

# **Tutorial Series**

# Wellensysteme – Starter 1-Stufen Planeten-Getriebe

# Inhaltsverzeichnis

1. VOI WOI t	Z
1.1 Ziel des Tutorials	2
1.2 Software Version	2
1.3 Hinweise	2
2. MESYS Wellensysteme	2
2.1 Allgemein	2
2.2 Beschreibung	3
3. Software Handbuch	
3.1 Online-Handbuch	
3.2 Handbuch als PDF	3
4. Projekt eines Wellensystems	4
4.1 Inhalt des Tutorials	4
4.2 Ausgangslage	4
4.2.1 Anforderungen	4
4.2.2 Definition Bauteile	4
4.3 Abbildung	6
4.3.1 Erstellen des Files	6
4.3.2 Gruppen	6
4.3.3 Komponenten	7
4.3.4 Verzahnungen	9
4.3.5 Stützen	11
4.3.6 Belastungen	14
4.3.7 Schmierstoff	15
5. Berechnung	15
5.1 Einstellungen	15
5.2 Berechnungsschritt	16
6 Resultate	16
6.1 Resultateübersicht	
6.2 Übersicht Zahnradverbindungen	16
6.2.1 Zahnradberechnung	
6.2.2 Resultate Zahnradverbindungen	17
6.3 Lastkollektive	17
6.4 Grafische Darstellung von Resultaten	17
6.4.1 Übersicht	17
6.4.2 Menü Grafiken	
6.4.3 Export	19

\_



# **1. Vorwort** 1.1 Ziel des Tutorials

Dieses Starter-Tutorial zu Wellenberechnungs-Extension <u>MESYS Wellensysteme</u> hat das Ziel, User mit den Funktionalitäten der Software bekanntzumachen und weitere Eindrücke über die Mächtigkeit der rechnerischen Betrachtung von Aspekten aus dem Einsatz von parallelen Wellen zu erhalten. Im Sinne einer Einschränkung, werden hier nur Themen und Einstellungen erwähnt oder behandelt, welche auch einer angenommenen Vertrautheit mit dem Produkt und den Übungsinhalten gerecht werden. Wenden Sie sich ungehindert an <u>MESYS</u>, sollten in der Verwendung der Software Fragen auftauchen.

## **1.2 Software Version**

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

### 1.3 Hinweise

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

# 2. MESYS Wellensysteme

### 2.1 Allgemein

Um sich ein Bild von den Möglichkeiten der MESYS Wellensysteme zu machen, laden wir Sie herzlich ein, die MESYS-Website an der spezifischen Adresse für <u>Wellensysteme</u> zu besuchen.



Bitte schauen Sie sich auch die entsprechenden Artikel für Wellen oder Verzahnungen unter <u>Home/Downloads</u> /Kategorien gemäss Bild 2 an:





# 2.2 Beschreibung



MESYS Wellensysteme ist eine Software-Erweiterung zu MESYS Wellenberechnung. Damit besteht die Möglichkeit, parallele und koaxiale Wellen in Gruppen darzustellen (Bild 4) und diesen weiter Beziehungen, Verbindungen, Bedingungen oder Belastungen zu vergeben. Es lassen sich daraus allgemein dynamische sowie statische Zustände eines Getriebe-Systems, oder spezifisch resultierende Lagerzustände analysieren.

Mit weiterführender Lizenz können auf entsprechende Normen (ISO 21771-1 / ISO 6336) gestützte Zahnradberechnungen ausgeführt werden (<u>Stirnradberechnung</u>).



Bild 4

# **3. Software Handbuch** 3.1 Online-Handbuch

Das Software Online-Handbuch ist über die Benutzeroberfläche abrufbar, indem das Menü "Hilfe" unter dem Punkt "Handbuch F1" angewählt wird (Bild 5).

Sie können das Online-Handbuch jederzeit lokal mit positionsspezifischen Inhalten direkt über Ihre Tastatur F1 öffnen oder über die <u>Website</u> finden.



## 3.2 Handbuch als PDF

Das Software-Handbuch finden Sie in den Hauptsprachen auch als PDF-Format im MESYS-Installationsverzeichnis (Bild 6).

		okaler Datenträger (Cr) > MESVS 12-2024		
Bilder	* ^	Name	Änderungsdatum	Typ
Beginner		MESYS-Manual.pdf	11.07.2024 09:00	PDF Document
Drafts Drafts Temp		MesysManual-DE.exe	14.07.2024 17:52	Anwendung
	1	MESYS-Manual-DE.pdf	13.07.2024 12:13	PDF Document
			MesysManual-JA.exe	14.07.2024 17:52
Dieser PC		MESYS-Manual-JA.pdf	13.07.2024 10:09	PDF Document
20 Ohielde		MesysManual-KO.exe	14.07.2024 17:52	Anwendung
J SD-Objekte		😼 MESYS-Manual-KO.pdf	13.07.2024 10:22	PDF Document
Bilder		MesysRBC64.exe	02.12.2024 11:41	Anwendung
Desktop		MesysReport64.dll	02.12.2024 11:33	Anwendungserv
Dokumente		MesysShaft64.exe	02.12.2024 11:46	Anwendung

Bild 6



# **4. Projekt eines Wellensystems** 4.1 Inhalt des Tutorials

Für die Automation von Pick & Place eines integralen Produktionssystems ist ein mit 4 kW Elektroantrieb bestücktes, 1-stufiges Planetengetriebe auszulegen. Für diese Aufgabenstellung soll mittels MESYS Wellensysteme eine rechnerische Bestätigung für die vorgesehene Konfiguration des Planetengetriebes gefunden werden.

# 4.2 Ausgangslage

### 4.2.1 Anforderungen

Folgende Anforderungen seien aufgrund der Schnittstellen zu Systemkomponenten zu berücksichtigen:

Eingangsdrehzahl:	2	2000 rpm
Motor Drehmoment:	ca.	30 Nm
Ausgangsdrehzahl Planetenträger:		400 rpm
Drehmomentabgabe:	ca.	150 Nm

## 4.2.2 Definition Bauteile

#### 4.2.2.1 Zähnezahlen

Für den Planetensatz sind die folgenden Zähnezahlen gegeben, die auch eine Montierbarkeit unter 120° gewährleisten:

Zähnezahlen	Sonnenrad	20
	Planeten	29
	Hohlrad	-79

Bei festgehaltenem Hohlrad und Abtrieb über Planetenträger:

$$i=1+rac{Z_R}{Z_S}$$

i: Übersetzungsverhältnis Z<sub>R</sub>: Zähnezahl Hohlrad Z<sub>S</sub>: Zähnezahl Sonnenrad netenträger: 4.95

Bild 8

Bei festgehaltenem Planetenträger und Abtrieb über das Hohlrad:

i	$i = \frac{Z_R}{Z_S}$	i = 79 / 20 = 3.95
---	-----------------------	--------------------

Bei festgehaltenem Sonnenrad und Abtrieb über den Planetenträger:

$$i = \frac{Z_R}{Z_R + Z_S}$$
 i = 79 / (79 + 20) = 0.797

Bei einer Eingangsdrehzahl von 2000 rpm ergibt dies bei festgehaltenem Hohlrad eine Ausgangsdrehzahl über den Planetenträger von 404,04 rpm. Damit sei die Anforderung aus 4.2.1 erfüllt.





#### 4.2.2.2 Geometrien und Positionen



Bild 9

Beachten Sie in der Folge die vereinfachten Geometrien der für die Berechnung zu berücksichtigenden Wellen.



Welle Sonnenrad



Geometrisch approximierter Planetenträger 116



Hohlwelle



Eine sich unter Umständen auf den Planetenträger auswirkende, höherwertige Realitätsnähe bietet die **MESYS** Wellenberechnungs-Extension <u>FEM-Integration</u> (Bild 12). Hierbei besteht die Möglichkeit des Imports von Wellen, Gehäusen oder Planetenträgern als STEP oder Nastran-Netz.



#### 4.2.2.3 Parameter

Tabelle 1

Welle	Element	Name	Position	Parameter
Sonnenrad	Axiale Lage	Х	0	
	Kupplung	Input	0.5	T = 30Nm
	Wälzlager	B1	29.5	Rillenkugellager 16002 generisch, radial unterstützt; Aussenring (OR)
				mit Planetenträger verbunden
	Stirnrad	VZ_SR	52.8	mn=1.25, α=20, b=16, z=20
	Support	Support	5	Axial und radial unterstützt
		Motor		
	Drehzahl			Aktiviert, 2000 rpm



Planetbol-	Axiale Lage	Х	0	
zen	Support Planetenbolzen	PL1	0	Planetenlagerung, alles fest; mit Planetenträger verbunden
	Support Planetenbolzen	PL2	40	Planetenlagerung, alles fest; mit Planetenträger verbunden
	Wälzlager	B2	20	Nadellager, 10x17x13 mm; Z=11, Dw=3.5, Dpw=13.5, Lwe=13; radial und axial unterstützt; OR mit Planet verbunden
Planetenträ- ger	Axiale Lage	х	17	
	Wälzlager	B3	8	Rillenkugellager 61818 generisch; Radial und axial nach links unter- stützt; OR mit Gehäuse verbunden
	Wälzlager	B4	63.5	Rillenkugellager 61818 generisch; Radial und axial nach rechts unter- stützt; OR mit Gehäuse verbunden
	Kupplung für Reaktions- moment	Output	110	Breite=5
Planet	Axiale Lage	Х	13.5	
	Stirnrad	VZ_PL	6.5	mn=1.25, α=20, b=13, z=29
Hohlrad	Axiale Lage	Х	44.8	
	Stirnrad	VZ_HR	8	mn=1.25, α=20, b=16, z=-79
	Support	Support	8	Alles fest
	Drehzahl			Aktiviert, 0 rpm

## 4.3 Abbildung

#### 4.3.1 Erstellen des Files

Das idealisierte Getriebe soll in der Folge unter vorgesehenen Konfiguration und mit den gewünschten Belastungen untersucht werden.

Starten Sie die MESYS Wellenberechnung oder öffnen Sie eine neue Datei über Symbol "Neu" oder das Menü "Datei" und wählen Sie 'Neu' (Bild 13).

m	20	TIIC
Engineering Co	Sulting Sc	

Datei Berechnung Protokoll Grafiken Extras Hilfe

-

Das Projekt für die Wellenberechnung kann unter 'System' mit einem Namen und einer Beschreibung versehen werden (Bild 14).



#### 4.3.2 Gruppen

Um parallele Wellen zu berechnen, bedarf es gesonderter Gruppen.

System & System Vellen Vellen Shaft		Bitte vergeben Sie über das Kontext-Menü 'Wellen' eine Gruppe und benennen Sie diese 'Hauptgruppe'.		System System System System System System Solution Soluti	
Bild 15	Bezeich Positi	nung Hauptgruppe	Rotation	•	Gruppe





#### 4.3.3 Komponenten



#### 4.3.3.2 Geometrien

An dieser Stelle sollten alle Geometrien übertragen werden.

Bild 19 Datei Berechnung Protokoll Grafiken Extras Hilfe 🗋 🗁 💾 🚳 📑 🖴 System Я System Bitte bilden Sie die Geo-R Hauptgruppe Ø metrie der Hauptgruppe Sonnenrad ø Planetenträger gemäss den Darstellun-Hohlrad \$ Planetengruppe Entnehmen Sie die Geomet-•0 •0 gen unter 4.2.2.2 nach. Planetbolzen Planet rien für Planetbolzen und Positionierung A > Zahnradverbindungen Planet aus den Bildern 20 / 0 21 unterhalb. -Planetengruppe Geometrie Belastung Randbedingungen Querschnitte Allgemein Plane zen Aussengeometrie Planet Positionierung 4 Länge [mm] urchmesser 1 [mn\_urchmesser 2 [mn Allgemein Geometrie Belastung Randbedingungen O Zahnradverbindungen 1 25 12 = Planetengruppe Durchmesser 1 [mm] Durchmesser 2 [mm] Länge [mm] Planetbolzen 合 Bild 20 1 40 10 Planet 1 itionierung Allgemein Geometrie Belastung Randbedingungen Querschnitte Einstellungen nradverbindungen L=13mm Innengeometrie Aussengeometrie ÷ Länge [mm] Durchmesser 1 [mm] Durchmesser 2 [mm] Länge [mm] urchmesser 1 [mn\_urchmesser 2 [mn Bild 21 1 13 34 1 13 17





Alternativ können die Wellen-Geometrien via Import im Step-Format erstellt werden. Gerne verweisen wir hierzu auf weiterführende Informationen aus dem Handbuch.



#### 4.3.3.3 Positionen im Raum

Lassen Sie uns an dieser Stelle, die grundsätzlichen axialen Positionen eingeben, um eine Basis für die nachträglichen <u>Positionierungen</u> der Wellen in Funktion der Verzahnungen zu ermöglichen.

System 5 System Wellen Hauptgruppe Sonnenrad	Verlegen Sie die x-Position des Planetenträgers gemäss Angaben	6					
Planetenträger       In rabeile i auf x = 17 min, dannt dieser mit Bezug auf die ge-         Hohlrad       planetengruppe         Planeteolsen       planeteolsen         Planet       z							
Zahnradverbindungen	Ilgemein Geometrie Belastung Randbedingungen Querschnitte Einstellungen						
	Allgemein Festigkeit						
	Bezeichnung Planetenträger Lastfaktor (statisch) KA_s 1	٩					
	Werkstoff Steel V 🔶 Lastfaktor (Ermüdung) KA_f 1	[					
Bild 24	Position x 17 mm Überlastfall Konstantes Spannungsverhältnis	; ~					



System & System Vellen Hauptgruppe Sonnenrad Planetenträger Hohlrad Planetengruppe Planetbolzen Planet		Verleger in <u>Tabel</u> geplante ten kanr	n Sie die x-Positi l <u>e 1</u> auf x = 13.5 e Lage der Verza n.	on des Pl mm, dam hnungen	anetenr iit diese: Sonnen	ades gemäss Angaben s mit Bezug auf die rad & Hohlrad fluch-	y g
Positionierung Zahnradverbindungen	Allgemein	Geometrie	Belastung Randbedingunger	Querschnitte	Einstellungen		
	Allgemei	n				Festigkeit	
	Bezeichn	ung Planet				Lastfaktor (statisch)	KA_s
	Werkstof	Steel			~ 🔶	Lastfaktor (Ermüdung)	KA_f
Bild 25	Position			x 13.5	mm	Überlastfall	Konstantes Spannungsverhältnis 🗸

Das Hohlrad soll erst während der <u>Verzahnungs-Positionierung</u> in die richtige axiale Lage gebracht werden. Belassen Sie es vorerst an seiner aktuellen Position.

#### 4.3.3.4 Koordinaten

System & System Vellen Sonnenrad Planetenträger Hohlrad Planetengruppe Planetbolzen Planet		Die Lage der Grupper unter Wahl im Systen ter Gruppe ganz rech	n im Raum kör nbaum und da ts eingesehen	nnen jederzeit ann über den Rei- werden.		2D 3D ද Q 0
Positionierung Zahnradverbindungen	Bezeichnung Hauptgru	uppe				Grup
	Position			Rotation		ope
	X-Position		x 0 mm	Drehwinkel	φ 0 *	We
	Y-Position		y 0 mm	Drehachse	nx 0	llen
	Z-Position		z 0 mm	Drehachse	ry 0	5
Bild 26				Drehachse	rz 0	lger

#### 4.3.4 Verzahnungen

4.3.4.1 Eingabe

System 🗗	Г		1					Q						
✓ System ✓ Wellen		Markieren Sie im 'System'-	¶ <sup>y</sup> 9 <sup>↓</sup>					2						
✓ Hauptgruppe		Baum 'Sonnenrad' weisen Sie												
Sonnenrad Planetenträger		baum Sonnennad, weisen Sie				in Duanda		0						
Hohlrad		unter dem Reiter 'Belastung'			wanien Sie	im Dropad	own	a						
<ul> <li>Planetengruppe</li> <li>Planetbolzen</li> </ul>		mit ' 🖶 ' ein Element zu. 🧳			rechts den	Typ 'Stirnra	ad' aus.	8						
Planet		_						<b>^</b> *						
Positionierung Zahnradverbindungen	Allgem	ein Geometrie Belastung Randbedingungen Querschnitte	Einstellungen											
	Stirnra	d x=52.8mm, 'VZ_SR'	Stimrad V											
	l r		-	Bezeichnung	17 SR									
		Belegen Sie nun alle betroffe-	88	Position		× 52.8	mm 🍐							
		nen Wellen mit den Verzah-		Preite		X SEIO	b 16							
		nungsdaten gemäss Tabelle 1		Drehmoment			TO	Nm						
				Richtung des D	rehmomenter	Figene Fingshe								
		und vergeben Sie jeweils eine		Winkel zum Kor	ntakt	Ligene Enigabe	7 0							
		Bezeichnung.		Zähnezahl	nume.		7 20	=						
				Normalmodul			mn 125							
				Profilverschieh	ungsfaktor		x 0	=						
		Belassen Sie die restlichen		Normaleingriffs	swinkel		a. 20	-						
		Felder unberührt.		Schrägungswin	kel		B D	-						
				Schrägungsrich	itung	Geradverzahnt	Fn							
				Zähnezahl des (	Gegenrades		z2 0							
				Achsabstand			a 0							
Bild 27					Definition	n des Radkörpers								



Hohlrad					Planet			Bi	ild 28
Stirnrad				~	Stirnrad				×
Bezeichnung VZ_HR					Bezeichnung VZ_PL				
Position	x 8		mm 🤙		Position	x 6.5		mm 🤙	=>
Breite		b	16	mm	Breite		b	13	mm
Drehmoment		т	0	Nm	Drehmoment		т	0	Nm
Richtung des Drehmomentes	Eigene Eingabe			~	Richtung des Drehmomentes	Eigene Eingabe			~
Winkel zum Kontakt		ζ	0	•	Winkel zum Kontakt		ζ	0	-
Zähnezahl		z	-79		Zähnezahl		z	29	
Normalmodul		mn	1.25	mm	Normalmodul		mn	1.25	mm
Profilverschiebungsfaktor		x	0	]	Profilverschiebungsfaktor		x	0	]
Normaleingriffswinkel		α	20	]•	Normaleingriffswinkel		α,	20	-

Geben Sie für Innenverzahnungen jeweils negative Zähnezahlen ein.

#### 4.3.4.2 Zahnradverbindungen

Die Verzahnungen müssen in einem nächsten Schritt einander zugeordnet werden. Unter dem System-Baum kann das Fenster 'Zahnradverbindungen' eingesehen werden (Bild 29).



Die Wellen und Zahnräder, die in Kontakt stehen, können Sie hier definieren. Gleichzeitig werden die Grunddaten des Zahnradpaars angezeigt. Zusätzlich zu den Eingaben an der einzelnen Welle, lassen sich die Zahnraddaten nach Berechnungsschritt in diesem Fenster auch gemeinsam modifizieren und bezüglich Sicherheit bewerten (Bild 29).

Verbinden Sie die beiden Verzahnungs-Paare wie in Bild 30 dargestellt und wählen Sie dafür geeignete Farben.

SystemVZ_SNZ_PL-VZ_SNZ_PL-V KellenVZ_SNZ_PL-VZ_PL-VZ_HR-VZ_PL-VZ_HR-VZ_PL-VZ_HR-VZ_PL-VZ_HR-VZ_PL-VZ_HR-PlanetenträgFilmetenträgTI [Mm] T2 [Nm] SFI SF2SKKepelräderTI [Mm] T2 [Nm] SFI SF2SKSchneckenTI [Mm] T2 [Nm] SFI SF2SKPanetengruppePlanetenträgTI [Mm] T2 [Nm] T2 [Nm] SFI SF2SKPlanetengruppePlanetSchneckenTI [Mm] T2 [Nm] SFI SF2SKPositionierungZahrradVZ_SRVZ_PLNmmZahrradVZ_SRVZ_PLNmmRemenverbindungen SminFmin [N]Position52.86.5mmZahrradVZ_PLPosition52.86.5mmZahrradVZ_PLPosition52.86.5mmZahrradVZ_PLPosition52.86.5mmZahrradVZ_PLPosition52.86.5mmZahrradVZ_PLVerlenIb1613mmProfilverschiebungsfaktor00Schrägungsvinkel6Schrägungsvinkelβ0*Schrägungsvinkelβ0*SchrägungsrichtungGeradverzahnt Geradverzahnt Zahneingriffsterifigkeitc, 20N/mm/µmWerdrehflankenspielj, 0.1mmZahneingriffsterifigkeitc, 20N/mm/µmWerdrehflankenspielj, 0.1<	ystem 🗗	V Stirnräder	T1 [Nm] T2 [N	lm1	SE1	SE2	SH1	SI	✓ Stirnräder	T1 [Nm]	T2 [Nm]	SF	1 SF2	SH1
✓ Wellen       VZ_PL-VZ_HR       ✓         ✓ Hauptgruppe Sonnerrad       Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1         ✓ Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1       SF2       SF1         ✓ Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1       SF2       SF1         ✓ Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1       SF2       SF1         ✓ Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1       SF2       SF1         ✓ Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1       SF2       SF1         ✓ Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1       SF2       SF1         ✓ Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1       SF2       SF1         Planetenstufen       TI [Nm]       TZ [Nm]       SF1       SF2       SF1       SF2       SF1         Ø       Faste       Faste       Faste       Faste       SF1       SF2       SF1         Ø       SF1 <td>System</td> <td>VZ SR-VZ PL</td> <td></td> <td></td> <td>511</td> <td>JIL</td> <td>2111</td> <td>"  </td> <td>VZ_SR-VZ_PL</td> <td>-</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> <td></td>	System	VZ SR-VZ PL			511	JIL	2111	"	VZ_SR-VZ_PL	-	-			
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	✓ Wellen	VZ_PL-VZ_HR							VZ_PL-VZ_HR	-	-			
Sonnerrad Planettartäger Hohlrad * Planetengruppe 	✓ Hauptgruppe	Planetenstufen	T1 [Nm] T2 [N	Im] T3	[Nm]	SF1	SF2	S	Planetenstufen	T1 [Nm]	T2 [Nm]	T3 [Nm	] SF1	SF2
Planetenträger Hohlrad       Schnecken       TI [Nm] T2 [Nm] Kupplungen       SF       SH       SW         V Planetengruppe Planetbolen Planet       Riemenverbindungen       Smin       Farbe       Kupplungen       TI [Nm] T2 [Nm] Riemenverbindungen       SF       SH       SK         Zahnradverbindungen       Farbe       Farbe       Farbe       Welle       Sonnenrad       Planet       VZ_PL       Schnesken       TI [Nm] T2 [Nm]       Riemenverbindungen       Schnesken       Schnesken       Schnesken       Schnesken       Schneske	Sonnenrad	Kegelräder	T1 [Nm] T2 [N	lm]	SF1	SF2	SH1	SF	Kegelräder	T1 [Nm]	T2 [Nm]	SF	1 SF2	SH1
Hohlrad       Kupplungen       TI [Nm]       T2 [Nm]       Riemenverbindungen       Smin       Fmin       Fmin       No         Postionierung       Zahnrad       VZ_SR       VZ_PL       Welle       Binet       Hohlrad       Zahnrad       VZ_PL       Welle       Binet       Hohlrad       Zahnrad       VZ_PL       Welle       Binet       Hohlrad       Zahnrad       VZ_PL       VZ	Planetenträger	Schnecken	T1 [Nm] T2 [N	lm]	SF	SH	SW		Schnecken	T1 [Nm]	T2 [Nm]	S	F SH	SW
V Planetergruppe       Riemenverbindungen Smin Fmin [N]       Riemenverbindungen Smin Fmin [N]         Planete       Positionierung       Zahnradverbindungen       Farbe       Farbe         Velle       Sonnenrad V Planet       VZ_SR       VZ_PL       Velle         Position       52.8       6.5       mm         Zahnrad       VZ_SR       VZ_PL       Velle       Position         Zahnrad       VZ_SR       VZ_PL       Velle       Position       5.5       8         Zahnrad       VZ_SR       VZ_PL       VZ_PL       VZ_HR       VZ_HR       VZ_PL       VZ_HR       VZ_PL       VZ_HR       Position       6.5       8       0       0       16       13       mm       Position       6.5       8       0       0       16       13       mm       Position       6.5       8       0       0       0       10       16       13       16       10       10       16       0       10       16       13       16       10	Hohlrad	Kupplungen	T1 [Nm] T2 [N	lm]					Kupplungen	T1 [Nm]	T2 [Nm]			
Planet       Farbe       <	<ul> <li>Planetengruppe</li> </ul>	Riemenverbindungen	Smin Fmin	[N]					Riemenverbindungen	Smin	Fmin [N]			
Planet       Farbe       Farbe         Velle       Sonnenrad       Planet       Farbe         Welle       Sonnenrad       Planet       Hohlrad         Zahnradverbindungen       Zahnrad       VZ SR       VZ PL         Position       52.8       6.5       mm         Zähnezahl       20       29       Position       6.5       8         Zähnezahl       20       29       Position       6.5       8       7         Breite       16       13       mm       Position       6.5       8       7         Normalmodul       mn       125       mm       Normalmodul       mn       125       mm         Normaleingriffswinkel       α.       20       •       Schrägungswinkel       β       0       •         Schrägungswinkel       β       0       •       Schrägungswinkel       β       0       •         Schrägungswinkel       β       0       •       Schrägungswinkel       β       0       •         Schrägungsrichtung       Geradverzahnt       Geradverzahnt       Geradverzahnt       Geradverzahnt       Geradverzahnt       Geradverzahnt       Verdrehflankenspiel       j,       0.1	Planetbolzen													
Positionierung       Farbe       Farbe       Farbe         Zahnradverbindungen $Farbe$ $Farbe$ $Farbe$ $Farbe$ $Farbe$ Welle       Sonnenrad $Planet$ $Planet$ $Hohlrad$ $VZ$ Position       52.8       6.5       mm $Zahnrad$ $VZ_PL$ <	Planet													
ZahmradverbindungenFarbeVelleSonnenradPlanetFarbeZahnrad $VZ_SR$ $VZ_PL$ Zahnrad $VZ_PL$ $VZ_PL$ Position $52.8$ $6.5$ mm $2ahnrad$ $VZ_PL$ $VZ_PL$ $VZ_PL$ Position $52.8$ $6.5$ mm $2ahnrad$ $VZ_PL$ $VZ_PL$ $VZ_PL$ $VZ_PL$ Position $52.8$ $6.5$ mm $2ahnrad$ $VZ_PL$ $VZ_PL$ $VZ_PL$ $VZ_PL$ Position $5.5$ $8$ $2ahnrad$ $29$ $-79$ $8ereite$ $16$ $13$ $16$ Breite $16$ $13$ mm $Porfilverschiebungsfaktor00000Normalendulmn1.25mmNormaleingriffswinkel\alpha_a20\cdotSchrägungsvinkel\beta0\cdotSchrägungsvinkel\beta0\cdotSchrägungsvinkel\beta0\cdotSchrägungsvinkel\beta0\cdotAchsabstanda31.25mmVerdrehflankenspielj_k0.1mmZahneingriffssteifigkeitc_r20N/mm/µmVirkungsgradn100%BerechnungMESYS$MESYS$MESYS$MESYS$MESYS$MESYS$VZPL$	Positionierung													
VarbeVarbeVarbeWelleSonnenradPlanetVarbePlanetVarbeZahnrad $VZ_SR$ $VZ_PL$ $VZ_hrrad$ $VZ_PL$ $VZ_hR$ $VZ_hR$ Position52.86.5mm $Zahnrad$ $VZ_PL$ $VZ_hR$ $VZ_hR$ Position52.86.5mm $Zahnrad$ $Z_2P_L$ $VZ_hR$ $VZ_hR$ Breite1613mm $Breite$ 1316 $I$ Profilverschiebungsfaktor00 $I$ $I$ $I$ $I$ Normalmodulmn1.25mm $Normaleingriffswinkel$ $a_a$ $20$ $^{\circ}$ Schrägungsvinkel $\beta$ 0 $^{\circ}$ $Schrägungswinkel$ $\beta$ $0$ $^{\circ}$ Achsabstanda $31.25$ mm $Verdrehflankenspiel$ $j_k$ $0.1$ $mm$ Zahneingriffssteifigkeit $c_r$ $20$ $N/rmn/\mum$ $X$ $Zahneingriffskeitic_r20N/rmn/\mumWirkungsgrad\eta100%SerchnungMESYSWirkungsgrad\eta100%$	Zahnradverbindungen			Ĩ	-		1 <sup>°</sup>				Fasha		Cashar	- C
Welle       Sonnenrad       Planet       Welle       Planet       Hohlrad         Zahnrad       VZ,SR       VZ,PL       Zahnrad       VZ,PL       VZ,PL <td></td> <td></td> <td>Farbe</td> <td></td> <td>Fa</td> <td>irbe</td> <td></td> <td></td> <td>142.445</td> <td></td> <td>rarbe</td> <td></td> <td>Farbe</td> <td></td>			Farbe		Fa	irbe			142.445		rarbe		Farbe	
Zahnrad       VZ_SR       VZ_PL       Zahnrad       VZ_PL       VZ_HR         Position       52.8       6.5       mm       Position       6.5       8       79         Zahnezahl       20       29       Zahnezahl       29       -79       79         Breite       16       13       mm       Breite       13       16       13       79         Normalmodul       mn       1.25       mm       Position       6.5       8       79         Normaleingriffswinkel       α,       20       *       79       79       79         Normaleingriffswinkel       α,       20       *       79       79       79       79         Normaleingriffswinkel       α,       20       *       79       75 </td <td></td> <td>Welle</td> <td>Sonnenrad</td> <td>~</td> <td>Planet</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>Welle</td> <td>Plane</td> <td></td> <td>~ Ho</td> <td>hirad N</td> <td>2</td>		Welle	Sonnenrad	~	Planet		1		Welle	Plane		~ Ho	hirad N	2
Position         52.8         6.5         mm         Position         6.5         8           Zahnezahl         20         29         Zahnezahl         29         -79           Breite         16         13         mm         Breite         13         16         -79           Normalmodul         mn         1.25         mm         Breite         13         16         0           Normalmodul         mn         1.25         mm         Normaleingriffswinkel         α,         20         •           Schrägungswinkel         β         0         •         Schrägungswinkel         β         0         •           Schrägungsrichtung         Geradverzaht v         Geradverzaht v         Geradverzaht v         Schrägungswinkel         β         0         •           Achsabstand         a         31.25         mm         Achsabstand         a         31.25         mm           Verdrehflankenspiel         j,         0.1         mm         Zahneingriffsteifigkeit         c,         20         N/mm/µm           Wirkungsgrad         n         100         %         Berechnung         MESYS         Wirkungsgrad         n         100         %		Zahnrad	VZ_SR	~~	VZ_PL	~			Zahnrad	VZ_PL		~ VZ_	HR v	
Zāhnezahl       20       29       -79         Breite       16       13       mm         Profilverschiebungsfaktor       0       0       0         Normalmodul       mn       1.25       mm         Normaleingriffswinkel       α <sub>a</sub> 20       *         Schrägungswinkel       β       0       *         Schrägungswinkel       β       0       *         Schrägungswinkel       β       0       *         Achsabstand       a       31.25       mm         Verdrehflankenspiel       j,       0.1       mm         Zahneingriffssteifigkeit       cr,       20       N/mm/µm         Wirkungsgrad       n       100       %         Berechnung       MESYS       ©       Verdrehlankenspiel		Position	52.8		6.5		mm		Position	6.5		8		mm
Breite       16       13       mm       Breite       13       16       13       mm         Profilverschiebungsfaktor       0       0       125       mm       Profilverschiebungsfaktor       0		Zähnezahl	20		29				Zähnezahl	29		-79		
Profilverschiebungsfaktor       0		Breite	16		13		mm		Breite	13		16		mm
Normalmodul     mn     1.25     mm     Normalmodul     mn     1.25     mm       Normaleingriffswinkel     α_n     20     •     Normaleingriffswinkel     α_n     20     •       Schrägungswinkel     β     0     •     Schrägungswinkel     β     0     •       Schrägungsrichtung     Geradverzahnt v     Geradverzahnt v     Geradverzahnt v     Schrägungsrichtung     Geradverzahnt v     Geradverzahnt v       Verdrehflankenspiel     j.     0.1     mm     Verdrehflankenspiel     j.     0.1     mm       Zahneingriffssteifigkeit     c.,     20     N/mm/µm     Zahneingriffssteifigkeit     c.,     20     N/mm/µm       Wirkungsgrad     n     100     %     Berechnung     MESYS     Perchnung     MESYS     MESYS     MESYS		Profilverschiebungsfakto	r 0		0				Profilverschiebungsfakto	or 0		0		
Normaleingriffswinkel     α, 20     ·     Normaleingriffswinkel     α, 20     ·       Schrägungswinkel     β     0     ·     Schrägungswinkel     β     0     ·       Schrägungsrichtung     Geradverzahnt v     Geradverzahnt v     Schrägungsrichtung     Geradverzahnt v     Schrägungsrichtung     Geradverzahnt v     Geradverzahnt v       Achsabstand     a     31.25     mm     Achsabstand     a     31.25     mm       Verdrehflankenspiel     j.     0.1     mm     Verdrehflankenspiel     j.     0.1     mm       Zahneingriffssteifigkeit     c.,     20     N/mm/µm     Zahneingriffssteifigkeit     c.,     20     N/mm/µm       Wirkungsgrad     n     100     %     Berechnung     MESYS     Ø     Berechnung     MESYS		Normalmodul	mn	1.25	r	nm			Normalmodul		mn 1.	25	mm	
Schrägungswinkel     β     0     •       Schrägungswinkel     β     0     •       Schrägungsrichtung     Geradverzahnt v     Geradverzahnt v       Achsabstand     a     31.25       Merdrehflankenspiel     j.     0.1       Zahneingriffssteifigkeit     c,     20       Wirkungsgrad     n     100       Berechnung     MESYS     Gerachung		Normaleingriffswinkel	α"	20		is.			Normaleingriffswinkel		α <sub>n</sub> 20	)	•	
Schrägungsrichtung     Geradverzahnt v     Geradverzahnt v     Geradverzahnt v       Achsabstand     a     31.25     mm     Achsabstand     a     31.25       Verdrehflankenspiel     jt     0.1     mm     Verdrehflankenspiel     jt     0.1       Zahneingriffsstefigkeit     c,     20     N/mm/µm     Zahneingriffsstefigkeit     c,     20     N/mm/µm       Wirkungsgrad     n     100     %     Berechnung     MESYS     Geradverzahnt v     MESYS		Schrägungswinkel	β	0	•	i.			Schrägungswinkel		βΟ		•	
Achsabstand     a     31.25     mm     Achsabstand     a     31.25     mm       Verdrehflankenspiel     jk     0.1     mm     Verdrehflankenspiel     jk     0.1     mm       Zahneingriffssteifigkeit     c,     20     N/mm/µm     Zahneingriffssteifigkeit     c,     20     N/mm/µm       Wirkungsgrad     n     100     %     Berechnung     MESYS     MESYS     MESYS		Schrägungsrichtung	Geradverzah	nt v	Geradve	rzahnt 🚿	-		Schrägungsrichtung	Gerad	verzahnt	~ Ger	adverzahnt 🚿	-
Verdrehflankenspiel     j.     0.1     mm       Zahneingriffssteifigkeit     c.,     20     N/mm/µm     Zahneingriffssteifigkeit     c.,       Wirkungsgrad     n     100     %     Wirkungsgrad     n     100       Berechnung     MESYS     Image: Comparison of the second of the se		Achsabstand	a	31.25	r	nm			Achsabstand		a 31	.25	mm	
Zahneingriffssteifigkeit     c <sub>v</sub> 20     N/mm/µm     Zahneingriffssteifigkeit     c <sub>v</sub> 20     N/mm/µm       Wirkungsgrad     n     100     %     Wirkungsgrad     n     100     %       Berechnung     MESYS     Image: Construction of the second of the s		Verdrehflankenspiel	j.	0.1	r	nm			Verdrehflankenspiel		j <sub>t</sub> 0.	1	mm	
Wirkungsgrad     n     100     %     Wirkungsgrad     n     100     %       Berechnung     MESYS     Image: Comparison of the second s		Zahneingriffssteifigkeit	cy	20	1	V/mm/µ	m 🚖		Zahneingriffssteifigkeit		c <sub>γ</sub> 20	)	N/mm/µ	n 🚖
Berechnung MESYS V 🔂 Berechnung MESYS V		Wirkungsgrad	η	100	9	%			Wirkungsgrad		η 10	00	%	
120		Berechnung	MESYS				- 4-		Berechnung	MESY	s			•
	d 30													-

Besteht Bedarf, mit der Lizenz für <u>Stirnrad-</u> <u>berechnung</u> zu arbeiten, kann die Verzahnungsberechnung gemäss Bild 30 über 'Berechnung' aktiviert und über die einschlägigen Ein- und Ausgaben bewertet werden.

Gerne möchten wir auf weiterführende Schriften oder das Handbuch unter <u>Zahn-</u> <u>radverbindungen</u> verweisen.

MESYS AG





Lassen Sie die restlichen verzahnungsspezifischen Parameter und Berechnungsmodi für den betrachteten Umfang dieses Tutorials unverändert.

#### 4.3.4.3 Positionierung

Die Gruppen oder Wellen sollten nun in Funktion der Zahnradverbindungen noch relativ zueinander ausgerichtet werden. Ein auch im Detail rein axiales Positionieren der Wellen, wie in Kapitel 4.3.3.3 reicht noch nicht. Im folgenden Prozess bringen wir alle Verzahnungen durch eine rechnerische Beziehung zueinander. Unter dem System-Baum kann das Fenster 'Positionierung' aktiviert werden (Bild 31). Die Positionierungen können mit verschiedenen Kriterien vorgenommen werden, wie etwa aufgrund von Zahnräder oder Gruppen zueinander.

System     Ø       System     Vellen       Hauptgruppe     Sonnenrad       Planetenträger     Hohlrad       Planetengruppe     Planetolzen       Planet     Positionierung       Zahnradverbindungen     VZ_SR-VZ_PL	Gruppe 'Planetengruppe' ac Welle 'Hohirad' aufgrund Zi	ngrund Zahnradpaar 'VZ_SR-VZ_PL' ahnradpaar 'VZ_PL-VZ_HR' Öffnen Sie das Fensto und aktivieren Sie üb den untenstehenden	er für 'Positionier ber den Schaltkno ı Kriterien.	ung' über den System-Baum pf ' ♣ ' 2 Positionierungen mit	
Gruppe aufgrund Zahnradpaar Gruppe Stirnradpaar	Planeteng VZ_SR-VZ	v jruppe v _PL v	Welle aufgrund Zahnradpaar Welle Stirnradpaar	Hohirad VZ_PL-VZ_HR	~



Belassen Sie hierbei den Versatz in x-Richtung dx und den Winkel φ bei 0.

Dadurch wurden nun Gruppe und Welle aufeinander ausgerichtet, was auch im rechten Fenster des Dialoges 'Zahnradverbindungen', 'Positionierung' und auch unter Fenster für 'Wellen' über den System-Baum aufgerufen und eingesehen werden kann (Bild 32).

'Gruppe' ganz rechts, eingesehen werden.

Die Koordinaten der Gruppen, bzw. Wellen können wie bereits erwähnt, auch numerisch über Wahl System-Baum und dann Reiter



Bild 31

Bild 32

### 4.3.5 Stützen

#### 4.3.5.1 Wälzlager

Im Rahmen der Auslegung sei neben der Motorlagerung noch ein zusätzliches Wälzlager auf die Sonnenradwelle zu legen.





Von hier aus kann das Wälzlagermodul für eine spezifische Lagerauswahl über die ' 🕂 ' - Schaltfläche unten rechts, mittels Fenster, oder im System-Baum direkt über die nun hier stehende, stellvertretende Bezeichnung 'B1' erreicht werden (Bild 34).



Aufgrund der radialen Platzverhältnisse, der Belastung und der anvisierten Lebensdauer, soll an den Planeten eine kundenspezifische Nadelhülse für B2 zum Einsatz kommen.



Wählen Sie hier 'Eingabe der Innengeometrie' (Bild 36) und übertragen Sie die Werte gemäss <u>Tabelle</u> 1.

Die Tragzahlen werden beim ersten Berechnungsschritt automatisch nach ISO 281 berechnet. MESYS AG Shaft Systems Starter – 1-Stufen Planeten-Getriebe





Setzen Sie nun die Wälzlager gemäss Parametern aus <u>Tabelle 1</u> auch für den Planetenträger (B3 / B4) auf (Bild 37).

Lassen Sie im Rahmen dieses Tutorials die Lagereinstellung wie 'Lagerspiel' oder im Zusammenhang stehende Passungen unberührt. Gerne verweisen wir auf das <u>Starter Tutorial Basics</u> für Wälzlagerberechnung.

Lagerspiel	Eigene Eingabe als Betriebsspiel $  imes $
Diametrales Lagerspiel	Pd 0 mm 😑

#### 4.3.5.2 Randbedingungen



Vergeben Sie für dieses Lager die entsprechenden Parameter aus Tabelle 1.

Vergeben Sie dem <u>Hohlrad</u> ein 'Lager' mit den entsprechenden Parameter aus <u>Tabelle 1</u>.

Da unser Getriebe auch ein Eingangsdrehmoment erhalten wird, sollte eine Aufnahme der <u>Summe aller Dreh-</u> momente definiert werden. Das Element 'Kupplung für Reaktionsmoment' liefert hier diese Definition (Bild 39).



Bitte beachten Sie, dass die Breite der Darstellung einer Kupplung, sowie etwa die Aktivierung von Eigenfrequenzberechnung für das Reaktionsmoment für diese Berechnung keine Relevanz aufweisen.



System & System Vellen Hauptgruppe Sonnenrad Planetenträger Hohlrad Planetbolzen Planet Planet	Markieren Sie im System-Baum ' <u>Planetbolzen</u> ', weisen Sie unter dem Reiter 'Randbedingungen' rechts mit ' + ' ein Element zu und wählen Sie im Dropdown rechts den Typ 'Planetenlagerung' aus.
✓ Wälzlager B1 " B2 B3 " B4 " Positionierung	Allgemein     Geometrie     Belastung     Randbedingungen     Querschnitte     Einstellungen       Planetenlagerung x=0mm, 'PL1'     Planetenlagerung     Planetenlagerung     Planetenlagerung       Planetenlagerung x=40mm, 'PL2'     Bezeichnung PL1     Bezeichnung PL1
<ul> <li>Zahnradverbindungen VZ_SR-VZ_PL VZ_PL-VZ_HR</li> <li>Bild 40</li> </ul>	Position       x       0       mm       mm

Zu guter Letzt, soll auch die bei der Nadelbüchse fehlende axiale Abstützung der Planeten ergänzt werden. Solche durch etwa Anschlagdeckel, oder Bundringe realisierten Abstützungen können hier wie in Bild 41 gezeigt, abgebildet werden.



#### 4.3.6 Belastungen

#### 4.3.6.1 Drehzahlen

System & System Vellen Hauptgruppe Sonnenrad Planetenträger Hohlrad Planetengruppe Planetbolzen Planet		Markiere unter der zahl und §	n Sie im Sys n Reiter 'Al geben Sie d	stem-Ba Igemeir Ien Wer	ium ' <u>Son</u> 1' rechts t gemäs	<u>nenrad</u> ', aktivieren Si das Kästchen für Dreł s <u>Tabelle 1</u> ein.	e n-
✓ Wälzlager B1 'Generic 16002' B2 B2 (Generic 61010)	Allgemein Geo	metrie Belastung	Randbedingungen	Querschnitte	Einstellungen	Festigkeit	
B4 'Generic 61818'	Bezeichnung So	nnenrad				Lastfaktor (statisch)	KA_s 1
Positionierung Zahnradverbindungen	Werkstoff	Steel			~ 🕂	Lastfaktor (Ermüdung)	KA_f
VZ_SR-VZ_PL	Position			x 0	mm	Überlastfall	Konstantes Spannungsverhältnis 🗸 🗸
VZ_PL-VZ_HR	Drehzahl			n 2000	rpm 🗹	Durchmesser bei Wärmebehandlung	d <sub>eff</sub> 0 mm 🗆
Bild 42	Temperatur			T 20	°C	Anzahl Lastwechsel	N 1 106

Bitte aktivieren Sie für das Hohlrad die Drehzahl und vergeben Sie dort 0 rpm.

#### 4.3.6.2 Drehmoment

Das Eingangsdrehmoment für das Planeten- Getriebe sei wie in den <u>Anforderungen</u> definiert 30 Nm.



Die 'Richtung des Drehmomentes' kann entweder durch sein Vorzeichen oder durch die Auswahl "Welle wird angetrieben" / "Welle treibt an" definiert werden.

System Ø System Vellen Hauptgruppe Sonnenrad Planetengruppe Planetengruppe Planetbolzen Planet	Markieren Sie im System-Baum 'Sonnenrad', weisen Sie unter dem Reiter 'Belastung' rechts mit ' 💠 ' ein Element zu und wählen Sie im Dropdown rechts den Typ 'Kupplung' aus.	
<ul> <li>Wälzlager</li> <li>B1 'Generic 16002'</li> <li>B2 Nadelhülse</li> <li>B3 'Generic 61818'</li> <li>B4 'Generic 61818'</li> <li>Positionierung</li> <li>Zahnradverbindungen</li> </ul> Bild 43	Allgemein Geometrie Belastung Randbedingungen Querschnitte Einstellungen Kupplung x=5mm, 'Input' Stimrad x=52.8mm, 'VZ_SR' Belassen Sie die 'Richtung des Dreh- momentes' auf 'Eigene Eingabe'. Richtung des Drehmoment Richtung des Drehmoment	5 mm (=) 5 mm (=) 5 mm 7 30 Nm gabe ~

#### 4.3.7 Schmierstoff

Bitte weisen Sie den Schmierstoff gemäss Bild 44 zu.

System System V Wellen V Hauptgruppe			5			Wellenberechnung			Bild 44
Sonnenrad	Projektname	1-Stufen Planet	engetriebe						
Hohlrad	Beschreibung	Starter Tutorial	Wellensysteme						
<ul> <li>Planetengruppe</li> <li>Planetbolzen</li> </ul>	Einstellungen	Schmierung	Einstellungen für Darstellung						
Planet Välzlager	ISO VG 68 min	eral oil			~	Ölschmierung ohne Filterung ISO4406 -/17/14			~ 🕂
B1 'Generic 16002'	ŌI					Temperatur	-	TOil 70	°C
B2 Nadelhülse B3 'Generic 61818'	Viskosität bei 4	0°C		nu40 68	mm²/s	Dichte des Öls	ρ	880	kg/m <sup>3</sup>
B4 'Generic 61818' Positionierung	Viskosität bei 1	00°C		nu100 9	mm²/s	Druck-Viskositäts-Koeffizient	α	0.0153881	1/MPa
<ul> <li>Zahnradverbindungen</li> </ul>	enthält wirk	same EP Additive				FZG Laststufe	1	FZG 12	

Hiermit ist die Eingabe der Parameter für die rechnerische Darstellung des Getriebes abgeschlossen.

# 5. Berechnung

## 5.1 Einstellungen

Für Zahnradberechnungen sollte, wenn möglich die "erforderliche Lebensdauer H" im Fenster 'Einstellungen' des System-Baumes / System definiert werden (Bild 45). Dieser Wert fliesst neben der Bewertung der Verzahnung auch in die Berechnung der Wellenfestigkeit nach DIN 743 ein. Sehen Sie für weitere Informationen das Handbuch unter <u>Notwendige Lebensdauer</u>, resp. <u>Festigkeitsberechnung</u>, ein.

System 🗗	ma						226222020000	water Scheler and the			
<ul> <li>System</li> <li>Wellen</li> <li>Hauptgruppe</li> </ul>	Engineering Consulting						Wellenb	erechnung			
Sonnenrad	Projektname	1-Stufen Planete	engetriebe								
Hohlrad	Beschreibung	Starter Tutorial V	Vellensysteme								
<ul> <li>Planetengruppe</li> <li>Planetbolzen</li> </ul>	Einstellungen	Schmierung	Einstellungen für Darst	tellung							
Planet Wälzlager	Gewicht ber	ücksichtigen				÷	Werkstoff Gehä	use Steel			~ 🕂
B1 'Generic 16002' B2 Nadelbülse	Winkel für Gew	ichtskraft		β"	-90	•	Gehäusetemper	atur		T <sub>h</sub> 20	°C
B3 'Generic 61818'	Eigenfreque	nzen berechnen					Notwendige Lef	pensdauer		H 2000	00 h
B4 'Generic 61818' Positionierung	Kreiseleffekt	berücksichtigen			_	÷	Zuverlässigkeit	Wälzlager	S	90	%
<ul> <li>Zahnradverbindungen</li> </ul>	Maximale Freq	Jenz		fma	x 1000	Hz	Festigkeitsbered	hnung	Dauerfestigkeit nach	DIN 743	$\sim$
VZ_SR-VZ_PL VZ_PL-VZ_HR	Anzahl Eigenfre	quenzen		Nfr	aq 10		Wälzlagerpositio	n	Eingabe für jedes Lag	er	~
	Zahnräder als	Steifigkeit berücl	ksichtigen	Vergrösserung o	les Wellendu	rchmess	iers ~	igen	Nach Hutchinson		<b>~</b> +
	Zahnräde	r als Punktlast ber	ücksichtigen	Zahnrad ist nur	ein Kraftelem	ent		Wellenmodel verwenden			
Bild 45	Gehäuses	eifiakeit berücksi	chtigen	3D-Modell mit	ies wellendu Zentralknoter	cnmess	ers				
	Konfigura	tionen berücksich	itigen	3D-Modell 3D-Modell mit	Zähnen						



Ausserdem ist es sinnvoll eine Wahl für die möglichen Einstellungen zu "Zahnräder als Steifigkeit berücksichtigen" vorzunehmen (Bild 45). Bei "Vergrösserung des Wellendurchmessers" beispielsweise, wird der Wellendurchmesser automatisch auf den Fusskreisdurchmesser plus 0.4\*Modul erhöht. Für den Fusskreisdurchmesser wird eine Fusshöhe des Bezugsprofils von 1.25 angenommen. Bitte entnehmen Sie die entsprechenden Inhalte der weiteren Einstellungen aus dem Handbuch unter <u>Zahnräder als Steifigkeit berücksichtigen</u>.

### 5.2 Berechnungsschritt

Der Berechnungsschritt kann über den Menüpunkt 'Berechnung'/Berechnen', direkt über das Icon unter dem Menüband oder einfach durch Betätigen von F5 ausgeführt werden.

Protokoll Grafiken I	Extras
ı	F5
1	F5

Bild 46

Bitte starten Sie die Berechnung.

Achten Sie auf das grüne Häkchen unten rechts, was die Konsistenz des Berechnungsschrittes bestätigt.

# 6 Resultate

# 6.1 Resultateübersicht

Result overview		8
Minimal bearing reference life	minL10rh 128220 h Minimal bearing modified reference life minLnmrh 17956.2 h Minimal static safety for bearings (ISO 17956) minS0eff 8.83033	
Maximal equivalent stress	maxSigV 163.751 MPa Minimal root safety for gears minGearSF 2.58534 Minimal flank safety for gears minGearSH 0.910531	
Maximal displacement in x	maxUx 0.000207666 mm Maximal displacement in radial direction maxUr 0.108541 mm Maximal bearing stress pmax 1352.28	MPa

Die Resultateübersicht am unteren Rand des Fensters zeigt die wichtigsten Ergebnisse an (Bild 46). Dessen Inhalte können über das Menü Extras / Resultateübersicht nach eigenem Bedarf konfiguriert werden.

Es zeigt sich durch die Wahl eines höher viskosen Schmierstoffes, dass sich die modifizierte Referenzlebensdauer (Bild 47) substantiell und auf das Niveau von <u>Wert H</u> erhöhen liesse.

ISO VG 100 mir	neral oil		~	Ölschmierung ohne Filterung ISO4406 -/17/14				
Resultateübersicht						Ð		
Minimale Referenzlebensdauer	minL10rh 128220	h Minimale modifizierte Referenzlebensdauer	minLnmrh 20	906.2 h	Minimale statische Sicherheit Wälzlager	(ISO 17956) minS0eff 8.83033		
Maximale Vergleichsspannung	maxSigV 163.751	MPa Minimale Sicherheit Zahnfuss	minGearSF 2.	58534	Minimale Sicherheit Zahnflanke	minGearSH 0.929774		
Maximale Verschiebung in x	maxUx 0.000207661	mm Maximale Verschiebung in radialer Richtung	g maxUr 0.	108541 mm	n Maximale Pressung in Wälzlagern	pmax 1352.28 MPa		

# 6.2 Übersicht Zahnradverbindungen

#### 6.2.1 Zahnradberechnung

Die Verzahnungs-Resultate fördern auch Werte in Funktion der aktivierten Lizenz. In der vorliegenden Beispielberechnung, wurde die Verzahnungs-Berechnung aktiviert (<u>Bild 30</u>), wenn auch die Eingaben dazu nicht editiert wurden.

System 6	Alle	emein	Geometrie	Bezugsprofil	Details für Festigkeit							
✓ System				3,								-
✓ Wellen	Dyn	amikfakt	or			Ky	1.02888	Kopfrücknahme	C,	0	0	μm
<ul> <li>Hauptgruppe Sonnenrad</li> </ul>	Last	Lastverteilungsfaktor K				Ky	1	Fussrücknahme	C <sub>f</sub>	0	0	μm
Planetenträger	Brei	Breitenlastfaktor				KHB	1.25	Oberflächenrauheit Zahnflanke	R <sub>zH</sub>	6	6	μm
Hohlrad										10		1
<ul> <li>Planetengruppe</li> </ul>		Profilkorn	ekturen kompe	ensieren Deforma	itionen			Oberflächenrauheit Zahnfuss	Rgr	18	18	μm
Planetbolzen		Begrenzte	Grübchenbild	lung zulässig				Steabreite	b,	0	0	mm
Planet	Erfo	rderliche	· Sicherheitefal	tor 7 shofues		c	14				1	1
✓ Wälzlager	Eno	rueniche	sichemeitsra	Ktor Zanniuss		PEmin	1.4	Anzahl Eingriffe	NM	1	1	
B1 'Generic 16002'	Erfo	rderliche	r Sicherheitsfal	ktor Zahnflanke		SHmin	1	Wechselbiegung		Nein ~	Nein ~	1
B2 Nadelhülse										1.03500	1	
B3 'Generic 61818'								Einflussfaktor der Mittelspannungsempfindlichkeit	YM	1	1	j L
B4 'Generic 61818'												1
Positionierung		Dio	7ahnra	dhorod	hnung kann	du	rch Aucu	ahl des Zahnradnaares im	Sve	tombai	1m / '7	ahn.
<ul> <li>Zahnradverbindungen</li> </ul>		Die	Zamine	ubereci	inung kann	uu	I CII Ausw	ann ues Zannnaupaares inn	Jys	tembat	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	21111.
VZ_SR-VZ_PL VZ_PL-VZ_HR	<ul> <li>radverbindungen' geöffnet werden. Die Zahnradparameter kann man hier editieren und</li> <li>beim Schliessen der Zahnradberechnung werden die Eingaben dann zurückgelesen.</li> </ul>											nd



#### 6.2.2 Resultate Zahnradverbindungen

Im Fenster für 'Zahnradverbindungen' (Bild 49) werden für jede Verzahnung Drehmomente, Sicherheitsfaktoren für Zahnfuss- und Flanken-Sicherheit (SF / SH) und weiter die Breitenlastverteilung (wmax / wavg) nach ISO 6336 angezeigt.

Im unteren Fenster werden Leistungsdaten, geometrischen Daten und Profilverschiebungsfaktoren (x1 / x2) ausgegeben.

Es fällt im Rahmen unserer Auslegung hier auf, dass die Flanken-Sicherheit 'SH' mit 0.93 unter den üblichen Werten für Standard Industriegetriebe zu liegen kommt. Ein Blick in das Fenster für Zahnradverbindungen zeigt hingegen für beide Verzahnungspaare akzeptable Werte für Zahnfuss-Sicherheit SF und Breitenlastverteilung wmax/wavg.

> Das Anwenden eines Profilverschiebungsfaktors beispielsweise von je 0.3 an VZ\_SR und VZ\_PL, erhöht die Zahnfuss-Sicherheit SF substantiell und erhöht die Flanken-Sicherheit auf >1 (Bild 50).

8	✓ Stirnrä	der	T1 [Nm]	T2 [Nm]	SF1	SF2	SH1	SH2	wmax/wavo
em	✓ VZ	SR-VZ_PL	-	-					
Wellen		Planet 1	9.996	14.49	3.06	2.99	0.93	0.98	1.15
<ul> <li>Hauptgruppe</li> </ul>		Planet 2	9.998	14.50	3.06	2.99	0.93	0.98	1.13
Sonnenrad		Planet 3	10.01	14.51	3.05	2.98	0.93	0.98	1.16
Planetenträger	~ VZ	_PL-VZ_HR	-	-					
Hohlrad		Planet 1	-14.49	39.48	2.59	2.98	1.69	1.75	1.03
<ul> <li>Planetengruppe</li> </ul>		Planet 2	-14.50	39.49	2.59	2.98	1.69	1.75	1.02
Planetbolzen		Planet 3	-14.51	39.52	2.59	2.98	1.69	1.75	1.04
Planet	Planet	enstufen	T1 [Nm]	T2 [Nm]	T3 [Nm]	SF1	SF2	SF3	SH1
Walzlager	Kegelr	äder	T1 [Nm]	T2 [Nm]	SF1	SF2	SH1	SH2	
B1 Generic 10002	Schne	cken	11 [Nm]	12 [Nm]	SF	SH	SW	SI	SB
B3 'Generic 61818'				7 LID					
B4 'Generic 61818'		VZ_3K-VZ_PL	VZ_PL-V	2_110					
Positionierung	Welle 1	Sonnenrad	Planet						
Zahnradverbindungen	Welle 2	Planet	Hohlrad						
VZ_SR-VZ_PL	0.040	2002 51	1057.22						
VZ_PL-VZ_HK	P[W]	2095.51	1057.55						
	n1 [rpm]	2000	-696.621						
	n2 [rpm]	-696.621	1.49236e-	-88					
	u	1.450	2.724						
	a [mm]	30.625	30.625						
	mn [mm]	1.25	1.25						
	alpha [°]	20.0000	20.0000						
	beta [°]	0.0000	0.0000						
	z1	20	29						
	z2	29	-79						
	x1	0.000	0.000						
	x2	0.000	0.459						
I	Chinese alars	TI	(Necl. T)	[Nm]	CE1	SE3	CLI1	CL12	
tors hoi-	Surnrader	/7 DI	[NIII] 12	. [NIII]	351	362	211	382	winax/wavg
COIS DEF	* vZ_SK-1	VZ_PL	- 0 005	14 49	3 34	3 10	1.02	1.09	1 12
	- Plan	100 L	4.774				1.116	1.1/0	1.16

	-					
9.995	14.49	3.34	3.10	1.02	1.08	1.12
9.999	14.50	3.34	3.10	1.02	1.08	1.11
10.01	14.51	3.33	3.09	1.02	1.08	1.14
-	-					
-14.49	39.48	2.75	3.51	1.89	1.96	1.02
-14.50	39.50	2.75	3.50	1.89	1.96	1.02
-14.51	39.52	2.75	3.50	1.89	1.96	1.03
	- 9.995 9.999 10.01 - -14.49 -14.50 -14.51	9.995 14.49 9.999 14.50 10.01 14.51 	9.995 14.49 3.34 9.999 14.50 3.34 10.01 14.51 3.33 	9.995 14.49 3.34 3.10 9.999 14.50 3.34 3.10 10.01 14.51 3.33 3.09 	9.995 14.49 3.34 3.10 1.02 9.999 14.50 3.34 3.10 1.02 10.01 14.51 3.33 3.09 1.02 	9.995 14.49 3.34 3.10 1.02 1.08 9.999 14.50 3.34 3.10 1.02 1.08 10.01 14.51 3.33 3.09 1.02 1.08 14.49 39.48 2.75 3.51 1.89 1.96 - 14.50 39.50 2.75 3.50 1.89 1.96 - 14.51 39.52 2.75 3.50 1.89 1.96

Bild 50

Bild 49

Besteht Bedarf, mit der Lizenz für <u>Stirnradberechnung</u> zu arbeiten, kann die Verzahnungsberechnung gemäss <u>Bild 30</u> aktiviert und über die einschlägigen Ein- und Ausgaben weiter bewertet werden. Gerne möchten wir auf den offiziellen Leistungsumfang oder das Handbuch unter <u>Zahnradverbindungen</u> verweisen.

öystem ∽ Syst

~

### 6.3 Lastkollektive

Über das Systemfenster unter dem Reiter 'Einstellungen' kann ein Lastkollektiv eingegeben werden. Dadurch kann über den System-Baum das entsprechende

Lastkollektiv berücksichtigen

Eingabefenster erreicht werden. Nähere Angaben dazu finden Sie in unserem <u>Shaft Starter Tutorial</u> oder im Handbuch unter <u>Berechnung mit Lastkollektiv</u>.

## 6.4 Grafische Darstellung von Resultaten

#### 6.4.1 Übersicht

Nebst zahlreichen weiteren zur Bewertung der Verzahnung dienliche Grafiken unter dem Menü Grafiken, unterhalb die Linienlast und Spaltweite über Position für die vorliegende Berechnung (Bild 51).





Die Linienlast (Bild 51) zeigt die Belastung aller 3 Kontakte an. Der geringe Unterschied ist auf das Gewicht der Wellen zurückzuführen.

Die Spaltweite (Bild 51) gibt den Abstand zwischen den Flanken an, wenn die Lastübertragung nur an einem Punkt stattfinden würde. Im vorliegenden Fall würde eine Flankenlinienkorrektur auf Basis einer Spaltweite von max. 0.6 μm wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen sein.

Die obigen Diagramme wurden mit der Einstellung "<u>Vergrösserung des Wellendurchmessers</u>" erstellt. Zahneingriffssteifigkeit, Wellen- und Lagersteifigkeit haben einen Einfluss auf diese Diagramme. Aber auch Fertigungsfehler und Gehäusesteifigkeit haben einen Einfluss auf das reale Getriebe.

#### 6.4.2 Menü Grafiken

Eine zahlreiche Auswahl graphischer Resultate-Darstellungen steht über das Menü 'Grafiken' zur Verfügung (Bild 52).





#### 6.4.3 Export

Über den Menüpunkt 'CAD kann das Wellensystem oder Komponenten daraus angezeigt und weiter mittels Kontextmenü auch als STEP-Datei zur Weiterverwendung exportiert werden.

Datei Berechnung Protokoll	Grafiken Extras Hilfe				k⊊x k≟x	
System #	CAD Hauptgruppe	•	nur Wellengeomet Wellengeometrie r		Grafiken Grafik speichern unter	•
<ul> <li>✓ System</li> <li>✓ Wellen</li> <li>✓ Hauptgruppe</li> </ul>	Vergleichsspannung Campbell Diagramm		Geometrie der Gru Detaillierte Geome		Grafik drucken Kopieren	Strg+C
Sonnenrad Planetenträger	Harmonische Antwort 3D 3D Geometrie		Geometrie Detaillierte Geometrie	Bild 54		

Geometrie

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