

Tutorial Series

Wellensysteme – Starter 3-Gang Schalt-Getriebe

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	2
1.1 Ziel des Tutorials	2
1.2 Voraussetzung	2
1.3 Software Version.....	2
1.4 Hinweise	2
2. MESYS Wellensysteme	2
3. Projekt eines Wellensystems	2
3.1 Inhalt des Tutorials	2
3.2 Ausgangslage.....	2
3.2.1 Anforderungen	2
3.2.2 Definition Hauptkomponenten	3
4. Modell.....	3
4.1 Konzept	3
4.2 Abbildung	3
4.2.1 Geometrien	3
4.2.2 Übersicht Parameter.....	3
4.2.3 Randbedingungen & Belastungen	4
4.2.4 Zahnradverbindungen	5
4.2.5 Positionierung	5
4.3 Konfiguration.....	6
4.3.1 Allgemein.....	6
4.3.2 Zustände	6
4.3.3 Lastkollektiv.....	7
5. Resultate.....	8

1. Vorwort

1.1 Ziel des Tutorials

Dieses Starter-Tutorial zu [MESYS Wellensysteme](#) zeigt die Funktionen der Software und gibt einen Überblick über die rechnerische Auswertung paralleler Wellensysteme. Es behandelt nur Themen und Einstellungen, die auf einer grundlegenden Vertrautheit mit dem Produkt basieren und mit den Übungsinhalten abgestimmt sind.

1.2 Voraussetzung

MESYS Wellensysteme ist eine Extension von [MESYS Wellenberechnung](#). Ein erfolgreiches Abschliessen dieses Tutorials setzt voraus, dass die Tutorials [Starter Basics zu MESYS Wälzlagerberechnung](#) und [Starter Basics zu MESYS Wellenberechnung](#) erfolgreich absolviert wurden. Wenden Sie sich ungehindert an [MESYS](#), sollten in der Verwendung der Software Fragen auftauchen.

1.3 Software Version

Dieses Tutorial wurde mit MESYS Wellenberechnung Version 12-2024 vom 11.02.2025 erstellt.

1.4 Hinweise

-  Ein blauer Pfeil bedeutet eine Aufforderung an den Leser.
-  Ein grüner Pfeil bedeutet eine Schlussfolgerung oder Wirkung.

2. MESYS Wellensysteme

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

3. Projekt eines Wellensystems

3.1 Inhalt des Tutorials

Vorliegender Inhalt soll dem Benutzer einige Richtlinien zur Modellierung von Schaltvorgängen in Getrieben mit parallelen Wellen zur Verfügung stellen. Für den Einsatz in einem stationären Mahlwerk zur Zerkleinerung landwirtschaftlicher Produkte soll ein dreistufiges Schaltgetriebe mit einem 12-kW-Dieselmotor ausgelegt werden. Die vorgesehene Getriebekonfiguration ist rechnerisch mithilfe der MESYS-Wellensysteme zu validieren. Zudem soll anhand eines Lastkollektivs der Betrieb in jedem Gang hinsichtlich Belastung und Lebensdauer bewertet werden.

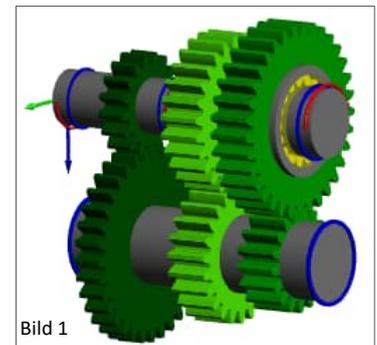


Bild 1

3.2 Ausgangslage

3.2.1 Anforderungen

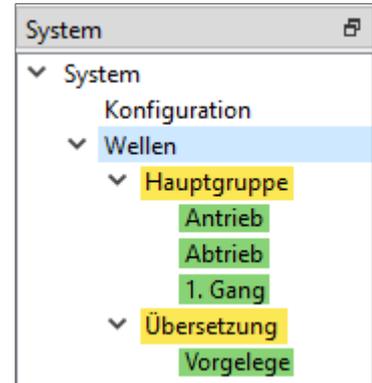
Folgende Anforderungen seien aufgrund der Schnittstellen zu Systemkomponenten zu berücksichtigen:

Eingangsdrehzahl:	2000 rpm
Motor Drehmoment:	ca. 50 Nm
Ausgangsdrehzahlen:	530 / 870 / 2000 rpm
Drehmomentabgabe:	ca. 190 / 115 / 50 Nm

3.2.2 Definition Hauptkomponenten

Da es sich hierbei um eine fokussierte Betrachtung der Modellierung von Schaltvorgängen in MESYS Wellensysteme handelt, werden Stützen wie etwa notwendige Wälzlager im Rahmen dieses Tutorials einfachheitshalber als 'Lager' abgebildet. In folgendem Inhalt soll weder ein Gehäuse oder die genaue Mechanik der Synchronträger resp. -Hülse nachgebildet, noch Zustandseinflüsse beispielsweise aus Temperatur oder Material berücksichtigt werden.

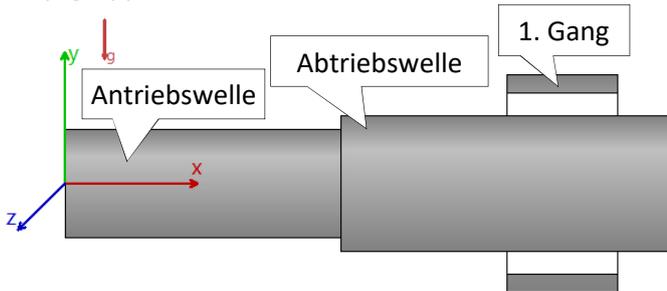
Das Getriebe soll aus zwei 'Gruppen' bestehen, die wiederum jeweils die notwendigen Wellen enthalten. Aufgrund der im zu erstellenden Modell zahlreichen Elemente, seien zwecks Übersicht praktische Bezeichnungen, resp. Abkürzungen definiert (Tabelle 2).



Bezeichnung		Aussengeometrie [mm]		Innengeometrie [mm]		Lage in X [mm]	Drehzahl [rpm]
Gruppe	Welle	Länge	Durchmesser	Länge	Durchmesser		
Hauptgruppe	Antrieb	50	20	-	-	0	2000
	Abtrieb	60	25	-	-	50	-
	1. Gang	20	40	20	33	80	-
Übersetzung	Vorgelege	100	28	-	-	0	-

Tabelle 1

Hauptgruppe:



Übersetzung: Vorgelegewelle



Bild 3

4. Modell

4.1 Konzept

Es kann aus Bild 3 erahnt werden, dass das idealisierte Modell 2 mögliche Varianten der Nachbildung eines Schaltvorganges zeigen soll. Einmal mit einem näher an der Realität liegendem 'Synchronträger' (1. Gang) und weiter vereinfacht über die Aktivierung / Deaktivierung einer Zahnradverbindung (2. Gang). Bevor wir dazu in die Details einsteigen, lassen Sie uns das Modell mit den Geometrien, Belastungen und Randbedingungen wie in folgenden Abschnitten aufgezeigt aufsetzen.

4.2 Abbildung

4.2.1 Geometrien

➡ Bitte erstellen Sie ein File, vergeben Sie einen Projektnamen und bilden Sie die vorgesehenen Gruppen und deren Wellen-Geometrien anhand von [Tabelle 1](#).

4.2.2 Übersicht Parameter

In der Folge sind die notwendigen Einstellungen für 'Randbedingungen' und 'Belastung' des Modells für beide Gruppen tabellarisch zusammengetragen.

Hauptgruppe	Typ	Element	Name	Position in X [mm]	Parameter (in Abweichung Standardwerte)
Antrieb	Randbedingung	Lager	ANL1	7	-
		Lager	ANL2	45	-
		Kupplung für Reaktionsmoment	ANRM	48.5	b=3mm

		Allgemeine Randbedingung	SM3	50	Mit 'Abtrieb' verbinden: Verschiebung & Rotation in x ist 'fest'
	Belastung	Kupplung	Input	2.5	b=5 mm, T=50 Nm
		Stirnrad	ANZR0	30	b=10 mm, z=17, mn=2, α=20°
Abtrieb	Randbedingung	Lager	ABL1	2	-
		Lager	ABL2	55	-
		Wälzlager	ABWL	40	Generisches Nadellager K 25x33x20; Aussenring (OR) ist mit '1. Gang' verbunden
		Kupplung für Reaktionsmoment	Output	58.5	b=3 mm
		Belastung	Stirnrad	ABZR2	15
1. Gang	Randbedingung	Allgemeine Randbedingung	SM1	0	Mit 'Abtrieb' verbinden: Verschiebung & Rotation in x ist 'fest'
	Belastung	Stirnrad	1GZR1	10	b=15 mm, z=33, mn=2, α=20°
Gruppe Übersetzung	Typ	Element	Name	Position in X [mm]	Parameter (in Abweichung Standardwerte)
Vorgelege	Randbedingung	Lager	VL1	0	-
		Lager	VL2	100	-
	Belastung	Stirnrad	VZR0	20	b=10 mm, z=33, mn=2, α=20°
		Stirnrad	VZR2	55	b=15 mm, z=23, mn=2, α=20°
		Stirnrad	VZR1	80	b=15 mm, z=17, mn=2, α=20°

Tabelle 2

Legende:

ANL1 / 2	Wellenlagerung:	Antriebswelle, Lager, Nummerierung
ANRM	Kupplung für Reaktionsmoment:	Antriebswelle, Reaktionsmoment
SM3	Verbindung der Übersetzung:	Schaltmuffe 3. Gang
ANZR0	Stirnrad:	Antriebswelle, Zahnrad, erste Momentübertragung
ABL1 / 2	Wellenlagerung:	Abtriebswelle, Lager, Nummerierung
ABWL	Wälzlager:	Abtriebswelle, Wälzlager
ABZR2	Stirnrad:	Abtriebswelle, Zahnrad, 2. Gang
SM1	Verbindung der Übersetzung:	Schaltmuffe 1. Gang
1GZR1	Stirnrad:	1. Gang. Zahnrad auf Schaltmuffe Gang 1
VL1 / 2	Wellenlagerung:	Vorgelegewelle, Lager, Nummerierung
VZR0 / 1 / 2	Stirnrad:	Vorgelegewelle, Zahnrad, Nummerierung

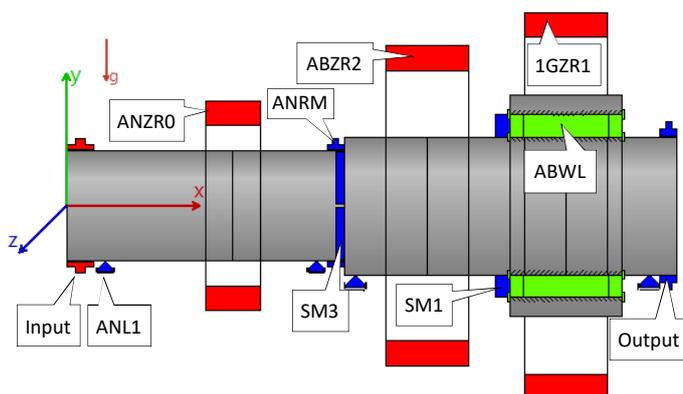
➡ Bitte weisen Sie die in Tabelle 2 gelisteten Randbedingungen und Belastungen den jeweiligen Bauteilen zu.

➡ Bei einer Eingangsdrehzahl von 2000 rpm ergeben sich bei Einsatz der unter 4.2.2 gelisteten Komponenten Drehzahlen von 530.73 / 877.67 / 2000 rpm. Damit sei die Anforderung aus 3.2.1 erfüllt.

4.2.3 Randbedingungen & Belastungen

Die Wellen sollten sich nach Umsetzung der vorgegebenen Randbedingungen und Belastungen wie folgt darstellen:

Hauptgruppe:



Übersetzung:

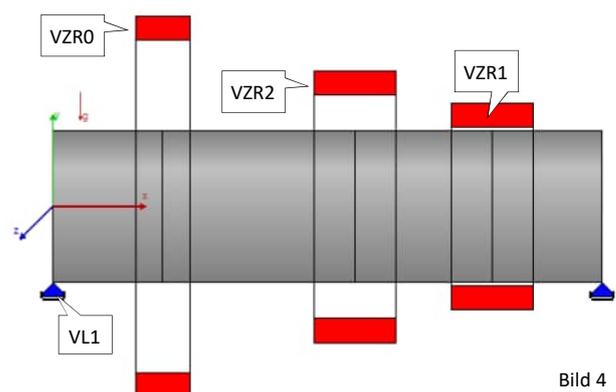


Bild 4

4.2.4 Zahnradverbindungen

In der Folge bedarf das Modell einer Verbindung der Zahnräder zu Zahnradpaaren. Dieser Dialog kann über den Systembaum unter 'Zahnradverbindungen' aufgerufen werden, wo auch die entsprechenden Paarungen umzusetzen sind.

Stirnräder	T1 [Nm]	T2 [Nm]	SF1	SF2	SH1	SH2	wmax/wavg
ANZRO-VZRO	-	-					
VZR1-1GZR1	-	-					
VZR2-ABZR2	-	-					

Welle: Farbe, Antrieb, Vorgelege
Zahnrad: ANZRO, VZRO

Welle: Farbe, Vorgelege, 1. Gang
Zahnrad: VZR1, 1GZR1

Welle: Farbe, Vorgelege, Abtrieb
Zahnrad: VZR2, ABZR2

Vergeben Sie die Zahnradverbindungen im Fenster unter Reiter 'Stirnräder' wie dargestellt und wählen Sie zur besseren Orientierung Ihre Farben.

4.2.5 Positionierung

Die Gruppen oder Wellen sollten nun in Funktion der Zahnradverbindungen noch relativ zueinander ausgerichtet werden. Im folgenden Prozess bringen wir alle Verzahnungen durch eine rechnerische Beziehung zueinander. Unter dem System-Baum kann das Fenster 'Positionierung' aktiviert werden (Bild 6). Die Positionierungen können mit verschiedenen Kriterien vorgenommen werden, wie etwa aufgrund von Zahnrad oder Gruppen zueinander.

Gruppe 'Übersetzung' aufgrund Zahnradpaar 'ANZRO-VZRO'
Welle '1. Gang' aufgrund Zahnradpaar 'VZR1-1GZR1'
Zahnrad 'VZR2' aufgrund Zahnradpaar 'VZR2-ABZR2'

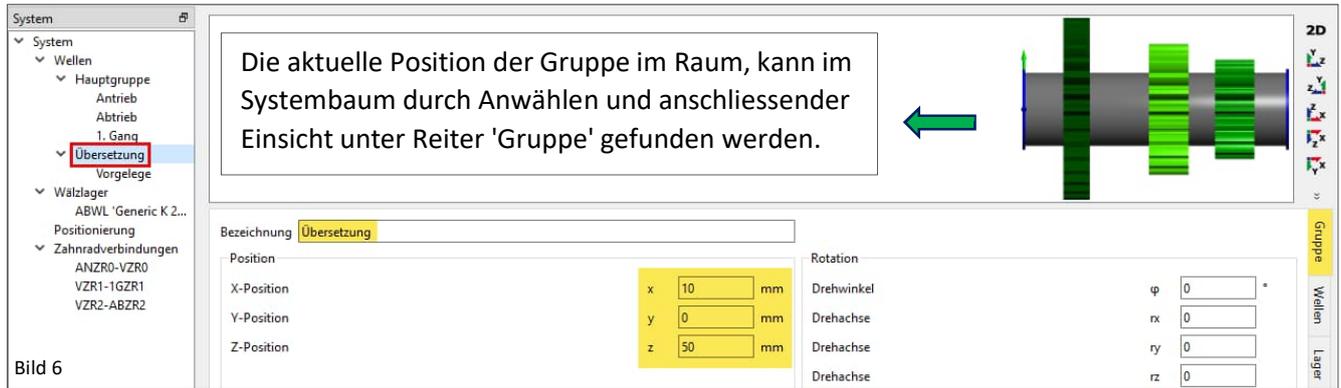
Gruppe aufgrund Zahnradpaar: Übersetzung, ANZRO-VZRO, dx: 0 mm, φ: 0°

Welle aufgrund Zahnradpaar: 1. Gang, VZR1-1GZR1, dx: 0 mm

Zahnrad aufgrund Zahnradpaar: VZR2, VZR2-ABZR2, dx: 0 mm

➔ Vergeben Sie die Positionierungen wie in Bild 6 dargestellt.

➔ An dieser Stelle ist die Grund-Konfiguration des Modells abgeschlossen.



➔ Das Getriebesystem sollte sich nun in der geeigneten XY-Ebene gemäss Bild 7 darstellen.

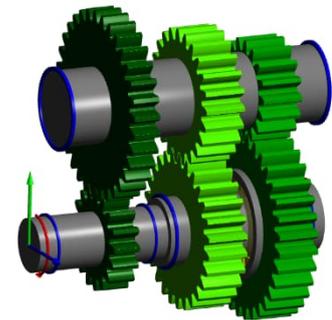


Bild 7

4.3 Konfiguration

4.3.1 Allgemein

Im Folgenden wird die Möglichkeit genutzt, das Getriebe in seinen verschiedenen Betriebszuständen gesondert zu analysieren. Diese Funktion steht in MESYS Wellensysteme über die Option "[Konfigurationen berücksichtigen](#)" zur Verfügung und steht beim Arbeiten mit Gruppen unmittelbar zur Verfügung.

➔ Aktivieren Sie diese Funktion unter System/Einstellungen.

➔ Hiermit wird im Systembaum der Eintrag 'Konfiguration' aufgesetzt.

➔ Beachten Sie bitte, dass die Bedingungen in 'Konfiguration' nur verfügbar sind, wenn Torsion (Rotation) in der 'Allgemeinen Randbedingung' festgehalten wird.

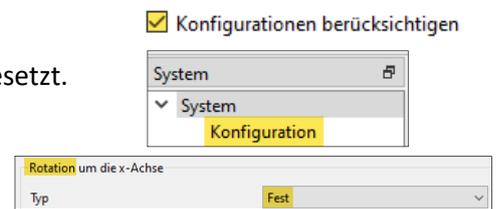


Bild 8

4.3.2 Zustände

Mittels Zuschalten oder Abschalten von Elementen möchten wir Zustände darstellen, welche in der Simulation entsprechend zu berücksichtigen oder nicht zu berücksichtigen sind. Es bietet sich hiermit also an, das Getriebe in den verschiedenen eingelegten Gängen zu betrachten.

➔ Wählen Sie im Systembaum den Eintrag 'Konfiguration' und weisen Sie mit '+' folgende Zeilen mit entsprechender Bezeichnung ein:

Bezeichnung	ANRM	SM3	SM1	VZR2-ABZR2	Output
1 1. Gang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2 2. Gang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 3. Gang	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4 Neutral	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

➔ Wählen Sie mittels Dropdown am unteren Ende des Fensters 'Konfiguration' den gewünschten Zustand mittels 'Aktives Element' zur spezifischen Betrachtung aus.

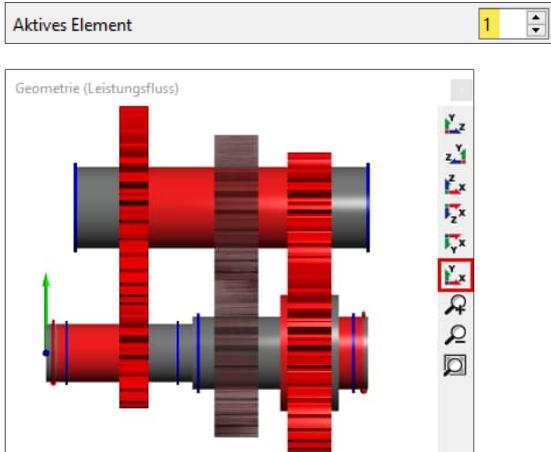


➔ Wie in [Kapitel 4.1](#) erwähnt sind die 2 Schaltprinzipien hieraus erkennbar.

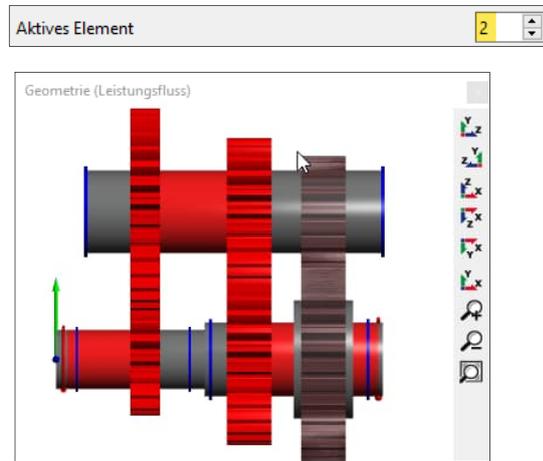
- 1. Gang Prinzip der Gangschaltung ist das Aktivieren der Schaltmuffe SM1
- 2. Gang Prinzip der Gangschaltung ist das Aktivieren des Verzahnungspaares VZR2-ABZR2

➔ Sehen Sie sich in der Folge über das Menü Grafiken, die spezifischen 3D-Geometrien für Leistungsflüsse in der XY-Ebene an.

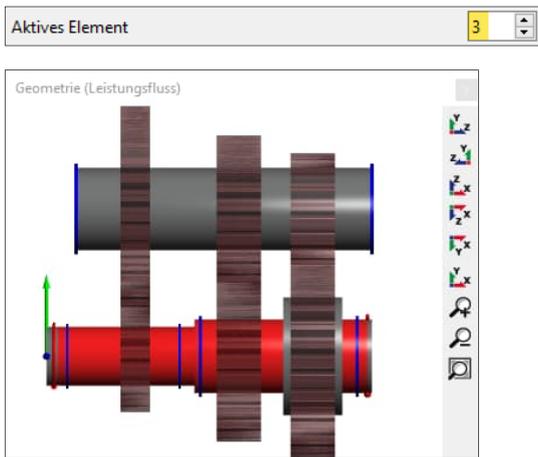
1. Gang



2. Gang



3. Gang (direkt)



Neutral

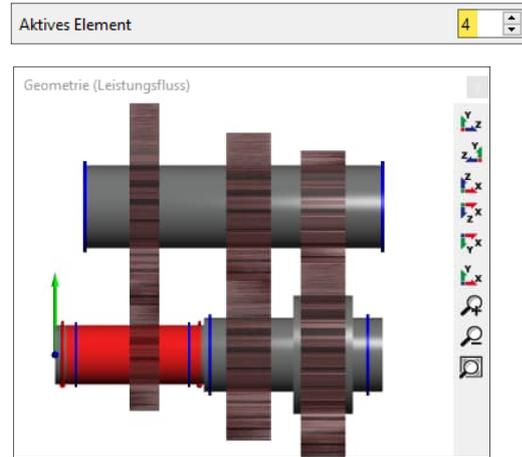


Bild 10

➔ Wenn die Option "Nur Torsionsfreiheitsgrad berücksichtigen" am unteren Rand des 'Konfiguration'-Fensters aktiv ist, wird durch das Löschen der Flags für die Randbedingungen nur der Torsionsfreiheitsgrad der spezifischen 'Allgemeinen Randbedingung' deaktiviert.

Nur Torsionsfreiheitsgrad berücksichtigen

Bild 11

Verschiebung in x-Richtung	
Typ	Fest Bleibt
Rotation um die x-Achse	
Typ	Fest Wird deaktiviert!

Als Beispiel
Allgemeine
Randbedin-
gung für SM1

4.3.3 Lastkollektiv

Besteht der Bedarf, nun die Zeitanteile für die verschiedenen Verweildauern in den Gängen (hier Zustände genannt) mit aufzunehmen und daraus Lebensdauerbetrachtungen anzustellen, kann wie üblich nach entsprechender Aktivierung unter System/Einstellungen dies aufgesetzt werden. Die Konfiguration erscheint nun über das Kontextmenü (Bild 12) und kann entsprechend dazu gewählt werden.

➔ Aktivieren Sie das Lastkollektiv und geben Sie die Elemente gemäss Bild 12 ein.

Lastkollektiv berücksichtigen

System Bild 12

Welle	Frequency	Configuration
Element		
1	0.25	1. Gang
2	0.35	2. Gang
3	0.4	3. Gang

Allgemein ▶

Antrieb ▶

Vorgelege ▶

Abtrieb ▶

1. Gang ▶

Alle anzeigen

Alle ausblenden

Comment

Frequency

TOil

THousing

βw

ax

ay

az

Configuration

5. Resultate

Es stehen Ihnen selbstverständlich die üblichen Resultate-Einsichten der MESYS Wellenberechnung oder [ME-SYS Stirnradberechnung](#), wie Resultateübersicht, Resultate Zahnradverbindungen, Resultate zu Wälzlager wie deren Zustände oder Lebensdauer, sowie alle verfügbaren Reports zur Verfügung.

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