

## Wellenfestigkeitsberechnung mit der MESYS Wellenberechnung

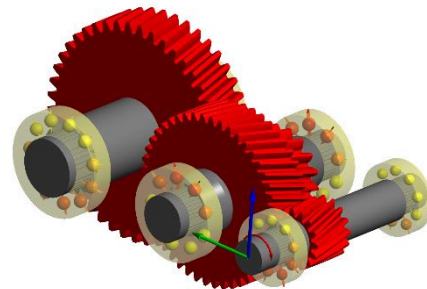
Die MESYS Wellen- und Wälzlagerberechnung wird mit meist mit dem Focus auf Wälzlagerberechnungen verwendet, viele Kunden sind Wälzlagerhersteller. Aber auch für die Wellenfestigkeitsberechnung bietet die Software Optionen, die in anderen Produkten oft nicht vorhanden sind. So wird die Wellensystemberechnung auch von einer Reihe von Getriebeherstellern eingesetzt.

Bei vielen Anwendungen sind die Betriebsbedingungen nicht genau bekannt. Anbieter von Standardgetrieben geben zulässige Drehmomente oder Radialbelastungen an, die Drehrichtung hängt aber von der Anwendung ab. Damit muss der Festigkeitsnachweis schon einmal für zwei Drehrichtungen gemacht werden.

Bei drehenden Wellen ist die Biegebeanspruchung wechselnd, was ist aber mit der Torsionsbeanspruchung? Oft wird für den Festigkeitsnachweis die Annahme schwellender Torsion getroffen, andere bestimmen das Spannungsverhältnis für Torsion aus dem Anwendungsfaktor und rechnen mit nahezu konstantem Torsionsmoment. In der Praxis haben viele Anwendungen einige Anfahrvorgänge und arbeiten dann auf einem oder mehreren nahezu konstanten Lastniveaus. Es liegen daher Lastfälle mit schwellender (oder wechselnder) Beanspruchung vor und weitere Lastfälle mit kleinen Amplituden in der Torsion (in Näherung konstanter Torsion).

Bei der Wellenfestigkeitsberechnung nach DIN 743 oder FKM ist die zulässige Spannungsamplitude von der Vergleichsmittelspannung abhängig. Daher ist eine Annahme schwellender Torsion keine konservative Annahme. Mit steigender Vergleichsmittelspannung reduziert sich auch die zulässige Spannungsamplitude für Biegung, daher kann die Sicherheit bei biegebelasteten Querschnitten mit Annahme konstanter Torsion kleiner sein als bei Annahme schwellender oder wechselnder Torsion.

Als Beispiel wird ein einfaches zweistufiges Stirnradgetriebe betrachtet. Beide Drehrichtungen und das Spannungsverhältnis  $R=0$  (schwellend) sowie  $R=1$  (konstant) für Torsion sollen überprüft werden. Die Ergebnisse werden hier nur für die Eingangswelle gezeigt.



Ein Lastkollektiv mit vier Lastfällen (zwei Drehrichtungen und zwei Spannungsverhältnisse) wird definiert. Natürlich könnten auch das Drehmoment oder andere Lasten hier ergänzt werden. Für die Wellenfestigkeit wird hier jeweils ein Dauerfestigkeitsnachweis geführt, die Software erlaubt auch eine Berechnung mit Lastkollektiven nach DIN 743-4.

MESYS Wellenberechnung - MESYS AG - exTwoStageStrength.xml

Datei Berechnung Protokoll Grafiken Extras Hilfe

System

- System
  - Lastkollektiv
  - Wellen
    - G1
      - S1
    - G2
      - S2
    - G3
      - S3
  - Wälzlager
    - B1
    - B2
    - B3
    - B4
    - B5
    - B6
  - Positionierung
  - Zahnradverbindungen

	Frequency	n [rpm]	R_torsion	Mx [Nm]
Welle		S1	S1	S1
Element		Allgemein	Allgemein	Antriebskupplung
1	0.25	1000	0	100
2	0.25	1000	1	100
3	0.25	-1000	0	-100
4	0.25	-1000	1	-100

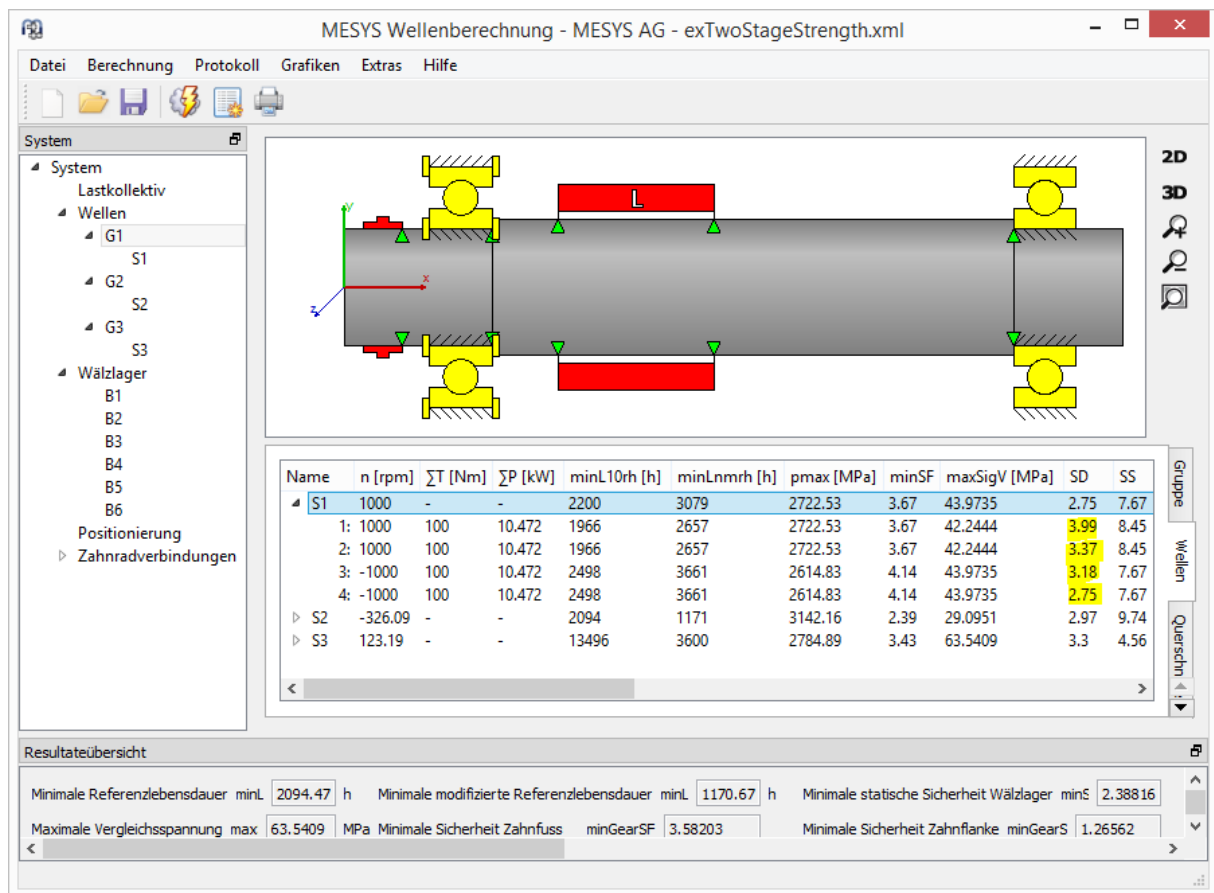
Berechnung nur für gewähltes Element durchführen Resultate für Element

1 + - \* / < >

Resultateübersicht

Minimale Referenzlebensdauer minL10rh  h Minimale modifizierte Referenzlebensdauer minLnmrh  h  
 Minimale statische Sicherheit Wälzlager minSF  Maximale Pressung in Wälzlagern pmax  MPa

Für die Eingangswelle werden fünf Querschnitte für den Festigkeitsnachweis gewählt. Kerbwirkung Passfeder beim Antrieb, zwei Wellenabsätze und Kerbwirkung Presssitz bei der Verzahnung.



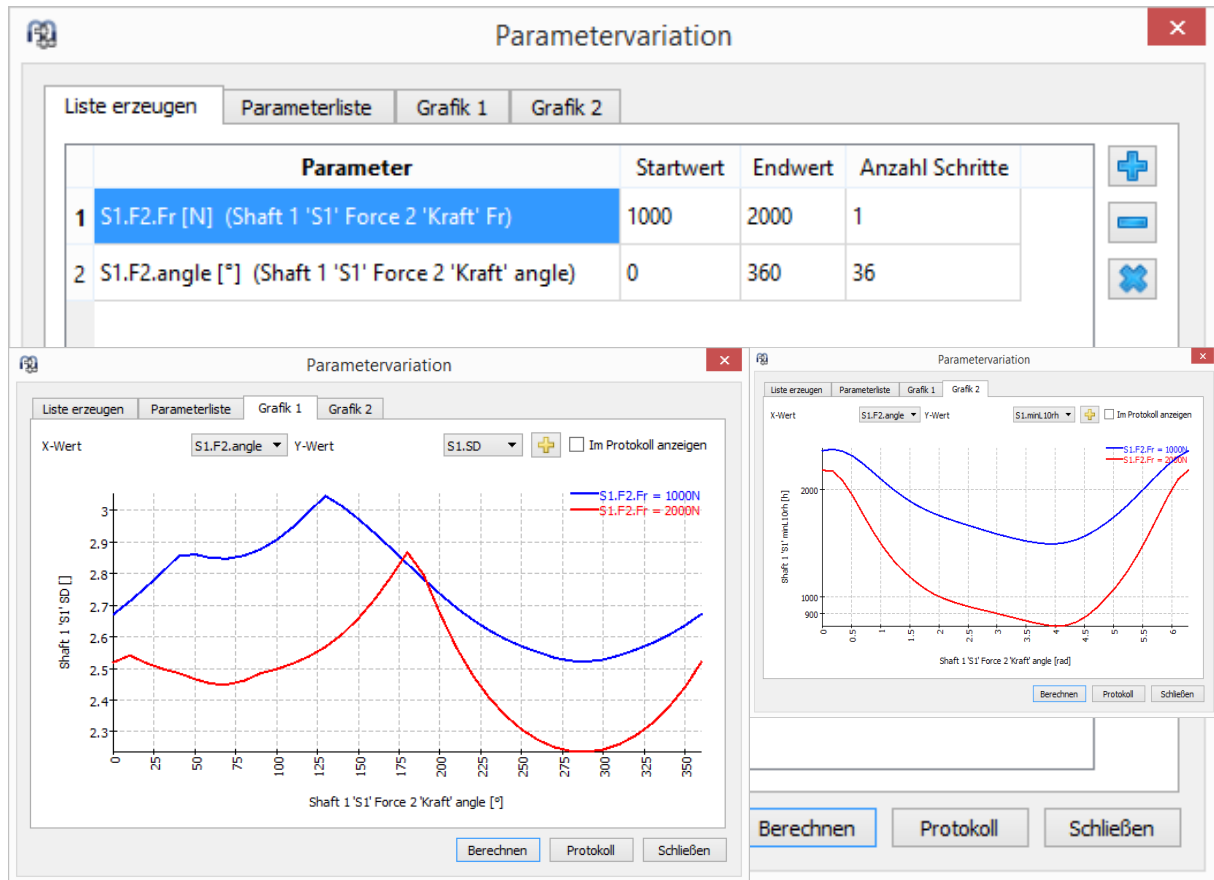
Für den Festigkeitsnachweis nach DIN 743 ergeben sich mit den vier Varianten Sicherheitsfaktoren von 2.75 bis 3.99 für die Eingangswelle. Der Lastfall „Drehrichtung links“ mit konstantem Torsionsmoment ist dabei kritisch. Die Resultate für die ersten drei Querschnitte:

Lastfall	Drehmoment	Spannungs- verhältnis Torsion	Dauerfestigkeit nach DIN 743			Statische Sicherheit nach DIN 743			Lagerlebens- dauer
			A	B	C	A	B	C	
1	100 Nm	0 Schwellend	6.94	5.23	3.99	8.54	8.45	10.44	1966 h
2	100 Nm	1 Konstant	8.54	4.02	3.37	8.54	8.45	10.44	1966 h
3	-100 Nm	0 Schwellend	6.94	3.46	3.18	8.54	7.67	9.06	2498 h
4	-100 Nm	1 Konstant	8.54	2.91	2.75	8.54	7.67	9.06	2498 h

Der Querschnitt A (Passfeder bei Antriebskupplung) zeigt den kleineren Sicherheitsfaktor bei schwelender Torsion, die Querschnitte B (Absatz) und C (Presssitz) zeigen dagegen den kleineren Sicherheitsfaktor bei konstanter Torsion. Für die Wellenfestigkeit ist die Drehrichtung links mit konstantem Torsionsmoment kritisch, dagegen ist die Lagerlebensdauer bei Drehrichtung rechts kritisch. Dies zeigt, dass der Nachweis für alle Fälle zu führen ist. Die MESYS Wellenberechnung erlaubt dies in einem Rechengang.

In Version 04/2015 ist eine automatische Parametervariation in der Wellenberechnung ergänzt, die bislang nur in der Wälzlagerberechnung verfügbar war. Für ein Anwendungsbeispiel wird eine zusätzliche Kraft auf die Eingangswelle gesetzt, deren Richtung unbekannt sein soll, da dies z.B. von

Einbaubedingungen abhängt. Mit der Parametervariation werden jetzt der Betrag und die Richtung der Kraft variiert.



Für jeden Lastfall wird die Berechnung mit dem Lastkollektiv durchgeführt. Für die Diagramme werden intern also  $2 \cdot 37 \cdot 4 = 296$  Berechnungen des Wellensystems durchgeführt. Dies dauert etwa 70 Sekunden für die 296 Fälle inklusive drei Wellen mit nichtlinearen Lagersteifigkeiten, Lastverteilung in 6 Wälzlagern und Verzahnungsberechnung nach ISO 6336 für 2 Stirnradstufen. Für die einzelne Welle wären es nur wenige Sekunden und für die gezeigten Resultate ausreichend.

Der angezeigte Sicherheitsfaktor ist das Minimum der vier Lastfälle. Mit äusserer Last reduziert sich die Dauerfestigkeit nach DIN 743 daher von 2.75 auf etwa 2.2, die Lagerlebensdauer reduziert sich auf etwas über 800h.

Die MESYS Wellenberechnung erlaubt auf einfache Weise, die Festigkeit von Wellen mit mehreren Lastfällen nachzuweisen. Mit der Erweiterung auf die Wellensystemberechnung erfolgt der Nachweis für ein ganzes Getriebe und enthält Resultate für Wellenfestigkeit, Deformationen, Lagerlebensdauer nach ISO 281 und DIN 26281, Pressungen in Wälzlagern sowie Sicherheiten für Verzahnungen. Die Software unterstützt die Kopplung durch Stirnräder, Planetenstufen, Kegelräder oder Schnecken.