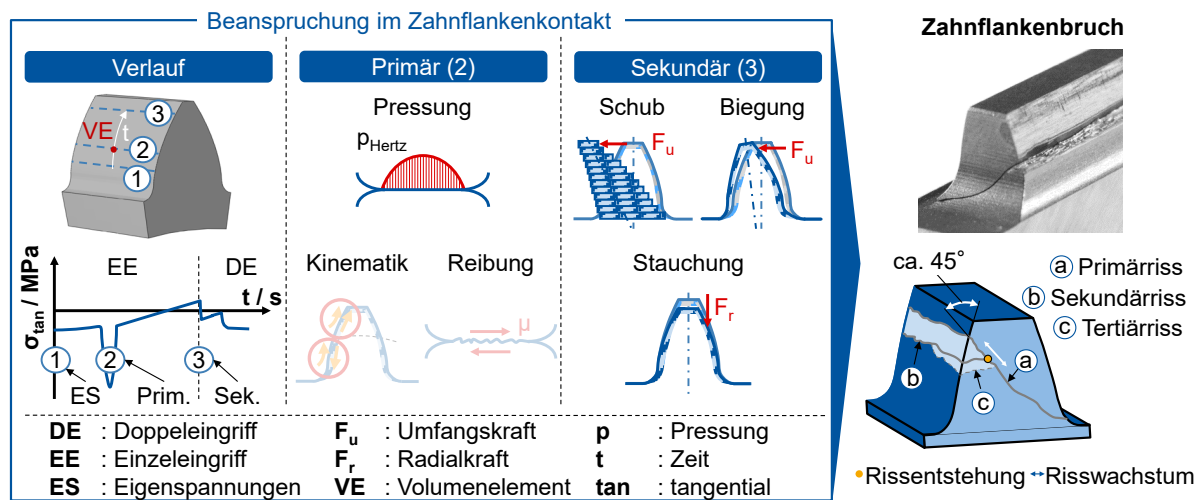


Separierte Analyse der Biege- und Kontaktpressungseinflüsse auf die Zahnflankenbruchgefahr von Stirnrädern

Infolge der stetigen Optimierung von Zahnrädern im oberflächennahen Bereich kommt es vermehrt zu Zahnflankenbrüchen. Die Schadensart Zahnflankenbruch hat ihren Rissausgang typischerweise im Zahnvolumen unter der gehärteten Randschicht an einer Fehlstelle im Material. Wesentliche Einflussgrößen auf die Zahnflankenbruchtragfähigkeit sind die Einsatzhärtetiefe, die Kernhärte, Eigenspannungen und die Materialreinheit. Weiterhin bestimmen die Primär- und Sekundärbeanspruchung im Zahnflankenkontakt die Zahnflankenbruchgefahr.

Die geometrischen Einflussgrößen auf die Zahnflankenbruchtragfähigkeit sind derzeit unzureichend erforscht. Daher hatte das zugrunde liegende Forschungsvorhaben die Analyse der geometrischen Einflüsse auf die Zahnflankenbruchtragfähigkeit als Zielsetzung (Bild 1).



Quelle: Witzig, J.: Flankenbruch - Eine Grenze der Zahnradtragfähigkeit in der Werkstofftiefe. Diss. TU München. (2012)

Bild 1: Beanspruchungen im Zahnflankenkontakt und Schadensmechanismus Zahnflankenbruch

Zur Erreichung der Zielsetzung wurden im Rahmen des Vorhabens verschiedene Arbeitspakete abgearbeitet. Im ersten Schritt wurde die FE-basierte WZL-Zahnflankenbruchtragfähigkeitsberechnung um eine lokale Feinvernetzung im zahnflankenbruchkritischen Bereich des Zahnvolumens erweitert. Die lokale Feinvernetzung ermöglicht die rechenzeit- und speichereffiziente Berechnung von Einflusszahlen im Rahmen des Programmablaufs der FE-Stirnradekette. Mit dieser Erweiterung werden auch großmodulige Zahnräder mit hohen Verzahnungsbreiten effizient ohne Einbußen bei der Ergebnisgüte der für die nachgelagerte Flankenbruchberechnung notwendigen Spannungstensor-Zeitverläufe berechenbar. Nach Implementierung der Schnittstelle zwischen FE-Stirnradekette und Zahnflankenbruchberechnung wurde ein Methodenträger mit grafischer

Benutzeroberfläche entwickelt, welcher der Industrie zugänglich gemacht wurde. Eine anschließend durchgeführte simulative Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der geometrischen Einflüsse auf die Zahnflankenbruchtragfähigkeit bildete die Basis für die Auslegung verschiedener Prüfverzahnungsvarianten. Die Prüfverzahnungen wurden im Anschluss am WZL gefertigt und auf dem Zwei-Wellen-Verspannungsprüfstand mit Achsabstand $a = 200 \text{ mm}$ am WZL experimentell untersucht. Bei den durchgeführten Versuchen zeigte sich, dass der Einfluss der Materialeigenschaften auf die Zahnflankenbruchtragfähigkeit den Einfluss der Geometrie überwiegt. Durch metallografische Analysen konnte in der Nachrechnung der Prüfverzahnungen mit der entwickelten Methode und gemessenen Eingabegrößen gezeigt werden, dass die Einsatzhärte CHD_{550} und die Kernhärte HV_K die Zahnflankenbruchtragfähigkeit erheblich steigern. Weiterhin liegt eine wesentliche Einflussgröße in der Berechnungsmethode in der Wahl der Fehlstellenverteilungsfunktion und ihrer Parametrierung. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Methode sensitiv auf veränderliche Materialeigenschaften reagiert und somit eine sehr gute Kenntnis der Eingabegrößen für eine präzise Zahnflankenbruch-Tragfähigkeitsberechnung voraussetzt.

Autoren: **Johannes Rolzhäuser, M.Sc.**

Werkzeugmaschinenlabor (WZL) – RWTH Aachen University
Leitung: Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher

Dr.-Ing. Johannes Wittmann

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD – Universität Bayreuth
Leitung: Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)

Christian Sander

T +4969 6603 1872

Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 01|F21613 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 erfolgreiches, themenoffenes und vorwettbewerbliches Förderprogramm des 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 180 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.