

Software für Getriebeentwicklung

Einfluss der Lagerauswahl auf die Verzahnungskorrektur

Die FVA-Workbench ist ein herstellernerutrales Werkzeug zur Simulation und Berechnung von Getriebesystemen. Bei kürzer werdenden Produktentwicklungszyklen ist es besonders wichtig, auf performante Modellierungsansätze und Berechnungsalgorithmen zu setzen. Die vorwiegend analytischen Ansätze garantieren eine schnelle und verlässliche Lösung für alle wichtigen Fragestellungen der Antriebstechnik. Für Körper, die analytisch nicht genau beschrieben werden können, werden die Ergebnisse durch geeignete numerische Methoden ergänzt. Die intuitive Modellierungstechnik der FVA-Workbench ermöglicht dabei stets eine vollständige und valide Simulation herstellbarer Getriebe.

Entwickelt, diskutiert und validiert werden die Berechnungen in Forschungsvorhaben der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA). Durch Mitgliedsbeiträge und öffentliche Fördermittel ist die FVA in der Lage, jährlich 17 Millionen Euro für Forschungsprojekte an führenden Universitäten, Lehrstühlen und Forschungseinrichtungen zu generieren. Die FVA-Workbench dient als Wissensplattform, die das in den Projekten entstandene Forschungswissen der FVA für Ingenieurinnen und Ingenieure zugänglich und anwendbar macht. Das Lesen und Studieren unzähliger Seiten wissenschaftlicher Dokumentation entfällt damit und die Entwicklung innovativer Getriebe wird deutlich nutzerfreundlicher und effizienter.

Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Getriebeentwicklung ist die praxisgerechte Auslegung von Verzahnungskorrekturen. Im Folgenden wird an Hand von Systemanalysen mit der FVA-Workbench gezeigt, wie bereits die Auswahl der Wälzlager die benötigten Verzahnungskorrekturen beeinflusst.

Auslegung von Verzahnungskorrekturen

Lastbedingte Verformungen und Verlagerungen im Getrieben können zu erheblichen Schiefstellungen in den Verzahnungseingriffen führen. Dies verursacht ein ungleichmäßiges Breitentragen und kann die Verzahnungssicherheiten deutlich reduzieren. Um dies zu vermeiden, sind Verzahnungskorrekturen so auszulegen, dass Verformungen kompensiert werden. Dazu ist eine detaillierte Betrachtung aller Getriebeverformungen notwendig. Am Beispiel des 1-stufigen Getriebes in Bild 1 soll gezeigt werden, wie stark die Auswahl der Lagerbauform, zusammen mit der gewählten axialen Lagerfestlegung und der Lagerluft, Verzahnungskorrekturen beeinflusst.

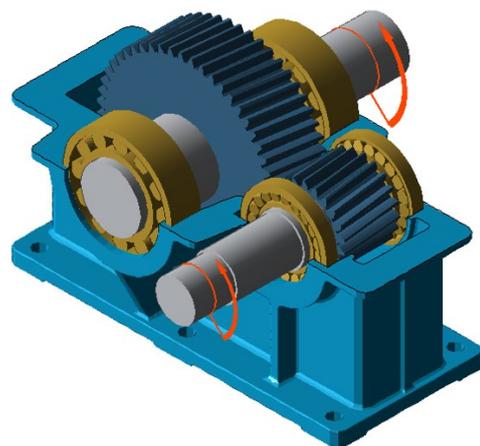


Bild 1: Darstellung eines 1-stufigen Stirnradgetriebes in der FVA-Workbench

Berechnungsbeispiel

Die Antriebswelle des Getriebes ist mit zwei Kegelrollenlagerndes Typs 30324 in X-Anordnung gelagert. Das Radwelle besitzt eine schwimmende Lagerung mit zwei Zylinderrollenlager des Typs NJ 2230. Die Biegelinie der beiden Wellen ist in Bild 2 dargestellt.

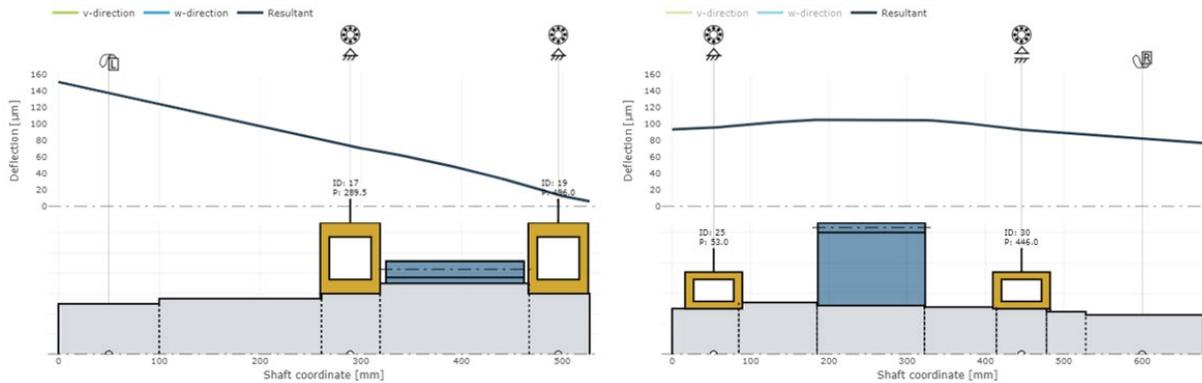


Bild 2: Darstellung von Biegelinien der Antriebswelle (zwei Kegelrollenlager 30324) und Abtriebswelle (zwei Zylinderrollenlager NJ 2230) in der FVA-Workbench

Wie zu erkennen ist, weisen beide Zylinderrollenlager der Abtriebswelle nahezu die gleiche Durchsenkung auf (Bild 2, rechts). Im Gegensatz dazu liegt an der Antriebswelle eine große Schiefstellung vor. Diese wird im Wesentlichen durch den sogenannten Einzentrereffekt am rechten Kegelrollenlager verursacht. Im linken Lager sind nur die Wälzkörper in Richtung der Radialkraft belastet (Bild 3, links). Dieses Lager senkt sich in Richtung der Radialkraft durch. Im rechten Lager ist die Rückstellkraft auf die Welle, die sich aus der Radialkraft und dem Druckwinkel ergibt, niedriger als die anliegende Axialkraft aus der Verzahnung. Dadurch wird die Welle soweit ins Lager geschoben, bis die Wälzkörper über dem gesamten Umfang anliegen (Bild 3, rechts). Die Welle senkt sich dadurch kaum in Richtung der Radialkraft durch.

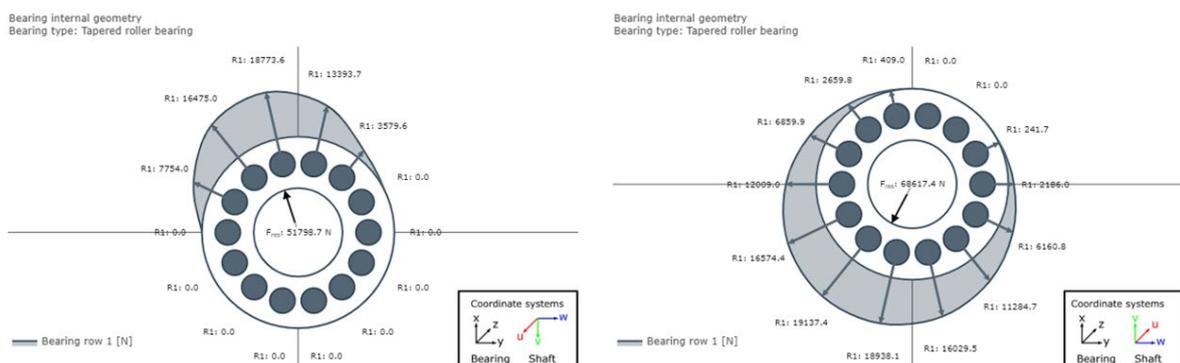


Bild 3: Darstellung des linken Lagers (mit Belastungsbereich < 180°) und des rechten Lagers (mit einem Belastungsbereich über dem vollen Umfang) in der FVA-Workbench

Bild 4 zeigt die, sich vor allem aus der Wellenschiefstellung der Antriebswelle ergebende, Breitenlastverteilung und den mit der FVA-Workbench ermittelten Korrekturvorschlag für eine ausgeglichene Lastverteilung.

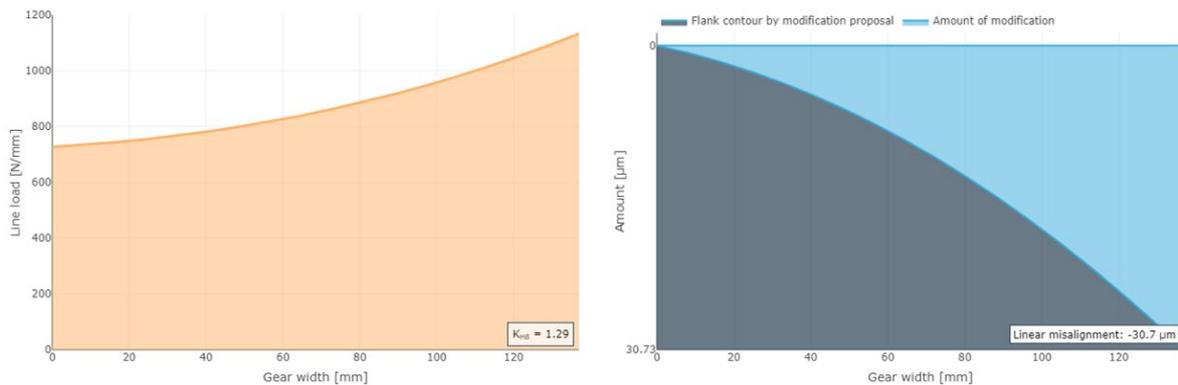


Bild 4: Darstellung der Breitenlastverteilung und Korrekturvorschlag in der FVA-Workbench, basierend auf den Wellendurchbiegungen in Bild 2.

Um dem geschilderten Einzentriereffekt entgegenzuwirken, kann das rechte Lager durch ein Lager mit größerem Druckwinkel, wie beispielsweise ein Lager des Typs 30224 ersetzt werden. Durch den größeren Druckwinkel des neu eingefügten Lagers ergibt sich eine größere Rückstellkraft, welche die Welle aus der Lagermitte schiebt. Damit senkt sich die Welle weiter ab, was ihre Schiefstellung reduziert und den benötigten Korrekturbetrag deutlich verringert (Bild 5).

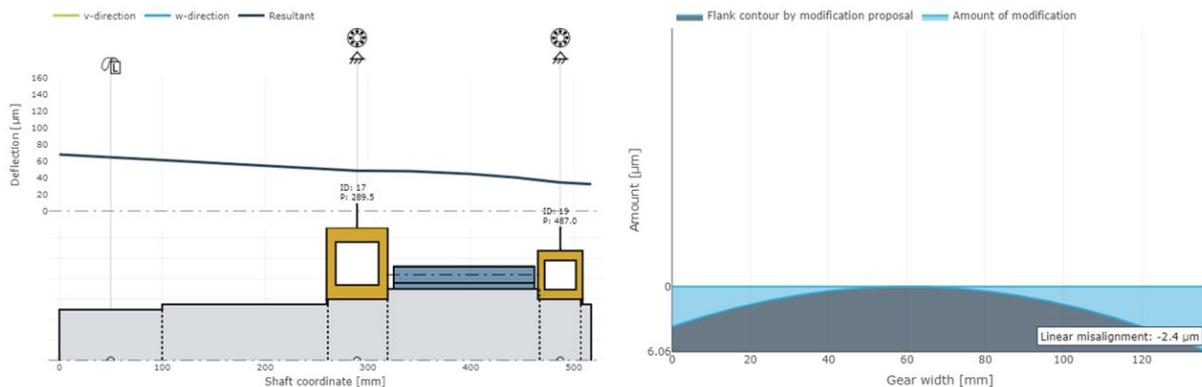


Bild 5: Darstellung von Biegelinie der Antriebswelle (Kegelrollenlager 30324 links, 30224 rechts) und Korrekturvorschlag in der FVA-Workbench

Ein vergleichbarer Effekt durch eine andere Lagerwahl ergibt sich auch auf der Abtriebswelle, wenn man die beiden Zylinderrollenlager durch Pendelrollenlager des Typs 22230 ersetzt (Bild 6), wobei das linke Lager als Festlager und das rechte Lager als Loslager konzipiert ist.

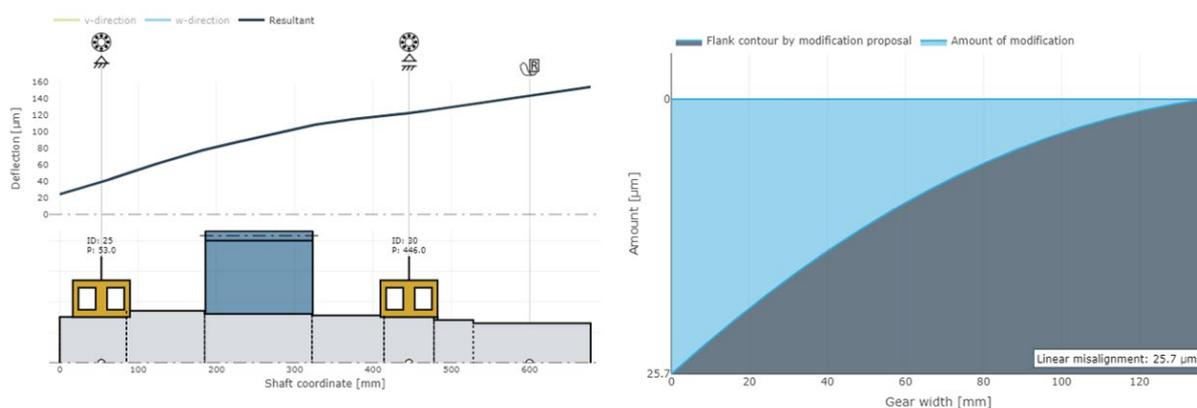


Bild 6: Darstellung von Biegelinie der Abtriebswelle (zwei Pendelrollenlager 22230) und Korrekturvorschlag in der FVA-Workbench

Auch hier erfolgt ein Einzentrieren der Welle am linken Pendelrollenlager, welches als Festlager die Axialkraft aufnimmt.

Das vorangegangene Beispiel macht den großen Einfluss der Lagerauswahl auf die Auslegung von Verzahnungskorrekturen deutlich. Die geschilderte Einzentrierung von Wälzlagern kann bei allen Lagertypen auftreten, die keine zylindrische Lauffläche besitzen. Große Lagerspiele verstärken den Effekt. Je nach Position und Krafrichtung können sich die resultierenden Schiefstellungen der Getriebewellen in den Zahneingriffen entweder verstärken oder kompensieren. Aufgrund der Vielzahl der sich überlagernden Einflüsse ist daher für eine praxisgerechte Korrekturauslegung eine Gesamtsystembetrachtung aller Kräfte und Verformungen im Getriebe notwendig, so wie sie die FVA-Workbench bietet. Mit der FVA-Workbench lässt sich auf diesem Weg nicht nur die Steifigkeit einer Lagerungsoption, sondern gleichzeitig auch die damit verbundene Lebensdauer und die Verlustleistung bestimmen.

Über die FVA GmbH:

Die FVA GmbH ist ein Gemeinschaftsunternehmen des VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) und der FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V.). 2010 gegründet, arbeitet die FVA GmbH, Hand in Hand mit der deutschen Spitzenforschung und den führenden Unternehmen der Antriebstechnik, am aktiven Transfer der FVA-Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis. Kernkompetenzen des Unternehmens sind die Entwicklung von Berechnungs- und Simulationssoftware für die Antriebstechnik, die Aufbereitung und Überführung von gewachsenen Legacy Code Strukturen in moderne Softwarearchitekturen, professioneller Service und Support sowie die Durchführung von Fachseminaren und Kongressen.

www.fva-service.de #FVAWorkbench #FVADriveTechnology