

Eigenfrequenzmessung von Bremsscheiben in der Serienproduktion

VDA
302

Inhaltsverzeichnis

<i>Kapitel</i>	<i>Inhalt</i>
1.	Anwendungsbereich
2.	Bezeichnung
3.	Hintergrund
4.	Messvorschrift
5.	Messumfänge
6.	Auswertung der Messergebnisse
6.1	Mittelwertüberwachung
6.2	Einzelwertüberwachung
7.	Zeiteinfluss auf den Eigenfrequenzverlauf
7.1.	Zeiteinflussanalyse
7.2.	Grenzwerte unter Berücksichtigung des Zeiteinflusses
8.	Darstellung der Ergebnisse
9.	Gieß- und Bearbeitungsdatum
10.	Dokumentation
11.	Mitgeltende Unterlagen
12.	Formelabkürzungen

1. Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Eigenfrequenzanalyse von Bremsscheiben für PKW und NFZ an der Vorder- und Hinterachse.

2. Bezeichnung

Diese Empfehlung beschreibt die in der Serienproduktion notwendige Eigenfrequenzmessung von Bremsscheiben nach VDA 302.

Sie gilt sowohl für Eigenfrequenzmessungen am Rohteil als auch an der fertig bearbeiteten Bremsscheibe.

3. Hintergrund

Das Geräuschverhalten eines Bremssystems wird durch die Eigenfrequenzlage seiner Bauteile bestimmt. Abmessungen und Materialparameter bestimmen die Eigenfrequenzen und Schwingformen von Bauteilen. Durch Schwankungen dieser Parameter in der Serienproduktion können diese Eigenfrequenzen im Prozentbereich variieren. Die Schwankungen können dazu führen, dass das Geräuschverhalten eines Bremssystems sich ändert, und auf ein vom Kunden nicht mehr akzeptiertes Niveau ansteigt.

An der Bremsscheibe treten über den Frequenzbereich verschiedene Eigenformen / Moden auf. In Kombination mit dem System Bremse können im Resonanzfall diese Eigenformen im Fahrbetrieb starke Geräusche verursachen. Bei der Bremsscheibe dominieren in der Regel die in Abbildung 1 dargestellten Eigenformen.

Hinzu kommen weitere Eigenformen, die aber im Betrieb weniger relevant sind.

In Bezug auf Bremsgeräusche sind vor allem die 0/2, 0/3 und 0/4 Moden besonders interessant.

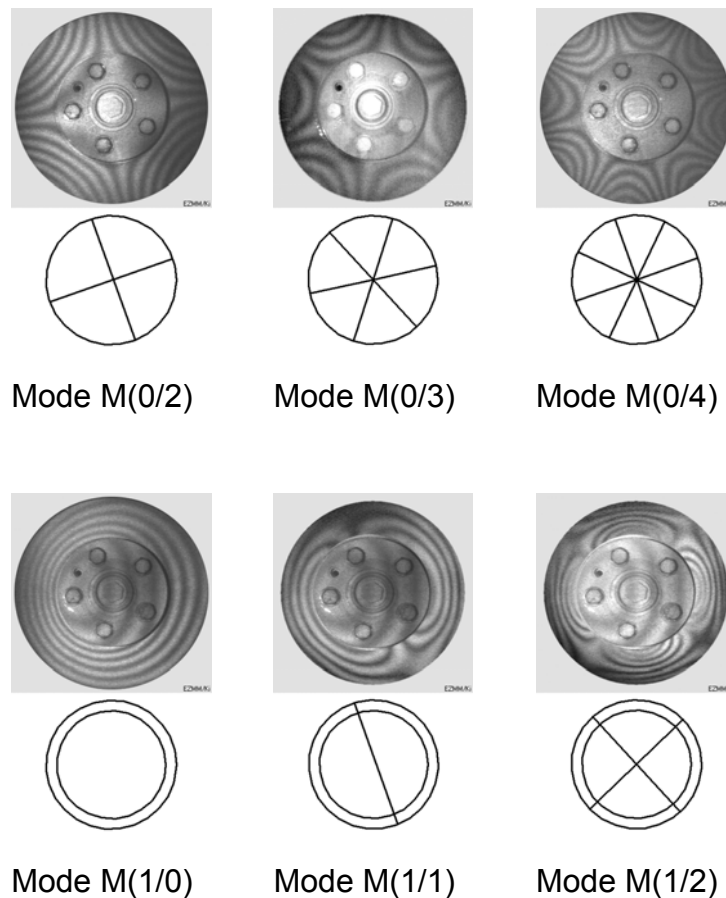


Abbildung 1: In Bezug auf Bremsgeräusche wichtige Eigenformen einer Bremsscheibe

Ziel dieser Richtlinie ist, sicherzustellen, dass die in der Zeichnung vorgegebenen Eigenfrequenzwerte bestimmter Eigenformen für die Bremsscheibe definierte Streubereiche einhalten.

Die Definition der zu überwachenden Eigenformen / Eigenfrequenzen erfolgt im Entwicklungsprozess entsprechend VDA 301. Die geforderten Soll-Frequenzwerte $f_{Soll,j}$ sowie die dazugehörige Eigenform j sind in der Bauteil-Zeichnung für das Roh- und Fertigteil eingetragen.

4. Messvorschrift

Die Ermittlung der Eigenfrequenzen der vorgegebenen Moden soll mit Hilfe der modalen Analyse (Eigenfrequenzanalyse) erfolgen.

Die Auflösung soll mindestens 3 Hertz betragen.

Die Frequenzermittlung erfolgt durch Messung der Übertragungsfunktion.

Dies kann z.B. mit Hilfe von Impuls-Übertragungsfunktions-Messungen, die mittlerweile auch mit halb- oder auch vollautomatischen Messsystemen durchgeführt werden können, erfolgen.

Als Messmittel kann z.B. ein zweikanaliger dynamischer Signalanalysator mit einem Impuls-Hammer für die Kraftanregung und einem geeigneten Sensor (z.B. Beschleunigungssensor oder Mikrofon) für die Messung der Antwortsignale eingesetzt werden.

Versuchsaufbau siehe Abbildung 2-3.



Abbildung 2: Versuchsaufbau zur Eigenfrequenzermittlung; Labor-Aufbau

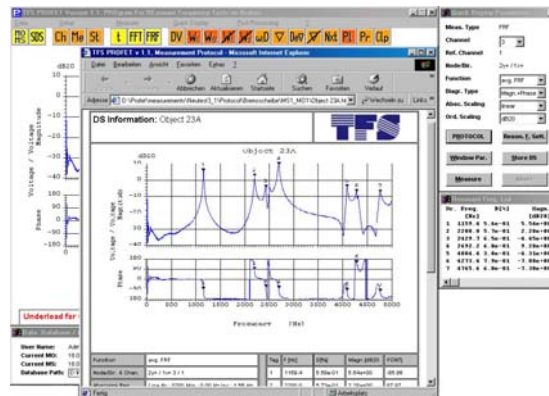


Abbildung 3: links: Beispiel für einen Versuchsaufbau zur Eigenfrequenzermittlung; Automatisches Messsystem zur Eigenfrequenzmessung

rechts: Beispiel für eine Auswertung, Messblatt

Die Messung erfolgt frei/frei bei Raumtemperatur (23±5)°C, wobei die Bremsscheibentemperatur kleiner als 50°C sein muss. Bei der Messung liegt die Bremsscheibe vollflächig topfseitig auf einer geeigneten Unterlage z.B. vom Typ „llsonic® plano 20/0“ auf. So wird sichergestellt, dass die Lagerungsfrequenz der Bremsscheibe unter 50 Hz liegt und somit Lagerungseinflüsse auf die Messung auszuschließen sind.

Die Anregung der Scheibe erfolgt mittels Impulshammer 5 mm vom äußeren Rand entfernt. Der Aufnehmer ist ebenfalls 5 mm vom äußeren Rand entfernt zu positionieren. Pro Messung sind min. 3 Mittelungen durchzuführen. Für die Auswertung sind nur i.O.-Messungen mit eindeutigem Impuls und ausreichender Impulsenergie im zu messenden Frequenz-

bereich heranzuziehen. Die Kohärenz im Bereich der Eigenfrequenzen muss mindestens 0,95 betragen.

Die Aufnehmer für die Messung der Antwortsignale haben folgende Spezifikation zu erfüllen (Mindestanforderungen):

Variante 1: Mikrofon

Frequenzbereich: 100 Hz – 12 kHz

Dynamikbereich: 40 dB – 140 dB (dB re. $2 \cdot 10^{-5}$ Pa)

Variante 2: Beschleunigungsaufnehmer:

Masse maximal 5 g

Resonanzfrequenz > 25 kHz

Rückwirkungen auf den zu messenden Frequenzbereich müssen ausgeschlossen sein.

Die Herstellervorschriften zur Befestigung des Beschleunigungsaufnehmers sind einzuhalten.

Impulshammer:

Frequenzbereich: bis 10 kHz, bis 8 kHz ohne Intensitätsabfall

Hammer Masse (empfohlen): 0,1 kg bis 0,2 kg

Kopf Durchmesser (empfohlen): ca. 1,5 cm

Ein höherwertiges Messgerät/Messverfahren oder z.B. "Standard"-Geräte, die mittlerweile von verschiedenen Herstellern angeboten werden, sind zulässig.

Gleiches gilt für die Sensorik.

Die Auswahl eines geeigneten Prüfverfahrens liegt in der Zuständigkeit der Qualitätssicherung in Absprache mit der Entwicklung.

5. Messumfänge

Je nach Fertigungsverfahren, -anlagen und Werkstoff sind für Bremscheiben Eigenfrequenzprüfungen unterschiedlicher Häufigkeit erforderlich.

Die Festlegung der Prüfhäufigkeit obliegt der zuständigen Qualitätssicherung in Abstimmung mit der Entwicklung, sofern hierzu keine weiteren Angaben in der Bauteil-Zeichnung oder im Lastenheft enthalten sind.

Die Prüfhäufigkeit hängt von der technischen Notwendigkeit ab. Einerseits kann ein erhöhter Prüfaufwand notwendig sein (z.B. bei Gussteilen mit komplizierter Geometrie oder anspruchsvollen Werkstoffen), andererseits kann sich die Prüfhäufigkeit bei entsprechender Überwachung und Stabilität des Herstellungsprozesses auf einige wenige Prüfungen beschränken, wobei aber empfohlen wird, mindestens 1 Scheibe pro Schicht und Fertigungslinie zu messen.

6. Auswertung der Messergebnisse

Für jede Messreihe sind die gemessenen Eigenfrequenzwerte im Hinblick auf die zu überwachenden Eigenformen auszuwerten.

Unter Berücksichtigung der technischen Randbedingungen des Gieß- und Bearbeitungsprozesses gibt es keine Anforderung an die statistischen Prozessfähigkeitskennwerte c_p und c_{pk} .

Folgende Randbedingungen müssen dagegen eingehalten werden:

6.1. Mittelwertüberwachung

Der Mittelwert MW_{ij} der Stichprobe darf nur in einem begrenzten Bereich um den geforderten Soll-Frequenzwert $f_{Soll,j}$ schwanken, d.h. es gilt

$$USG_MW_j \leq MW_{i,j} \leq OSG_MW_j$$

mit i =Chargennummer, j =Nummer der Schwingform (3-stellig) und den Grenzwerten USG_MW_j ="Untere Streuband Grenze Mittelwert" und OSG_MW_j ="Obere Streuband Grenze Mittelwert" sowie dem Mittelwert $MW_{i,j}$ der Stichprobe.

Dabei gelten für die untere und obere Streuband Grenze des Mittelwertes folgende Werte sofern hierzu keine Angaben in der Zeichnung getroffen wurden:

a) Rohteil:

$$USG_MW_j = 0,97 * f_{Soll,j, Rohteil}$$

$$OSG_MW_j = 1,03 * f_{Soll,j, Rohteil}$$

b) Fertigteil:

$$USG_j = 0,98 * f_{Soll, j, \text{Fertigteil}}$$

$$OSG_j = 1,02 * f_{Soll, j, \text{Fertigteil}}$$

mit $f_{Soll, j}$ =Soll-Frequenz für die Schwingform Nr. j laut Zeichnung

Abweichungen von den Frequenzvorgaben führen nicht zwangsläufig zur Sperrung.

Die Vorgehensweise bei der Entdeckung von Außertoleranzteilen ist mit dem Entwickler abzustimmen.

In jedem Fall ist ein Regelkreis zu starten, um die Produktion wieder in die geforderten Grenzen zu führen. Einzelheiten des Regelkreises sind zwischen dem Hersteller (Gießer), dem Bearbeiter, der Qualitätssicherung und der Entwicklung abzustimmen.

6.2. Einzelwertüberwachung

Zudem dürfen die Einzelwerte der Stichprobe maximal in dem Bereich

$$USG_j \leq EW_{n,i,j} \leq OSG_j$$

streuen, wobei gilt: $EW_{n,i,j}$ = n -ter gemessener Eigenfrequenzwert, Charge i , Schwingform j und USG_j =“Untere Streuband Grenze“ und OSG_j =“Obere Streuband Grenze“.

Für die untere und obere Streuband Grenze der Einzelwerte $EW_{n,i,j}$ der Stichprobe gilt - sofern hierzu keine Angaben in der Zeichnung getroffen wurden - für das

a) Rohteil:

$$USG_j = 0,95 * f_{Soll, j, \text{Rohteil}}$$

$$OSG_j = 1,05 * f_{Soll, j, \text{Rohteil}}$$

b) Fertigteil:

$$USG_j = 0,97 * f_{Soll, j, \text{Fertigteil}}$$

$$OSG_j = 1,03 * f_{Soll, j, \text{Fertigteil}}$$

mit $f_{Soll, j}$ =Soll-Frequenz für die Schwingform Nr. j laut Zeichnung.

Abweichungen von den Frequenzvorgaben führen nicht zwangsläufig zur Sperrung.

Die Vorgehensweise bei der Entdeckung von Außertoleranzteilen ist mit dem Entwickler abzustimmen.

In jedem Fall ist ein Regelkreis zu starten, um die Produktion wieder in die geforderten Grenzen zu führen. Einzelheiten des Regelkreises sind zwischen dem Hersteller (Gießer), dem Bearbeiter, der Qualitätssicherung und der Entwicklung abzustimmen.

7. Zeiteinfluss auf den Eigenfrequenzverlauf

Nach dem Gießen und der Bearbeitung können sich die Eigenfrequenzen der Bremsscheiben über einen gewissen Zeitraum noch ändern. Die Änderung ist z.B. abhängig vom verwendeten Material, der Bremsscheibengeometrie und den Bearbeitungsparametern. Um diesen Einfluss auf die Eigenfrequenz für die betrachteten Bremsscheiben zu erfassen, ist zu Beginn des Serienprozesses (0-Serie) entsprechend Kapitel 7.1 eine Zeiteinflussanalyse durchzuführen, soweit dies nicht schon entsprechend VDA 301, Kapitel 9 erfolgt ist.

7.1 Zeiteinflussanalyse

Nach dem Gießprozess sind 20 Rohteile auszufassen und die Eigenfrequenzen der zu überwachenden Eigenformen für jede Scheibe wie in Kapitel 4 beschrieben zu ermitteln. Diese Messung ist bis zum 10. Tag nach dem Gießen täglich, ab dem 10. Tag jeden 2. Tag bis zum 30. Tag (letzte Messung) durchzuführen.

Weiterhin sind 20 Fertigteile nach der mechanischen Bearbeitung bis zum 10. Tag nach dem Gießen täglich, ab dem 10. Tag jeden 2. Tag bis zum 30. Tag (letzte Messung) zu messen. Für jedes Fertigteil ist die Zeit der Bearbeitung nach dem Gießen anzugeben.

Der charakteristische Funktionsverlauf „Frequenz über Zeit nach dem Gießen bzw. Bearbeitung“ ist für jedes Roh- und Fertigteil zu dokumentieren und entsprechend dem Beispiel in Abbildung 4 grafisch darzustellen (vgl. Anlage 3 zu VDA 302).

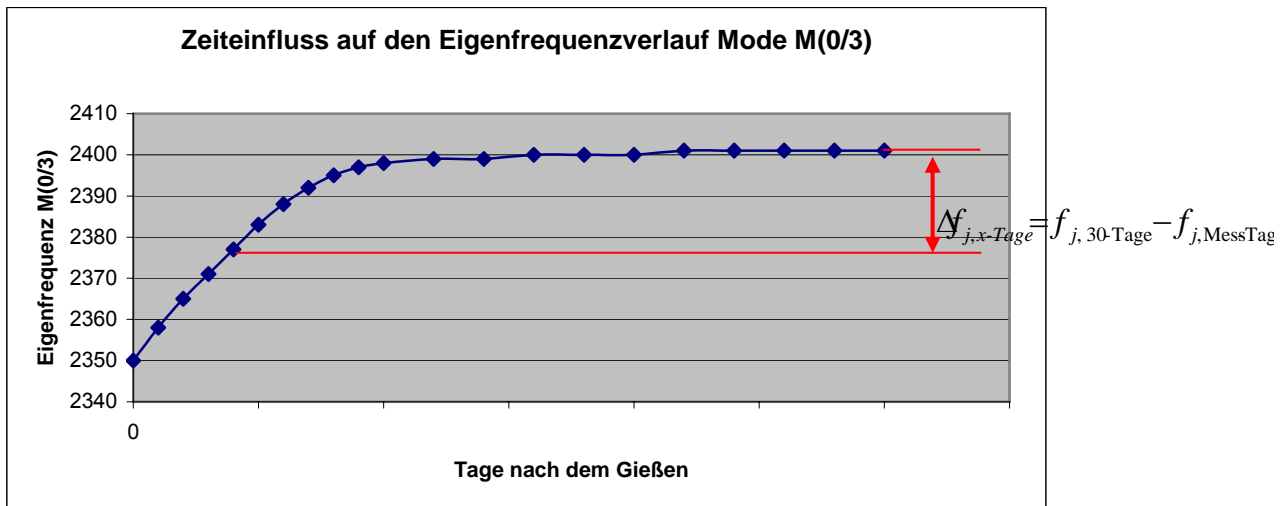


Abbildung 4: Zeiteinfluss auf den Eigenfrequenzverlauf; Beispiel Mode M(0/3)

Die Zeiteinflussverläufe der Einzelmessungen sind jeweils für das Roh- bzw. Fertigteil zu mitteln. Der jeweilige gemittelte Verlauf bildet die Grundlage für die weiteren Berechnungen (vgl. Anlage 3 zu VDA 302).

7.2 Grenzwerte unter Berücksichtigung des Zeiteinflusses

In der laufenden Serienüberwachung ist für jede Chargenmessung die Anzahl der Tage nach dem Gießen sowie die Nestlage und das Formverfahren anzugeben.

Der Zeitpunkt der Messungen sollte vorab zwischen den Partnern prozessabhängig festgelegt werden und ist zu dokumentieren, um die Einflüsse auf das Frequenzverhalten berücksichtigen zu können.

Somit gilt für die Grenzwerte USG_j und OSG_j bzw. USG_{MW_j} und OSG_{MW_j} für Messungen, die innerhalb 30-Tage nach dem Gießen durchgeführt werden - sofern hierzu keine Angaben in der Zeichnung getroffen wurden - für das:

a) Rohteil:

$$USG_j = 0,95 * (f_{Soll,j} - \Delta f_{j,x-Tage})$$

$$OSG_j = 1,05 * (f_{Soll,j} - \Delta f_{j,x-Tage})$$

$$USG_{MW_j} = 0,97 * (f_{Soll,j} - \Delta f_{j,x-Tage})$$

$$OSG_{MW_j} = 1,03 * (f_{Soll,j} - \Delta f_{j,x-Tage})$$

b) Fertigteil:

$$USG_j = 0,97 * (f_{Soll,j} - \Delta f_{j,x-Tage})$$

$$OSG_j = 1,03 * (f_{Soll,j} - \Delta f_{j,x-Tage})$$

$$USG_{MW_j} = 0,98 * (f_{Soll,j} - \Delta f_{j,x-Tage})$$

$$OSG_{MW_j} = 1,02 * (f_{Soll,j} - \Delta f_{j,x-Tage})$$

mit $\Delta f_{j,x-Tage} = f_{j,30-Tage} - f_{j,Mess-Tag}$ (vgl. auch Abbildung 4).

8. Darstellung der Ergebnisse

Für jede Bremsscheibe der Stichprobe müssen die Frequenzwerte der zu überwachenden Eigenformen sowie deren prozentuale Abweichung vom geforderten Soll-Wert $f_{Soll,j}$ bestimmt und dargestellt werden.

Zudem sind die Mittelwerte MW_{ij} fortlaufend über dem Datum und der Chargennummer aufzutragen.

Im Rahmen einer Erstbemusterung ist zusätzlich mindestens eine charakteristische Übertragungsfunktion im Frequenzbereich 100 Hz – 10 kHz als zweidimensionales Diagramm mit Amplitude und Kohärenzfunktion über der Frequenz – diese soll im Bereich der Eigenfrequenzen zwischen 1,0 und 0,95 liegen – darzustellen.

9. Gieß- und Bearbeitungsdatum

Das Gieß- und Bearbeitungsdatum (jeweils zu Beginn der Arbeiten) sind für jede Charge zu ermitteln und entsprechend in den Auswertungen zu dokumentieren.

10. Dokumentation

Die Messergebnisse und Auswertungen sind zu dokumentieren. Als Vorschlag dient das beiliegende Excel-Vorlage-File (Anlage 1 zu VDA 302).

Erweiterungen können jederzeit hinzugefügt werden. Änderungen in der Darstellung sind mit den Projektverantwortlichen abzustimmen.

11. Mitgeltende Unterlagen

VDA 301 Empfehlung für eine Entwicklungsrichtlinie zur Eigenfrequenzmessung und Modalanalyse von Bremsscheiben

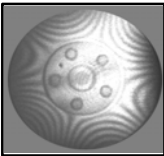
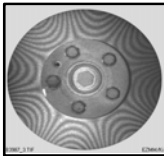
12. Formelabkürzungen

i	Chargennummer
j	Nummer der Schwingform (3-stellig)
$f_{Soll, j}$	Soll-Frequenz laut Zeichnung
MW_{ij}	Mittelwert der Charge i und der Schwingform j
USG_MW_j	Untere Streuband Grenze Mittelwert
OSG_MW_j	Obere Streuband Grenze Mittelwert
$EW_{n,i,j}$	n -ter gemessener Eigenfrequenzwert der Charge i , Schwingform j
USG_j	Untere Streuband Grenze
OSG_j	Obere Streuband Grenze
x	Anzahl der Tage nach dem Gießen
$f_{j, Mess-Tag}$	Eigenfrequenzwert gemessen am x . Tag nach dem Gießen
$f_{j, 30-Tage}$	Eigenfrequenzwert gemessen 30-Tage nach dem Gießen
$\Delta f_{j, x-Tage}$	$\Delta f_{j, x-Tage} = f_{j, 30-Tage} - f_{j, Mess-Tag}$

Eigenfrequenz-Überwachung-Bremsscheibe
Einzelmessungen

Anlage 1 zu VDA 302

Teile-Nr.	XXX 615 301 XX	Charge	0W3x	Gießdatum	12.02.2008
Versions-Nr.				Messdatum	12.02.2008
Roh teil	nein			delta-Tage	0
Fertigteil	ja			Bearbeitungsdatum	14.02.2008
Bemerkungen				Messdatum	15.02.2008
				delta-Tage	1

Soll Frequenzen	Mode 0/3	Mode 0/4	-	-
Art der Eigenform				
$f_{\text{Sdl, Zeichnung}}$	2350	4500	-	-
$f_{\text{Sdl, Mess-Tag}}$	2300	4450		
$\text{USG}_j, \text{Mess-Tag}$	2231	4317	0	0
$\text{OSG}_j, \text{Mess-Tag}$	2369	4584	0	0
$\text{USG-MW}_j, \text{Mess-Tag}$	2266	4383	0	0
$\text{OSG-MW}_j, \text{Mess-Tag}$	2335	4517	0	0

Eigenfrequenzen* 1-8 bis max. 10 kHz

Scheibe Nr.	Frequ.-Nr. Eigenform	f_1	f_2 0/3	f_3	f_4 0/4	f_5	f_6	f_7	f_8
1		1234	2345	3456	4567	8911	9112		
2		1230	2350	3460	4570	8920	9150		
3		1240	2340	3450	4310	8900	9100		
4		1230	2350	3460	4570	8920	9150		
5		1240	2340	3450	4560	8900	9100		
6		1230	2350	3460	4570	8920	9150		
7		1240	2340	3450	4560	8900	9100		
8		1230	2350	3460	4570	8920	9150		
9		1240	2340	3450	4560	8900	9100		
10		1230	2350	3460	4570	8920	9150		
11		1230	2350	3460	4570	8920	9150		
12		1240	2340	3450	4560	8900	9100		
Mittelwert			2345		4545				
$\text{USG-MW}_j, \text{Mess-Tag}$			2266		4383				
$\text{OSG-MW}_j, \text{Mess-Tag}$			2335		4517				

-> * Messgenauigkeit +/- 1 Hz

-> alle Werte auf ganze Zahlen gerundet

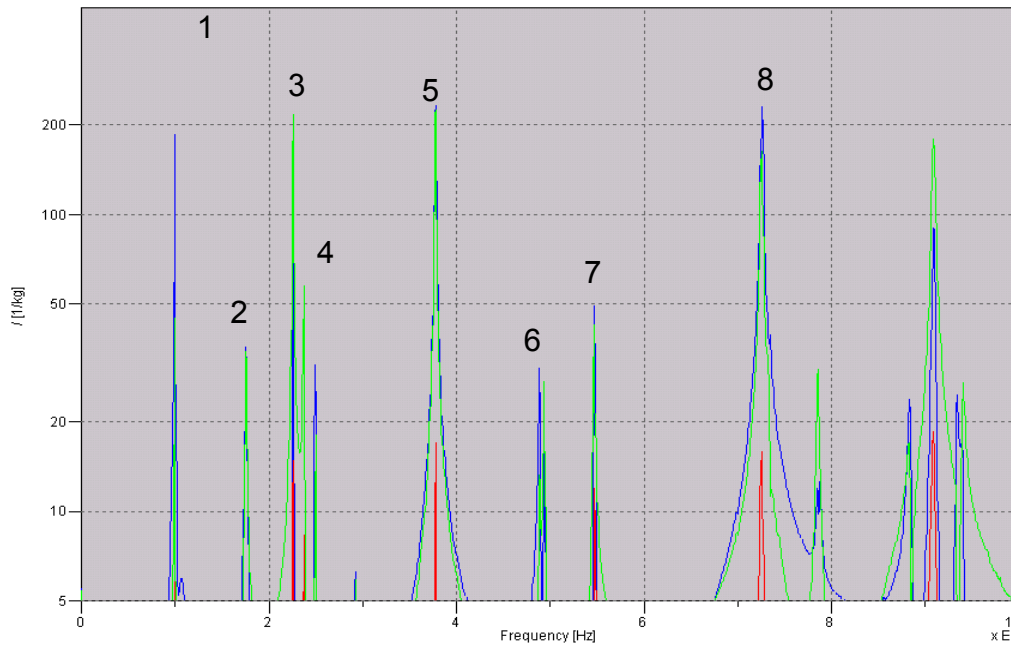
Eigenfrequenz-Überwachung-Bremsscheibe
Einzelmessung - Beispiel

Anlage 1 zu VDA 302

Scheibe Typ	XXX 615 301 XX	Charge	0W3x	Gießdatum	12.02.2008
				Messdatum	12.02.2008
				delta-Tage	0
				Bearbeitungsdatum	14.02.2008
Bemerkungen				Messdatum	15.02.2008
				delta-Tage	1

Beispiel Übertragungsfunktion Bremsscheibe Nr.: **2**

— C2 Bremsscheibe_pq_35_nr-1-1_030902 FRF 2Z1-Z [1/kg] Record 1 Z 2 Rms
— C3 Bremsscheibe_pq_35_nr-1-1_030902 FRF 3Z1-Z [1/kg] Record 1 Z 3 Rms
— C4 Bremsscheibe_pq_35_nr-1-1_030902 FRF 4Z1-Z [1/kg] Record 1 Z 4 Rms

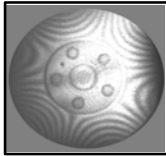
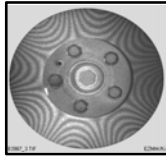


Eigenfrequenzen* und Eigenformen								
Nr.	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8
Eigenform		0/3		0/4				
Frequenz [Hz]	1230	2350	3460	4570	8920	9150		

Eigenfrequenz-Überwachung-Bremsscheibe
Mittelwertüberwachung

Anlage 2 zu VDA 302

Teile-Nr.	XXX 615 301 XX	Charge	0W3x	Gießdatum	12.02.2008
Versions-Nr.					
Roh teil	nein				
Fertigteil	ja			Bearbeitungsdatum	14.02.2008
Bemerkungen					

Soll Frequenzen	Mode 0/3	Mode 0/4		
Art der Eigenform				
f _{Soll, Zeichnung}	2400	3600		

Nr.	Datum	Eigenfrequenz-Mittelwerte der entsprechenden Eigenformen	
		0/3	0/4
1	01.01.2008	2410	3645
2	02.01.2008	2405	3640
3	03.01.2008	2399	3634
4	04.01.2008	2398	3633
5	05.01.2008	2400	3635
6	06.01.2008	2395	3630
7	07.01.2008	2355	3637
8	08.01.2008	2403	3638
9	09.01.2008	2410	3645
10	10.01.2008	2405	3640
11	11.01.2008	2399	3550
12	12.01.2008	2398	3520
13	13.01.2008	2400	3635
14	14.01.2008	2395	3630
15	15.01.2008	2402	3637
16	16.01.2008	2403	3638
17	17.01.2008	2410	3645
18	18.01.2008	2405	3640
19	19.01.2008	2399	3634
20	20.01.2008	2398	3633
21	21.01.2008	2400	3635
22	22.01.2008	2395	3630
23	23.01.2008	2420	3637
24	24.01.2008	2403	3638
25	25.01.2008	2410	3645
26	26.01.2008	2405	3640
27	27.01.2008	2399	3665
28	28.01.2008	2365	3667
29	29.01.2008	2400	3635
30	30.01.2008	2395	3630
31	31.01.2008	2402	3637

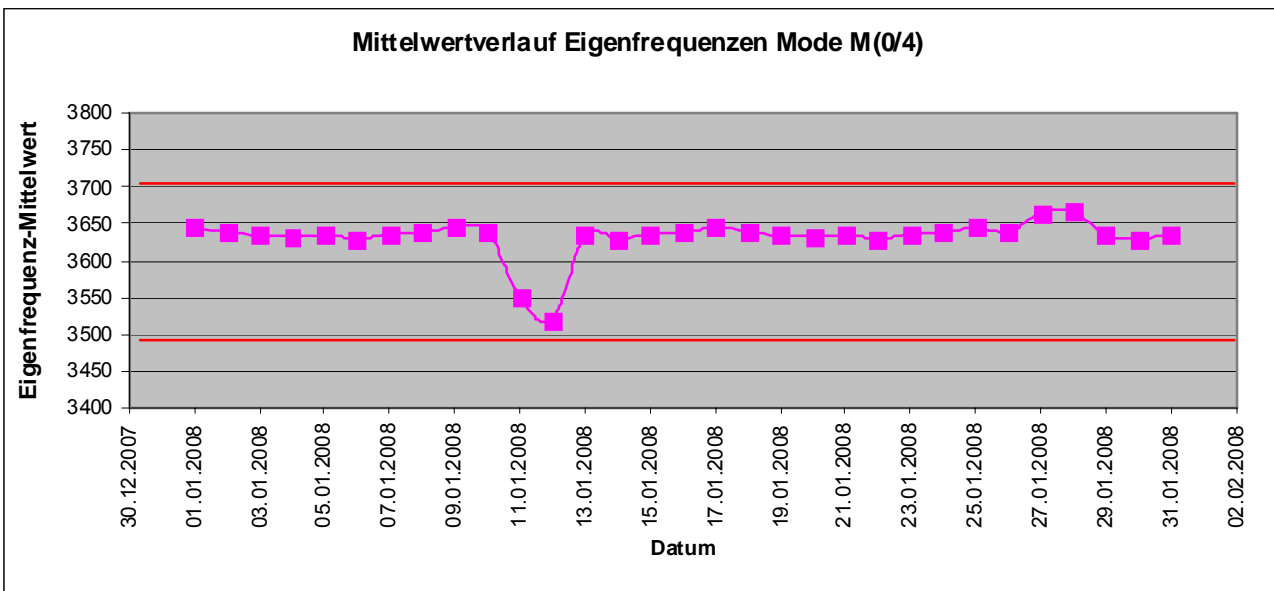
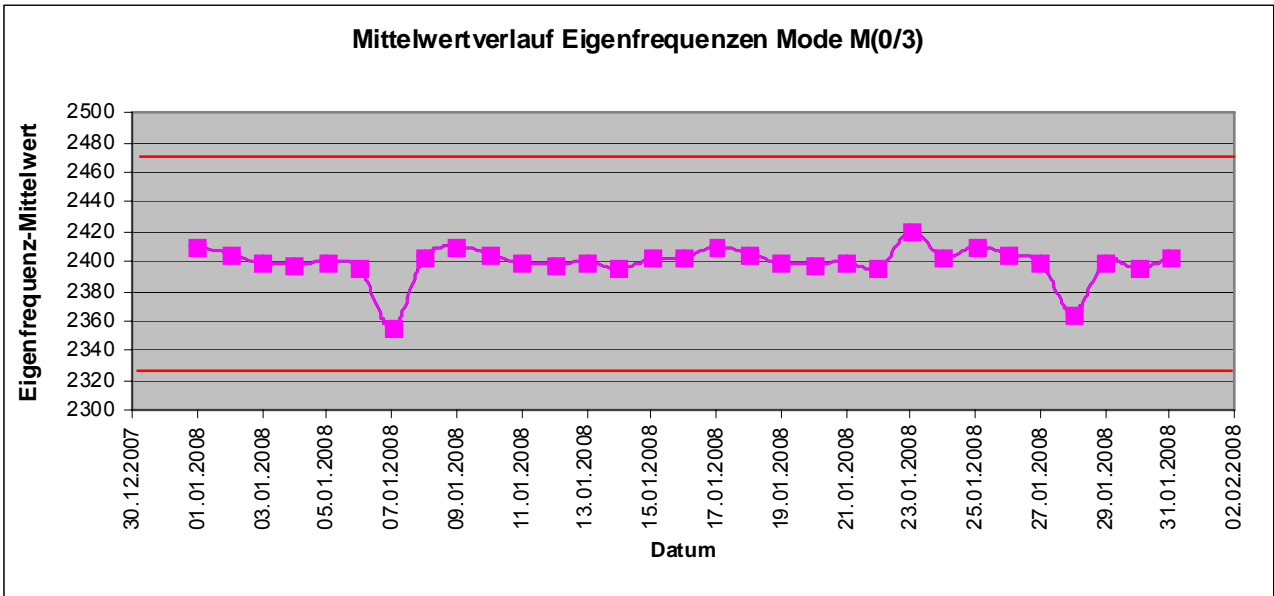
--> * Messgenauigkeit +/- 1 Hz
 --> alle Werte auf ganze Zahlen gerundet

Eigenfrequenz-Überwachung-Bremsscheibe
Mittelwertüberwachung

Anlage 2 zu VDA 302

Teile-Nr.	1K0 615 301 AA	Charge	0W3x	Gießdatum	12.02.2008
Versions-Nr.					
Roh teil	nein				
Fertigteil	ja			Bearbeitungsdatum	14.02.2008
Bemerkungen					

Soll Frquenzen	Mode 0/3	Mode 0/4		
f _{Soll, Zeichnung}	2400	3600		
USG	2328	3492		
OSG	2472	3708		

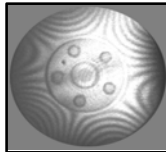
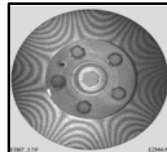


--> * Messgenauigkeit +/- 1 Hz
 --> alle Werte auf ganze Zahlen gerundet

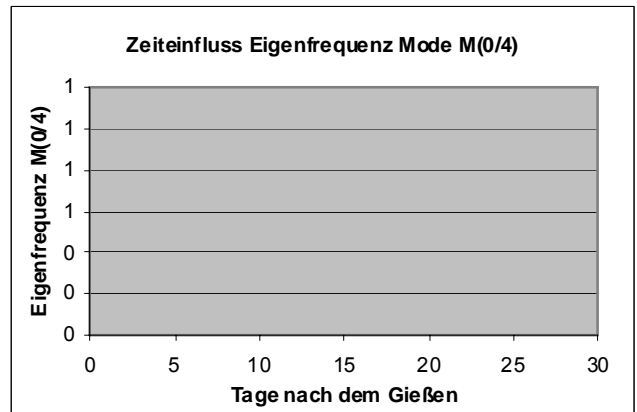
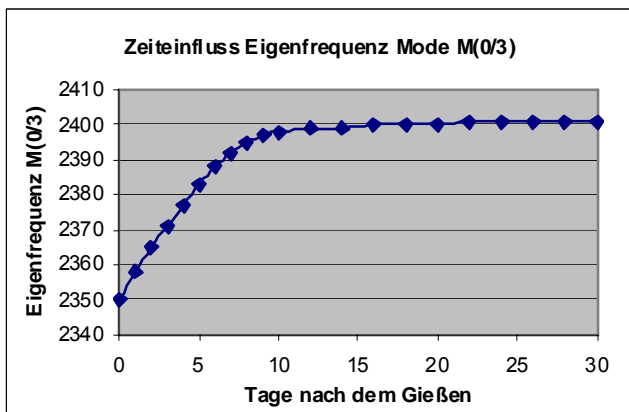
Eigenfrequenz-Überwachung-Bremsscheibe
Zeiteinfluss

Anlage 3 zu VDA 302

Teile-Nr.	1K0 615 301 AA	Charge	0W3x	Gießdatum	12.02.2008
Versions-Nr.					
Rohteil	nein				
Fertigteil	ja			Bearbeitungsdatum	14.02.2008
Bemerkungen					

Soll Frequenzen	Mode 0/3	Mode 0/4
Art der Eigenform		
f _{Soll, Zeichnung}	2350	4500

Tag	Datum	Eigenfrequenz der entsprechenden Eigenform			
		0/3	$\Delta f_{j, x\text{-Tage}}$	0/4	$\Delta f_{j, x\text{-Tage}}$
0	14.02.2008	2350	0		
1	15.02.2008	2358	-8		
2	16.02.2008	2365	-15		
3	17.02.2008	2371	-21		
4	18.02.2008	2377	-27		
5	19.02.2008	2383	-33		
6	20.02.2008	2388	-38		
7	21.02.2008	2392	-42		
8	22.02.2008	2395	-45		
9	23.02.2008	2397	-47		
10	24.02.2008	2398	-48		
12	26.02.2008	2399	-49		
14	28.02.2008	2399	-49		
16	01.03.2008	2400	-50		
18	03.03.2008	2400	-50		
20	05.03.2008	2400	-50		
22	07.03.2008	2401	-51		
24	09.03.2008	2401	-51		
26	11.03.2008	2401	-51		
28	13.03.2008	2401	-51		
30	15.03.2008	2401	-51		



--> * Messgenauigkeit +/- 1 Hz
 --> alle Werte auf ganze Zahlen gerundet