



Maschinen Zustandsbericht

Messdatum: 13.03.2014

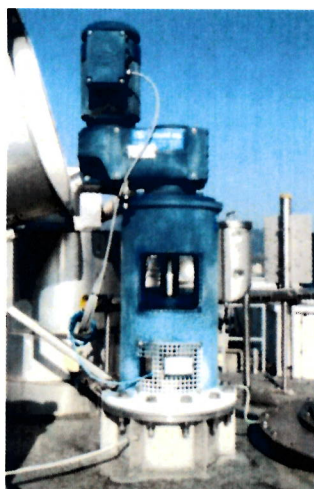
Kunde: ARA Langnau

Anlage: Faulung

Maschine: Rührwerk FR1

Kontakt: Herr Hans Stucki

Analyse durch: Herr Martin Bodenmann



1. Tätigkeiten

-  Schwingungsmessung und Analyse am FR 1 durchgeführt (vorwärts)
-  Schwingungsmessung und Analyse am FR 1 durchgeführt (rückwärts)
-  Transient-Messung (vorwärts) beim Auslaufen durchgeführt
-  Transient-Messung (rückwärts) beim Starten durchgeführt
-  Stossteste am Lagerträger durchgeführt
-  Vergleichsmessungen am FR 2 durchgeführt
-  Rundlauf der Rührerwelle beim FR1 und FR2 gemessen

2. Situationsbeschreibung

Nach ca. 4 Jahren Betriebszeit bricht die Rührerwelle beim FR1. Das FR2 hat noch immer die Originalwelle. Die Drehzahlen, die Betriebsbedingungen und die Aufstellung sind bei beiden RW identisch.

3. Zustandsbeschreibung

Unterschiedliche Schwingwerte bei Vor- und Rückwärtslauf um die Zahneingriffsfrequenz vorhanden

Zustand: 

Verlauf:

Massnahmen notwendig ja

4. Inhaltsverzeichnis

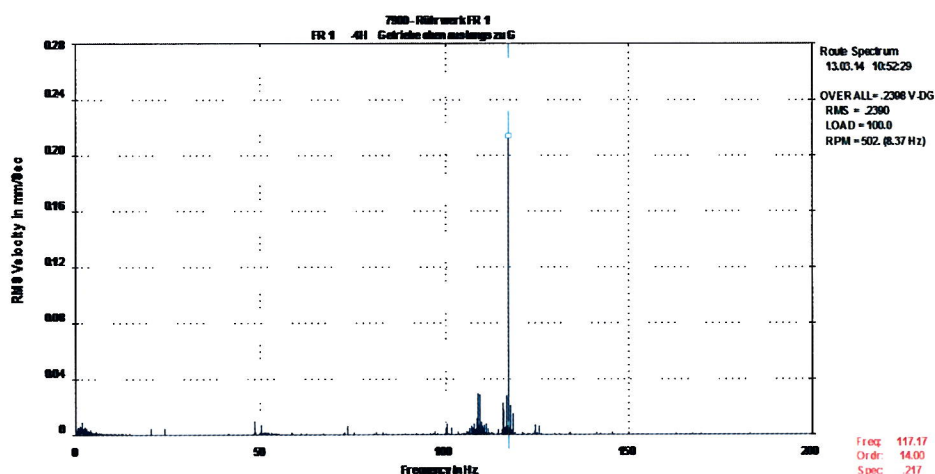
Erkenntnisse der Schwingungsanalyse bei Vorwärtslauf	Seite 2 - 5
Vergleich mit FR 2 (Vorwärtslauf)	Seite 5 - 6
Zustandsverlauf	Seite 6
Erkenntnisse der Schwingungsanalyse bei Rückwärtslauf	Seite 7
Vergleich mit FR 2 (Rückwärtslauf)	Seite 8
Erkenntnisse der Transient-Messung	Seite 9 - 12
Vergleich mit FR 2 (bei der Transient-Messung)	Seite 12
Stossteste an der Rührerlaterne	Seite 13
Rundlaufkontrolle Rührerwelle	Seite 14
Schlussfolgerung / Empfehlung	Seite 14
Fehlerfrequenzen	Seite 15

5. Erkenntnisse Schwingungsanalyse (vorwärts)

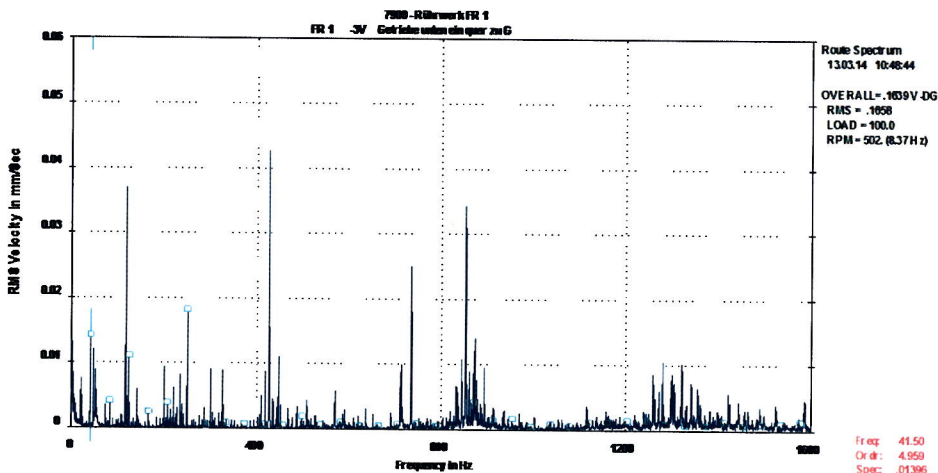
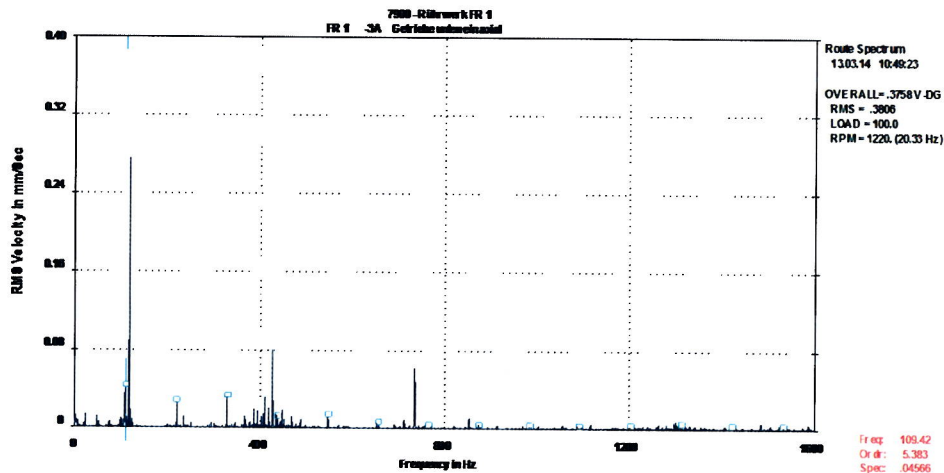
Um das Schwingverhalten während des Betriebs (vorwärts) des Antriebs zu erkennen, wurden eine Schwingungsmessung und eine Frequenzanalyse durchgeführt.
Die kinematischen Daten des Getriebes sind nicht bekannt (keine Zeichnung und Stückliste vorhanden). Die Drehzahlen der einzelnen Wellen und die Anzahl der Zähne wurden aus dem Spektrum gelesen (Angaben ohne Gewähr).

Beim Antrieb (Motor / Getriebe) konnten folgende Frequenzen gemessen werden:

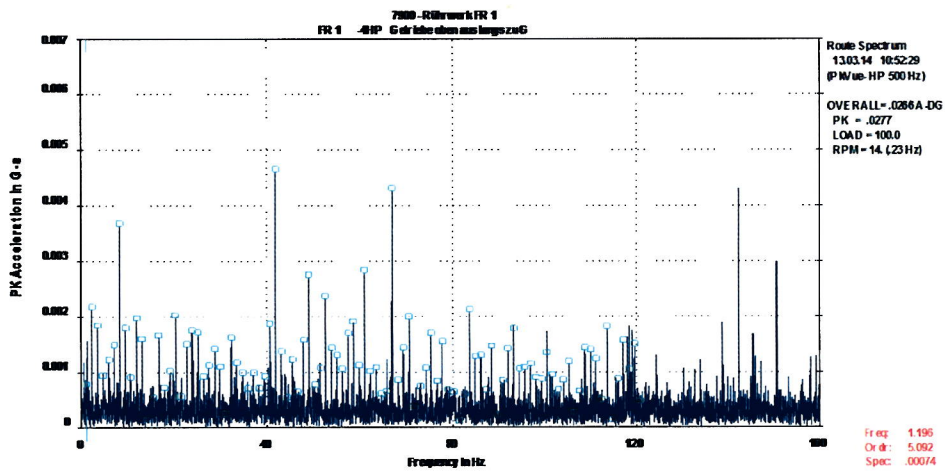
Die dominanteste Frequenz welche gemessen werden konnte ist 117.17Hz. Gemäss Frequenzbild und den aus dem Spektrum gelesenen Wellendrehzahlen wird diese Frequenz die Zahneingriffsfrequenz der zweiten Stirnradpaarung sein (Stirnradpaarung der beiden Zwischenwellen). Verursacht wird diese Frequenz durch eine etwas ungleichmässige Kraftübertragung dieser Zahnradpaarung (ungleichmässige Kraftübertragung bei jedem Zahneingriff).



Auf niedrigem Schwingpegel konnten zwei Frequenzfamilien von 109.42Hz und 41.5Hz gemessen werden. Gemäss den aus dem Spektrum gelesenen Drehzahlen entsprechen diese Frequenzen 5.38xn der Eintrittswelle und 4.9xn der ersten Zwischenwelle. Die Lagerbezeichnungen der eingebauten Lager sind nicht bekannt. Gemäss Frequenzbild und der Ordnung könnten diese Frequenzen durch kleine Unebenheiten auf den Lageringen verursacht werden. Um diese Analyse zu bestätigen, müssten die Kinematik berechnet werden (dafür müssten die Anzahl der Zähne und die Lagerbezeichnungen der eingebauten Lager ausfindig gemacht werden). Die gemessenen Schwingwerte sind noch niedrig. Zum jetzigen Zeitpunkt sind keine Massnahmen notwendig.



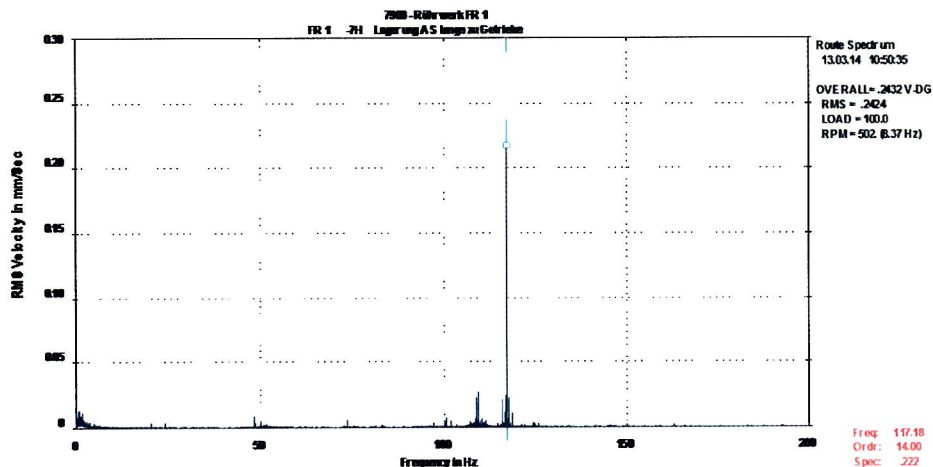
- Weiter ist in der Peakvue-Messung eine Frequenz von 1.196Hz und Multiplen erkennbar. Die Peakvue-Messung ist eine gefilterte Messung und dient zur Erkennung von kleinen Energien. Diese Frequenz entspricht 5.09-mal der Getriebeaustrittswelle und der Rührerwelle. Die Lagerbezeichnungen der eingebauten Lager sind nicht bekannt, um diese Aussage zu bestätigen. Gemäss Frequenzbild wird der Erreger eine kleine Unebenheit auf dem Lager beim Getriebeaustritt sein.
- Die gemessenen Schwingwerte sind sehr niedrig und bedingen zum jetzigen Zeitpunkt keine Massnahmen.



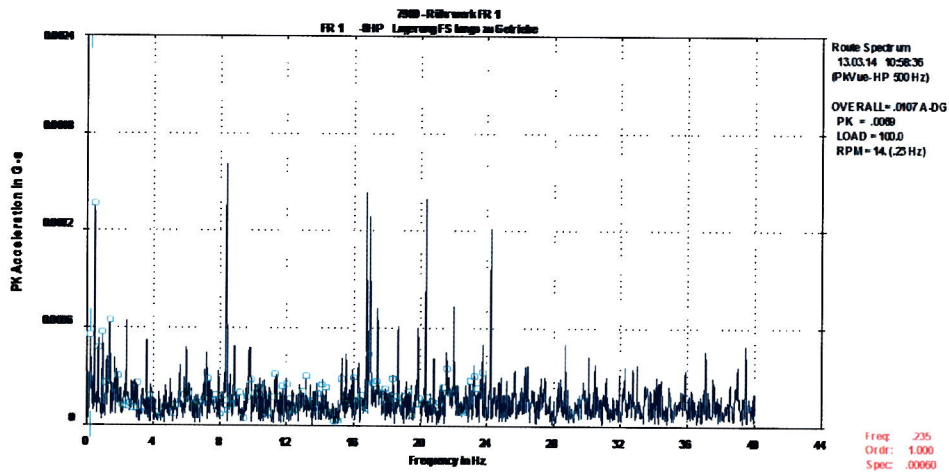
- Es konnten noch weitere Frequenzen gemessen werden (Erreger dieser sind die beiden anderen Zahneingriffe beim Getriebe und ein leicht ungleichmässiges Magnetfeld zwischen Rotor und Stator beim Motor. Diese Schwingwerte sind so niedrig, dass diese hier nicht detailliert aufgelistet worden sind.

Beim Rührer konnten folgende Frequenzen gemessen werden:

- Bei der Rührerwellenlagerung ist hauptsächlich eine Frequenz gut sichtbar (vor allem in Längsrichtung zum Getriebe). Es ist dies die Frequenz von 117.18Hz, welche vom Getriebe auf die Rührerlagerung übertragen wird (Erreger Zahneingriff der zweiten Zahnradpaarung).



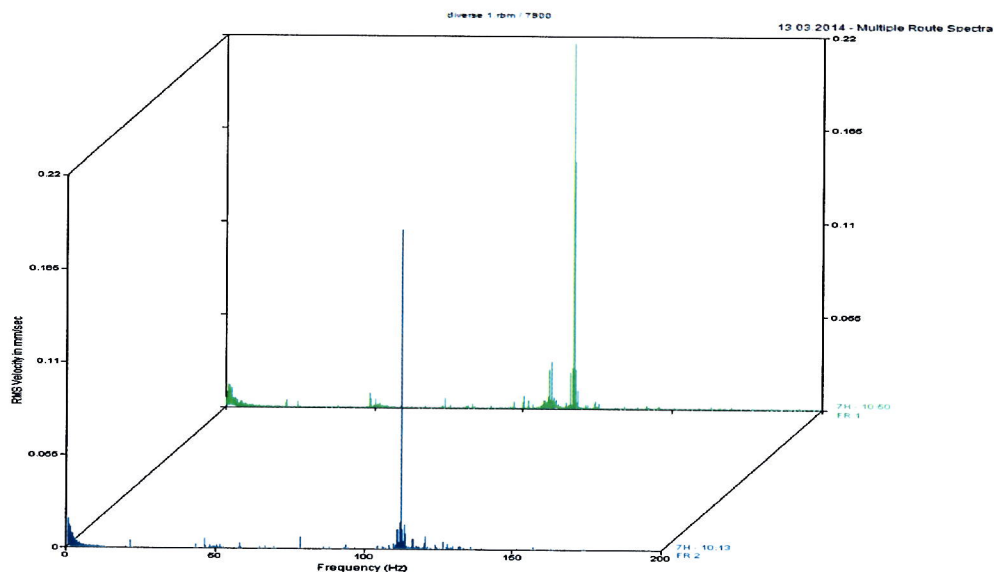
- Weiter konnte eine Frequenzfamilie von 0.235Hz und Multiplen gemessen werden (am dominantesten ist der zweite Multipl). Dies ist ein Anzeichen auf einen leichten exzentrischen Lauf und eine sehr leicht gekrümmte Rührerwelle. Die gemessenen Schwingwerte sind sehr niedrig.



Vergleich mit FR2

Dieser Spektrenvergleich zeigt die Messung am FR1 und FR2 und zeigen die dominanteste Frequenz welche bei beiden Rührwerken gemessen werden konnte (die Zahneingriffsfrequenz der zweiten Zahnradpaarung).

- Beide Spektren zeigen den gleichen Messpunkt
- Beide Messungen wurden bei gleichen Betriebsbedingungen durchgeführt (vorwärts)
- Das grüne Spektrum zeigt die Messung am FR 1
- Das blaue Spektrum zeigt die Messung am FR 2

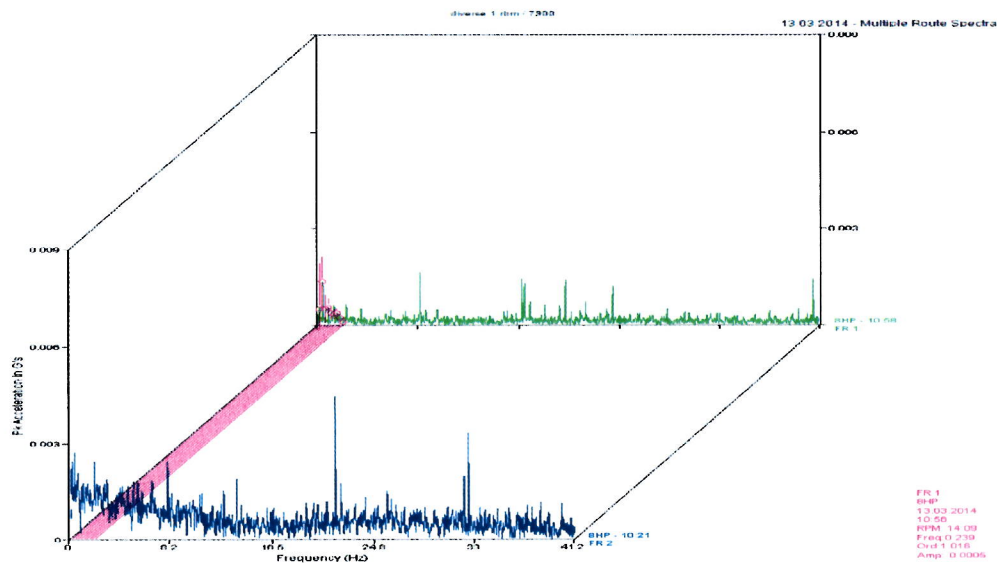


Erkenntnisse:

Die Schwingwerte um den Zahneingriff der zweiten Zahnradpaarung sind praktisch gleich.

Dieser Spektrenvergleich zeigt die Messung am FR1 und FR2 und zeigt die Schwingfrequenz um 1xn und Multiplen, dominant der 2. Multipl (Erreger leicht exzentrischer Lauf und gekrümmte Rührerwelle).

-  Beide Spektren zeigen den gleichen Messpunkt
-  Beide Messungen wurden bei gleichen Betriebsbedingungen durchgeführt (vorwärts)
-  Das grüne Spektrum zeigt die Messung am FR 1
-  Das blaue Spektrum zeigt die Messung am FR 2



Erkenntnisse:

Die gemessenen Schwingwerte um diese Frequenz sind bei beiden Rührwerken sehr niedrig. Beim Rührwerk 1 ist diese Frequenz nicht höher, aber deutlicher sichtbar.

6. Zustandsverlauf

Der Zustandsverlauf kann noch nicht angezeigt werden.

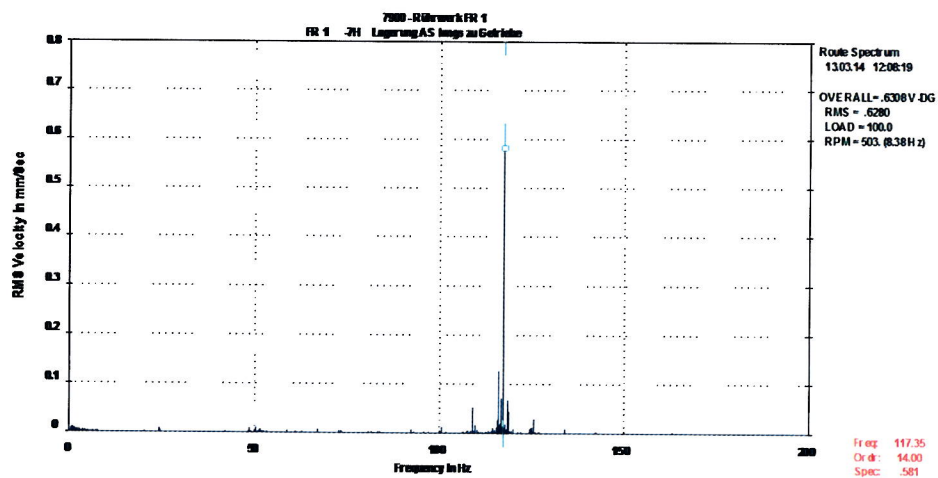
Hinweis: Mit der Erstmessung kann der Ist-Zustand bestimmt werden, nicht aber die Verschleissgeschwindigkeit.

7. Erkenntnisse Schwingungsanalyse (rückwärts)

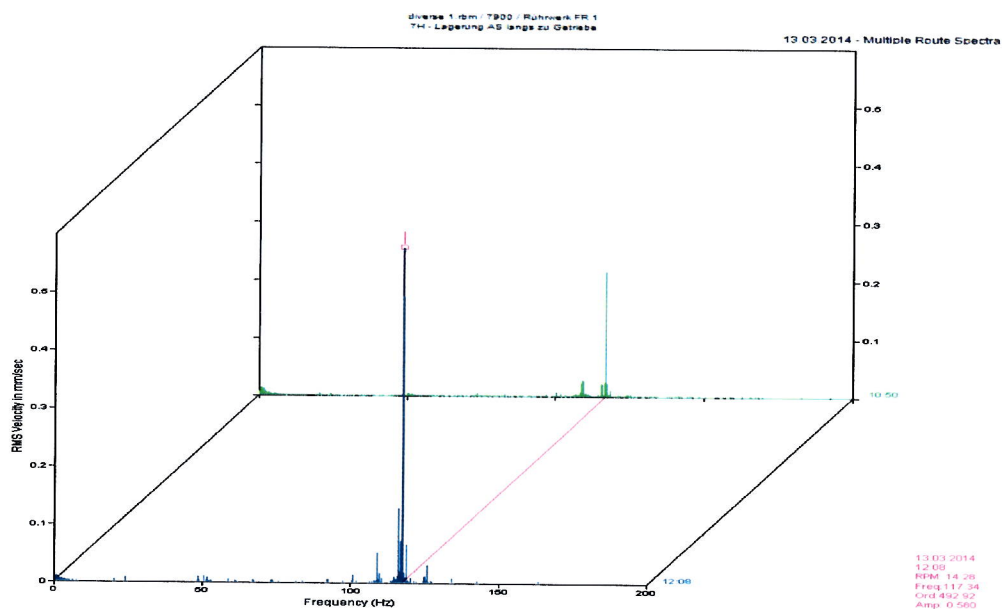
Um das Schwingverhalten im Rückwärtslauf zu erkennen, wurden eine Schwingungsmessung und eine Frequenzanalyse am Rührerlager durchgeführt.

Beim Rührer konnten folgende Frequenzen gemessen werden:

- Wie bei der Messung beim Vorwärtslauf, ist auch beim Rückwärtslauf die Zahneingriffsfrequenz der zweiten Zahnradpaarung sehr gut sichtbar (gemessene Frequenz 117.35Hz).



Die Schwingwerte um diese Zahneingriffsfrequenz ist beim Rückwärtslauf deutlich höher als beim Vorwärtslauf (siehe Spektrenvergleich)

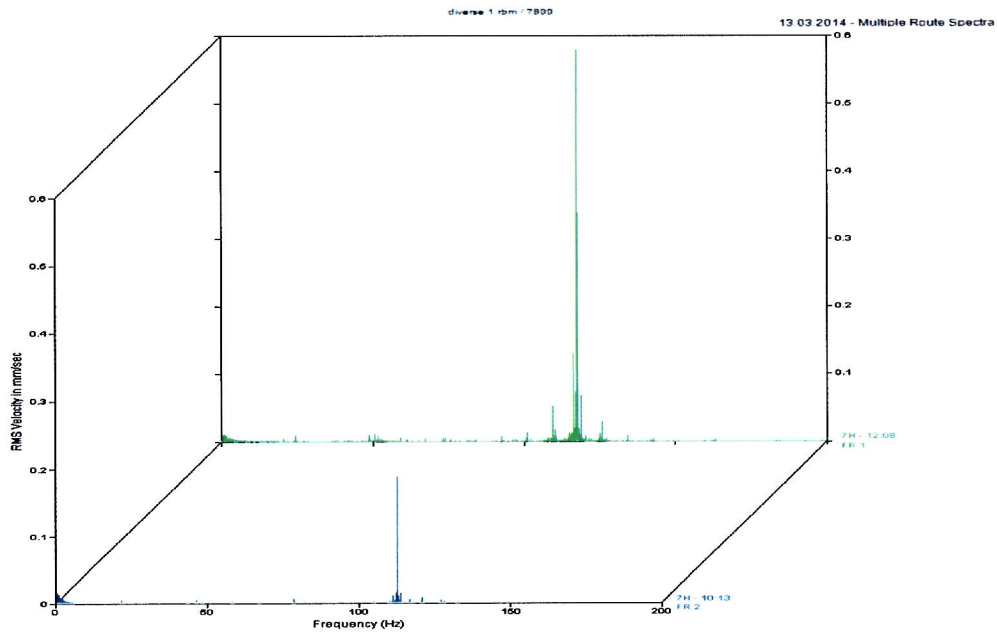


Vergleich mit FR2

Dito den Messungen im Vorwärtslauf konnten bei beiden Rührwerken auch beim Rückwärtslauf die Zahneingriffsfrequenz der zweiten Zahnradpaarung gemessen werden.

Dieser Spektrenvergleich zeigt die Messung am FR1 und FR2 und zeigen die dominanteste Frequenz welche bei beiden Rührwerken gemessen werden konnte (die Zahneingriffsfrequenz der zweiten Zahnradpaarung).

-  Beide Spektren zeigen den gleichen Messpunkt
-  Beide Messungen wurden bei gleichen Betriebsbedingungen durchgeführt (rückwärts)
-  Das grüne Spektrum zeigt die Messung am FR 1
-  Das blaue Spektrum zeigt die Messung am FR 2



Erkenntnisse:

Die Schwingwerte um den Zahneingriff der zweiten Zahnradpaarung sind beim Rührwerk 1 deutlich höher als beim Rührwerk 2.



8. Transient-Messungen

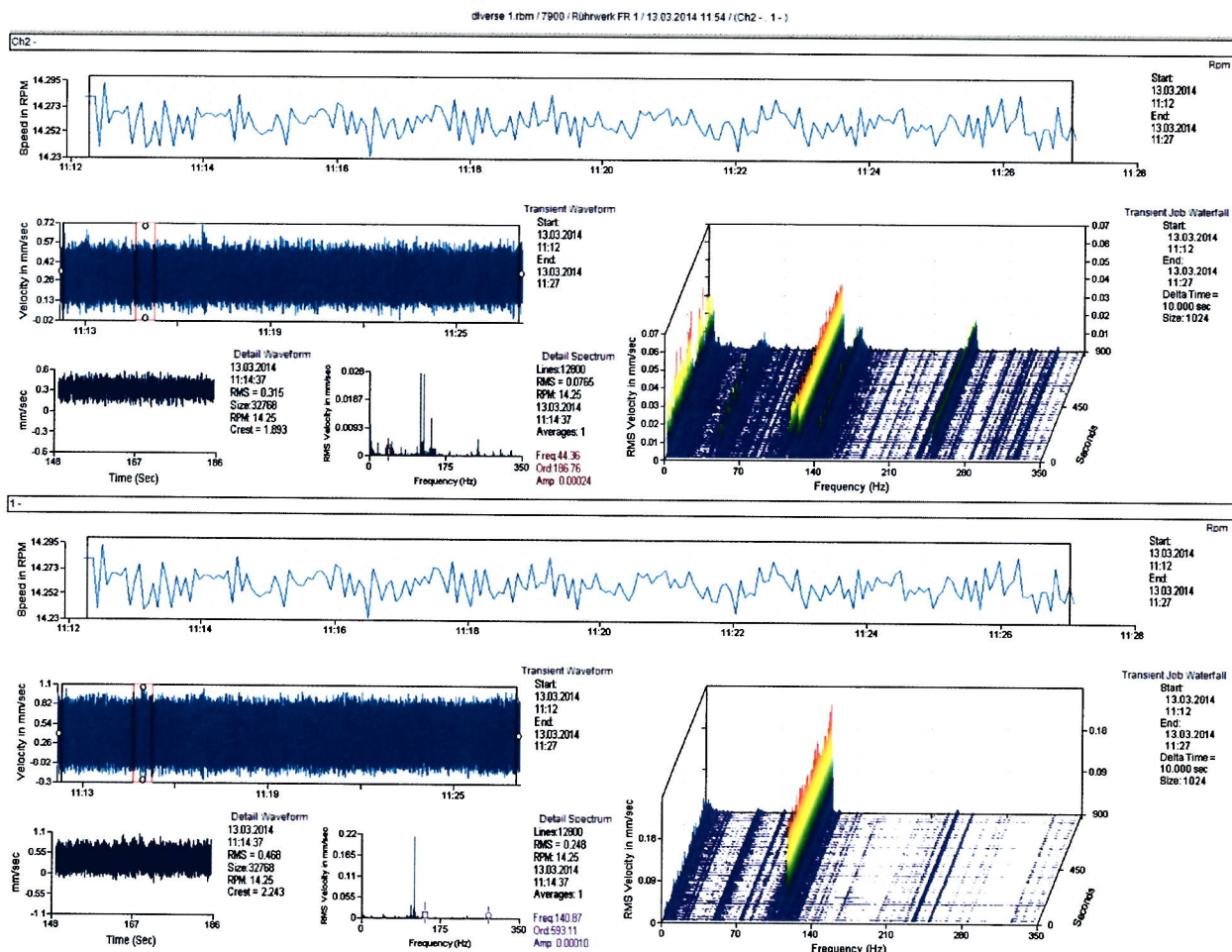
Um das Schwingverhalten des Rührers über eine längere Zeitperiode (vorwärts und rückwärts), beim Auslaufen (vorwärts) und beim Hochfahren (rückwärts) zu erkennen, wurden Transient - Messungen durchgeführt.

Die Transient – Messung ist eine kontinuierliche Messung über eine bestimmte Zeitdauer.

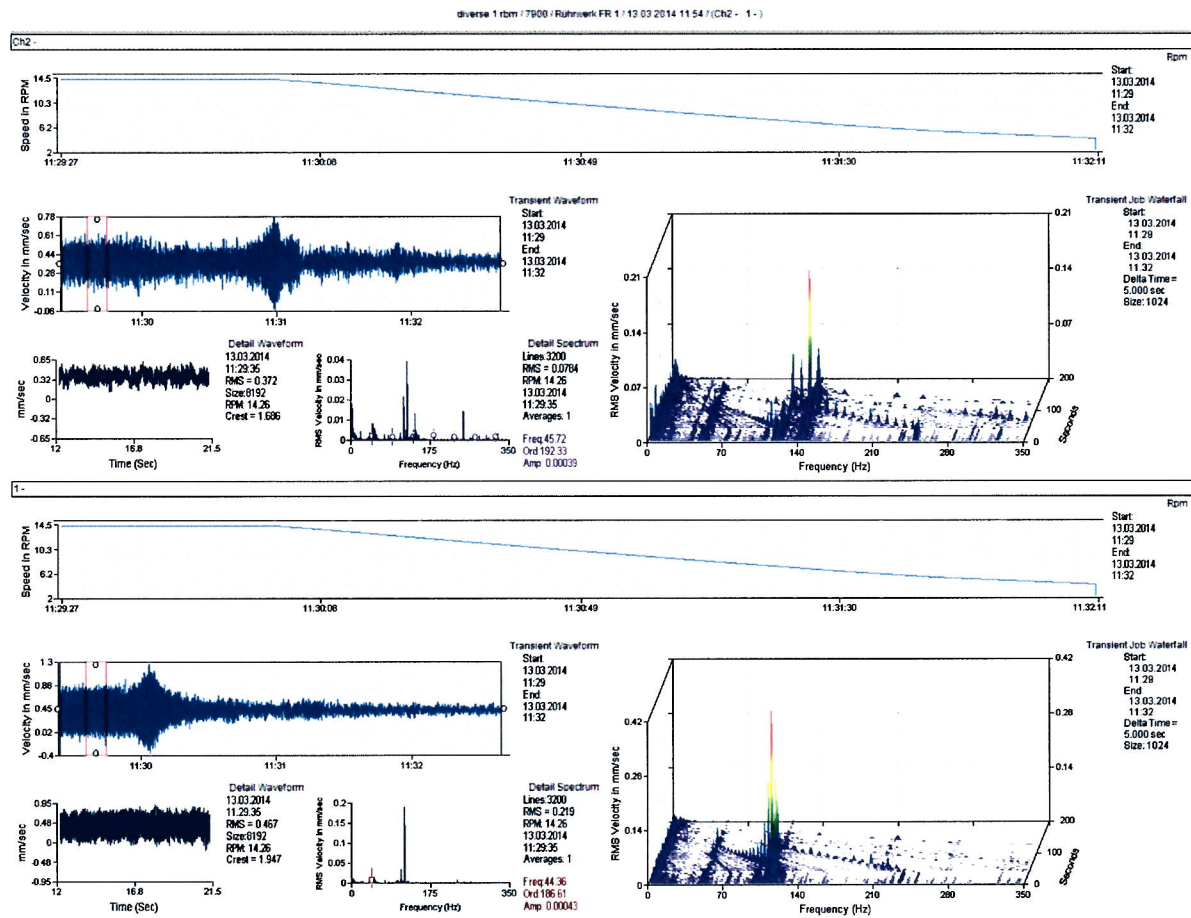
Erklärung: Darstellung der Transient – Messungen

- Die Darstellung im oberen Feld zeigt die Drehzahl der Rührerwelle.
- Im Feld Mitte links ist das Zeitsignal der gesamten Transient-Messung abgebildet
- Im Feld links unten ist ein Zeitsignal abgebildet. Dieses Zeitsignal entspricht dem Schwingverhalten welches bei der Transient-Messung mit der roten Linie markiert ist.
- Im Feld unten Mitte ist ein Spektrum abgebildet. Dieses Spektrum entspricht dem Schwingverhalten welches bei der Transient-Messung mit der roten Linie markiert ist.
- Im Feld rechts unten ist das Wasserfall-Spektrum ersichtlich. Dieses Wasserfall-Spektrum zeigt das Schwingverhalten der gesamten Transient-Messung.

Diese Darstellung zeigt die Transient-Messung im Normalbetrieb vorwärts.

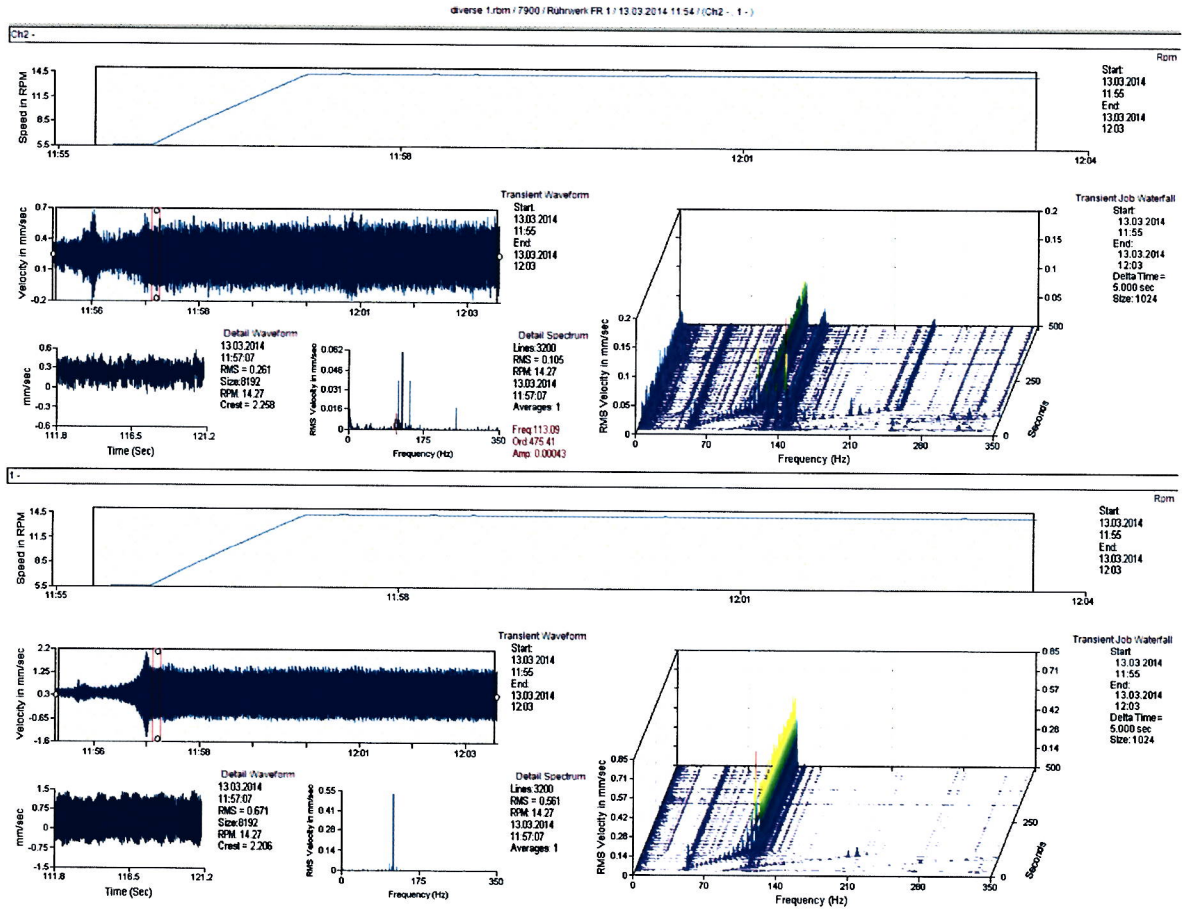


Diese Darstellung zeigt die Transient-Messung beim Auslaufen vorwärts.



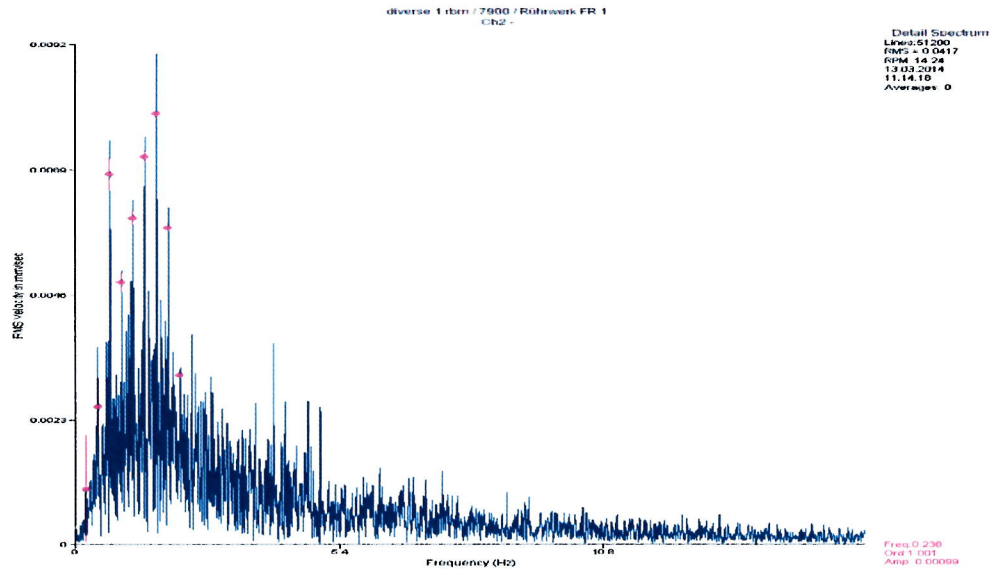


Diese Darstellung zeigt die Transient-Messung beim Hochfahren rückwärts.



Erkenntnisse der Transient-Messung:

- Wie bei der punktuell gemittelten Messung konnte bei der Rührerwelle eine Frequenz von 0.238Hz und Multiplen gemessen. Diese Frequenz entspricht 1xn und Multiplen, verursacht ist ein leichte Lockerheit, ein leicht unruhiger Lauf der Rührerwelle. Die gemessenen Schwingwerte sind sehr niedrig.



- Beim Abbremsen oder Beschleunigen steigen die Schwingwerte der Zahneingriffe beim Getriebe leicht an (vor allem die Schwingwerte um den Zahneingriff der ersten (Eintritt) und zweiten Zahnradpaarung. Alle gemessenen Schwingwerte sind niedrig.

Vergleich mit FR2

- Es konnten keine Unterscheid zum Rührwerk 1 gemessen werden (einzige Ausnahme ist der Zahneingriff der zweiten Zahnradpaarung beim Rückwärtslauf.

9. Stossteste

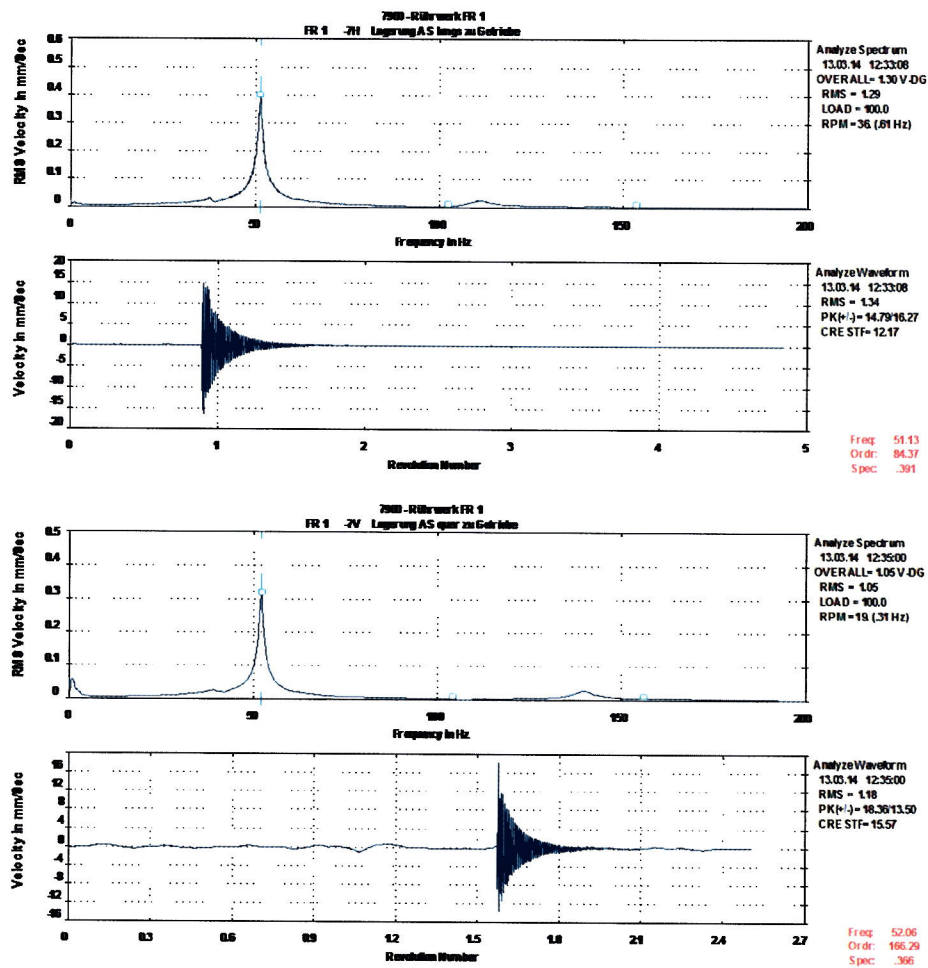
Um die Eigenfrequenz der Rührerlaterne zu kennen, wurde ein Stosstest durchgeführt.

Hinweis: die Kohärenz und die Phase wurden nicht gemessen.

Die gemessene Eigenfrequenz ist 51.13Hz und 52Hz. Diese Frequenzen liegen weit über der Drehzahl des Rührers und eines möglichen Erregers beim Rührer.

Die Laterne ist relativ steif. Es besteht kein Resonanzproblem in diesem Bereich.

Hinweis: die Eigenfrequenz der Rührerwelle konnte nicht gemessen werden.



10. Rundlaufkontrolle der Rührerwelle

Als weitere Kontrolle wurde der Rundlauf der Rührerwelle Mittels Messuhr gemessen.

Dieses Bild zeigt die Messstelle.



Der Ausschlag ist bei beiden Rührwerken ziemlich identisch (bei beiden konnte ein unrunder Lauf von ca. 0.2mm gemessen werden).

11. Schlussfolgerung / Empfehlung

Beim Rührwerk FR1 (und FR 2) konnten keine erhöhten Schwingungen gemessen werden. Dass erhöhte Vibrationen beim Antrieb der Grund dieser Wellenbrüche verursachen könnte, kann eher ausgeschlossen werden.

Hinweis: das Schwingverhalten der Rührerwelle ist nicht bekannt. Falls jedoch die Rührerwelle erhöhten Schwingungen ausgesetzt wäre, müssten diese sich auf die Rührerlager übertragen. Die Rührerwelle ist um ein Vielfaches Länger als der Antrieb oben, kleine Schwingungen oben beim Antrieb könnten unten an der Rührerwelle deutlich höher sein. Jedoch die zu rührende Masse im Tank hilft den Rührer zu zentrieren, wirkt „fast wie ein Lager“.

Vergleicht man die beiden Rührwerke fällt nur ein Unterscheid auf. Beim Rückwärtslauf des FR1 sind die verursachten Schwingwerte durch den Zahneingriff der zweiten Zahnradpaarung beim Getriebe deutlich höher als beim FR 2.

Der praktisch gleiche Unterschied der Schwingwerte um die oben beschriebene Frequenz ist beim FR 1 auch beim Vor- und Rückwärtslauf erkennbar (beim Rückwärtslauf konnten die deutlich höheren Schwingwerte gemessen werden).

Entweder weisen die Lastflanken beim Rückwärtslauf dieser zweiten Zahnradpaarung etwas Verschleiss auf oder die Belastung ist beim Rückwärtslauf höher als beim Vorwärtslauf.

Gemäss Frequenzbild (es sind fast keine Seitenbänder vorhanden), ist eher anzunehmen, dass die Belastung beim Rückwärtslauf höher ist als beim Vorwärtslauf und kein Verschleiss vorhanden ist.

Frage: kann bei der Stromaufnahme ein Unterschied zwischen Vor- und Rückwärtslauf festgestellt werden?

Falls ja, warum könnte die Belastung unterschiedlich sein?

Ein Gedanke:

Falls die Rührerwelle nicht genau im Zentrum des Tankes läge, könnte dies durch die Strömung der trägen Flüssigkeit erhöhte Kräfte auf die Welle ausüben?

Um die Analyse Betreff den Lagerfrequenzen beim Getriebe zu bestätigen, müssten die Kinematik berechnet werden. Dafür müsste eine Zeichnung mit Stückliste ausfindig gemacht werden (Stücklist mit Angaben der eingebauten Lager und der Anzahl der Zähne).



12. Fehlerfrequenzen

Die kinetischen Daten des Antriebs sind nicht bekannt.

