

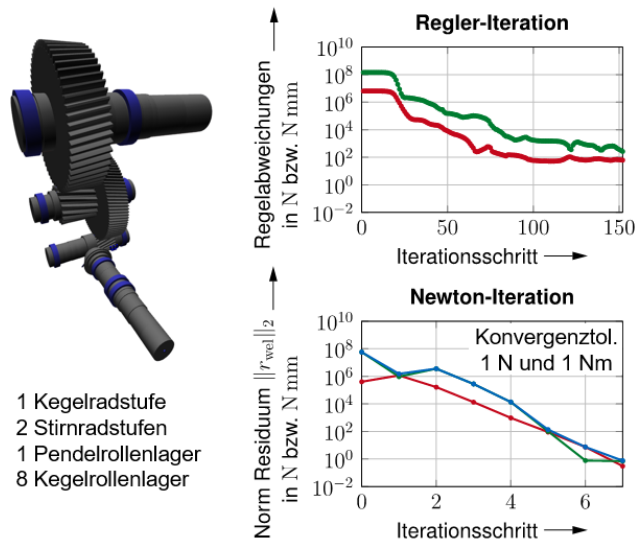
FVA 30 XI, Gefördert durch die FVA

Erweiterung um Berechnungsanforderungen und Verbesserung der Performance

Das Programm RIKOR dient zur Auslegung von Korrekturen für Stirnradgetriebe. Da die Elastizitäten im Getriebesystem einen Einfluss auf die Verformungen und Verlagerungen der Wellen haben, sind diese zur Berechnung der Lastverteilung im Eingriff zu berücksichtigen. Dazu wird ein mechanisches Modell zur Erfassung der gesamten Getriebestruktur umgesetzt, sodass eine linearelastische Verformungsanalyse des Getriebesystems unter Erfassung der Wechselwirkungen zwischen den Zahnradstufen durchgeführt werden kann. Im Rahmen der Verformungsanalyse im Gesamtgetriebesystem verlagert sich jedes Getriebeelement den Steifigkeiten seiner Lagerung sowie den Koppelungen zu den benachbarten Getriebeelementen entsprechend. Die Lastaufteilung in Getriebesystemen wird berechnet.

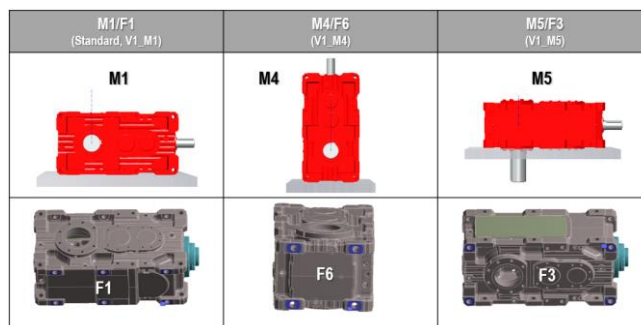
Das Vorhaben FVA 30XI hat zum Ziel, die Rechenzeit bei der Welle-Lager-Iteration zu verbessern und weitere Arbeitspakete zur Erweiterung der Berechnungsumfänge.

Im FVA Vorhaben 571/II wurde der Berechnungsumfang des FVA-Programms RIKOR um den Aufbau eines voll gekoppelten Gesamtsystems erweitert, in dem die Behandlung von Wälzlagerungen durch einen iterativen Ansatz über Steuerlasten erfolgt, welche durch eine Regler-Iteration aufgebracht werden. Die Methode ist robust, stellt führt jedoch insbesondere bei einfacheren Getriebesystemen teils zu überlangen Iterationen. Daher wurde im Rahmen dieses Vorhabens eine Methodik zur steifigkeitsbasierten Wälzlageriteration mit vollbesetzten Jacobi-Matrizen geschaffen. Durch die überarbeitete Methode konnten eine deutliche Verringerung der Rechenzeit sowie Verbesserung der Stabilität erreicht werden.



Konvergenzverhalten der Regler und Newton-Iteration anhand eines Praxisbeispiels

RIKOR besitzt die Möglichkeit, reduzierte Steifigkeitsmatrizen von Gehäusen und Planetenträger in der Berechnung zu berücksichtigen. Typischerweise erfolgt die Reduktion durch vorgelagerte Finite-Elemente-Analysen (FEA) unter Koppelung der Strukturen an der Anbindungsfläche ans Fundament. Das bedeutete bisher, dass für unterschiedliche Anbindungsmöglichkeiten eine neue Steifigkeitsmatrix reduziert und an RIKOR übergeben werden musste.



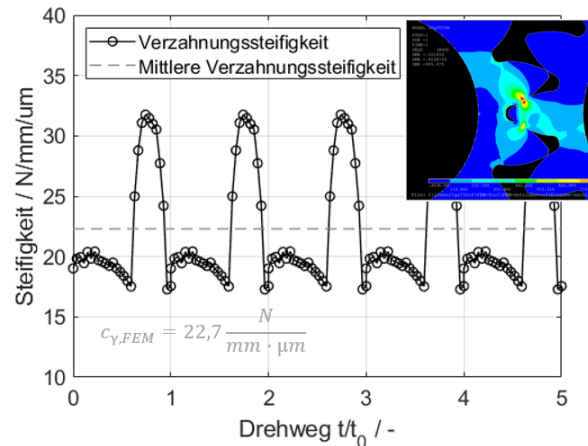
Beispiel einer Gehäusestruktur mit unterschiedlichen Möglichkeiten zur Ankoppelung an das Fundament

Durch die umgesetzte wählbare Gehäuseankoppelung kann nun eine Universal-Stifigkeitsmatrix in RIKOR genutzt werden, welche die Freiheitsgrade aller möglichen Ankoppelpunkte enthält. Die Festlegung, welche Ankoppelpunkte verschraubt oder frei bleiben sollen, erfolgt dann erst programmintern in RIKOR. Die Methode erspart dadurch Mehrfachrechnungen der gleichen Gehäusestruktur für verschiedene Ankoppelmöglichkeiten und erleichtert das Dateihandling.

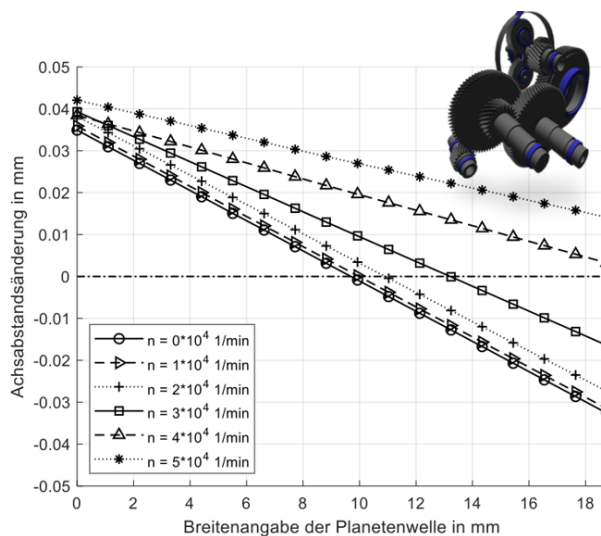
RIKOR ist weiterhin in der Lage, Stirnradeingriffe auf potentielle Rückflankenkontakt zu prüfen. Im Rahmen dieses Vorhabens erfolgte eine Implementierung von Rückflankenkontakte im Gesamtsystem durch Feder-elemente analog zur nominell belasteten Flanke mit der gemittelten Verzahnungsstifigkeit c_{γ} . Zur Überprüfung, ob die vereinfachenden Annahmen zur Berechnung der gemittelten Verzahnungsstifigkeit auch für den Fall von Rückflankenkontakten zutreffen, wurden Grundlagenuntersuchungen mittels der FEA durchgeführt, die eine plausible Modellierung der Rückflankenkontakte mit c_{γ} im Gesamtsystem nahelegen.

In einem weiteren Arbeitspaket erfolgte die Erweiterung von RIKOR um die automatisierte Modellierung von Fliehkräften in Planetengetrieben. Diese werden im Fall von exzentrisch positionierten und rotierenden Elemente in Form einer radial ausgerichteten Fliehkraftbeschleunigung abgebildet, welche auf die Masse der Balkenelemente wirkt. Die erweiterte Berechnungsmethode belegt den Einfluss von Fliehkräften auf die Achsabstandsänderung und damit auch das Tragbild, insbesondere bei Umlaufgetrieben und hohen Planetenträger-Drehzahlen.

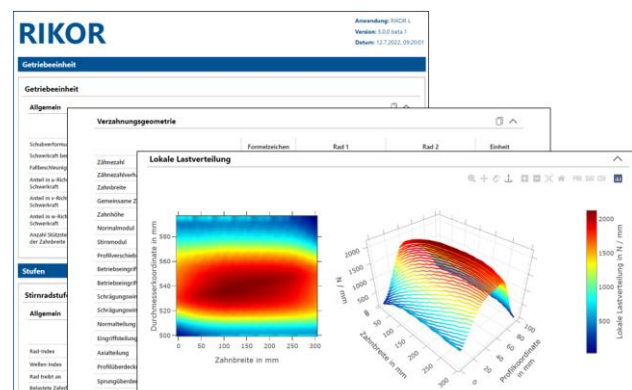
Neben den beschriebenen funktionalen Erweiterungen erfolgte zusätzlich eine Modernisierung der Grafikausgaben in Form eines HTML-Reports. Der Report basiert hierbei auf der REXS-Ausgabe und stellt die wichtigen Ergebnisgrößen tabellarisch bzw. in grafischer Form dar.



Verlauf der Verzahnungsstifigkeit und mittlere Verzahnungsstifigkeit bei Rückflankenkontakt



Achsabstandsänderung zwischen Sonne-Planet aufgrund von Fliehkräften in einem Hochdrehzahl-Planetengetriebe



Beispielhafte Ansicht des umgesetzten HTML-Reports

Autor: M. Sc. Daniel Schweigert

Technische Universität München (TUM)
Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebesysteme (FZG),

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Christian Kunze
T 069- 66 03- 1674

Das Projekt 30 XI der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über Eigenmittel finanziert.

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.