

„FE-Tragfähigkeitsoptimierung Zahnfuß“

Der fortschreitende Trend zur Gewichtsoptimierung von Getrieben stellt neue Herausforderungen bei der leistungsgerechten Auslegung von Verzahnungen dar. Einen Beitrag zur Steigerung der Tragfähigkeit von Stirnrädern kann die Optimierung der Zahnfußgeometrie für maximierte Zahnfußtragfähigkeit leisten. Bisherige Arbeiten auf dem Gebiet der rechnerischen Zahnfußoptimieren fokussierten sich auf die rechnerische Abbildung und Optimierung des Zahnfußes durch BEM und FEM. Die fertigungsgerechte Gestaltung des Optimierungsprozesses wurde nicht oder nur als Randaspekt behandelt.

■ Makrogeometrie

$m_n = 4,75$ mm
 $z = 32$
 $b = 35$ mm
 $\alpha_n = 23$ °
 $\beta = 25$ °
 $d_a = 178,48$ mm

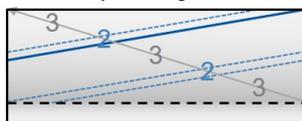


■ Mikrogeometrie

$C_\beta = 5$ μm

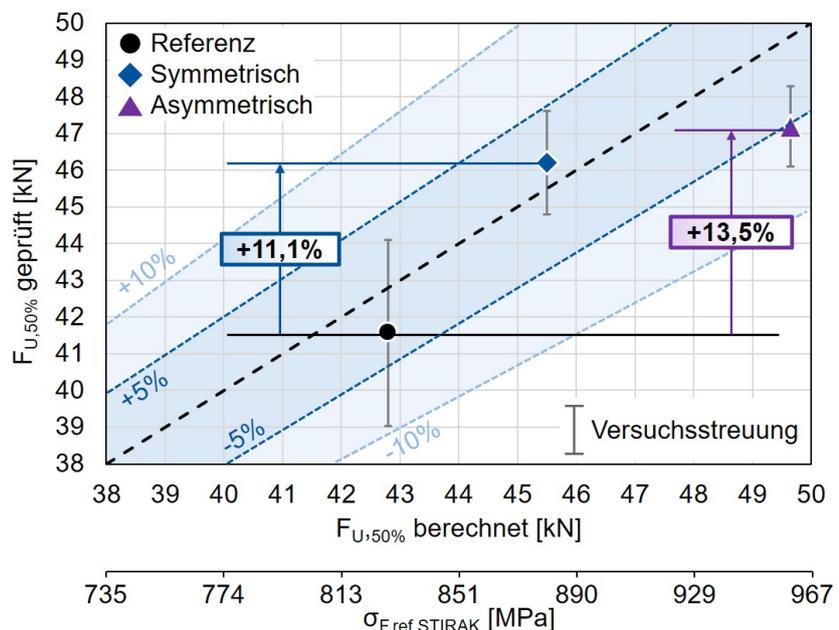
■ Berührlinie

– Berührlinie mit maximaler Fußspannung



– $f_{Prüf} = 30$ Hz
 – $N_G = 3.000.000$ LW

Fuß + Flanke



Das Ziel dieses Vorhabens war es deshalb, ein integriertes System zur automatisierten, FE-basierten und fertigungsgerechten Optimierung der Zahnfußgeometrie von Stirnrädern zu schaffen und zu validieren. Hierzu wurden zunächst geeignete Parametrierungsmethoden für freie Zahnfußgeometrien erarbeitet, die die gängigen Fertigungsprozesse abbilden. Hierzu zählen profilierende, wälzende und freiformende Fertigungsverfahren. Weiterhin wurden die erfolgreichen Arbeiten am FE-Solver Z88 aus dem Vorgängervorhaben fortgesetzt, um stark von der Referenzkontur abweichende Zahnfußgeometrien effizient zu vernetzen und bewerten zu können. Die durch den Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD der Universität Bayreuth durchgeführten Arbeiten am FE-Solver Z88, der von STIRAK zur Berechnung der Verschiebungseinflusszahlen genutzt wird, ermöglichen es fortan, beliebige, dreidimensional variable Geometrien im Zahnfuß von Stirnrädern nichtkonform zu vernetzen und somit Spannungsberechnungen effizienter zu gestalten. Anschließend wurden die erarbeiteten

Parametrierungsmethoden zusammen mit dem WZL-Rechenkern zur FE-basierten Zahnkontaktanalyse STIRAK und des erweiterten FE-Solvers Z88 in dem Rahmenprogramm rhoOpt zur Zahnfußoptimierung integriert, welches optional auch eine Verschleißbewertung von optimierten Bezugsprofilen in der Optimierung ermöglicht. Am Vorhabensende wurden Validierungsuntersuchungen durchgeführt. Hierzu wurde eine praxisnahe Schrägverzahnung mit vollausgerundetem Bezugsprofil ausgelegt, mit rhoOpt optimiert, gefertigt und auf einer innovativen Pulsatorvorrichtung geprüft. Die Ergebnisse bestätigen die rechnerisch erzielten Tragfähigkeitssteigerungen durch symmetrische und asymmetrische Zahnfußoptimierung. Durch die symmetrische Zahnfußoptimierung des Lückenprofils der Verzahnung konnte eine Tragfähigkeitssteigerung von $\Delta F50 \%, \text{symm} = 11,1 \%$ nachgewiesen werden. Für die asymmetrische Optimierung des Zahnfußes wurde eine Tragfähigkeitssteigerung von $\Delta F50 \%, \text{asymm} = 13,5 \%$ bestimmt. Damit ist das Optimierungssystem rhoOpt als erfolgreich validiert anzusehen.

Autoren: Jonas Pollaschek
RWTH Aachen Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

Daniel Billenstein
Universität Bayreuth Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Florian Mazurek
T 069- 66 03- 18 72

Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 19233 N der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA ist das weltweit führende Innovationsnetzwerk der Antriebstechnik. Die 170 laufenden Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung fördern die Innovationsfähigkeit der Industrie im Bereich der Antriebstechnik und ist an den wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen ein wichtiger Beitrag zur Ausbildung von Jungingenieuren in und für die Branche. Die 207 Mitgliedsfirmen sind produzierende Unternehmen aus der Antriebstechnikbranche. Zusammen mit den über 40 Forschungsinstituten bildet die FVA die Basis für das weltweit führende Netzwerk der Antriebstechnik.

Die FVA versteht sich als eine wichtige Plattform der Kommunikation und des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Industrie. Themenfelder sind die mechanische und die elektrische bzw. mechatronische Antriebstechnik, sowohl von stationären industriellen Anlagen als auch von Fahrzeugen, mobilen Maschinen und Luftfahrzeugen. Die Gemeinschaftsforschung hat zum Ziel, das technische Know-how der Unternehmen und die Qualität ihrer Produkte zu verbessern und die Produktionskosten zu senken. Informationsveranstaltungen, Seminare und Tagungen der Forschungsvereinigung bieten den Unternehmen die Möglichkeit, neueste Forschungsergebnisse anzuwenden und Mitarbeiter entsprechend aus- und weiterzubilden.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.