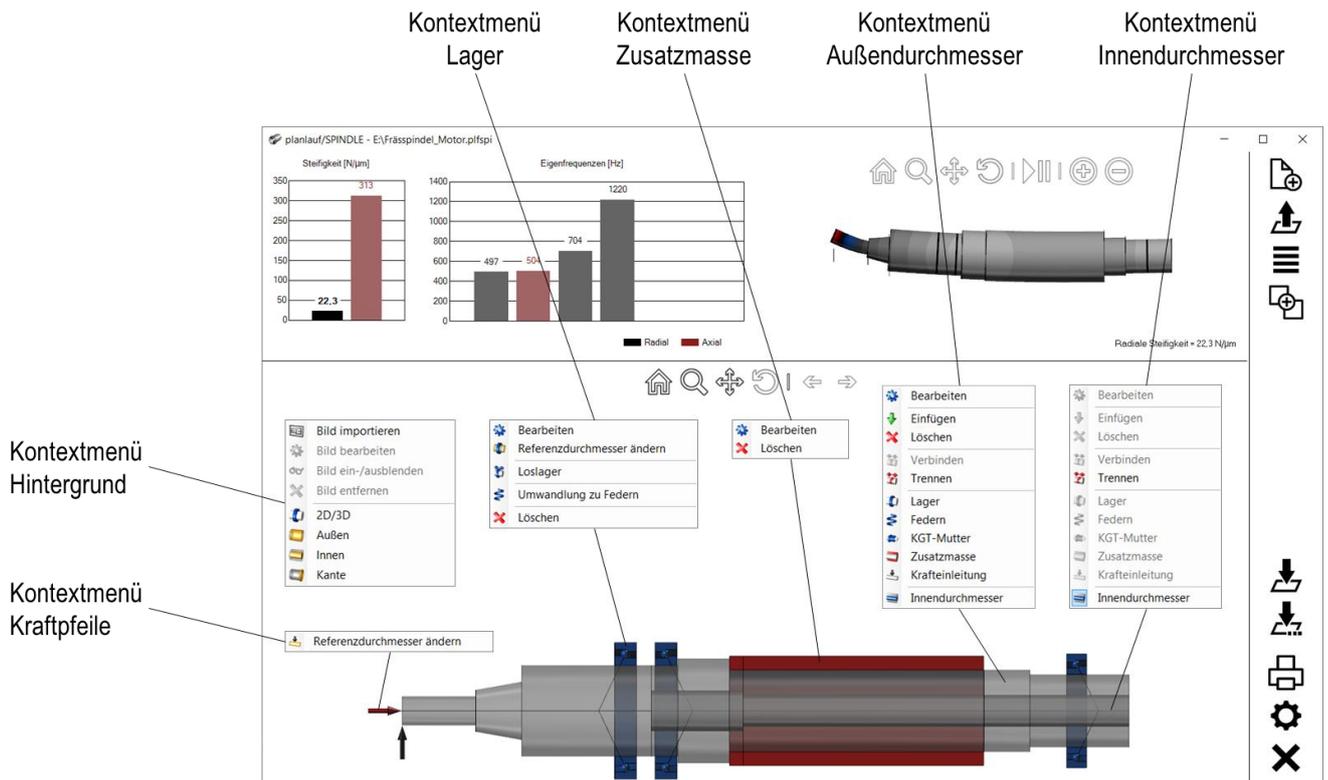
Konische Außendurchmesser

Der Konus des aktuell hervorgehobenen Außendurchmessers kann bei gedrückter **Alt-Taste** mit der **linken Maustaste** verändert werden. Je nachdem, wo sich die Maus auf dem Segment befindet wird dabei entweder der linke oder der rechte Durchmesser verändert. Der jeweils andere Durchmesser bleibt unverändert und der Winkel wird in einem Info-Feld angezeigt.

Kanten

Kanten werden zusammen mit ihrem zugehörigen Segment hervorgehoben. Durch Drücken der **linken Maustaste** über einer markierten Kante und Bewegen der Maus nach links oder rechts kann die Kante verschoben werden. Dabei wird die Länge des hervorgehobenen Segments verändert und die angrenzenden Durchmesser werden verschoben. Durch Bewegen der Maus bei gedrückter **rechter Maustaste** wird die Lage aller angrenzenden Segmente konstant gehalten und die Verlängerung (Verkürzung) eines Segments erfolgt zu Lasten (zu Gunsten) des benachbarten Segments. Im Info-Feld wird die aktuelle Z-Position der Kante, die Länge des markierten Segments sowie dessen Masse angezeigt. Bei einer hervorgehobenen Kante kann mit gedrückter **Shift-Taste** die gesamte Geometrie mit der linken Maustaste verschoben werden.

Hinweis: Die Tastenkombination **STRG+A** fügt alle Außendurchmesser zu einer Mehrfachauswahl hinzu. Alle Innendurchmesser können durch **STRG+I** markiert und gemeinsam verändert werden.



Alle Befehle des Geometriebereichs stehen in Kontextmenüs zur Verfügung, die abhängig von der Position des Mauszeigers beim Betätigen der rechten Maustaste angezeigt werden.

Kontextmenü Hintergrund

Über das Kontextmenü Hintergrund kann ein Bild (bmp, jpeg, png) importiert werden, das in der YZ-Ebene des Geometriebereichs dargestellt wird.

Kontextmenü Außendurchmesser

Dieses Kontextmenü wird aufgerufen, wenn sich die Maus beim Drücken der rechten Maustaste über einem Außendurchmesser befindet und enthält alle Befehle, die zum Modellaufbau erforderlich sind.

Kontextmenü Innendurchmesser

Jedes Segment wird durch einen Außendurchmesser definiert, optional kann auch ein Innendurchmesser vorgegeben werden. Das entsprechende Kontextmenü ermöglicht das Aktivieren oder Deaktivieren des Innendurchmessers.

Kontextmenü Zusatzmasse

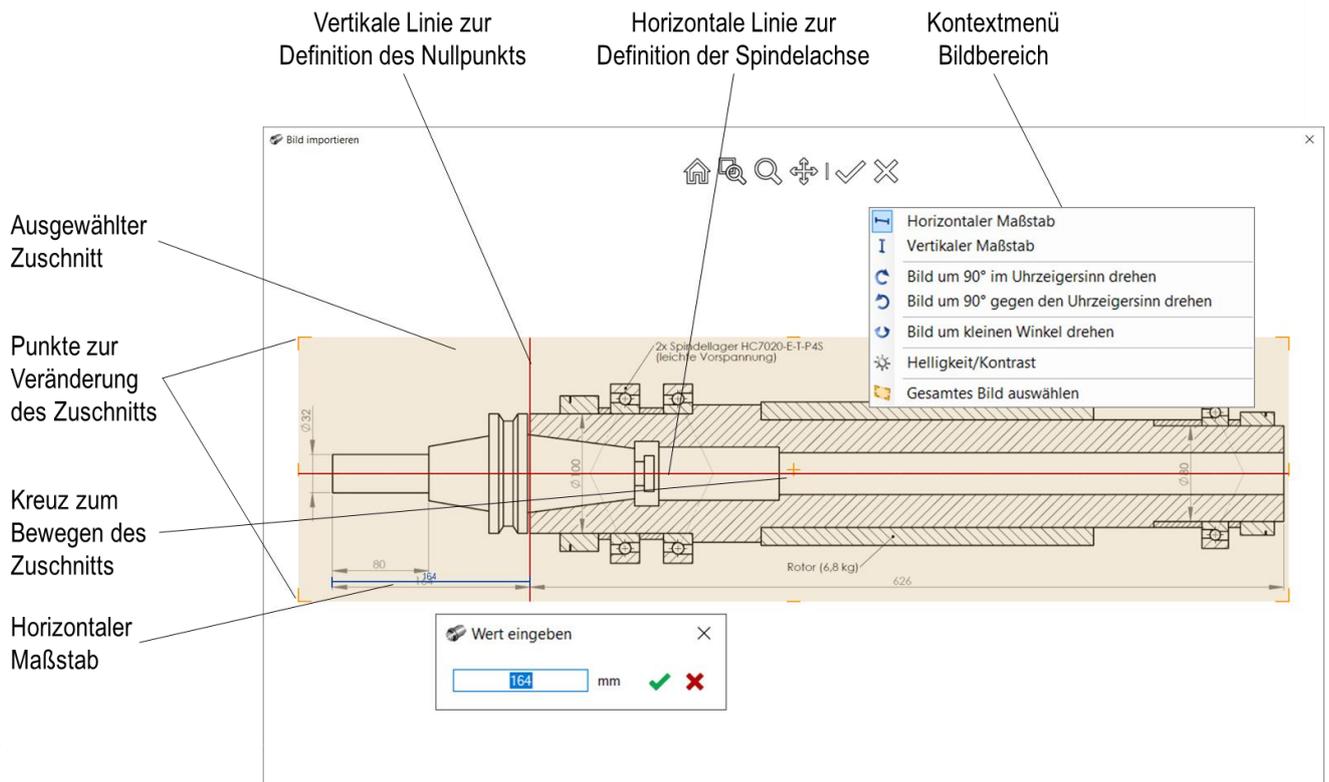
Zusatzmassen leisten nur einen Massen- aber nicht notwendigerweise einen Steifigkeitsbeitrag zum Modell. In diesem Kontextmenü kann die Zusatzmasse bearbeitet oder gelöscht werden.

Kontextmenü Lager

Das Kontextmenü Lager ermöglicht die Bearbeitung eines zuvor definierten Lagers oder Lagersatzes.

Kontextmenü Kraftpfeile

Die Kraftpfeile weisen immer einen eindeutigen Bezug zu einem bestimmten Außendurchmesser auf (= Referenzdurchmesser), der in diesem Kontextmenü geändert werden kann.



Über das Kontextmenü Hintergrund des Geometriebereichs kann zunächst der Name einer Bilddatei (bmp, jpeg, png) ausgewählt werden, die anschließend im eingblendeten Bildbereich dargestellt wird. Die 2D-Steuerung der Ansicht funktioniert analog zum Geometrie- oder Animationsbereich. Sobald alle Einstellungen getroffen wurden, kann das Bild durch Betätigen des Häkchens in der Symbolleiste in den Geometriebereich übernommen werden.

Vertikale und horizontale Linien

Die vertikale rote Linie kann bei gedrückter linker Maustaste verschoben werden und definiert den Nullpunkt der Hauptspindel. Die horizontale Linie sollte auf der Spindelachse positioniert werden.

Zuschnitt

Der aktuelle Zuschnitt wird orange hervorgehoben und kann über Ziehpunkte in den Ecken und den Kantenmittelpunkten sowie über das Kreuz verändert bzw. verschoben werden.

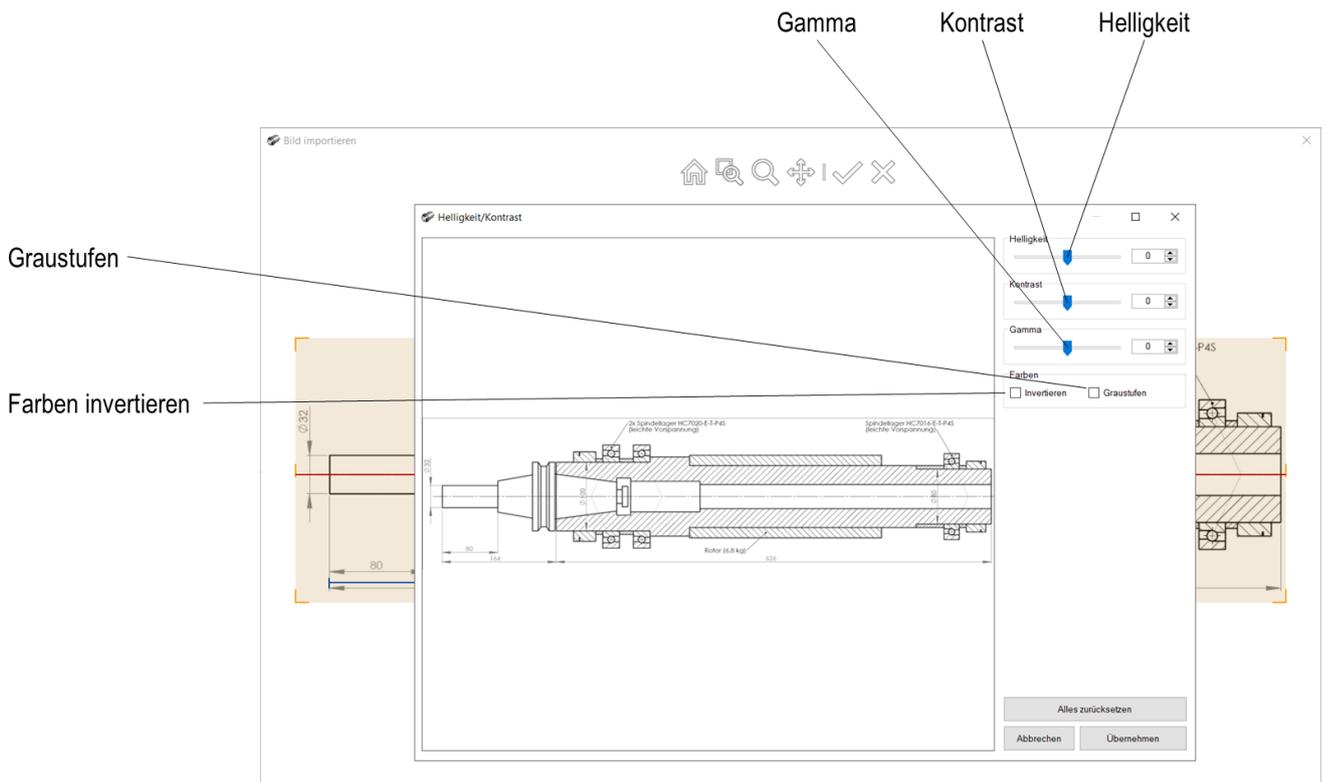
Horizontaler und vertikaler Maßstab

Die beiden blauen Maßstäbe dienen der Festlegung des Umrechnungsfaktors zwischen der Auflösung des Bildes in Pixel und der tatsächlichen Länge in mm. Es muss zumindest ein Maßstab verwendet werden, der zweite Maßstab kann zusätzlich festgelegt oder deaktiviert werden. Die Länge der Maßstäbe sowie ihre Position kann durch Ziehoperationen der Endpunkte oder der Maßlinie verändert werden. Der Wert kann durch Anklicken der Zahl verändert werden.

Kontextmenü Bildbereich

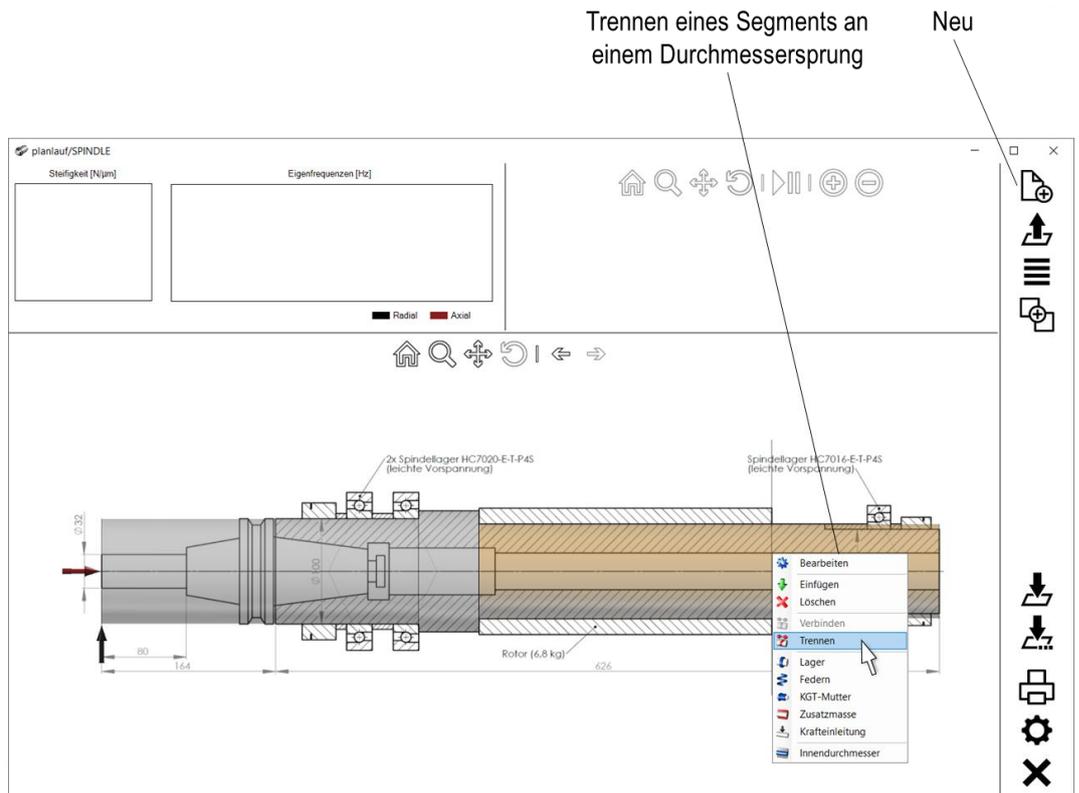
In diesem Kontextmenü können die Maßstäbe aktiviert bzw. deaktiviert und das gesamte Bild jeweils um 90° in oder gegen den Uhrzeigersinn sowie um einen kleinen Winkel gedreht werden. Die Einstellungen zur Helligkeit/Kontrast können ebenfalls hier aufgerufen werden. Wenn das gesamte Bild ohne Zuschnitt ausgewählt werden soll, steht zusätzlich die entsprechende Funktion zur Verfügung.

Hinweis: Alle Veränderungen der Geometrie basieren bei planlauf/SPINDLE auf einem Bezug zur jeweils linken Kante, so dass es empfehlenswert ist, das zu importierende Bild so zu drehen, dass sich das Werkzeug und die Kraffeinleitung links befindet.



Über das Kontextmenü des Bildbereichs kann die Farbanpassung über den Befehl „Helligkeit/Kontrast“ aufgerufen werden. Das Vorschauenfenster zeigt dabei direkt das Ergebnis der Einstellungen von **Helligkeit**, **Kontrast** und **Gamma** an. Die optionale **Invertierung der Farben** ist z.B. beim Importieren von Screenshots aus AutoCAD mit schwarzem Hintergrund sinnvoll. Zusätzlich kann das Bild auch nur in **Graustufen** angezeigt werden.

Hinweis: Die Umrechnung des Vorschaubildes ist ein vergleichsweise aufwändiger Rechenvorgang, der durch die Größe des Vorschauenfensters beeinflusst werden kann. Je kleiner das Vorschauenfenster ist, desto flüssiger reagiert die Vorschau auf Änderungen der Schieberegler.



Die Außenkontur einer Hauptspindel kann z.B. durch die folgenden Schritte definiert werden:

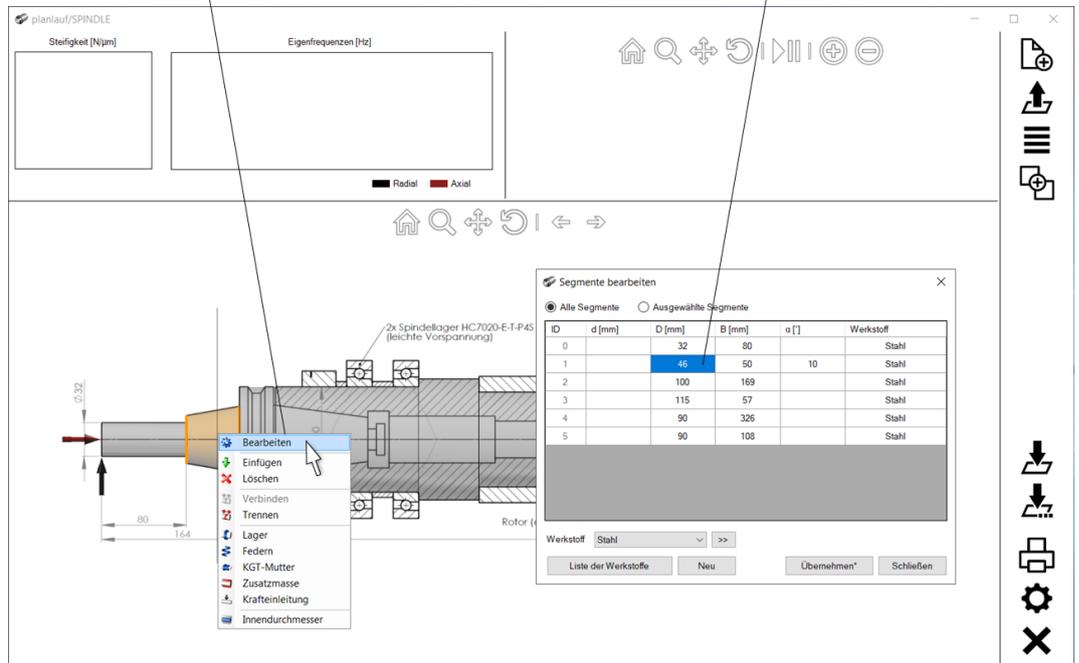
- **Neu:** Das Modell besteht nur aus einem Segment und den Kraftpfeilen
- Importieren des gewünschten Hintergrundbildes (s.o.)
- Ziehen der linken (rechten) Kante des Segments bis zum linken (rechten) Ende der Hauptspindel inkl. Werkzeug
- Durchwandern des Modells von links nach rechts und Trennen (Kontextmenü Außendurchmesser oder **Leertaste**) der Außendurchmesser an allen Durchmessersprüngen
- Ziehen der einzelnen Durchmesser auf den jeweils gewünschten Wert
- Verschieben der Kanten der einzelnen Segmente (falls erforderlich)

Für den Modellaufbau stehen zusätzlich die folgenden Funktionen im Kontextmenü Außendurchmesser zur Verfügung:

- **Einfügen:** In Abhängigkeit der Mausposition wird ein Segment mit den gleichen Eigenschaften rechts oder links des angeklickten Segments eingefügt.
- **Löschen:** Das hervorgehobene Segment oder die Mehrfachauswahl wird mit dieser Funktion gelöscht. Dieser Befehl ist bei entsprechender Auswahl auch direkt über die **ENTF**-Taste verfügbar.
- **Verbinden:** Benachbarte Segmente in einer Mehrfachauswahl werden zu einem durchgehenden Segment verbunden. Die Eigenschaften des neuen Segments entsprechen dabei denen des ersten Segments in der Mehrfachauswahl.

Bearbeiten eines Segments oder einer Mehrfachauswahl

Manuelle Eingabe von Außen- und Innendurchmesser, Breite, Konuswinkel und Werkstoff



Neben der Veränderung der Geometrie durch Ziehoperationen ermöglicht planlauf/SPINDLE auch das direkte Bearbeiten der Geometrietabelle. Durch einen **Doppelklick** auf ein Segment oder eine Mehrfachauswahl wird die Tabelle mit den Geometriedaten angezeigt, die direkt bearbeitet werden kann. Alternativ kann die Funktion „Bearbeiten“ auch über das Kontextmenü Außendurchmesser aufgerufen werden.

Die in der Tabelle markierten Zeilen werden gleichzeitig im Geometriebereich hervorgehoben. Bei einer Mehrfachauswahl von Zellen in der Tabelle kann über einen rechten Mausklick allen Zellen ein einheitliches Maß zugewiesen werden.

Hauptspindeln bestehen überwiegend aus Stahl. Andere **Werkstoffe** wie z.B. Hartmetall für das Werkzeug können über die Geometrietabelle zugewiesen werden. Die gängigsten Werkstoffe sind bereits in der Werkstoffliste vordefiniert. Neue Werkstoffe können über die Schaltfläche „Neu“ definiert werden. Das Zuweisen von Werkstoffen erfolgt über das Markieren von Segmenten in der Tabelle und Auswahl des Werkstoffs im DropDown-Menü „Werkstoff“.

3. Bearbeiten der Zusatzmasse 2. Ziehen der Zusatzmasse auf den gewünschten Außendurchmesser 1. Trennen der Segmente am Anfang und Ende einer Zusatzmasse

The screenshot shows the 'Zusatzmassen bearbeiten' dialog box with the following table:

ID	d [mm]	D [mm]	Dichte [kg/m³]	Masse [kg]	E-Modul [N/mm²]
<input type="checkbox"/>	0	32	37	7850	0
<input type="checkbox"/>	1	46	51	7850	0
<input type="checkbox"/>	2	100	105	7850	0
<input type="checkbox"/>	3	115	120	7850	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	90	121	4796	6.800
<input type="checkbox"/>	5	90	95	7850	0
<input type="checkbox"/>	6	90	95	7850	0

Buttons: Dichte aus Masse berechnen, Übernehmen, Schließen

Zusatzmassen können z.B. durch die folgenden Schritte definiert werden:

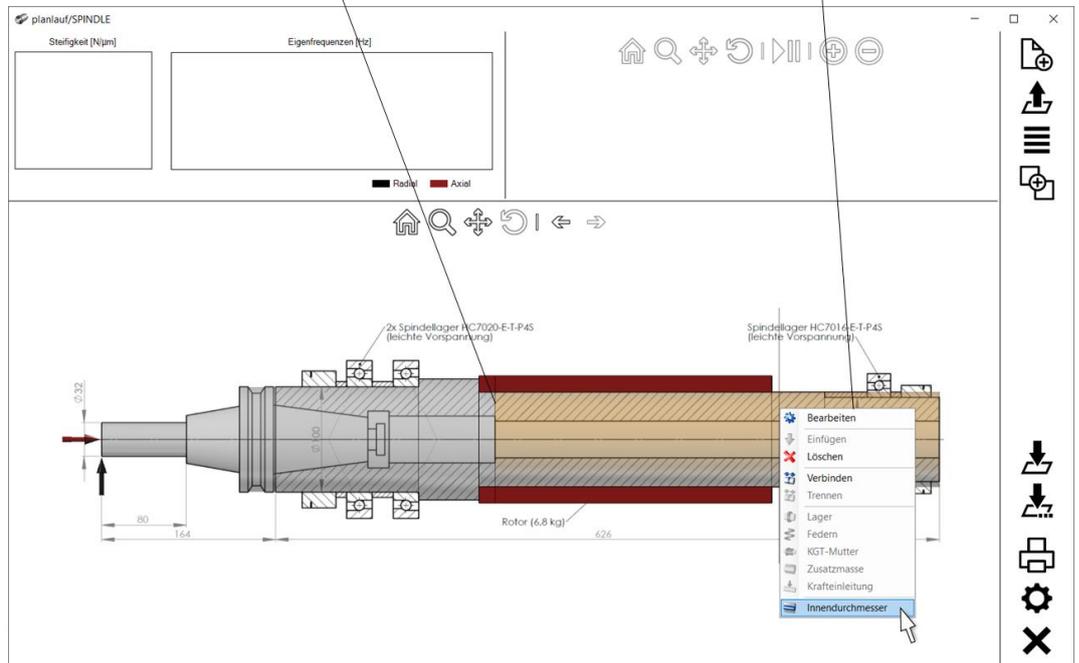
- Trennen der Segmente am Anfang und am Ende einer Zusatzmasse
- Ziehen der Zusatzmasse auf den gewünschten Außendurchmesser
- Bearbeiten der Zusatzmasse (**Doppelklick** oder Kontextmenü Zusatzmasse) und Eintragen der gewünschten Werte

Im oberen Bereich des Bearbeitungsfensters kann ausgewählt werden, ob **alle Segmente** angezeigt werden sollen oder nur das Segment, dessen Masse aktuell bearbeitet werden soll. In der ersten Spalte können Häkchen gesetzt werden, die festlegen, ob für das Segment eine Zusatzmasse verwendet werden soll. Die Geometrie der Zusatzmasse wird durch die Länge und den Außendurchmesser des Segments und den Außendurchmesser der Masse festgelegt. planlauf/SPINDLE verwendet die Dichte und die Geometrie zur Definition einer Zusatzmasse. Bei einer Durchmesserergrößerung der Zusatzmasse steigt somit auch die Masse an. Im linken unteren Bereich befindet sich eine Schaltfläche, mit der die Dichte für eine gewünschte Masse errechnet werden kann.

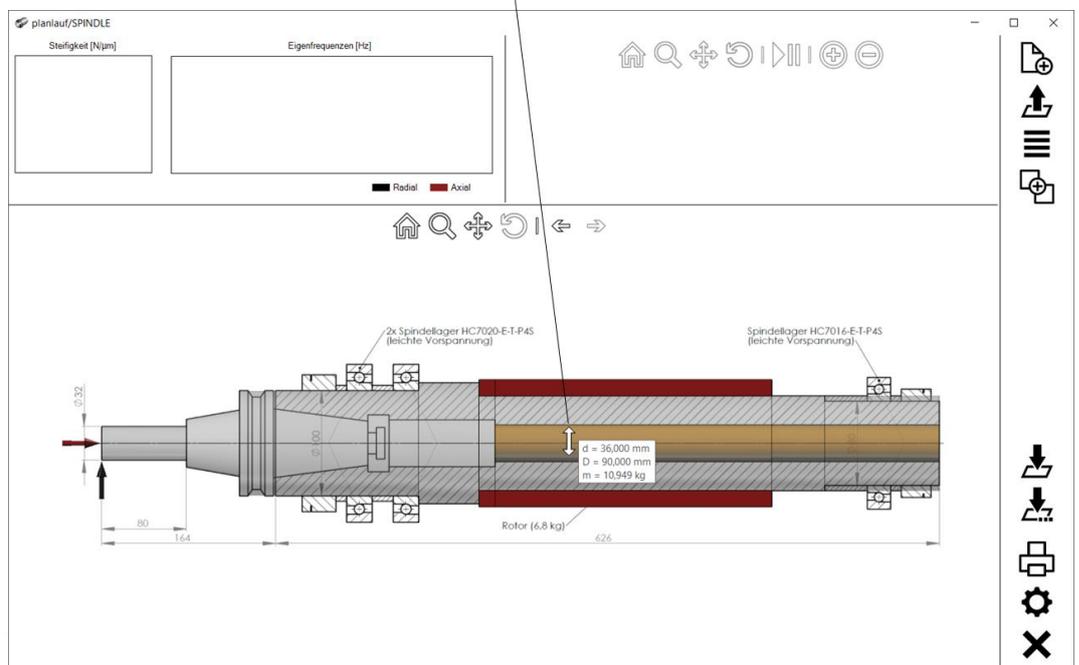
Durch die Angabe eines E-Moduls in der letzten Spalte kann die Zusatzmasse mit einer **Versteifung** ausgestattet werden. Ein aufgeschrumpfter Rotor könnte z.B. mit einem E-Modul von 100.000 N/mm² (zum Vergleich: E-Modul von Stahl = 210.000 N/mm²) abgebildet werden.

1. Trennen der Segmente an allen Sprüngen der Innenkontur

2. Mehrfachauswahl aller Außendurchmesser mit einem konstanten Innendurchmesser



3. Ziehen der Innendurchmesser auf das gewünschte Maß

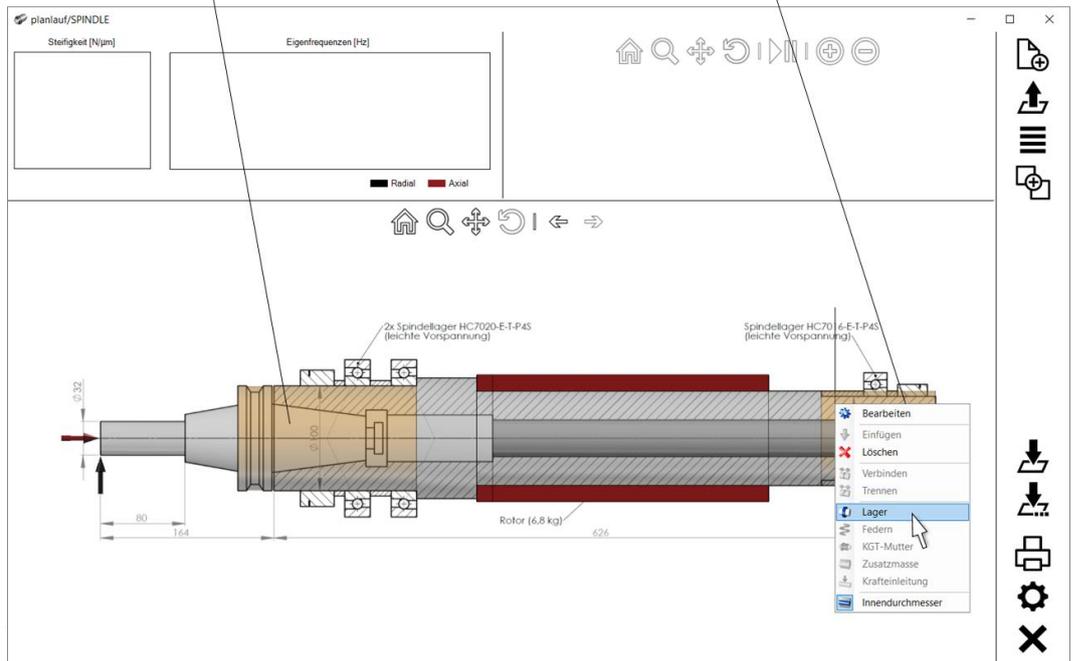


Die Innenkontur einer Hauptspindel kann z.B. durch die folgenden Schritte definiert werden:

- Trennen der Segmente an allen Sprüngen der Innenkontur
- Mehrfachauswahl aller Außendurchmesser mit einem konstanten Innendurchmesser
- Nach dem Aktivieren der Innendurchmesser über das Kontextmenü Außendurchmesser befinden sich alle erzeugten Innendurchmesser automatisch in der Mehrfachauswahl und können gemeinsam auf das gewünschte Maß gezogen werden.

1. Anklicken des vorderen Lagersitzes mit gedrückter STRG-Taste

2. Aufruf des Kontextmenüs mit der rechten Maustaste auf dem hinteren Lagersitz und Auswählen von „Lager“

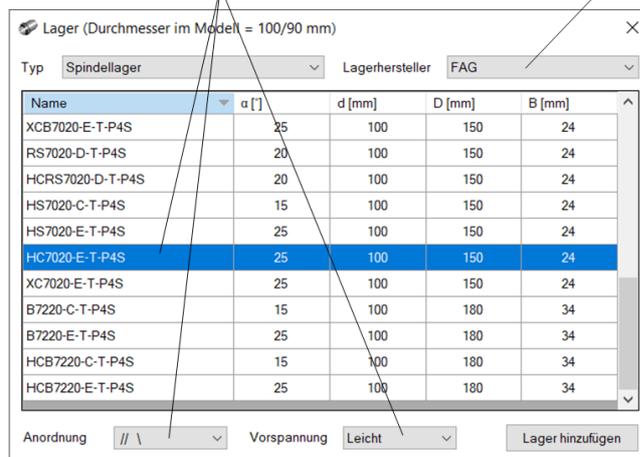


Spindellager werden immer satzweise verbaut, so dass sich der vordere und der hintere Lagersitz oft nicht auf einem einzigen Segment befinden. Zusätzlich können die Durchmesser der vorderen und hinteren Lager eines Lagersatzes unterschiedlich gewählt werden. Die Definition eines Lagersatzes auf zwei unterschiedlichen Durchmessern (ein einziger Durchmesser ist ebenfalls möglich) kann z.B. durch die folgenden Schritte definiert werden:

- Anklicken des vorderen und des hinteren Lagersitzes mit gedrückter STRG-Taste
- Aufruf des Kontextmenüs Außendurchmesser mit der rechten Maustaste auf dem hinteren Lagersitz und Auswählen der Funktion „Lager“

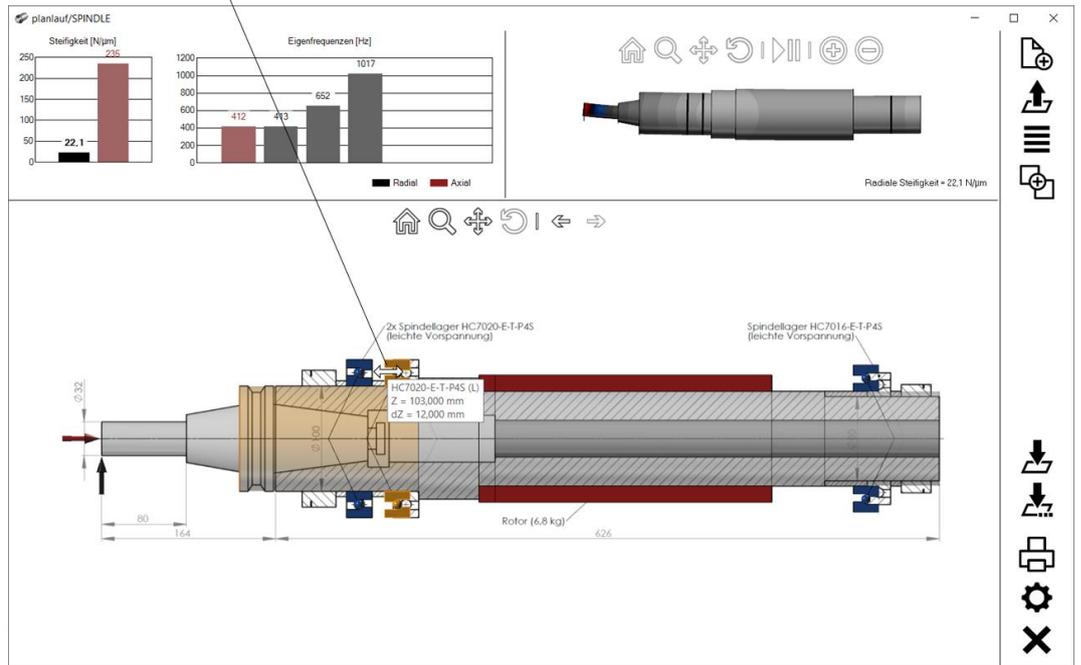
4. Auswählen des gewünschten Lagers, der Anordnung und der Vorspannung

3. Lagerhersteller auswählen



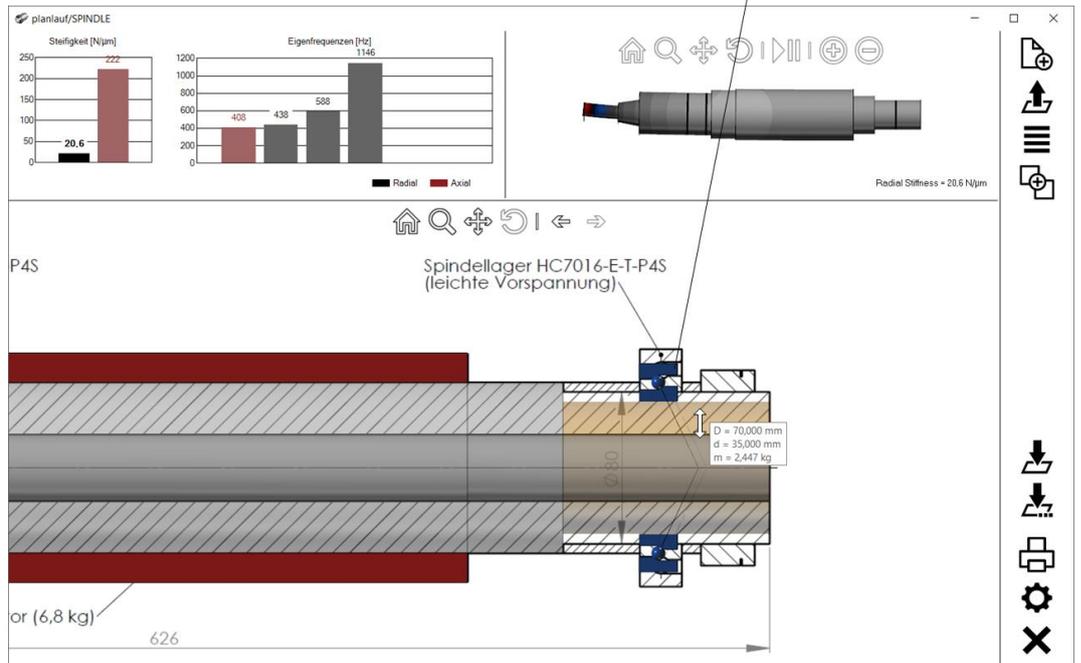
- Lagertyp „Spindellager“ und den Lagerhersteller auswählen
- Auswählen des gewünschten Lagers, der Lageranordnung (z.B. // \\' oder // \\\) sowie der Vorspannung

5. Verschieben der Lager an die gewünschte Position



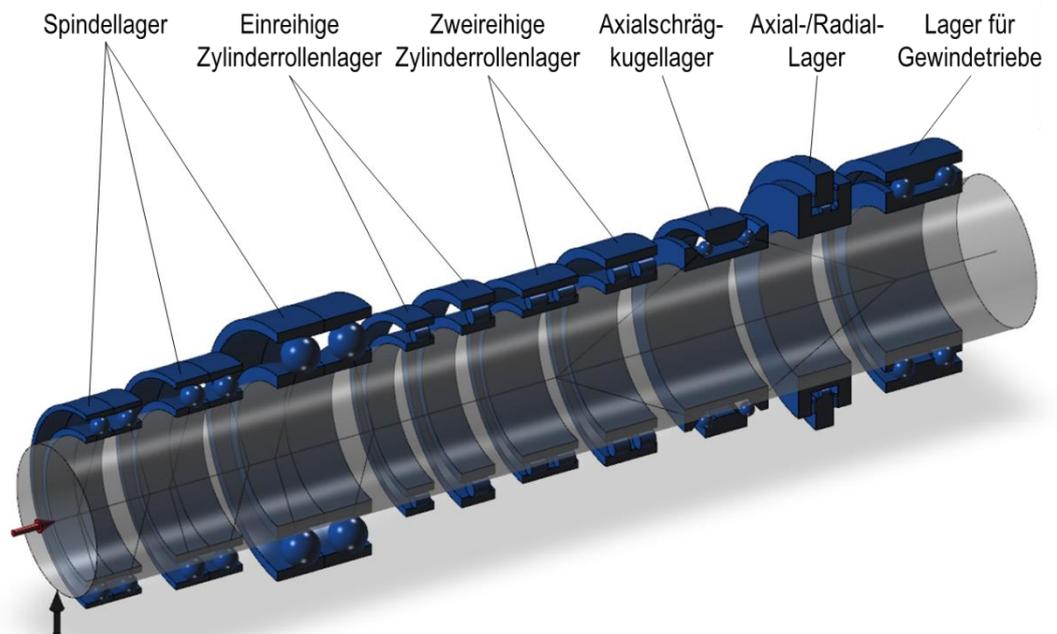
- Verschieben der Lager an die gewünschte Position (Hinweis: die Position des ersten Lagers bezieht sich auf die linke Kante des Segments, die übrigen Lager jeweils auf ihren linken Nachbarn innerhalb eines Lagersatzes)
- Die Lagergröße wird dabei automatisch an den Außendurchmesser angepasst.

Automatisches Anpassen der Lagergröße an den Außendurchmesser



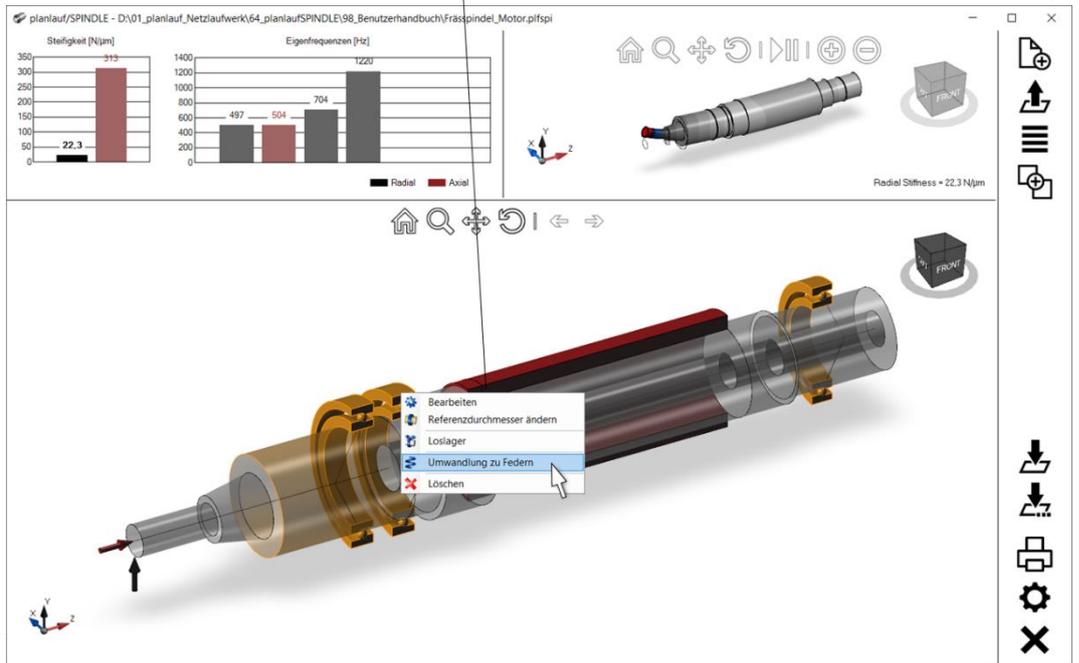


Lagersätze werden teilweise in einer axial verschiebbaren Büchse geführt und wirken somit als Loslager. Dieses Verhalten kann über die entsprechende Option im Kontextmenü Lager eingestellt werden. Die betroffenen Lager werden durch einen zusätzlichen Ring markiert und die axiale Steifigkeit der Lager wird bei der Berechnung nicht berücksichtigt.



Die Lagerdatenbank umfasst Spindellager unterschiedlicher Baureihen und Hersteller (FAG, GMN, NSK, SKF, SNFA, IBC, TIMKEN, SLF), ein- und zweireihige Zylinderrollenlager, Axialschrägkugellager, Axial-/Radial-Lager sowie Lager für Gewindetriebe. Insgesamt sind mehr als 6.000 Lager mit ihren Steifigkeiten und Dämpfungen enthalten.

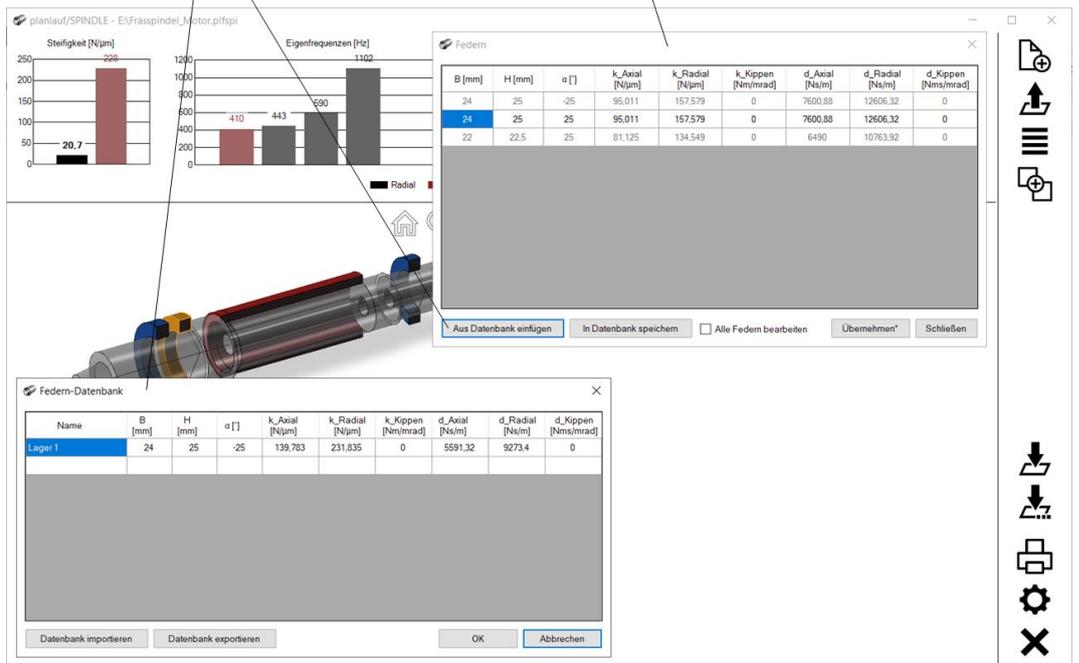
Umwandlung von Lagern
in Steifigkeiten



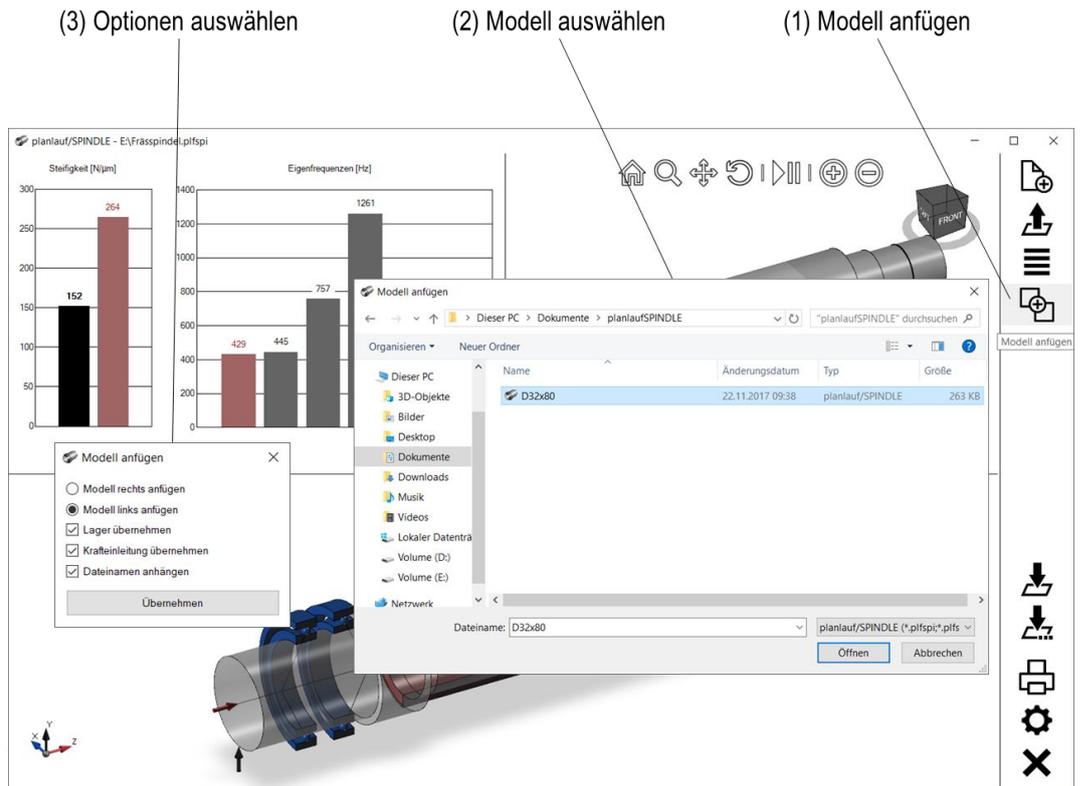
Neben den vordefinierten Lagern können Federn mit translatorischen und rotatorischen Steifigkeiten und Dämpfungen definiert werden (Kontextmenü Außendurchmesser > „Federn“). Alternativ können auch Lager oder Lagersätze in Federn umgewandelt (Kontextmenü Lager > „Umwandlung zu Federn“) oder aus einer Datenbank übernommen werden. Das Verschieben der Federn erfolgt analog zum Verschieben der Lager, allerdings ohne Abhängigkeiten der Positionen.

Federdatenbank

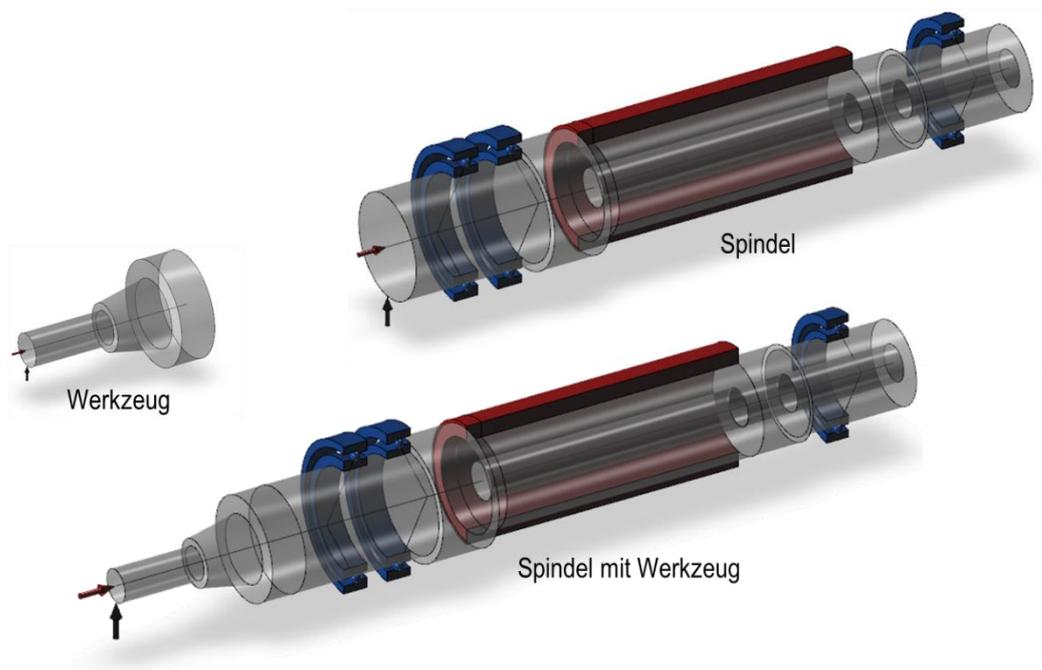
Definition der Geometrie, des Druckwinkels
sowie der Steifigkeiten und Dämpfungen



Hinweis: Der **Druckwinkel** (negativ nach links, positiv nach rechts) wird verwendet, um die Abstützwirkung von Schrägkugellagern abzubilden (X- oder O-Anordnung).

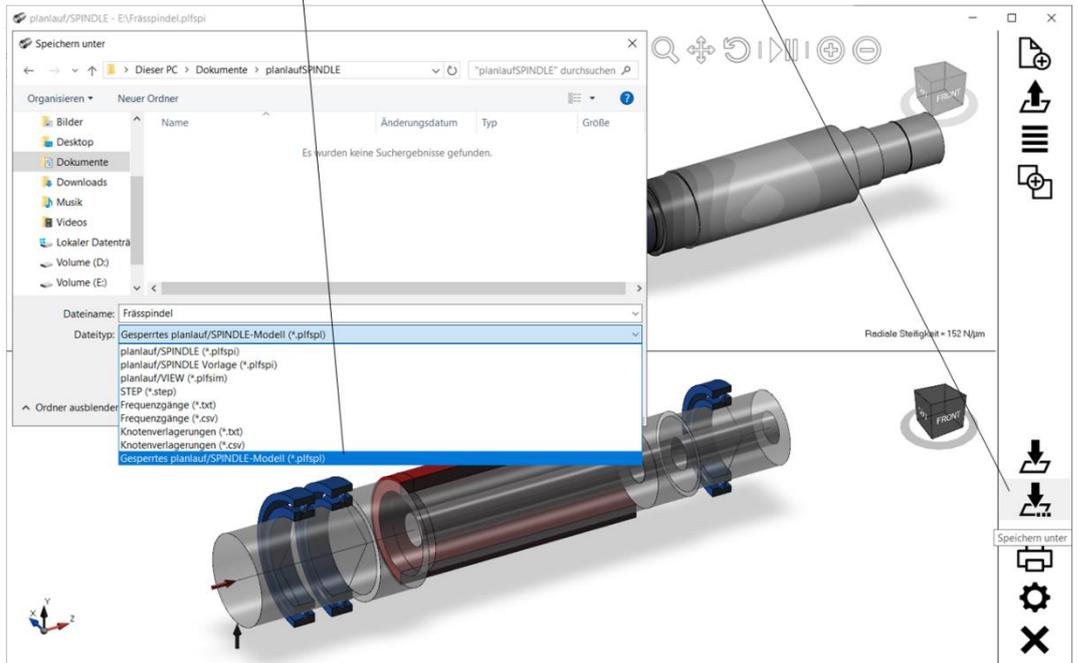


Bereits gespeicherte Modelle können mit dem Befehl „**Modell anfügen**“ in der Menüleiste an das aktuelle Modell angefügt werden. Nach dem Aufrufen des Befehls können die Datei und die Optionen ausgewählt werden. Das Modell kann **links** oder **rechts** angefügt werden. Optional können die **Lager des Modells** übernommen oder verworfen werden. Beim Anfügen von Werkzeugen an eine Spindel ist es meistens sinnvoll, die Kraftanleitung (üblicherweise am TCP) des angefügten Modells zu übernehmen. Optional kann auch der Name des angefügten Modells an den aktuellen Dateinamen angehängt werden.



(2) Gesperrtes planlauf/SPINDLE-Modell

(1) Speichern unter

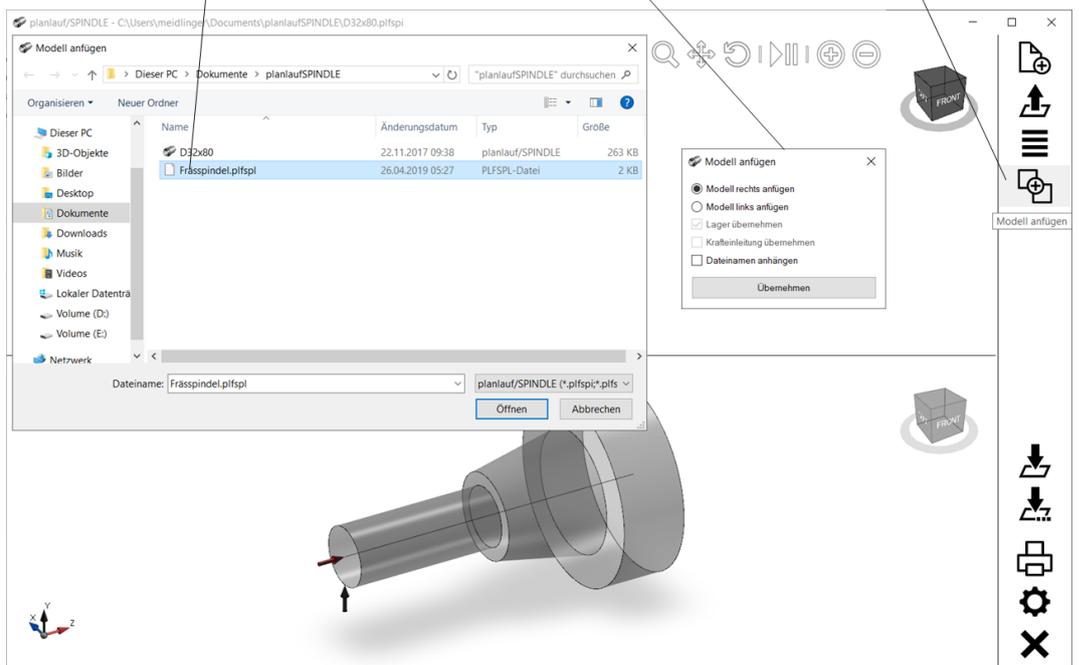


planlauf/SPINDLE-Modelle können in einem gesperrten Zustand gespeichert werden, in dem sie nicht mehr verändert werden können. Dieses Format bietet sich z.B. für die Übergabe eines Berechnungsmodells vom Spindelhersteller an den Anwender an, der damit für unterschiedliche Werkzeuge die Eigenfrequenzen berechnen kann. Über die Schaltfläche "Speichern unter" mit dem Dateityp "Gesperrtes planlauf/SPINDLE-Modell" wird die Datei mit der Endung *.plfsp gespeichert.

(2) Gesperrtes planlauf/SPINDLE-Modell

(3) Modell rechts anfügen

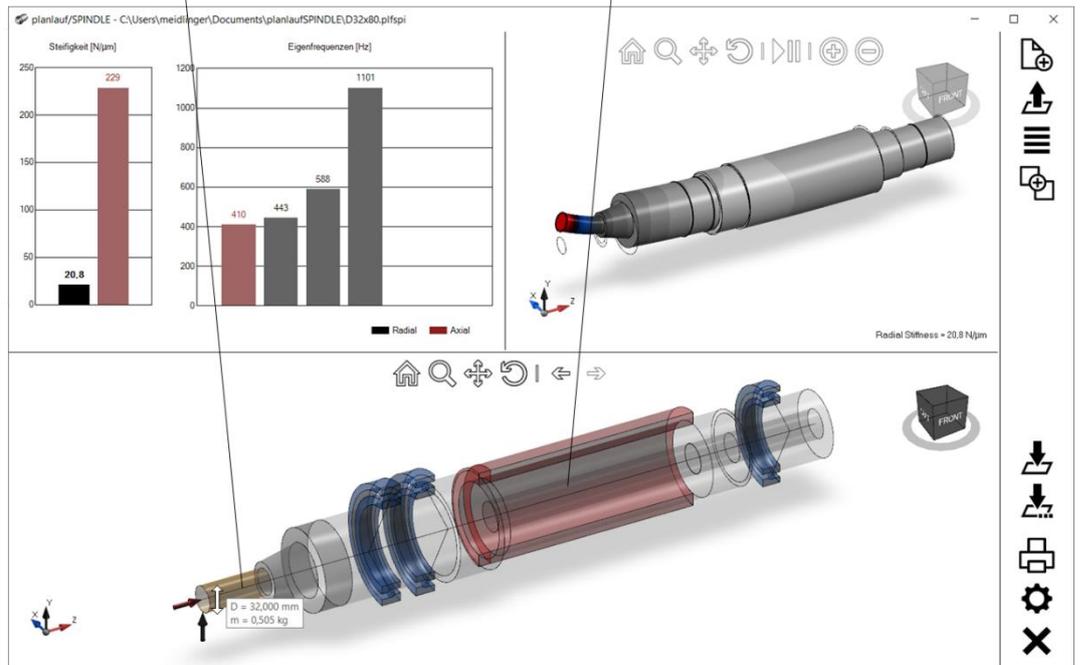
(1) Modell anfügen



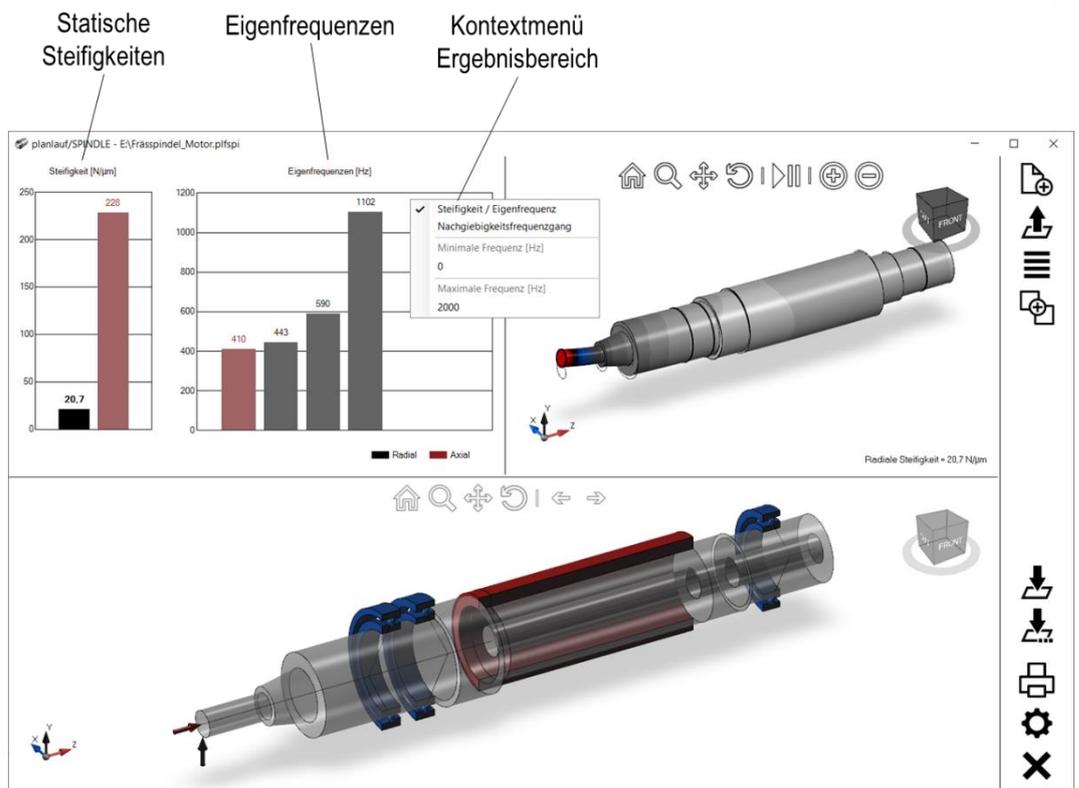
Die gesperrte Spindel kann über die Schaltfläche "Modell anfügen" an ein bestehendes Werkzeug angefügt werden.

Veränderbare Elemente

Gesperrte Elemente



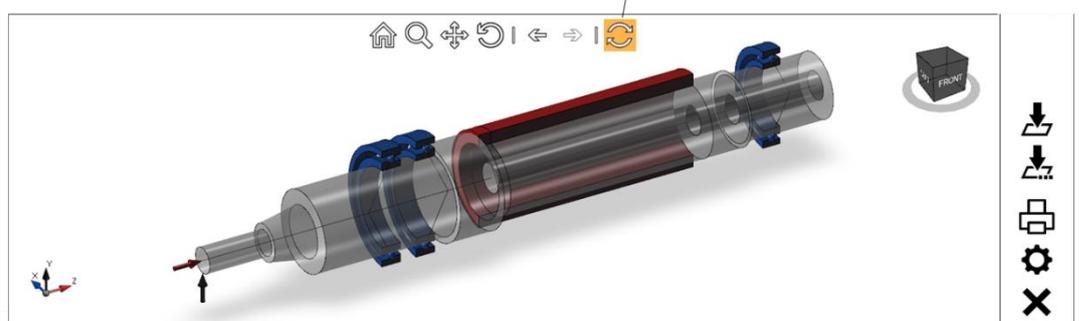
Das kombinierte Modell enthält anschließend die veränderbaren Elemente des Werkzeugs sowie die gesperrten Elemente der Spindel. Gesperrte Elemente werden transparenter dargestellt und sind weder im Geometriebereich noch über die Kontextmenüs oder die Tabellen zugänglich.

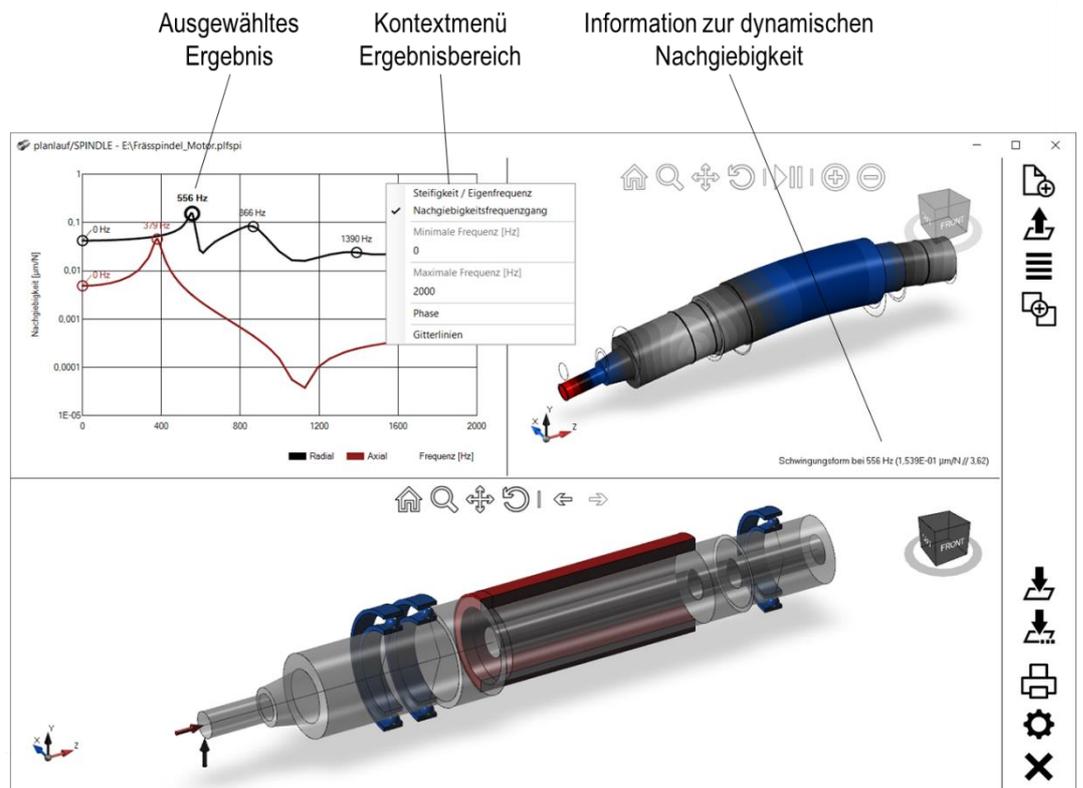


Im Ergebnisbereich werden für die Option „Steifigkeit / Eigenfrequenz“ die statischen Steifigkeiten und die Eigenfrequenzen in Form von Balkendiagrammen angezeigt. Durch Anklicken der Balken werden die statischen Verformungen oder Schwingungsformen im Animationsbereich angezeigt. **Schwarze (rote)** Balken repräsentieren radiale (axiale) Verformungen oder Schwingungsformen. Die Anzahl der darstellbaren Eigenfrequenzen für den gewählten Frequenzbereich ist auf sechs begrenzt, da bei Hauptspindeln üblicherweise nur die unteren Frequenzen (bis zur maximalen Drehfrequenz) relevant sind. Der Frequenzbereich, in dem die Eigenfrequenzen berechnet werden sollen, kann über das Kontextmenü des Ergebnisbereichs eingestellt werden.

Hinweis: Die Ergebnisse werden standardmäßig automatisch aktualisiert, sobald sich die Geometrie oder die Lagerung der Hauptspindel verändert und alle Freiheitsgrade definiert sind. Die automatische Aktualisierung kann in den Einstellungen deaktiviert werden. In diesem Fall erscheint in der **Symbolleiste des Geometriebereichs eine zusätzliche Schaltfläche**, die hervorgehoben ist, sobald eine manuelle Aktualisierung erforderlich ist.

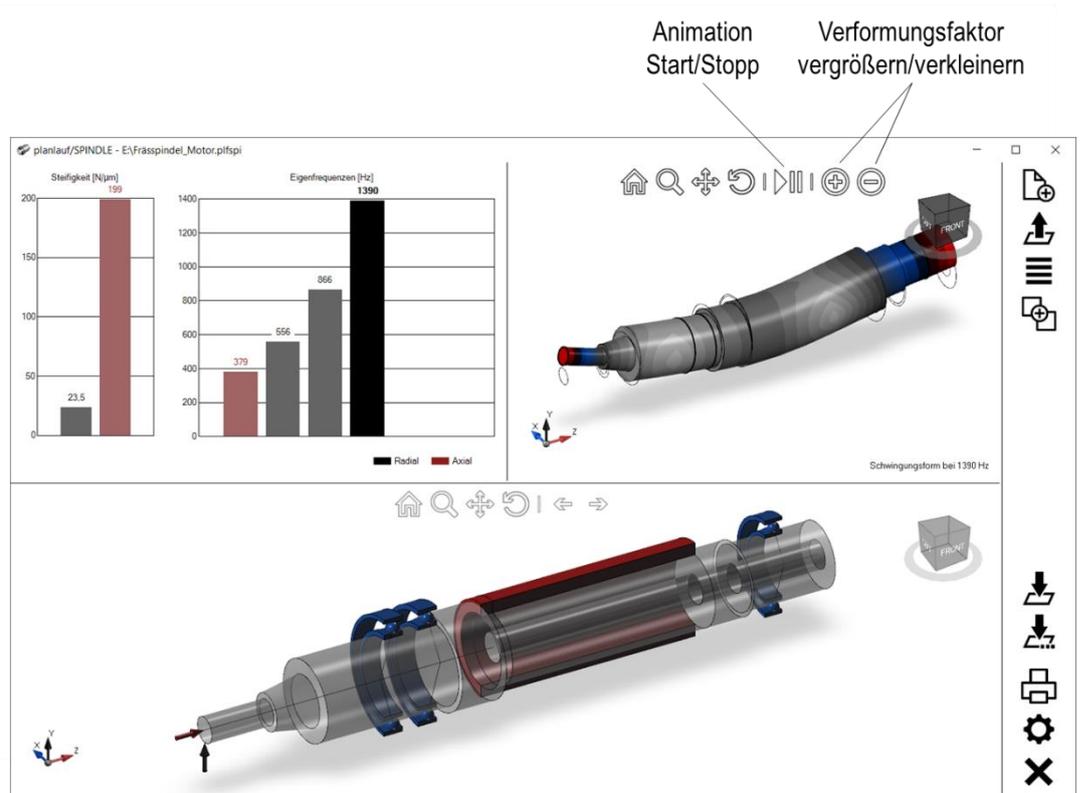
Manuelle Aktualisierung der Ergebnisse ist erforderlich, sobald die Schaltfläche hervorgehoben ist



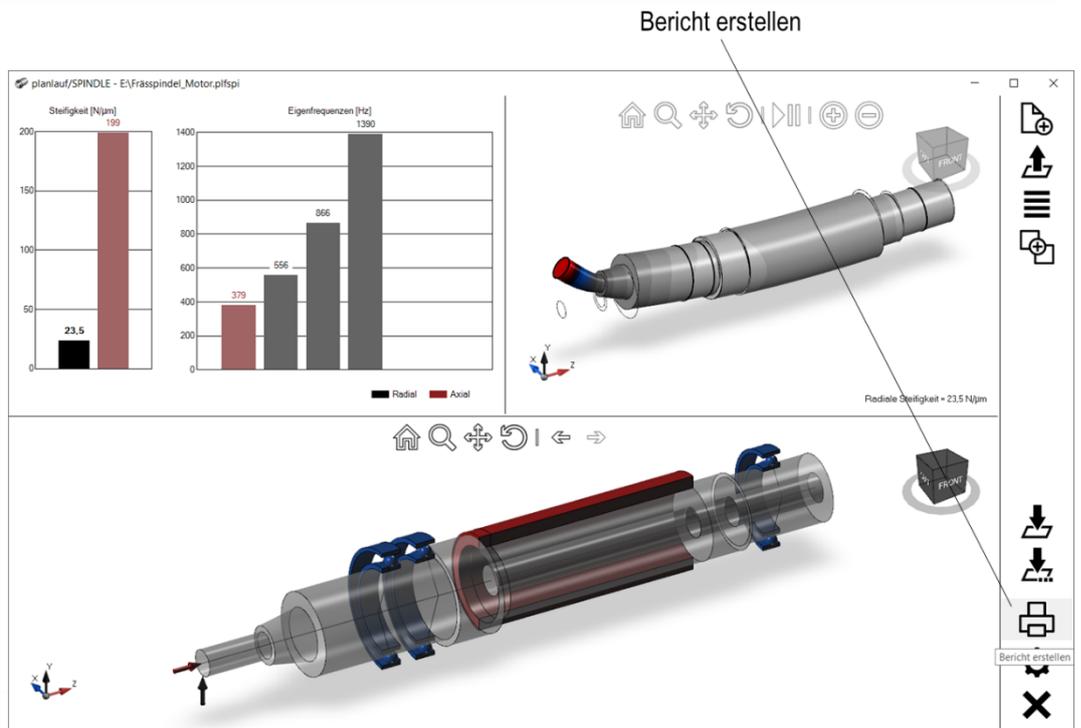


Im Ergebnisbereich werden für die Option „Nachgiebigkeitsfrequenzgang“ der radiale (schwarz) und der axiale Nachgiebigkeitsfrequenzgang (rot) dargestellt. Die Kreise markieren dabei die unterschiedlichen statischen Verformungen und Schwingungsformen, die durch Anklicken ausgewählt und im Animationsbereich dargestellt werden können.

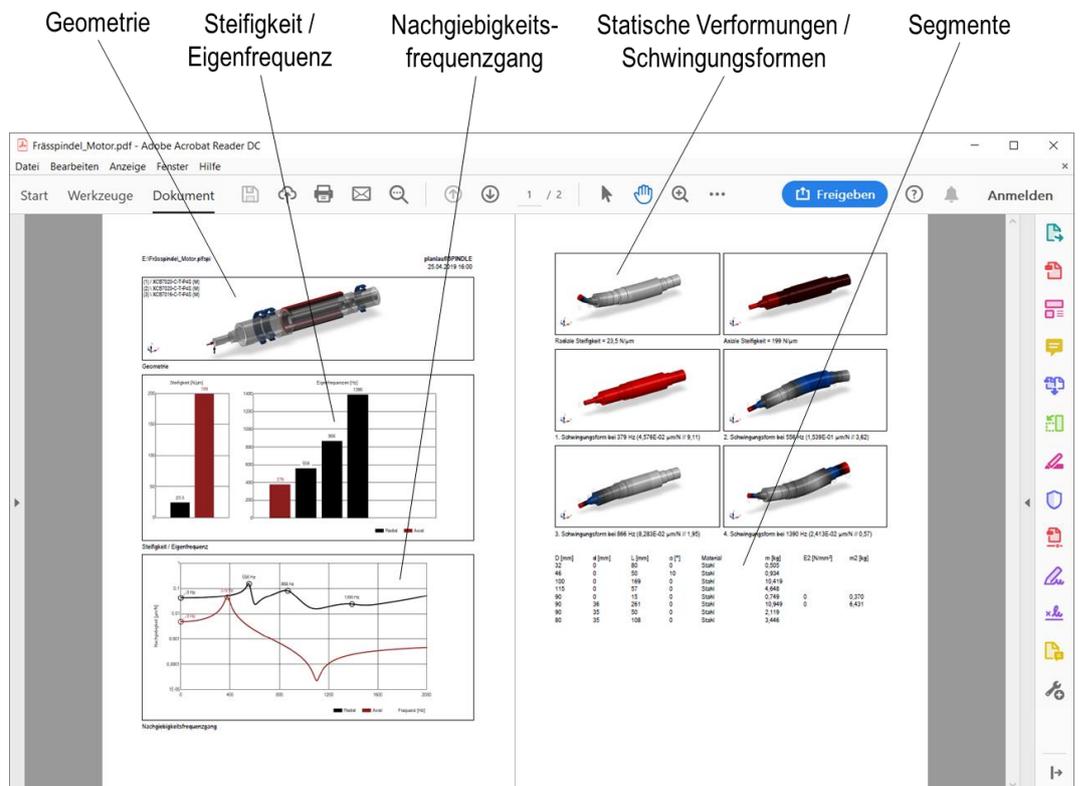
Die Nachgiebigkeit wird logarithmisch dargestellt. Der exakte Wert bei einer Eigenfrequenz wird im Animationsbereich angezeigt. Neben dem Wert der dynamischen Nachgiebigkeit wird auch der Überhöhungsfaktor (dynamische / statische Nachgiebigkeit) dargestellt. Der Phasengang sowie die Gitterlinien der logarithmischen Achse können über das Kontextmenü des Ergebnisbereichs optional eingeblendet werden.

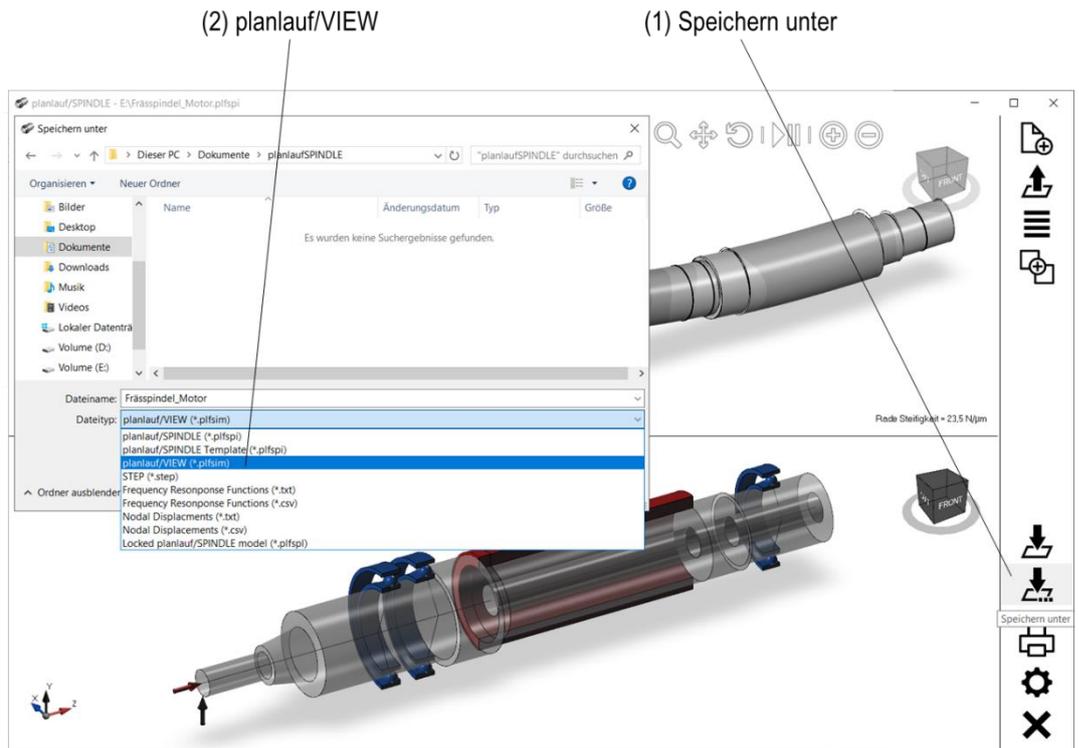


Die berechneten statischen Verformungen oder Schwingungsformen können im Animationsbereich dargestellt werden. Die 3D-Steuerung der Ansicht entspricht dabei der des Geometriebereichs. In der Symbolleiste des Animationsbereichs befinden sich die Schaltflächen für die Vergrößerung oder Verkleinerung des Verformungsfaktors sowie das Starten und Stoppen der Animation. Zusätzlich kann die Animation durch Drücken der **Leertaste** gestartet werden, wenn sich die Maus im Animationsbereich befindet.

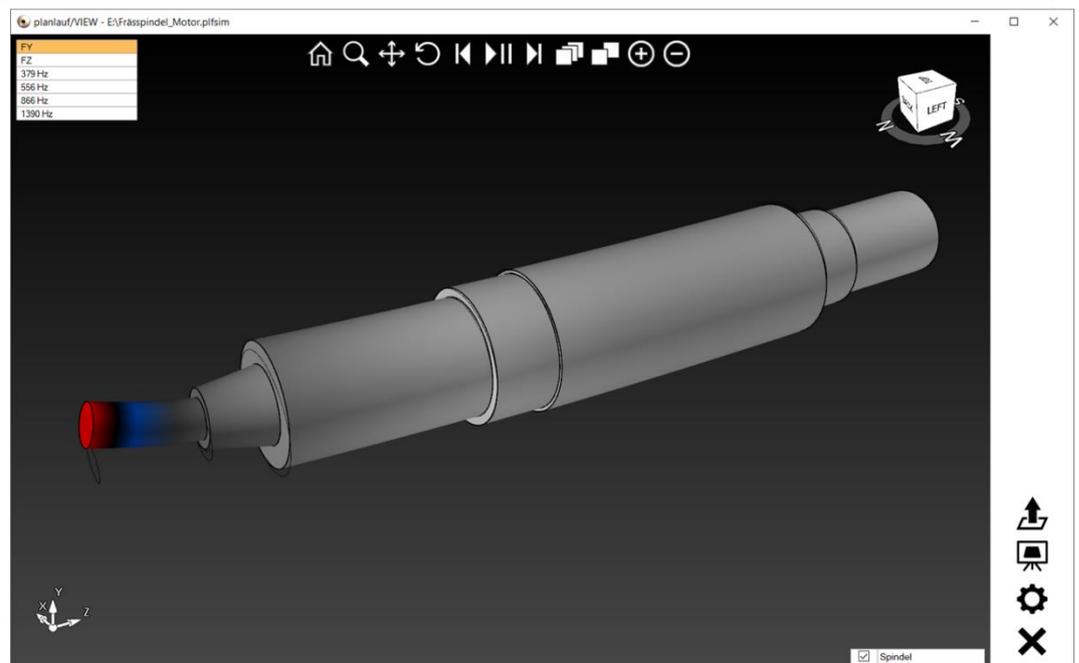


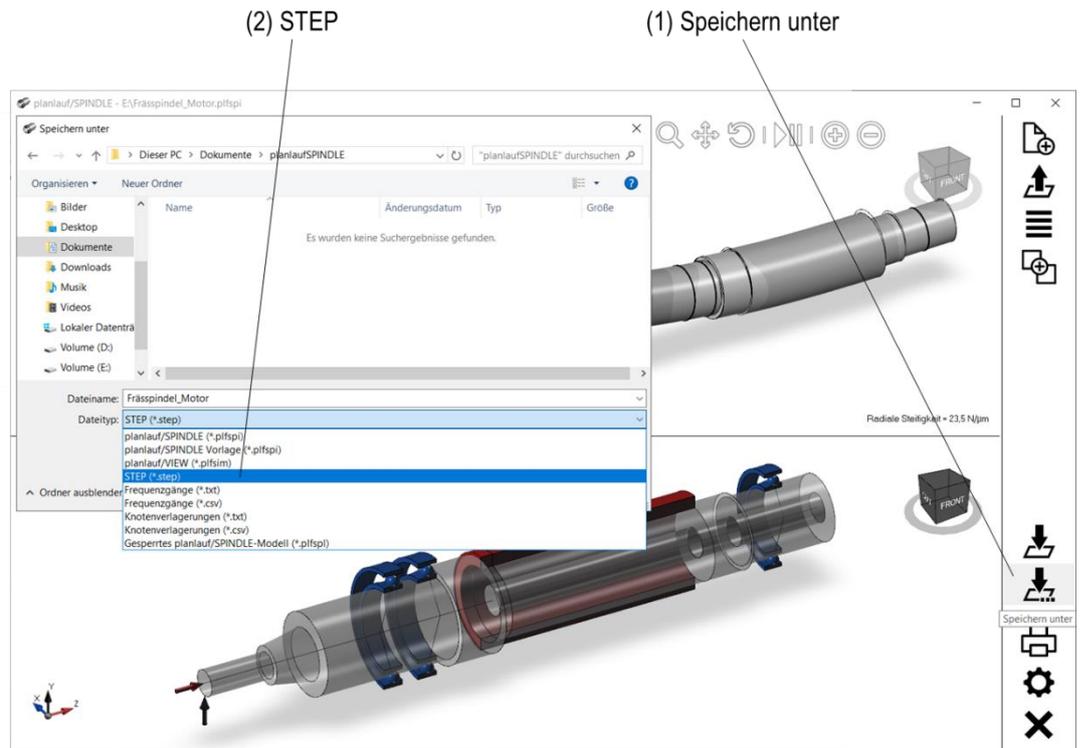
Die Ergebnisse können in Form eines **PDF-Berichts** zu Dokumentationszwecken exportiert werden (Schaltfläche „Bericht erstellen“). Der Bericht enthält dabei eine Ansicht der Geometrie, der Steifigkeiten und Eigenfrequenzen, des Nachgiebigkeitsfrequenzgangs, der Darstellung der statischen Verformungen und der Schwingungsformen sowie der Segmente in Tabellenform. Die 3D-Ansichten werden dabei vom Geometrie- und Ergebnisbereich übernommen, so dass die gewünschte Darstellungsform gewählt werden kann.



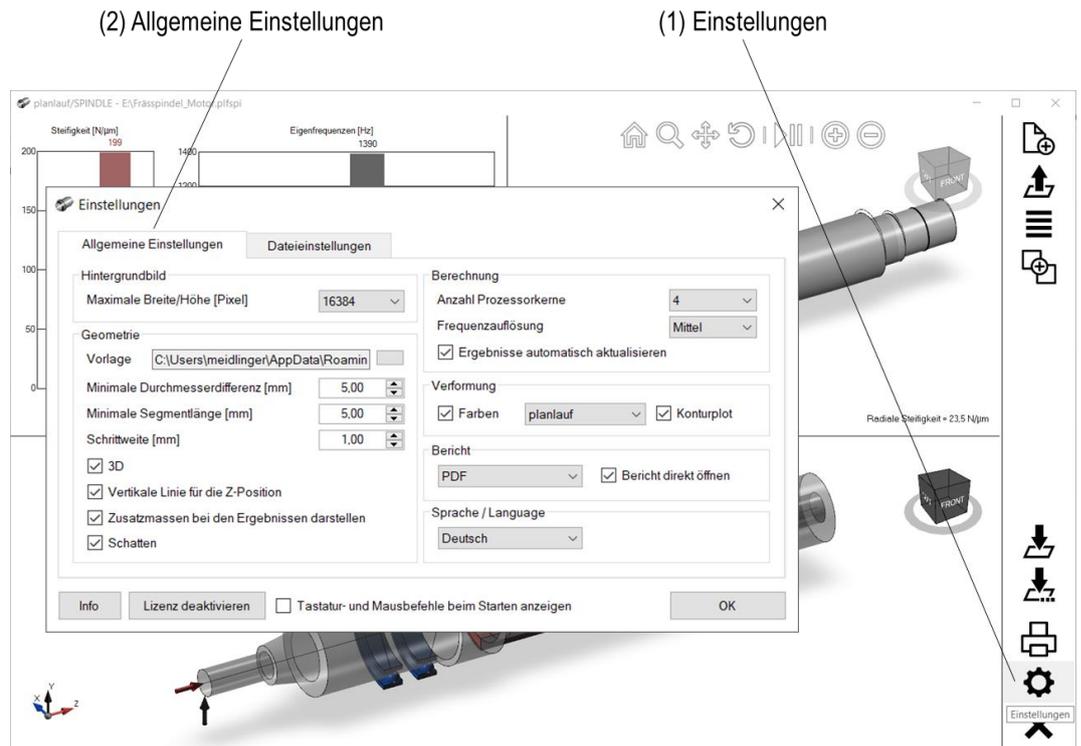


Die Ergebnisse können in Form eines planlauf/VIEW-Modells zur Weitergabe an Dritte exportiert werden (Schaltfläche "Speichern unter" und Dateityp „planlauf/VIEW“). planlauf/VIEW ist eine kostenfreie Software zur Visualisierung der Berechnungs- und Messergebnisse der planlauf GmbH. Die Software kann unter <http://www.planlauf.com/de/software/planlaufview/> heruntergeladen werden.





Das Geometriemodell kann in Form einer STEP-Datei zur Weiterverarbeitung im CAD-System exportiert werden (Schaltfläche „Speichern unter“ und Dateityp „STEP“). Exportiert wird dabei die Spindelgeometrie, die Zusatzmassen sowie die Lager inkl. der Druckwinkel.



Die Einstellungen von planlauf/SPINDLE können über die Schaltfläche „Einstellungen“ angezeigt und verändert werden. Die **allgemeinen Einstellungen** beziehen sich auf das eigentliche Programm, die Dateieigenschaften werden mit der Datei gespeichert.

Die **maximale Breite/Höhe des Hintergrundbilds** ermöglicht es, Bilder mit hoher Auflösung so zu verkleinern, dass sie von der Grafikkarte angezeigt werden können.

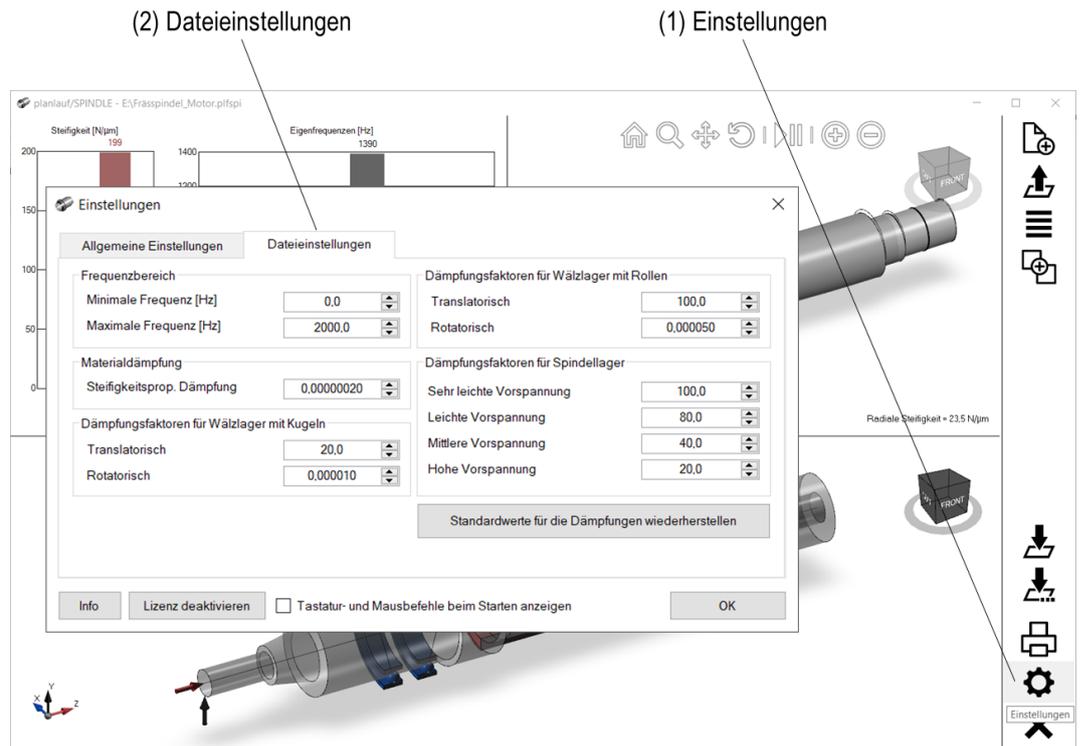
Die **minimale Durchmesserdiffferenz** und die **minimale Segmentlänge** geben an, welche Mindestabstände beim Ziehen der Geometrie eingehalten werden. Die Bearbeitung von Segmenten in Tabellenform wird davon nicht beeinflusst. Mit der **Schrittweite** kann eingestellt werden, in welchen Schritten sich die Geometrie verändern lässt.

Die Standardansicht des Geometrie- und Animationsbereichs kann über die Schaltfläche in der Symbolleiste oder einen Doppelklick mit der mittleren Maustaste aufgerufen werden. Bei deaktivierter Option **3D-Standardansicht** werden die Modelle standardmäßig in der Seitenansicht dargestellt. Die **vertikale Linie für die Z-Position** im Geometriebereich kann optional deaktiviert werden. Da **Zusatzmassen** einen Massen- aber nicht notwendigerweise einen Steifigkeitsbeitrag leisten, kann ihre Darstellung im Animationsbereich deaktiviert werden. Die Darstellung von **Schatten** im Geometrie- und Animationsbereich kann ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Die **Anzahl der Prozessorkerne** gibt an, wie viele Prozessorkerne planlauf/SPINDLE für die Berechnung von Nachgiebigkeitsfrequenzgängen verwenden soll. Die **Frequenzauflösung** für die Berechnung der Frequenzgänge kann in vier Stufen (grob, mittel, fein, sehr fein) eingestellt werden. Die grobe Frequenzauflösung ist in der Regel im Bereich von Eigenfrequenzen ausreichend genau und stellt die schnellste Möglichkeit dar. Auf schwächeren Rechnern kann die **automatische Aktualisierung der Ergebnisse** deaktiviert werden, im Geometriebereich erscheint dann eine Schaltfläche, die die manuelle Aktualisierung ermöglicht.

Die **Verformung** der Spindel im Animationsbereich kann über eine farbliche Darstellung verdeutlicht werden. Es stehen drei unterschiedliche Farbskalen („planlauf“, „Iso“ und „Pastell“) sowie die Möglichkeit des **Konturplots** zur Verfügung.

Das **Format des Berichts** kann ausgewählt werden (PDF oder Microsoft Word). Die Option „Bericht direkt öffnen“ führt zum automatischen Öffnen des Berichts nach der Erstellung.



Im Bereich der Dateieinstellungen kann zum einen der zu berechnende **Frequenzbereich** definiert werden. Zum anderen befinden sich hier alle Einstellungen zu den Dämpfungen. Die Dämpfungen ergeben sich dabei aus dem Produkt der Steifigkeiten und der einstellbaren Dämpfungsfaktoren (Zahlenwertgleichung). Die voreingestellten Faktoren sind das Ergebnis des Modellabgleichs einer Vielzahl von Hauptspindeln und ergeben für die meisten Hauptspindeln gute Ergebnisse.

In diesem Bereich können benutzerspezifische Werte eingetragen werden. Sollen alle weiteren Spindeln mit diesen Einstellungen berechnet werden, kann ein Modell mit „Speichern unter“ > „planlauf/SPINDLE Vorlage (*.plfspi)“ gespeichert werden. Unter den allgemeinen Einstellungen kann die jeweils gewünschte **Vorlage** angegeben werden. Diese Vorlage enthält neben den Dämpfungseinstellungen auch alle benutzerdefinierten Werkstoffe.