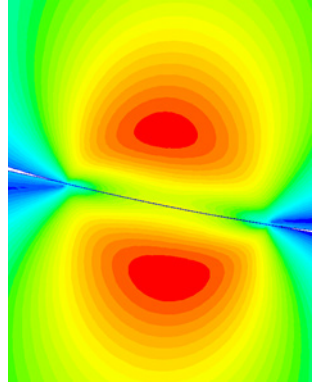


Parametrisches FEM-Modell zur Berechnung lokaler Freilauf-Beanspruchungsgrößen

Martinewski, V.

Bei der Untersuchung von Freiläufen ist es unvermeidbar, die lokalen Beanspruchungsgrößen während verschiedener Lastzustände in der Betrachtung zu berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund wurde eine Abschlussarbeit am IMW ausgeschrieben, welche das Ziel hatte, die ersten Schritte zu einem parametrischen FEM-Modell durchzuführen, um mit geringem Modellierungsaufwand die Verläufe der Beanspruchungsgrößen auszugeben. Größter Unterschied zu sonst bekannten Modellen ist die Vorgabe des Verdrehwinkels als Belastungsgröße. Über eine geeignete Definition des Kontakts der Klemmkörper mit Innen- bzw. Außenring ergeben sich die Kraft- und Beanspruchungsgrößen als Ergebnis der Simulation. Dieses Modell wurde weiter ausgearbeitet und um einige Funktionen erweitert.



During the investigation of freewheels, it is unavoidable to consider the local stress levels during different load conditions. In 2016, a student created the first steps for a numerical simulation model with ANSYS Mechanical APDL during his thesis. With this model, the aim was to reduce the modelling effort during the comparison of stresses of geometrically different freewheels by creating a parametric model. The biggest difference to other known models is the definition of the twist angle as the load variable. By a suitable definition of the contact between the clamp body and the inner or outer ring, the force and stress variables result as a result of the simulation. This model has been further developed and extended.

Hintergrund

Zur Bestimmung der Lebensdauer eines Bauteils ist die im Bauteil wirkende Beanspruchung maßgebend. Im Bereich der Freiläufe resultiert diese Beanspruchung aufgrund der charakteristischen Geometrie aus dem Verkeilen des Klemmkörpers zwischen Innen- und Außenring bei Verdrehung dieser zueinander. Hohe Normalkräfte während dieser Belastung führen zu hohen Kontaktpressungen an der Oberfläche und Vergleichsspannungen unterhalb der Oberfläche. Um diese Größen (Hertzsche Pressung, Maximale Vergleichsspannung, Tiefe der maximalen Vergleichsspannung, ...) zu quantifizieren und in Abhängigkeit des Verdrehwinkels zu vergleichen, werden FE-Analysen durchgeführt. Die hierfür zu erstellenden Modelle weisen einen hohen Modellierungsaufwand auf, sobald geometrisch

abweichende Komponenten berechnet oder miteinander verglichen werden sollen. Die proprietäre FEM-Software ANSYS bietet die Möglichkeit, über die eigene Programmiersprache APDL (ANSYS Parametric Design Language) ein parametrisches Rechenmodell aufzubauen, mit dem eine geometrische Variation von Berechnungsmodellen durch Definition und Variation festgelegter Parameter möglich ist. Für Freiläufe soll diese Möglichkeit genutzt und ein geeignetes 2D-Sektor-Modell erstellt werden.

Modellstruktur

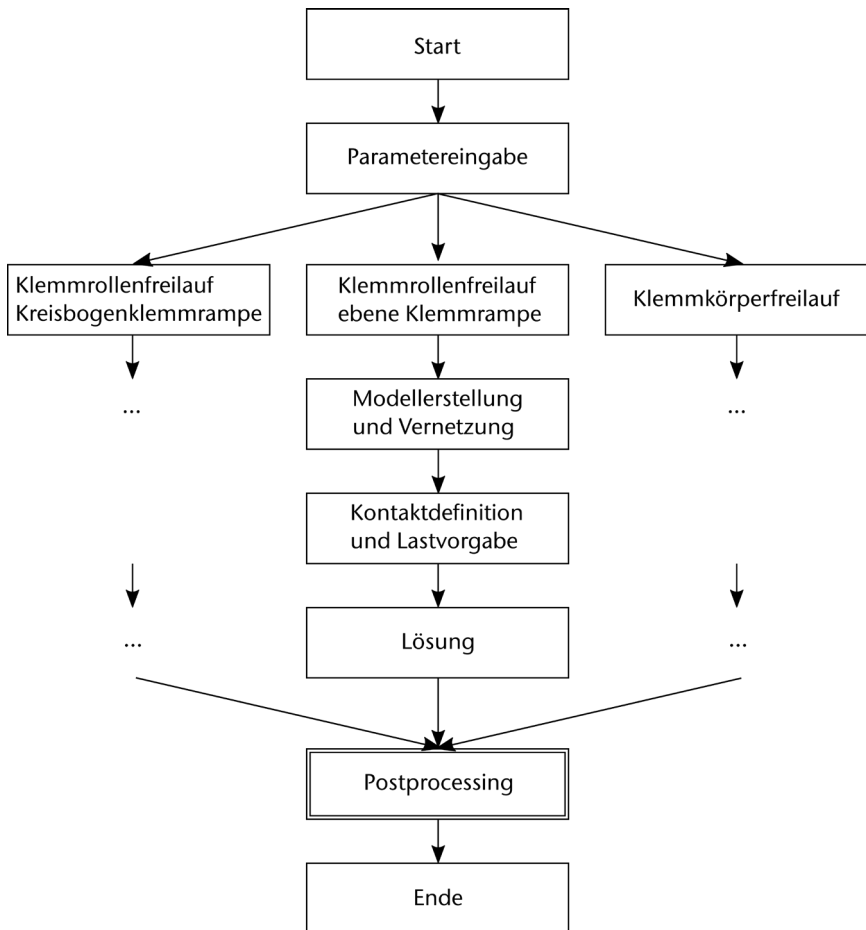


Abbildung 1: Ablaufplan FE-Modell

Abbildung 1 zeigt den allgemeinen Programmablauf des Berechnungsmodells. Im Folgenden wird auf die einzelnen Schritte zwischen Start und Ende des Berechnungsablaufs kurz eingegangen.

Parametereingabe

In Form einer auszufüllenden Textdatei oder durch Abfragen im Programm selber wird in diesem Schritt hauptsächlich die Geometrie definiert. Vorgaben zum Rollendurchmesser oder den Durchmessern der Außen- und Innenringe können hier getätigt werden. In diesem Schritt wird ebenfalls definiert, welche Freilaufbauform untersucht werden soll. Über Abfragen wird im weiteren Programmverlauf in den entsprechenden Modellierungsschritt gewechselt. Derzeit ist die Auswahl zwischen einem Klemmrollenfreilauf mit Innenstern und ebener bzw. Kreisbogen-Klemmrampe durchführbar. Die Möglichkeit zur Berechnung von Klemmkörperfreiläufen befindet sich in der Erstellung.

Neben den geometrischen Größen werden auch Materialkenngrößen und Lastvorgaben definiert. Hierzu zählen z.B. Elastizitätsmoduln und Querkontraktionszahlen für die jeweiligen Komponenten sowie die in den Klemmkontakten vorliegenden Reibwerte. Die Lastvorgabe besteht in diesem aus der Definition eines Grenzverdrehwinkels.

Modellerstellung und Vernetzung

Mithilfe der Geometrievorgaben werden in diesem Programmabschnitt zunächst die Eckpunkte, welche das Modell begrenzen, definiert. Diese werden zu einem Liniennetz verbunden, welches wiederum als Begrenzung für definierbare Flächen dient.

Die Kontaktbeanspruchung, sowie die Beanspruchung kurz unterhalb des Kontakts sind für die Freilaufberechnung relevantesten Größen. Eine feine Vernetzung ist daher gerade in dem Bereich der Abrollbewegung für eine hohe Ergebnisqualität essentiell. Derzeit wird die Elementgröße für die Vernetzung im Auswertebereich manuell während der Parametereingabe definiert. Nach einer umfangreichen Konvergenzanalyse wird das Programm in diesem Bereich so modifiziert, dass für jede realitätsnahe Bauteilgröße eine optimale Diskretisierung vorliegt, sodass dem Anwender eine Entscheidung und damit eine Fehlerquelle abgenommen wird. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt des Netzes im Bereich des Kontakts Klemmrolle-Innenring.

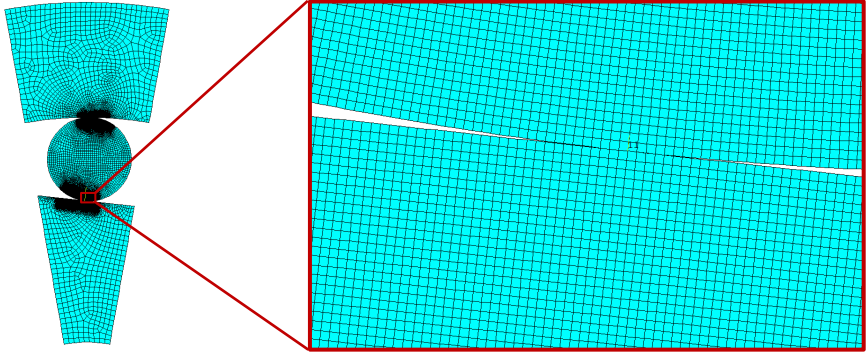


Abbildung 2: Vernetzungsbeispiel am Klemmrolle-Innenring-Kontakt

Kontaktdefinition und Lastvorgabe

Jeder reibschlüssig arbeitende Freilauf weist zwei Kontakte je Klemmelement auf, den Kontakt zwischen Innenring und Klemmelement, sowie zwischen Außenring und Klemmelement. Für die jeweilige Komponente werden Kontaktelemente erstellt, welche einen reibungsbehafteten Kontakt mit vorzugebendem Reibwert darstellen. Die Kontaktberechnung erfolgt nach dem Augmented-Lagrange-Verfahren, welches einen guten Kompromiss zwischen Konvergenzgeschwindigkeit und Ergebnisqualität darstellt. Bei diesem Verfahren wird eine Durchdringung in Höhe der Bauteilrauheit zugelassen.

Die Belastung erfolgt über die Vorgabe des Verdrehwinkels zwischen Innen- und Außenring. Der Außenring wird dabei in seiner tangentialen Position festgehalten, während der Innenring die Verdrehbewegung ausführt. Über die Kontaktbedingungen erfolgt eine Abrollbewegung der Klemmrolle zwischen den Ringen.

Postprocessing

Der Bereich des Postprocessing stellt keinen festen Ablauf dar, sondern vielmehr eine Vielzahl auswählbarer Auswerteprozesse, die sowohl manuell nacheinander oder durch vorherige Definition vom Programm selber durchgeführt werden. Ergebnistabellen oder -diagramme werden in einem zu definierenden Ordner abgelegt und für die weitere Verarbeitung zur Verfügung gestellt. Das Postprocessing ist so programmiert, dass es weitestgehend geometrieunabhängig ablaufen kann.

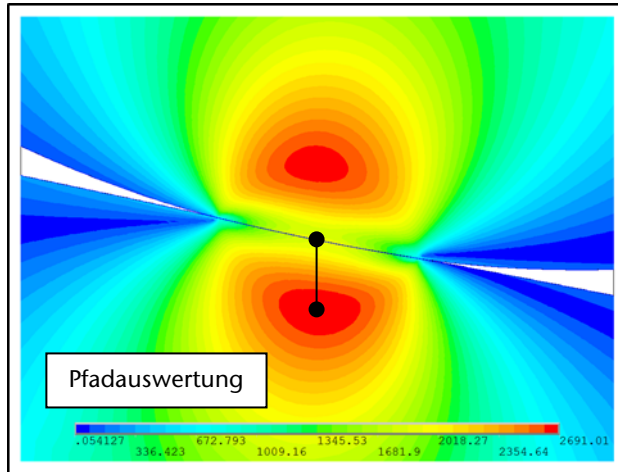


Abbildung 3: Vergleichsspannungsverlauf mit Auswertepfad am Kontakt Innenring-Klemmrolle.

Abbildung 3 zeigt ein Beispiel eines Vergleichsspannungsverlaufs am Innenring-Klemmrolle-Kontakt. Wird der Knotenpunkt maximaler Kontaktpressung und maximaler Vergleichsspannung ausgelesen, kann zwischen diesen beiden Punkten ein Pfad generiert werden. Entlang dieses Pfades können nun anschließend jegliche Ergebnisgrößen ausgegeben oder in einem Diagramm dargestellt werden. Die Auswertung ist damit unabhängig des Verdrehwinkels und kann damit stets unabhängig der Geometrie bzw. der Position maximaler Kontaktpressung erfolgen. Das Postprocessing bietet viele Möglichkeiten der Ergebnisdarstellung, weshalb dieser Bereich noch hohes Entwicklungspotential aufweist. Neben der derzeit realisierten Pfadauswertung des Vergleichsspannungsverlaufs sind unter anderem nachfolgend aufgelistete Auswertemethoden für die Umsetzung geplant:

- Drehmoment abhängig des Verdrehwinkels
- Klemmwinkel abhängig des Verdrehwinkels/Drehmoments
- Normalkraft und Tangentialkraft abhängig des Verdrehwinkels/-Drehmoments

Zusammenfassung

Die Untersuchung der Freilauflebensdauer bedarf stets einer Betrachtung der im Freilauf herrschenden Beanspruchungsgrößen. Diese resultieren aus der Verdrehung des Innen- und Außenrings und sind sowohl an der Oberfläche als auch unterhalb dieser lokalisiert.

Um diese Größen zu bestimmen, wurde begonnen, ein 2D-Sektor-Modell mithilfe des numerischen Berechnungsprogramms ANSYS zu erstellen. Die programminterne Programmiersprache APDL wird verwendet, um ein parametrisches Freilaufmodell zu erstellen, welches durch geeignete Definition von Eingangsgrößen den Modellierungsaufwand für die Berechnung verschiedenster Geometrien auf ein Minimum reduziert.

Das Berechnungsmodell wird hinsichtlich Netzkonvergenz und Systemstabilität sukzessive optimiert. Darüber hinaus werden weitere automatisierte Auswertungsmöglichkeiten programmiert, sodass dem IMW in naher Zukunft eine Berechnungsmöglichkeit zur Bestimmung lokaler Freilauf-Beanspruchungsgrößen zur Verfügung steht.

Literatur

- /1/ Dittrich, J.: Erstellen eines parametrischen Freilaufmodells in ANSYS, Bachelorarbeit, IMW Clausthal 2016, Betreuer: Martinewski, V.