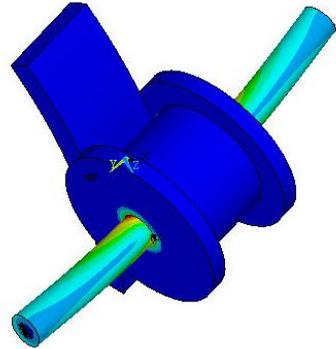


Druckkämme als dicke Platten unter Axialkraftbelastung

Thoden, D.

Für die richtige Funktion eines Druckkamms ist der Aufbau des elastohydrodynamischen Schmierfilms von entscheidender Bedeutung. Dieser Aufbau wird wegen des kleinen Schmierpalts durch mechanische Verformungen stark beeinflusst. Um diese zu untersuchen, werden in einem Forschungsvorhaben die Einflüsse auf die Verformung untersucht.



To get a thrust collar working properly it is essential to get the elastohydrodynamic contact established. This small lubrication gap is influenced by even small mechanic deformations. In order to examine the influences on these deformations, a research project is done.

1 Übersicht

Bei der Untersuchung von Druckkämmen unter punktueller axialer Belastung wurde festgestellt, dass Druckkämme bei Anwendung der Kirchhoff'schen Plattentheorie überdimensioniert werden /1/. Dieses liegt an der Annahmen, dass das elastische Wechselspiel zwischen Welle und Nabe nicht berücksichtigt wird und die Spannungsverteilung über die Plattendicke als linear angesehen wird.

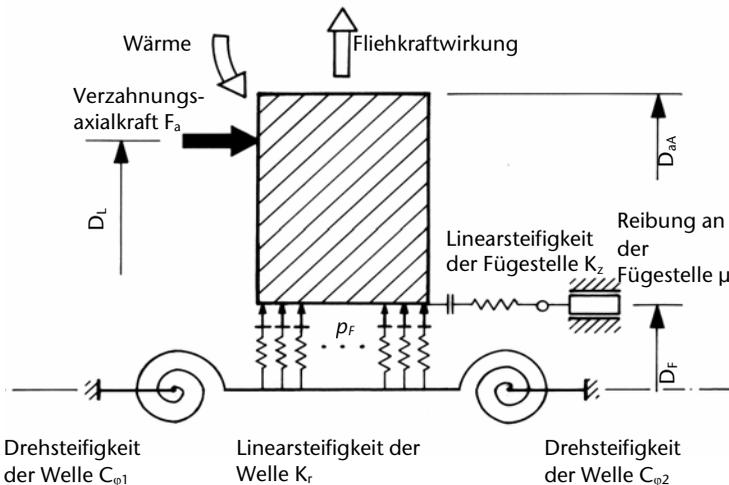


Bild 1: Einflussfaktoren auf das Verformungsverhalten eines Druckkamms /1/

Darüber hinaus können noch weitere Einflüsse ausgemacht werden, die das Verformungsverhalten eines Druckkamms auf der Welle beeinflussen, wie aus **Bild 1** hervor geht.

2 Problemstellung

Dass von verformten Wellen eine erhebliche Beeinflussung des Schmierfilmkontakts ausgeht, konnte in einer numerischen Untersuchung festgestellt werden. **Bild 2** zeigt die Kontaktzone des im Logo-

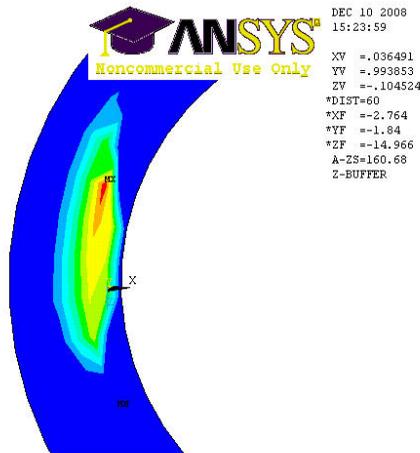


Bild 2: Kontaktzone von Druckkamm und Anlauring bei stark verformter Welle

bild gezeigten Druckkamms mit stark verformter Welle. Es ist klar zu sehen, wie weit sich der Kontaktpunkt von der normalen Eingriffslinie (Koordinatensystem) entfernt hat.

2.1 Versuchsplan

Um die wichtigen und unwichtigen Einflussparameter bestimmen zu können, wurde ein Versuchsplan mit der Software Minitab erstellt. Insgesamt wurden 5 Einflussgrößen betrachtet: Das Durchmesser-Dicken-Verhältnis der Kreisringplatte, die Länge und Steifigkeit der Welle (über den E-Modul), das Passungsübermaß und zur Berücksichtigung der Fliehkraft die Drehzahl. In **Tabelle 1** sind die einzelnen Stufen dargestellt. Mit ihnen wurde ein Wirkungsflächenversuchsplan aufgestellt, um die Einflüsse und Wechselwirkungen zu untersuchen.

Durch die Methode des „Design of Experiments“ konnte für die 15 verschiedenen Parameterstufen die Versuchsanzahl auf 33 Einzeluntersuchungen begrenzt werden.

Parameter	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe
Verhältnis B/D	0,4	1,25	2,1
Wellenlänge [mm]	50	125	50
Wellensteifigkeit [MPa]	70000	140000	210000
Passungsübermaß [µm]	50	120	190
Drehzahl [min ⁻¹]	0	2500	5000

Tabelle 1: Einflussparameter für die numerischen Untersuchungen mit der Software Minitab

2.2 Numerische Untersuchungen

Da in dem Versuchsplan einige Mittelpunktversuche mehrfach durchgeführt werden müssen, konnte die Anzahl der FE-Modelle für die numerischen Untersuchungen auf 28 begrenzt werden. Die Modelle wurden im System ANSYS aufgebaut, an den Stirnseiten der Welle fixiert und mit einer konstanten Kraft im äußeren Bereich der Nabe beaufschlagt.

Als Ausgangsgröße wurde die Verformung der Nabe gemessen, und zwar auf der gegenüberliegenden Seite des Kraftangriffspunkts, um numerische Einflüsse durch die Kräfteinleitung auszuschließen. Mit den ermittelten Werten wurde der Versuchsplan ausgefüllt und die Wirkflächenanalyse durchgeführt.

Durchbiegung an der Kräfteinleitung

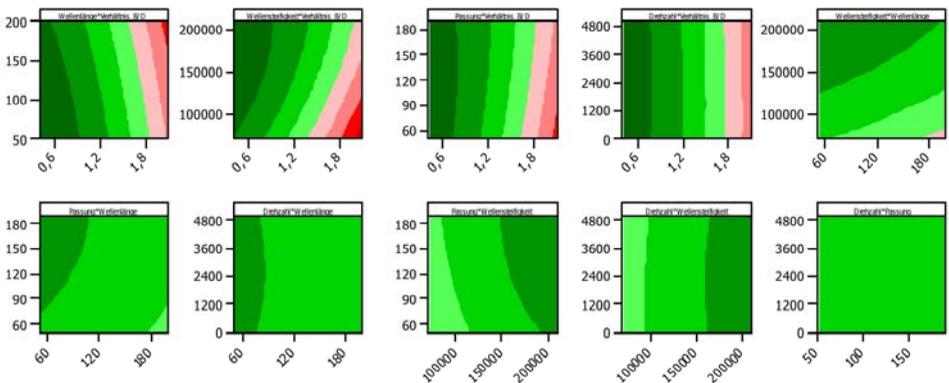


Bild 3: Ergebnis der numerischen Verformungsuntersuchungen

Farbverlauf zeigt die Größe der Verformung an, grün steht für niedrige, rot für große Verformung. Bei gleichmäßiger Färbung haben die Parameter einen geringen Einfluss, bei stark unterschiedlicher einen großen Einfluss auf die Verformung. Ist der Farbverlauf waagrecht oder senkrecht, so gibt es keine Wechselwirkung zwischen den Parametern, bei diagonalem Verlauf sind beide Parameter gleichberechtigt.

2.3 Ergebnisinterpretation

Aus den ersten vier Diagrammen ist klar erkennbar, dass das Durchmesserverhältnis B/D den größten Einfluss auf die Verformung hat. Als nächste Einflüsse zählen die Wellenlänge l und –steifigkeit E . Einen untergeordneten Einfluss hat das Passungsübermaß U . Der Drehzahl-einfluss ist demgegenüber vernachlässigbar.

Da alle Werte numerisch eingegeben wurden, können für die Durchbiegung Koeffizienten errechnet werden. Eine Formel für die Durchbiegung w_D würde nach den gewonnenen Ergebnissen wie folgt lauten:

$$w_D = -4,49 \cdot 10^{-5} - \frac{B}{D} \cdot 5,38 \cdot 10^{-5} - l \cdot 1,46 \cdot 10^{-7} + E \cdot 4,57 \cdot 10^{-10} + U \cdot 7,39 \cdot 10^{-8} - \left(\frac{B}{D}\right)^2 \cdot 2,74 \cdot 10^{-5} - \frac{B}{D} \cdot l \cdot 7,02 \cdot 10^{-8} + \frac{B}{D} \cdot E \cdot 2,73 \cdot 10^{-10} + \frac{B}{D} \cdot U \cdot 1,38 \cdot 10^{-7}$$

3 Zusammenfassung

Mit der vorangegangenen Untersuchung konnte ein erster Vorschlag für die genauere Auslegung von axial unsymmetrisch belasteten dicken Kreisringplatten gemacht werden. Von fünf untersuchten Parametern konnte einer als vernachlässigbar klein eingestuft werden. Für die übrigen vier wird ein Prüfstand erstellt, um die numerischen Untersuchungen auch experimentell abzusichern.

Zusätzlich soll durch theoretische Betrachtungen der vorgeschlagene Ansatz erweitert werden, um schlussendlich auf eine Formel nicht nur für die Durchbiegung sondern auch für die Auslegung gegen das Klaffen zu kommen.

4 Literatur

- /1/ Dietz, P.; Mupende, I.: Druckkamm - ein altes Maschinenelement mit neuem Anwendungspotential. Konstruktion, 2006. 58(4): S. 69 - 75.