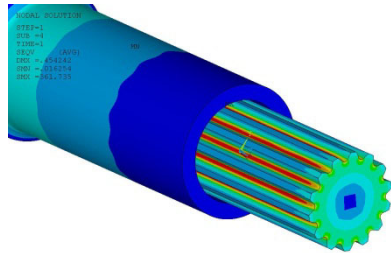


# Entwicklung eines Werkzeugs zur automatischen Erstellung und Berechnung von Zahnwellenverbindungen in ANSYS



Mänz, T.

*Berechnungen mit der Finite-Elemente-Methode bilden einen wichtigen Beitrag zur Untersuchung von Zahnwellenverbindungen am Institut für Maschinenwesen. Auf Grund der komplexen Geometrie von Zahnwellen nach DIN 5480 ist deren Modellierung jedoch sehr zeitaufwändig. Hier soll ein Werkzeug zur automatischen Erzeugung der Geometrie und Vernetzung Abhilfe schaffen. Die ersten Ansätze wurden bereits in der Institutsmitteilung Nr. 34 beschrieben. Nun wird der aktuelle Stand der Entwicklung vorgestellt.*

*Calculations using the finite element method make a substantial contribution to the analyses of splined shaft-hub-connections at the Institute of Mechanical Engineering. Due to the complex geometry of those joints according to DIN 5480 their modelling is quite time consuming. To minimize this effort, a program for the automatic generation of geometry and mesh is currently developed. The first approach has already been described in the Institutsmitteilung No. 34. Now, the current state of development is presented.*

## 1 Einleitung

Bei der Übertragung von Drehmomenten finden Zahnwellenverbindungen (ZWV) im allgemeinen Maschinenbau breite Anwendung, da auch bei geringen Nabendurchmessern hohe Drehmomente übertragen werden können. Weiterhin können Zahnwellen kostengünstig produziert werden. Zur Auslegung dieses Konstruktionselementes werden neben experimentellen Untersuchungen auch numerische Berechnungen, wie die Finite-Elemente-Methode (FEM), genutzt. Die Erstellung eines solchen Modells in dem am IMW genutzten FEM-Programm Ansys ist sehr aufwändig, da sowohl die Modellierung der Geometrie als auch die Vernetzung der Modelle einen großen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse und die Rechenzeit haben. Um die optimale Kombination beider Größen erreichen zu können, muss die

Dichte der Vernetzung an die Geometrie und die zu erwartenden Beanspruchungen angepasst werden. Dadurch ist die Modellierung der ZWV sehr zeitaufwändig.

## **2 Ziele und Vorgehensweise**

Das Ziel der Entwicklung ist es, den Modellaufbau der ZWV nach DIN 5480 /2/ unter Berücksichtigung der charakteristischen Eingabeparameter (Grundkreisdurchmesser, Modul, Zähnezahl, Profiwinkel, Verbindungslänge, u. a.) möglichst weitgehend zu automatisieren. Neben dem genormten Zahnprofil sollen auch weitergehende Anpassungen, wie z. B. Fasen an der Nabe, verschiedene Wellenausläufe, Änderungen der Profilierung der Zähne oder Fertigungsabweichungen Berücksichtigung finden. In allen Fällen wird großer Wert auf die optimale Vernetzung gelegt.

Zur Erstellung des Modells wird eine so genannte „PROCEDURE“-Datei erstellt, die alle Befehle für die Erzeugung der Geometrie und deren Vernetzung enthält. Die Programmierung erfolgt in der von Ansys entwickelten Skriptsprache APDL (ANSYS Parametric Design Language).

## **3 Ausgangssituation**

Zum Zeitpunkt der Institutsmitteilung Nr. 34 /1/ lag eine erste Version des Zahnwellenberechnungsprogramms vor, das von einem Studenten im Rahmen eines Auslandspraktikums entwickelt worden ist. Die grundsätzliche Programmstruktur war damit vorhanden. Die Anforderungen an die Stabilität des Programms sowie die Vernetzung wurden jedoch noch nicht erfüllt. Weiterhin war die Auswahl an Parametern noch beschränkt.

## **4 Aktueller Stand**

Das bestehende Programm wurde von Grund auf überarbeitet, wodurch nun alle in der DIN 5480 /2/ beschriebenen ZWV untersucht werden können. Neben der Zahnflankengeometrie können weitere geometrische Größen variiert werden. Dazu gehören

- der Fußausrundungsradius, herstellungsabhängig oder frei bis zur Vollausrundung wählbar (vgl. Abbildung 4),
- die Nabe mit beliebigen Fasen zu versehen (vgl. Abbildung 4),
- die Variation der Verbindungslänge,

- die Wahl verschiedener Wellenausläufe (kein Auslauf, gebundener Auslauf (vgl. Abbildung 2) oder freier Auslauf),
- die Anpassung des Flankenwinkels und
- die Berücksichtigung von Hohlwellen sowie verschiedenen Nabenaußendurchmessern.

Eine weitere geometrische Variation, die in Einzelfällen bereits berücksichtigt wurde, sind Optimierungen der Zahnflanke in axialer Richtung. So kann z. B. eine in axialer Richtung variierende Zahnbreite für eine gleichmäßigere Kraftübertragung sorgen /3/, was sich in einer geringeren Flächenpressung widerspiegelt. Hier sind, mit Blick auf die Optimierung der Verbindung oder die Untersuchung von Toleranzeinflüssen, beliebige Anpassungen denkbar, sofern diese klein sind im Verhältnis zu den Zahnabmessungen.

Neben diesen geometrischen Variationsmöglichkeiten können natürlich das Materialverhalten (linear-elastisch, bilinear, multilinear) und der Reibkoeffizient beliebig angepasst werden. Außerdem kann die Kraft- und Momenteinleitung, welche einen Einfluss auf den Kraftfluss durch die Verbindung hat, frei angepasst werden.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, aus drei verschiedenen Vernetzungsdichten zu wählen. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass die Berechnungszeit je nach benötigtem Ergebnis auf ein Minimum reduzierbar ist.

## **5 Anwendungsbeispiele**

Im Rahmen verschiedener Forschungs- und Industrieprojekte konnte das Programm zur Zahnwellenberechnung bereits erfolgreich angewendet werden. Die folgenden Abbildungen zeigen einige der möglichen Geometrievariationen.

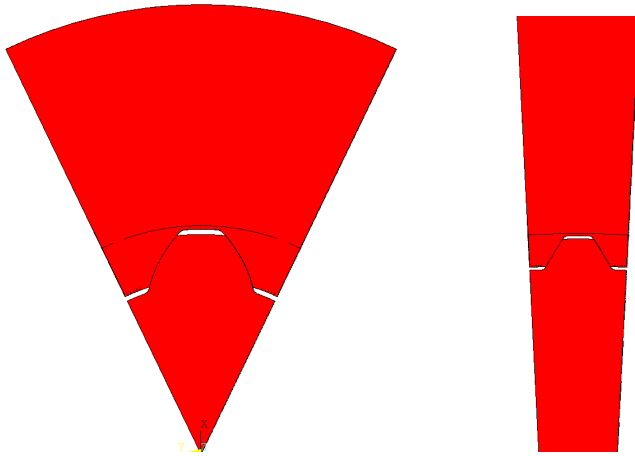


Abbildung 1: ZWV mit 7 (links) und mit 64 Zähnen (rechts)

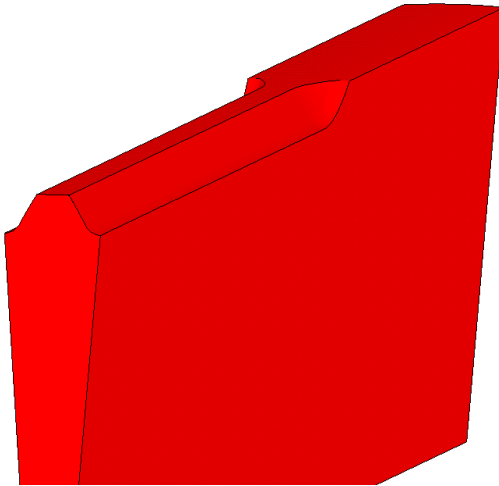


Abbildung 2: ZWV mit gebundenem Auslauf

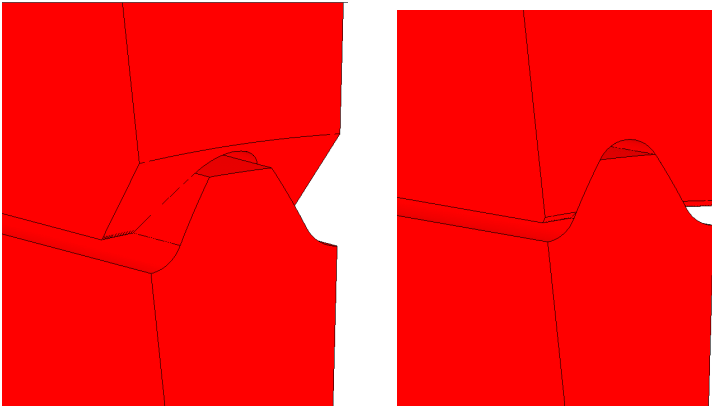


Abbildung 3: Verschiedene Fasen an der Nabe

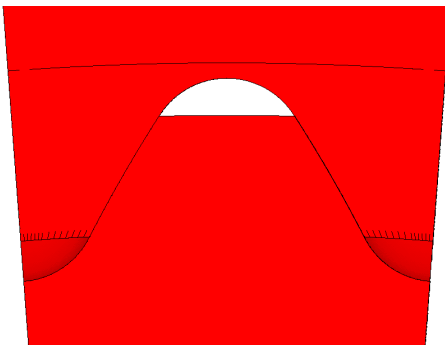


Abbildung 4: ZWV mit Vollausrundung

## 6 Ausblick

Trotz der umfangreichen Möglichkeiten zur Erstellung und Berechnung von ZWV ist die Entwicklung des Programms noch nicht abgeschlossen. Bei zukünftigen Arbeiten liegt der Fokus zunächst auf der Entwicklung einer durchgängigen und intuitiven Bedienung. Weiterhin kann das Programm mit anderen am Institut für Maschinenwesen entwickelten Werkzeugen, wie z. B. ABSIM, gekoppelt werden. Damit können Teilungsabweichungen auf Basis von  $\sqrt{2}$  unter Berücksichti-

gung der Fertigungsqualität ermittelt und deren Einfluss auf das Tragverhalten untersucht werden.

## **7 Zusammenfassung**

Das Institut für Maschinenwesen ist kontinuierlich mit der Weiterentwicklung von Welle-Nabe-Verbindungen beschäftigt. Ein wichtiger Teil in diesem Prozess ist die Simulation mit Hilfe des Finite-Elemente-Programms ANSYS. Um die Berechnungen effizienter zu gestalten, wurde ein Programm zur automatischen Generierung der Geometrie und der Vernetzung entwickelt, das hier vorgestellt wurde. Die Berücksichtigung und Anpassung einer Vielzahl von geometrischen Eingangsgrößen ermöglicht die Untersuchung verschiedenster ZWV. Dabei konnte der Modellierungsprozess durch die Automatisierung wesentlich verkürzt werden.

## **8 Literatur**

- /1/ Mänz, T.; Nsenga, E.: Entwicklung eines Werkzeugs zur automatischen Erzeugung von Zahnwellen in ANSYS; Institutsmitteilung Nr. 34, IMW Clausthal 2009
- /2/ DIN 5480: Zahnwellenverbindungen mit Evolventenverzahnungen. Berlin; Beuth-Verlag 2006
- /3/ Schäfer, G: Gleichmässigkeit zur Leistungssteigerung; Institutsmitteilung Nr. 25, IMW Clausthal 2000