

*Kurzfassung Dissertation Matthias Steutzger, 2004*

## **Einfluss der Baugröße auf die Zahnfußtragfähigkeit einsatzgehärteter Stirnräder**

Einsatzgehärtete Zahnräder sind im Getriebebau aufgrund ihrer hohen Tragfähigkeit Stand der Technik. Ihr Einsatzgebiet erstreckt sich über einen weiten Bereich unterschiedlicher Baugrößen:

- Im Automobilbau sind Baugrößen mit einem Modul kleiner als 2 mm üblich.
- Industriegetriebe können Verzahnungen mit einem Modul größer als 20 mm aufweisen.

Aus der allgemeinen Festigkeitsrechnung ist eine Abnahme der Festigkeitswerte bei wachsender Baugröße bekannt. Die Auslegung der Zahnräder erfolgt in der Regel anhand genormter Berechnungsmethoden, meist nach DIN 3990 Teil 3. Den Einfluss der Baugröße auf die Zahnfußtragfähigkeit berücksichtigt die DIN 3990 summativ durch einen Größenfaktor  $Y_X$ .

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, durch systematische Untersuchungen den Einfluss der Baugröße sowohl auf die Zahnfußbeanspruchung als auch auf die Festigkeitswerte im Zahnfuß zu ermitteln. Die Charakterisierung der Baugröße erfolgt dabei durch den Modul  $m_n$  und die Zahnbreite  $b$ . Auch Unsicherheiten bezüglich des Einflusses des Verformungsgrades des Halbzeuges der Zahnräder als Teil des technologischen Größeneinflusses auf die Festigkeitswerte gilt es zu beseitigen.

Die Basis der theoretischen Untersuchungen bilden ebene und räumliche FEM-Berechnungen der Zahnfußbeanspruchungen, die Anwendung des Konzept der örtlichen Dauerfestigkeit nach Velten und die Entwicklung eines bruchmechanisch initiierten Konzeptes zur Berechnung der dauerhaft ertragbaren Zahnfuß-Nennspannung. Die nach dem heutigen Stand der Technik unvermeidliche Randschichtschädigung (z.B. Randoxidation) wird im bruchmechanisch initiierten Konzept im Zusammenhang mit Eigenspannungs- und Lastspannungsverläufen bewertet. Das Konzept basiert auf etablierten bruchmechanischen Ansätzen und Festigkeitswerten.

Der Unterschied zwischen den Ergebnissen der ebenen und der räumlichen FEM-Berechnungen kann durch den Einfluss der Zahnbreite  $b$  auf die Breitenverteilung der Zahnfußbeanspruchung erklärt werden. Die Ergebnisse der räumlichen FEM-Berechnung der Zahnfußbeanspruchung weisen eine bessere Übereinstimmung mit der Methode B der DIN 3990 und mit DMS-Messungen auf als die FEM-Berechnung für ebenen Formänderungszustand. Im Mittel aller untersuchten Varianten liefert das bruchmechanisch initiierte Konzept im Vergleich zu dem Konzept nach Velten geringere Unterschiede zwischen den errechneten und experimentell bestimmten Dauerfestigkeitswerten.

Im Rahmen des experimentellen Teils der Arbeit wurden in Pulsatorversuchen an geradzahnten Stirnrädern 68 Wöhlerlinien mit unterschiedlichen Baugrößen - charakterisiert durch den Normalmodul  $m_n$  (20; 16; 10; 5 und 3 mm) und die Zahnbreite  $b$  (15; 30 und 60 mm) -, Werkstoffen (Einsatzstähle 16MnCr5; 17CrNiMo6 und 17NiCrMo14), Werkstoffchargen und Wärmebehandlungsvarianten (Variation der EHT; Einfach- und Direkthärtung; Abschreckmedium Öl und Gas) ermittelt.

Im Mittel aller untersuchten Werkstoffe entspricht die Abhängigkeit der dauerhaft ertragbaren Zahnfuß-Nennspannung vom Modul  $m_n$  den Angaben der DIN 3990 für den Größenfaktor  $Y_X$ . Bei Varianten aus 16MnCr5 wurde jedoch im Vergleich zu den Angaben für  $Y_X$  und Varianten aus 17CrNiMo6 und 17NiCrMo14 ein deutlich stärkerer Abfall der Dauerfestigkeit festgestellt.