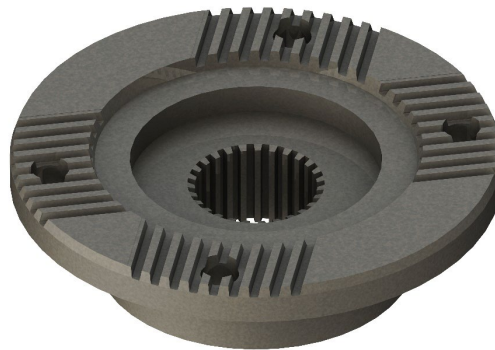


## Kreuzverzahnung

### Beanspruchung und Tragfähigkeit kreuzverzahnter Flanschverbindungen

Bei hohen Drehmomenten und geringem Bauraum werden zur Leistungsübertragung und zur Verbindung von Wellen häufig Stirnzahnverbindungen bzw. Plankerbverzahnungen eingesetzt. Gegenüber reibschlüssigen Verbindungen (z.B. DIN- oder SAE-Flansche) können diese größere Drehmomente übertragen. Eine Verzahnungsvariante ist die Kreuzverzahnung. Sie zeichnet sich durch mehrere Zahnfelder, welche paarweise im Kreis auf einem Flansch angeordnet sind, aus. Diese Zahnfelder weisen parallele Zähne auf, welche einen konstanten Flankenwinkel und eine konstante Zahnhöhe besitzen. Benachbarte Zahnfelder stehen in einem Kreuzungswinkel zueinander.



Damit sich beide Kupplungshälften im Betrieb (unter Torsionsbelastung) nicht voneinander lösen, muss diese Verbindung axial verschraubt und vorgespannt werden. Diese Vorspannkraft wird mithilfe einer zentral angeordneten Spansschraube für alle Zahnfelder aufgebracht (zentrale Verschraubung) oder durch einzelne Spansschrauben jeweils in der Mitte eines jeden Zahnfeldes (dezentrale Verschraubung). Eine oder mehrere Spansschrauben sind somit notwendig, um die Funktion der Kreuzverzahnung zu gewährleisten.

Bei der Auslegung von Kreuzverzahnungen besteht das Problem, dass keine allgemein gültigen Berechnungsvorschriften zur Dimensionierung existieren. Die Auswahl der Baugröße erfolgt daher nach Erfahrungswerten für zulässige Drehmomente und mithilfe von Produktkatalogen der Hersteller. Auftretende Betriebslasten werden dabei oft nur abgeschätzt bzw. nicht im vollen Umfang berücksichtigt. Außerdem enthalten Kataloge keine Angaben zu Sicherheitswerten und erforderlichen Vorspannkraften zur Kraftübertragung.

Aufgrund fehlender Kenntnisse hinsichtlich der Auswirkungen eventueller Veränderungen der Geometrieparameter (z. B. Kreuzungswinkel, Zahngeometrie, Durchmesser, Bohrungsdurchmesser und -lage) auf die örtlichen Beanspruchungen in der Verzahnung, sind Abweichungen von der bereits bestehenden Produktpalette zurzeit jedoch nur schwer realisierbar. Dies bedeutet gleichzeitig eine Beschränkung der Einsatzmöglichkeiten auf den durch die verfügbaren Baugrößen begrenzten Lastbereich.

In diesem Forschungsvorhaben wurde ein Tragfähigkeitsnachweis für Kreuzverzahnungen erarbeitet. Dieser umfasst mehrere Einzelnachweise, welche zur Auslegung und Dimensionierung von kreuzverzahnten Flanschverbindungen geführt werden müssen. Die für das Berechnungsverfahren benötigten Faktoren (Lastverteilungsfaktoren und Berechnungsfaktoren für Zahnfußspannungen) wurden aus umfangreichen FE-Kontaktrechnungen für verschiedene Geometrievarianten abgeleitet. Mithilfe von Hochleistungsrechnen (HPC) konnten FE-Simulationen effizient durchgeführt und eine große Datenbasis aufgebaut werden. Die theoretischen Untersuchungen konnten während des Vorhabens mit experimentellen Bauteiluntersuchungen in Einklang gebracht werden. Dafür wurde in Form von Treppenstufenversuchen die dauerhaft ertragbare Torsionsmomentamplitude bestimmt. Außerdem konnten grundlegende Erkenntnisse zum Setzverhalten kreuzverzahnter Flanschverbindungen durch Messung von Vorspannkräften gewonnen werden.

Der entwickelte Tragfähigkeitsnachweis wurde in Form eines Methodenträgers (Kommandozeilenprogramm) softwaretechnisch umgesetzt. Die beanspruchungsgerechte Auslegung und Dimensionierung von kreuzverzahnten Flanschverbindungen ist daher im Rahmen der gesetzten Parametergrenzen künftig ohne Zeit und Ressourcen beanspruchende numerische Rechenverfahren wie z. B. der Finite-Elemente-Methode möglich. Es steigt die Entwicklungsgeschwindigkeit und vorhandene Tragfähigkeitsreserven können besser ausgenutzt werden. Da Kreuzverzahnungen im Vergleich zu anderen Stirnverzahnungen vergleichsweise kostengünstig hergestellt werden können, trägt das Forschungsvorhaben zur Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen der Antriebstechnik bei und dient so der Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen in Deutschland.

**Autor:**           **Dipl.-Ing Hans Härtel**  
Technische Universität Dresden  
IMM – Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion

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

**Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 20253 BR 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 Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.**



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## **Hintergrundinformationen zur FVA**

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 unsere 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 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](http://www.fva-net.de).**