

## Einfluss von Querpressverbänden auf die Zahnfußtragfähigkeit außenverzahnter Stirnradverzahnungen

Für die Auslegung eines Zahnrads hinsichtlich Zahnfußbruch steht dem Konstrukteur mit dem Verfahren nach DIN 3990-3 bzw. ISO 6336-3 eine zuverlässige Methode zur Verfügung.

Üblicherweise ist für die Beanspruchung im Zahnfuß die Zahnfußgeometrie und die Belastung aus der Zahnkraft maßgeblich. Erfordert die Konstruktion den Einsatz von dünnwandigen, reibschlüssig gefügten Zahnkränzen, kann sich eine Beanspruchungskomponente aus der Aufweitung des Zahnkranzes im Zahnfuß überlagern. Zusätzliche Beanspruchungen aus einer Zahnkranzaufweitung sind in der Berechnungsvorschrift nach DIN 3990-3 bzw. ISO 6336-3 nicht vorgesehen und können damit zu einer ungewollten Unterdimensionierung der Verzahnung führen. Des Weiteren kann sich die Verzahnungsgeometrie durch die

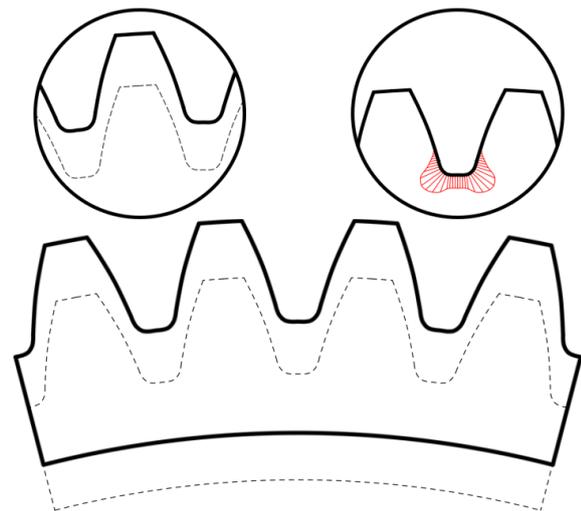
Verformung des Zahnkranzes verändern und zu einer ungünstigen Lastverteilung oder einem erhöhten dynamischen Anregungsverhalten führen.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden umfangreiche Untersuchungen an gefügten Stirnrädern ( $m_n=1,75\text{ mm}$ ) in einem Schrägungswinkelbereich von  $\beta = 0^\circ \dots 25^\circ$  durchgeführt. Für die im Versuch dauerhaft ertragbaren Belastungen wurde der Spannungszustand im Zahnfuß mittels numerischer Verfahren ermittelt. Die beobachtete Tragfähigkeitsminderung durch eine zusätzliche Spannungskomponente im Zahnfuß aufgrund einer Zahnkranzaufweitung kann durch einen linearen Mittelspannungseinfluss beschrieben werden. Für die untersuchte Verzahnung (18CrNiMo7-6, reinigungsgestrahlt) wurde eine Mittelspannungsempfindlichkeit von  $M_\sigma \approx 1,2$  ermittelt. Mit dem beobachteten Mittelspannungseinfluss wurde ein Faktor  $Y_m$  in das Berechnungsverfahren nach DIN 3990-3 bzw. ISO 6336-3 eingegliedert. Dieser berücksichtigt die Tragfähigkeitsminderung durch eine aufweitungsinduzierte Kranzspannung im Zahnfuß auf der Festigkeitsseite und ermöglicht eine zuverlässige Auslegung von gefügten Stirnrädern. Für eine optimale Ausnutzung des Tragfähigkeitspotenzials des Werkstoffs ist eine dreidimensionale Betrachtung des Spannungszustands im Zahnfuß zu empfehlen.

Im Rahmen von umfangreichen Vermessungen der Flankengeometrie an gefügten Rädern konnte der Profilwinkel als maßgebliche beeinflusste Größe unter den üblichen Flankenabweichungen identifiziert werden. Mithilfe eines geometrischen Modells wurde eine Berechnungsvorschrift abgeleitet, die eine Kompensation der im Fügeprozess auftretenden Profilwinkel-Änderung ermöglicht. Die Ergebnisse des Modells wurden an den Ergebnissen der Flankenmessungen validiert.

Mit den im Vorhaben generierten Methoden zur Auslegung hinsichtlich Zahnfußtragfähigkeit und der Kompensation der Profilwinkeländerung im Fügeprozess ist dem Konstrukteur eine ganzheitliche Auslegung gefügter, außenverzahnter Stirnräder unter optimaler Ausnutzung des Tragfähigkeitspotenzials des Werkstoffs möglich.

Änderung der Verzahnungsgeometrie      Zusätzliche statische Beanspruchung im Zahnfuß



Zusätzliche Herausforderungen bei der Auslegung gefügter Stirnräder gegenüber herkömmlichen Stirnrädern

**Autor:** **Christoph Leonhardt**  
TU München Fakultät für Maschinenwesen | Lehrstuhl für  
Maschinenelemente Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebbau

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

**Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 19484-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](http://www.fva-net.de).**