

FE-Pressverband in STIRAK - Einfluss von Zylinder- und Kegelpressverbänden auf die Stirnradverzahnung

Die Beanspruchung gefügter Zahnräder resultiert aus einem mehrachsigen Spannungszustand, der sowohl durch die Belastung der Verzahnung als auch durch den Pressverband bedingt ist. Während die zahnseitigen Einflussgrößen abgebildet werden können, erlauben aktuelle Berechnungsverfahren nicht die Berücksichtigung der Fugenpressung bei nicht-rotationssymmetrischen, komplexen Pressverbandgeometrien auf das Einsatzverhalten gefügter Stirnräder. Zwar ist eine konventionelle FE-Berechnung des Pressverbandes prinzipiell möglich, jedoch ist eine recheneffiziente Berechnungsmethode für gefügte Stirnräder, welche die Wechselwirkung des Pressverbandes auf das Einsatzverhalten von gefügten Stirnrädern berücksichtigt, nicht vorhanden. Den genormten Berechnungsverfahren werden vereinfacht tendenziell steife Radkränze zugrunde gelegt, ohne die komplexe Geometrie des Radkranzes und steifigkeitsverändernde Randeffekte zu berücksichtigen. Aufgrund der fehlenden Berücksichtigung von nicht-rotationssymmetrischen, komplexen Pressverbandgeometrien auf die Zahnbelastung wird das Leichtbaupotenzial und die Leistungsdichte gefügter Zahnräder unzureichend ausgeschöpft. Um die Leistungsdichte von Stirnrädern zu steigern, wird eine FE-Berechnungsmethode entwickelt, die den Einfluss dünnwandiger, geometrisch flexibler Querpressverbände auf die Zahnbelastung abbildet. In Kombination mit dem Vorhaben FVA 127 XI ist zudem eine komplette Überrollung möglich, um unterschiedliche Aufweitungen über den Umfang bei der Berechnung von Stegrädern zu berücksichtigen. Zusätzlich sollen Möglichkeiten zur Steifigkeitsreduktion des elastischen Umfelds bei gleichbleibender Ergebnislösung realisiert werden. Mit der Berechnungsmethode soll neben dem Einsatzverhalten gefügter Stirnräder zudem die Mikrogeometrieänderung der Zahnflanke infolge des Pressverbandes bereits in der frühen Entwicklungsphase realitätsnah abgebildet werden. Die Methode wurde anhand verschiedener Prüflinge validiert, die in **Bild 1** dargestellt sind.

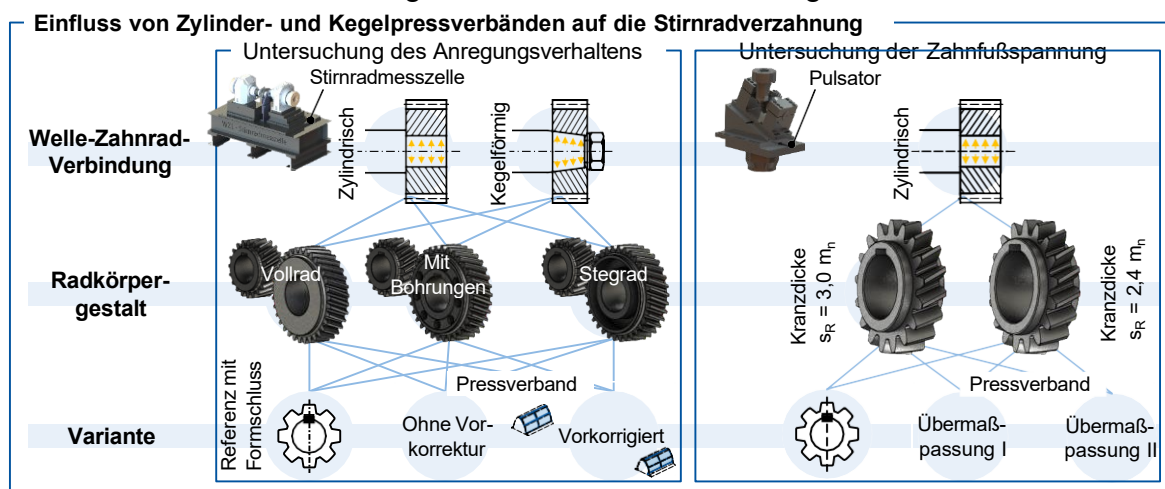


Bild 1: Übersicht der im Projektrahmen untersuchten Prüflinge

Die validierte Berechnungsmethode wurde zur Berechnung des Einsatzverhaltens gefügter Stirnräder auf Serienverzahnungen aus der Industrie angewandt. Zur weiteren Validierung der Berechnungsmethode zur Auslegung von Zahnflankenmodifikationen gefügter Stirnräder wurden die Simulationsergebnisse mit Aufpressversuchen zweier Industrieverzahnungen verglichen. Die Ergebnisse zeigen eine sehr hohe Übereinstimmung. Anhand eines Industriebeispiels wurde zudem eine Parameterstudie durchgeführt, um den Einfluss des Fugendrucks und der Radkranzdicke auf die Zahnfußspannung und den Summendrehsfehler eines gefügten Stirnrades simulativ zu untersuchen. Die neue Berechnungsmethode ermöglicht eine quantitative Bewertung des Anregungsverhaltens und der Zahnfußspannung gefügter Stirnräder. Abschließend wurde beispielhaft der Einfluss einer Vorkorrektur auf die Zahnfußspannung und den Summendrehsfehler gefügter Stirnräder im Rahmen der neuen Berechnungsmethode anhand einer Serienverzahnung simulativ untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass eine mikrogeometrische Vorkorrektur in den betrachteten Betriebspunkten einen positiven Effekt auf die Zahnfußspannungen und das Anregungsverhalten hat. Die Berechnungsmethode befähigt den Auslegenden zur Kenntnis der geänderten Mikrogeometrie infolge des Pressverbandes, sodass eine Mikrogeometrieoptimierung gefügter Stirnräder ermöglicht wird. Insgesamt wurde das Projekt erfolgreich abgeschlossen und das Projektziel erreicht. Dem Nutzer steht eine validierte Berechnungsmethode zur Verfügung, die das Einsatzverhalten und die Mikrogeometrieänderung gefügter Stirnräder simulativ ermitteln kann.

Autoren: **Christian Namhoff, M.Sc.**
Werkzeugmaschinenlabor (WZL) – RWTH Aachen University
Leitung: Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher

Till Budde, M.Sc.
Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD – Universität Bayreuth
Leitung: Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Referent FVA
Christian Kunze
T 069- 6603 -1674

Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 01|F21898 N der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit den Mitteln der [IGF](#) gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF)

Die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) ist ein europaweit einzigartiges, themenoffenes und vorwettbewerbliches Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE), das kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) einen einfachen Zugang zu praxisorientierter Forschung und zu aktuellen Forschungsergebnissen ermöglicht. In der IGF bestimmen Unternehmen bzw. Verbände, Forschungsvereinigungen und Forschungseinrichtungen gemeinsam den Forschungsbedarf und die Forschungsthemen ihrer Branche. Die Begleitung der Forschungsprojekte durch die Unternehmen garantiert die Praxisnähe der Forschungsprojekte. Die Ergebnisse der IGF-Projekte sind öffentlich und stehen allen interessierten Unternehmen zu gleichen Bedingungen zur Verfügung. So stärkt die IGF die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands in Deutschland und trägt damit maßgeblich zu Deutschlands Innovationssouveränität bei.

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert. Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unserer Branche. Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten. Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung, finanziert über die IGF und Eigenmittel ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen. Weitere Informationen unter www.fva-net.de.