

**Reibschlüssige
Welle-Nabe-Verbin-
dung mittels einer
Schrumpfscheibe.
Bild: Ringspann**

Gemeinsam forschen für die Zukunft

Die aktuellen Forschungsvorhaben bei Welle-Nabe-Verbindungen

Auf den ersten Blick ist es den Komponenten gar nicht anzusehen und dennoch ist es so: Welle-Nabe-Verbindungen sind eine diffizile Angelegenheit. Nicht ohne Grund beschäftigt sich die Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) beim VDMA im Rahmen zahlreicher Forschungsvorhaben mit diesem Thema. In diesem Bericht Kurzbeschreibungen aktueller Forschungsprojekte.

►►► Das Forschungsvorhaben FVA 579 trägt die Bezeichnung „Kollektivbelastungen bei Welle-Nabe-Verbindungen“. Worum geht`s? Die Notwendigkeit der Berücksichtigung von Betriebsbelastungen bei der Bauteilauslegung und -berechnung nimmt auf Grund der immer extremer werdenden technischen und wirtschaftlichen Anforderungen zu. Demzufolge wurde bereits die Wellennorm DIN 743 um die auf Lastkollektiven und auf Schädigungsakkumulation basierende Betriebsfestigkeitsberechnung erweitert. Als logische Fortsetzung dieser Arbeit sollen die Phänomene der veränderlichen dynamischen Belastung an Welle-Nabe-Verbindungen

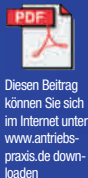
(WNV) näher untersucht werden. Im Rahmen des geplanten Vorhabens werden größtenteils experimentelle Untersuchungen durchgeführt, begleitet von numerischen Simulationen der getesteten Belastungsbedingungen. Dabei wird zunächst eine Signifikanzanalyse der Kollektivparameter vorwiegend im Zeitfestigkeitsbereich der jeweiligen Verbindungsart (Passfeder- bzw. Pressverbindung) realisiert. Die zeitliche Veränderung der Schädigungsmechanismen und ihre Wechselwirkung steht im Fokus dieses Vorhabensabschnittes. In Verbindung mit den theoriegestützten numerischen Beanspruchungsanalysen wird das Verständnis über die

veränderlichen Schädigungsvorgänge in WNV infolge einer Kollektivbelastung festgestellt.

Im zweiten Teil werden dann zwei getriebetypische Referenzkollektive zu Grunde gelegt und die Folgengestaltung der Blockprogrammversuche variiert. Schließlich sollen die Dauerfestigkeitsgrenzen der untersuchten WNV unter definierten Kollektivbelastungen ermittelt werden. Mit den in diesem Abschnitt gewonnenen Ergebnissen erhält der Praktiker erstmals fundierte Festigkeitswerte für die betriebssichere Auslegung von WNV.

Die Resultate der beiden experimentellen Vorhabensabschnitte inklusive der Simulation werden schließlich in einem Schädigungsmodell zusammengeführt, das mit den bestehenden Normwerken kompatibel sein soll und sich somit direkt in der Praxis einsetzen lässt. Damit können die in der Antriebstechnik tätigen Klein- und mittelständischen Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern und ihre Position am globalen Markt stärken.

Nun zum Projekt FVA 566 mit dem Titel „Übertragungsfähigkeit von Klemmverbindungen unter besonderer Berücksichti-



Interview zum Thema



Dr. Georges Romanos, Obmann des FVA-Arbeitskreises Welle-Nabe-Verbindungen; hauptamtlich bei Henkel beschäftigt.

Wie viele Forschungsvorhaben werden derzeit im Rahmen des FVA-Arbeitskreises „Welle-Nabe-Verbindungen“ betreut?

Der Arbeitskreis betreut zurzeit fünf laufende Vorhaben, drei weitere sind befürwortet worden und werden in absehbarer Zeit starten können. Zudem sind drei Forschungsvorhaben in der Planung oder befinden sich momentan in der Begutachtungsphase.

Um welche Kernthemen geht es im Wesentlichen bei all den Forschungsprojekten?

Der Schwerpunkt liegt auf der experimentellen und simulationsgestützten Untersuchung des Betriebs- und Festigkeitsverhaltens verschiedenartiger Welle-Nabe-Verbindungen. Daraus lassen sich Berechnungsmethoden sowie Konstruktionsregeln für die Praxis ableiten. Aktuelle Themen sind die Berechnung von Zahnwellenverbindungen, Grenzlastkriterien für die Passfederbeanspruchung, das Plastifizieren von Klemmverbindungen bei der Montage und unter Betriebslastbedingungen oder die Beanspruchbarkeit von Welle-Nabe-Verbindungen unter zeitlich veränderlicher Belastung (Lastkollektive).

Darüber hinaus befasst sich der Arbeitskreis mit weiteren Themen wie mit reibungsverbessernden Beschichtungen und ihrer Prozessfähigkeit in der Serie, der Entwicklung neuartiger, optimierter Formschlussvarianten, der Lastübertragung bei gerändelten Pressverbindungen, dem Einfluss fertigungsbedingter Abweichungen, Verschleißminderungsmaßnahmen oder der Gestaltfestigkeit von Pressverbindungen. Die Auslegungsmethoden werden im Übrigen in Berechnungsmodule für das Software-Paket FVA-Workbench umgesetzt.

Das ist ein außerordentlich leistungsfähiges Getriebe-Auslegungsprogramm, das neben den genormten Vorgehensweisen die aktuellen Forschungsergebnisse unmittelbar für die Konstruktionspraxis nutzbar macht.

Sind Ihnen als Obmann des Arbeitskreises die F+E-Aktivitäten der Welle-Nabe-Verbindungs-Branche rege genug?

Grundsätzlich bin ich zufrieden, wobei die wichtigen Themen nur im Rahmen einer vorwettbewerblichen Gemeinschaftsforschung behandelt werden können, wie bei uns in der FVA. Es handelt sich dabei ja nicht nur um die Hersteller kommerzieller Welle-Nabe-Verbindungs-lösungen. Welle-Nabe-Verbindungen sind für die Leistungsübertragung verantwortlich und daher in jedem antriebstechnischen Produkt systemrelevant, vom Windanlagenge triebe bis zum Schienenfahrzeug. Die Fragestellung zukünftiger Vorhaben entsteht aus Unzulänglichkeiten in der Konstruktions- und Berechnungspraxis, also beim Anwender, der häufig klein oder mittelständisch ist. Und eine Passfederverbindung stellt jeder Getriebehersteller selbst - die Frage ist, ob sie hält. In Zukunft sehe ich sicherlich den Bedarf, wichtige Schwerpunkte stärker langfristig und anwendungsübergreifend zu setzen. Es geht dabei z. B. um den Leichtbau oder die gezielte Nutzbar-machung numerischer Berechnungsmethoden im industriellen Umfeld. Auch dazu ist die FVA die richtige Plattform.

Welchen Stellenwert nehmen heute im Zusammenhang mit Welle-Nabe-Verbindungen denn Klebstoffe ein?

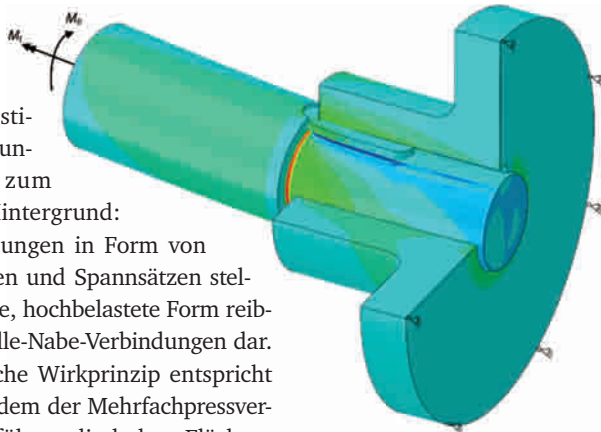
Hochleistungsklebstoffe sind, genauso wie Flüssigdichtstoffe zur Abdichtung von Gehäusen und Anbauteilen, heutzutage nicht mehr aus der modernen Antriebstechnik wegzudenken. Ihr sicherer und effektiver Einsatz wurde nicht zuletzt durch eine Reihe von Vorhaben im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung untermauert, zwei davon bei uns in der FVA. Die Haftungseigenschaften der Fügeflächen sind vor dem Hintergrund stetig wachsender Leistungsdichte für die Lastübertragung essentiell. Daher haben wir uns im Arbeitskreis mit der Klebtechnik beschäftigt, aber auch mit Beschichtungen oder mit der Frage reproduzierbarer Reibkoeffizienten.

gung von plastischen Verformungen“. Kurz zum technischen Hintergrund:

Klemmverbindungen in Form von Spannelementen und Spannsätzen stellen eine häufige, hochbelastete Form reibschlüssiger Welle-Nabe-Verbindungen dar. Das mechanische Wirkprinzip entspricht dabei zumeist dem der Mehrfachpressverbände. Dabei führen die hohen Flächenpressungen in Verbindung mit den üblicherweise dünnwandigen Klemm- und Zwischenringen zu sehr hohen Spannungen, was eine starke Tendenz zu plastischen Verformungen zur Folge hat.

Ausnutzung der Grenzbereiche

Bislang liegen weder zu den Konsequenzen dieser überelastischen Werkstoffbeanspruchung beispielsweise hinsichtlich Dauerfestigkeit und Wiedermontierbarkeit, noch zu deren Berechnung Untersuchungen vor. Die steigenden Anforderungen an Leistungsdichte und Betriebssicherheit erfordern jedoch gesicherte Erkenntnisse zur Ausnutzung dieser Grenzbereiche. Ziel des Vorhabens ist deshalb die Entwicklung praxisingerechter Berechnungs- und Auslegungsgrundlagen von Klemm- und Spannverbindungen unter spezieller Berücksichtigung elastisch-plastischer Verformungen. Damit sollen die Verbindungen einer gezielten Ausnutzung der plastischen Werkstoffreserven zugänglich gemacht werden. Es wird erwartet, dass sich damit Leistungsdichte und Betriebssicherheit im Antriebsstrang erheblich verbessern lassen.



**Passfeder-
verbindung
mit Freistich
unter Torsions-
und Biegebelastung. Bild:
IKAT TU
Chemnitz**

Spannelemente werden vor allem als standardisierte Zukaufteile angeboten, deren Hersteller ausnahmslos den kleinen und mittleren Unternehmen zuzuordnen sind. Deshalb kommen die zu erwartenden Ergebnisse gerade diesen besonders zugute. Anwender partizipieren darüber hinaus von der Möglichkeit der beanspruchungsgerechten Dimensionierung. Diesbezüglich sollen die gewonnenen Erkenntnisse die Grundlage der Weiterentwicklung der einschlägigen Normen (DIN 7190) und Berechnungsprogramme (FVA.PressFit) zur Auslegung von Welle-Nabe-Verbindungen bilden.

Theoretische Wissensbasis erweitert

Nun zum Forschungsvorhaben FVA 591 mit der Bezeichnung „FVA-Berechnungsrichtlinie für Zahnwellen-Verbindungen“. Die Berechnung von Zahnwellen-Verbindungen stellt einen alltäglichen Arbeitsgang in der antriebstechnischen Konstruktion dar. Die vorliegenden Normen DIN 743 und DIN 5466E führen aufgrund überalterter wissenschaftlicher Grundlagen und fehlender Werkstoffgrenzwerte aktuell aber zu unbefriedigenden Aussagen

und Übereinstimmungen mit Anwendungsfällen. Einige praxisrelevante Anwendungsfälle sind darüber hinaus in den bestehenden Berechnungsnormen prinzipiell noch nicht berücksichtigt oder gehen über die Gültigkeitsgrenzen hinaus.

Im Rahmen der Arbeiten zu diesem Thema soll einerseits die theoretische Wissensbasis für das Verbindungssystem aus Welle und Nabe mit numerischen Simulationen aktualisiert und erweitert werden und andererseits aus zusammenzutragenden experimentellen Versuchsergebnissen die Angabe von zulässigen Werkstoffkennwerten für anwendungsrelevante Werkstoffzustände erreicht werden.

Abschließend soll noch kurz das Forschungsvorhaben FVA 600 mit dem Titel „Zulässige Flächenpressung bei Passfederverbindungen“ erwähnt werden. Im Bereich formschlüssiger Welle-Nabe-Verbindungen stellen Passfederverbindungen (PFV) die häufigste Anwendungsform dar. In Abgrenzung zu rein reibschlüssigen WNV wie Zylinderpressverbindungen, welche aufgrund der Spielfreiheit besonders bei hohen dynamischen Belastungen eingesetzt werden, kommen PFV bei besonderen Anforderungen an Montage sowie De- und Wiedermontierbarkeit zum Einsatz. Weitere Detailinformationen dazu über die FVA. ◀◀◀

| | | |
|--|---------|--------|
| | webCODE | ap1384 |
| Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. | | |
| www.fva-net.de | | |
| Direkter Zugriff unter www.antriebspraxis.de Code eintragen und go drücken | | |