

Stirnradgetriebestufe mit Körperschallsensor

GETRIEBEMONITORING DURCH ERFASSUNG VON VIBRATIONEN

Gängig ist die Erfassung des Getriebezustandes mit Körperschallsensoren, die am Gehäuse befestigt werden. Die natürlichen Imperfektionen der Lager, Wellen und Zahnräder im Rahmen der Fertigungstoleranzen führen zur Anregung von elastischen Wellen, die sich über das gesamte Getriebe ausbreiten und mit niederfrequenten Körperschallsensoren erfasst werden können.

Die Frequenzanalyse der aufgenommen Zeitsignale gibt bei Kenntnis der Kinematik des Getriebes die Möglichkeit, die Resonanzen der vorhandenen Struktur und drehzahlabhängigen Ereignissen zuzuordnen. Die zeitlich veränderte Signalintensität geben ebenso wie Frequenzmodulationen Hinweise auf anbahnende Fehler bzw. Verschleisserscheinungen.



Zahnrad mit montiertem Sensor neben den Zahnflanken

EIN SENSORCONZEPT FÜR DAS MONITORING VON ZAHNRADFLANKEN

In Übertragung des GMBU Tribosensorkonzeptes sollte die Frage beantwortet werden, inwieweit mit einem am rotierenden Zahnrad befestigter AE-Sensor der augenblickliche Zusammenbruch des Schmierfilms wie auch sich entwickelnder Fressverschleiss in einer frühen Phase detektierbar sind.

Die aufgenommenen Messdaten sollten mit einem ortsfest am Getriebegehäuse befestigten Körperschallsensor verglichen werden.



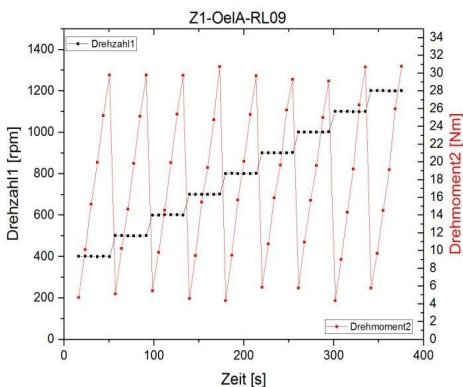
Bild. Blick auf die präparierte Zahnradflanke (braun)

DIE STIRNRADGETRIEBESTUFE ALS TESTSYSTEM

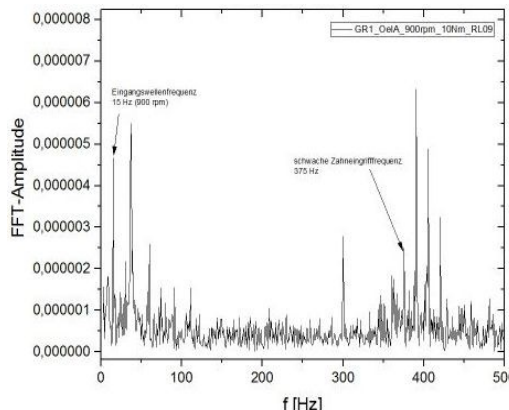
Als Testsystem für die Schwingungsuntersuchungen wurde eine einstufige Stirnradgetriebestufe verwendet. Die beiden Zahnräder sind in einer Fest-Loslagerung fixiert. Mit Getriebestufe wird durch einen Elektromotor angetrieben. Am Abtrieb fungiert ein Generator als Motorbremse. Somit können Drehzahl und Drehmoment im Zahneingriff unabhängig voneinander variiert werden. Für die Simulation der realen Zahneingriffssituation wurden Öle unterschiedlicher Viskosität verwendet und mechnische Schäden an einzelnen Zahnflanken des Antriebszahnrades präpariert

SENSOR CHARAKTERISIERUNG

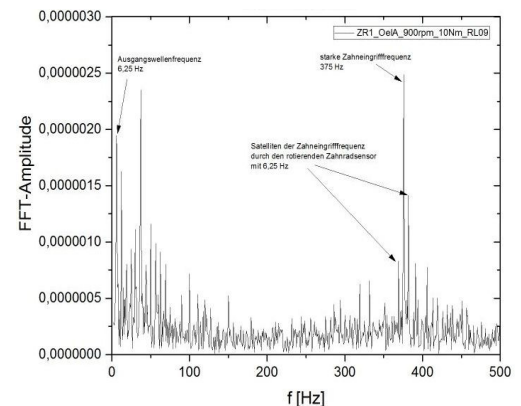
Die Spektren (0 – 500 kHz) wurden für beide Sensoren in Abhängigkeit der Drehzahl/Drehmoment Kennlinien aufgenommen. Dabei zeigen sich auffällige Unterschiede in einzelnen Resonanzen, die mit Hilfe einer Modalanalyse für das ortsfeste und das rotierende Koordinatensystem untersucht wurden.



Lastdiagramm: Ermittlung der Drehmomente in Abhängigkeit der Drehzahl



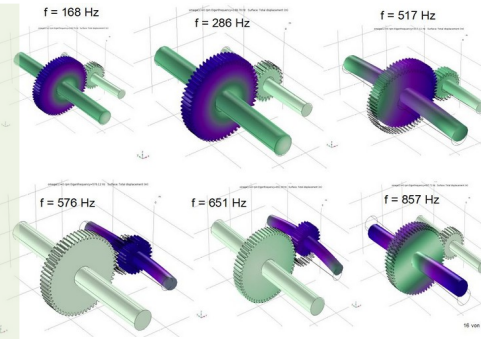
Spektrum des ortsfest montierten Körperschallsensor



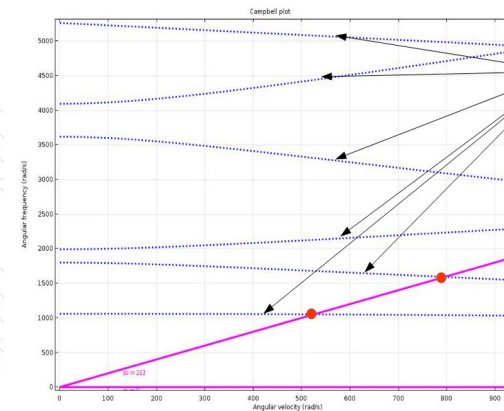
Spektrum des rotierenden Zahnradsensors

ANALYSE ZUM AUFFINDEN NIEDER-FREQUENTER STRUKTURRESONANZEN

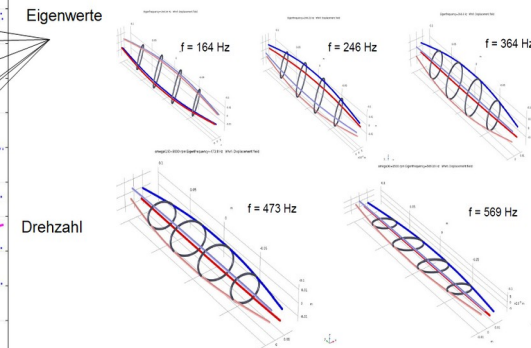
In Abhängigkeit des ortfesten oder rotierenden Koordinatensystems erklären sich die auffälligen Unterschiede der auffindbaren Strukturresonanzen in Abhängigkeit der Drehzahl. Die Resonanzen ergeben sich durch die drehzahlabhängige Anregung als Eigenmoden des schwingungsfähigen Systems Zahnrad-Welle.



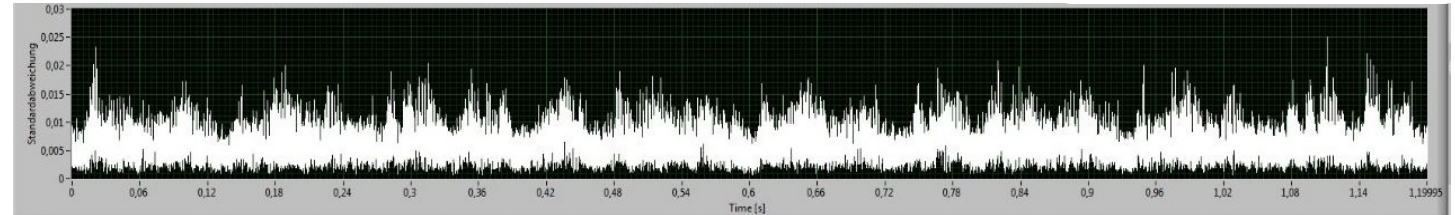
Berechnung der Eigenwerte im bewegten Koordinatensystem (Zahnsensor)



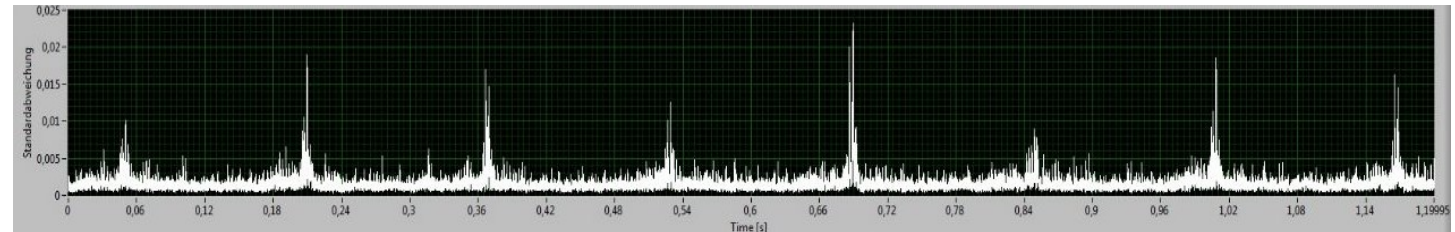
Drehzahlabhängigkeit der Eigenwerte



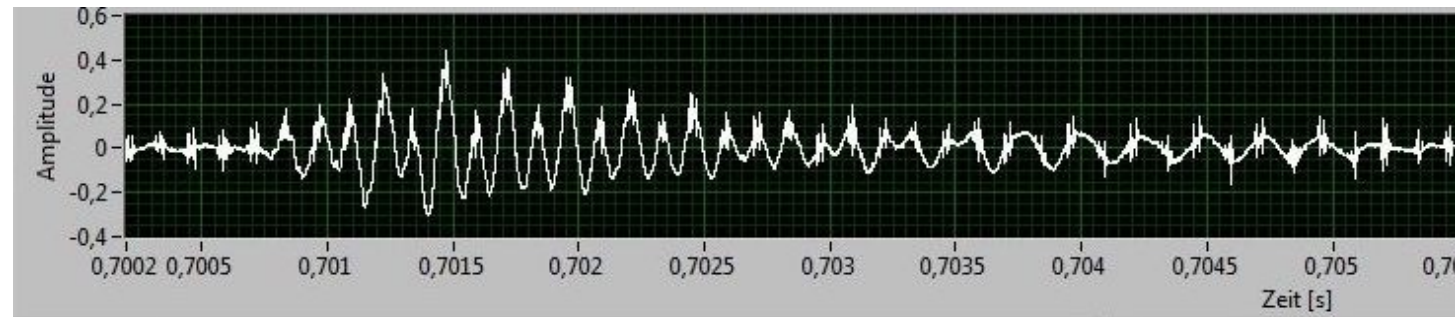
Berechnung der „Whirls“ im ortsfesten Koordinatensystem (Gehäusesensor)



Signalverlauf aufgenommen mit dem Körperschallsensor montiert am Gehäuse



Signalverlauf aufgenommen mit dem Zahnsensor



Detailaufnahme des Schwingungsverlauf offenbart Spikes auf der Grundschwingung die möglicherweise mit dem Feststoffkontakt der Zahnflanken im Zusammenhang stehen.

ANALYSE HOCHFREQUENTER SCHWINGUNGEN

Wie zu erwarten zeigen sich mit dem am Gehäuse befestigten Sensor deutlich mehr Schwingungsamplituden als am Zahnsensor. Der Gehäusesensor erfasst nicht nur die Auslenkung des Schwingensensembles Zahnrad-Welle sondern auch Vibrationen, die von den Wälzlagern und den Kupplungen verursacht werden.

Demgegenüber ist die Situation am Zahnsensor deutlich klarer. Deutlich zu sehen sind die Spikes verursacht durch den präparierten Fehler an der Zahnflanke.

Das Hineinzoomen in den zeitlichen Verlauf der Schwingungsamplituden offenbart weiter Detail die sich auf die unterschiedliche Viskosität der untersuchten Schmieröle abbilden lassen.

FAZIT

Das hier gezeigte Tribosensorkonzept ermöglicht auch beim Monitoring des Zahneingriffs das Potential für eine detaillierte Kurzaufnahme des Geschehens beim Roll-Reibkontakt zweier Zahnflanken.

Auch wenn die Situation am Tribokontakt aufgrund der komplexen Zahnradgeometrie und der Kinematik des Zahneingriffs weniger klare Rückschlüsse auf die Interpretation der Schwingungen zulässt als beim Monitoring des Gleitlagers, ist abzusehen, dass ein solches Sensorkonzept im Zusammenhang mit dem Predictive Maintenance von Zahnradgetrieben eine wichtige Rolle spielen kann.