

Ergänzende Schwingungsuntersuchungen am Glockenturm der Ev.-Luth. Kirche zu Böhlen

In Ergänzung zum Schwingungsgutachten der Ev.-Luth. Kirche zu Böhlen vom 17.12.2003 werden die Berechnungen für ein neu konzipiertes 3er-Geläut erweitert.

In der hier vorliegenden Berechnung werden die Glockenkennwerte aus den übergebenen Unterlagen und in Ergänzung hierzu aus DIN 4178, Tabelle A.1 abgeleitet. Es wird sowohl die Variante am *geraden Holzjoch mit Jochgestaltung 2:3* als auch diejenige am *geraden schlanken Holzjoch mit Jochgestaltung 1:1* untersucht.

Gemäß Unterlagen sollen alle drei Glocken in y-Richtung (sh. Ursprungsgutachten) läuten, also Ost-West.

1. Berechnungen gemäß DIN 4178

1.1. Vorwerte Glockenangaben

Glocke	Nominal	unterer Ø [mm]	Masse [kg]	Gussjahr
1	fis'	1.155	930	um 1500
2	a'	963	540	1516
3	e''	605	120	1908

1.1.1. Rechenwerte aus DIN 4178:2005-04, Tab. A.1 - Jochbalken / Kopfholz 2:3

Glocke	Gewicht [kN]	Klöppelanschlag [min ⁻¹]	Läutewinkel [°]	Formbeiwert [-]
1	9,12	54	59	0,69
2	5,30	58	62	0,69
3	1,18	68	69	0,675

1.1.2. Rechenwerte aus DIN 4178:2005-04, Tab. A.1 - Jochbalken / Kopfholz 1:1

Glocke	Gewicht [kN]	Klöppelanschlag [min ⁻¹]	Läutewinkel [°]	Formbeiwert [-]
1	9,12	57	59	0,79
2	5,30	61	62	0,79
3	1,18	71	69	0,775

1.2. Horizontale statische Ersatzlasten

Maßgebende Eigenfrequenzen aus Ursprungsgutachten:

y- Richtung: 3,50 Hz, 3,89Hz

1.2.1. frequenzabhängige Ersatzlasten - Jochbalken / Kopfholz 2:3

Glocke 1

		Resonanzabstand				Vergrößerungsfaktor			
f [Hz]	max H [kN]	$\Delta\Omega_1$ [%]	$\Delta\Omega_3$ [%]	$\Delta\Omega_5$ [%]	$\Delta\Omega_7$ [%]	v_1 [-]	v_3 [-]	v_5 [-]	v_7 [-]
3,50	5,55	-87,1	-61,4	-35,7	-10,0	1,02	1,17	1,70	5,20
3,89	5,47	-88,4	-65,3	-42,2	-19,0	1,01	1,14	1,50	2,90

Glocke 2

		Resonanzabstand				Vergrößerungsfaktor			
f [Hz]	max H [kN]	$\Delta\Omega_1$ [%]	$\Delta\Omega_3$ [%]	$\Delta\Omega_5$ [%]	$\Delta\Omega_7$ [%]	v_1 [-]	v_3 [-]	v_5 [-]	v_7 [-]
3,50	3,46	-86,2	-58,6	-31,0	-3,3	1,02	1,21	1,91	13,81
3,89	3,45	-87,6	-62,7	-37,9	-13,0	1,02	1,16	1,63	4,08

Glocke 3

		Resonanzabstand				Vergrößerungsfaktor			
f [Hz]	max H [kN]	$\Delta\Omega_1$ [%]	$\Delta\Omega_3$ [%]	$\Delta\Omega_5$ [%]	$\Delta\Omega_7$ [%]	v_1 [-]	v_3 [-]	v_5 [-]	v_7 [-]
3,50	0,99	-83,8	-51,4	-19,0	+13,3	1,03	1,31	2,89	3,49
3,89	0,91	-85,4	-56,3	-27,2	+2,0	1,02	1,24	2,13	19,47

Zusammenfassung:

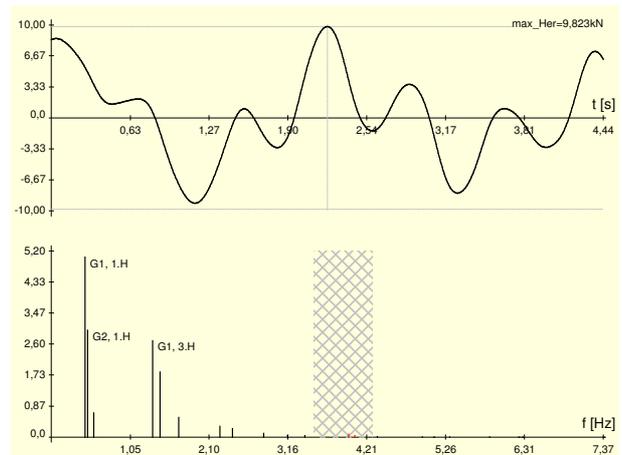
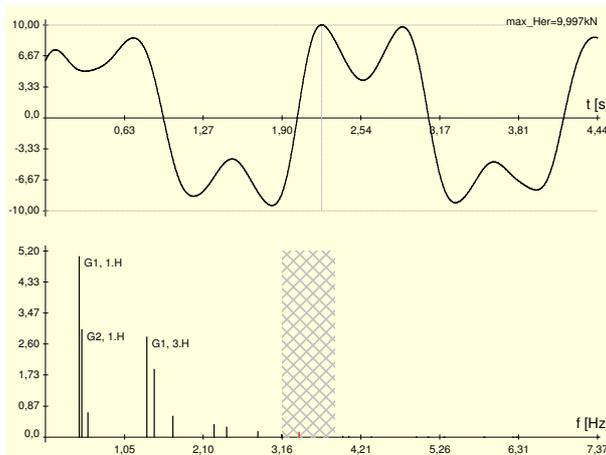
Anteilige Horizontallast [kN] bei $f_1 = 3,50$ Hz	1. Harmonische	3. Harmonische	5. Harmonische	Summe (enthält auch höhere Teilharmonische)
Glocke 1	2,93	2,67	0,02	5,55
Glocke 2	1,59	1,88	0,09	3,46
Glocke 3	0,33	0,58	0,08	0,99

Anteilige Horizontallast [kN] bei $f_2 = 3,89$ Hz	1. Harmonische	3. Harmonische	5. Harmonische	Summe (enthält auch höhere Teilharmonische)
Glocke 1	3,01	2,53	-0,02	5,47
Glocke 2	1,69	1,77	0,03	3,45
Glocke 3	0,30	0,54	0,08	0,91

Summe der maximalen statischen horizontalen Ersatzlasten:

	untersuchte Frequenzen	
f [Hz]	3,50	3,89
Σ max H [kN]	10,00	9,82
1,1 x Σ max H [kN]	11,00	10,80

Gemäß DIN 4178 sind die in obiger Tabelle angegebenen horizontalen statischen Ersatzlasten zur Abdeckung von Unschärfen des Ersatzlastverfahrens mit **Faktor 1,1 multipliziert**.



Summe der horizontalen statischen Ersatzlasten (volles Geläut, Läuterichtung y)

oben: Ersatzlasten - unten: Frequenzabstände

bei $f_1 = 3,50$ Hz

bei $f_2 = 3,89$ Hz

1.2.2. frequenzabhängige Ersatzlasten - Jochbalken / Kopfholz 1:1

Glocke 1

		Resonanzabstand				Vergrößerungsfaktor			
f [Hz]	max H [kN]	$\Delta\Omega_1$ [%]	$\Delta\Omega_3$ [%]	$\Delta\Omega_5$ [%]	$\Delta\Omega_7$ [%]	v_1 [-]	v_3 [-]	v_5 [-]	v_7 [-]
3,50	6,37	-86,4	-59,3	-32,1	-5,0	1,02	1,20	1,85	9,80
3,89	6,31	-87,8	-63,4	-38,9	-14,5	1,02	1,15	1,59	3,69

Glocke 2

		Resonanzabstand				Vergrößerungsfaktor			
f [Hz]	max H [kN]	$\Delta\Omega_1$ [%]	$\Delta\Omega_3$ [%]	$\Delta\Omega_5$ [%]	$\Delta\Omega_7$ [%]	v_1 [-]	v_3 [-]	v_5 [-]	v_7 [-]
3,50	3,98	-85,5	-56,4	-27,4	+1,7	1,02	1,23	2,11	21,43
3,89	3,97	-86,9	-60,8	-34,7	-8,5	1,02	1,18	1,74	6,03

Glocke 3

		Resonanzabstand				Vergrößerungsfaktor			
f [Hz]	max H [kN]	$\Delta\Omega_1$ [%]	$\Delta\Omega_3$ [%]	$\Delta\Omega_5$ [%]	$\Delta\Omega_7$ [%]	v_1 [-]	v_3 [-]	v_5 [-]	v_7 [-]

3,50	1,17	-83,1	-49,3	-15,5	+18,3	1,03	1,35	3,49	2,49
3,89	1,08	-84,8	-54,4	-24,0	+6,5	1,02	1,26	2,37	7,26

Zusammenfassung:

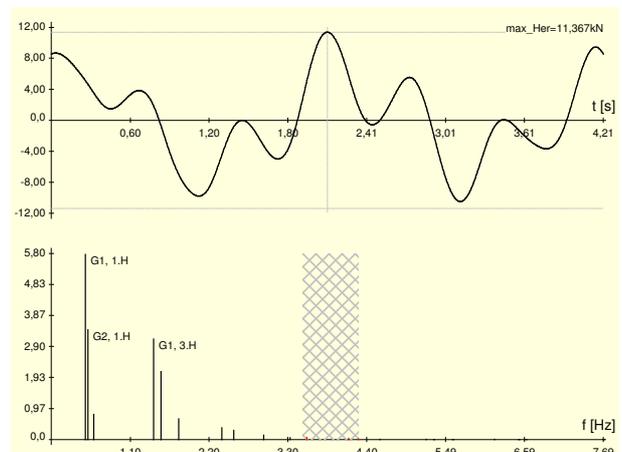
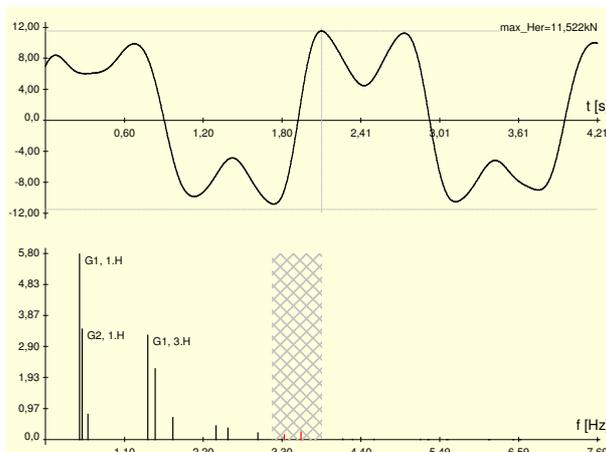
Anteilige Horizontallast [kN] bei $f_1 = 3,50$ Hz	1. Harmonische	3. Harmonische	5. Harmonische	Summe (enthält auch höhere Teilharmonische)
Glocke 1	3,27	3,17	0,06	6,37
Glocke 2	1,73	2,21	0,17	3,98
Glocke 3	0,37	0,68	0,13	1,17

Anteilige Horizontallast [kN] bei $f_2 = 3,89$ Hz	1. Harmonische	3. Harmonische	5. Harmonische	Summe (enthält auch höhere Teilharmonische)
Glocke 1	3,39	2,98	0,00	6,31
Glocke 2	1,90	2,07	0,06	3,97
Glocke 3	0,38	0,64	0,08	1,08

Summe der maximalen statischen horizontalen Ersatzlasten:

	untersuchte Frequenzen	
f [Hz]	3,50	3,89
Σ max H [kN]	11,52	11,37
1,1 x Σ max H [kN]	12,67	12,50

Gemäß DIN 4178 sind die in obiger Tabelle angegebenen horizontalen statischen Ersatzlasten zur Abdeckung von Unschärfen des Ersatzlastverfahrens mit **Faktor 1,1 multipliziert**.



Summe der horizontalen statischen Ersatzlasten (volles Geläut, Läuterrichtung y)

oben: Ersatzlasten - unten: Frequenzabstände

bei $f_1 = 3,50$ Hz

bei $f_2 = 3,89$ Hz

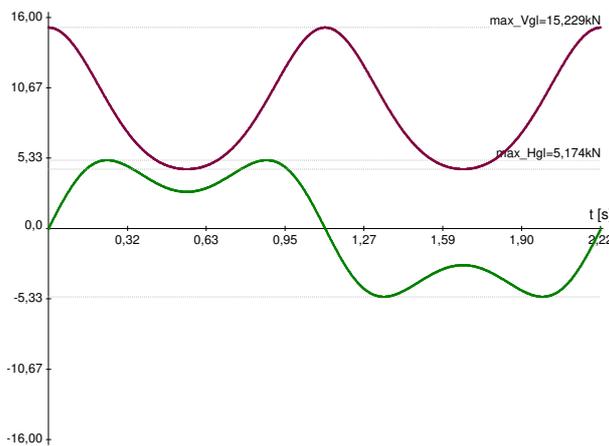
1.3. Horizontal- und Vertikallasten - Lagerlasten des nichtlinearen Pendels

Für die Bemessung des Glockenstuhles sind folgende Lasten aus den Einzelglocken zu verarbeiten:

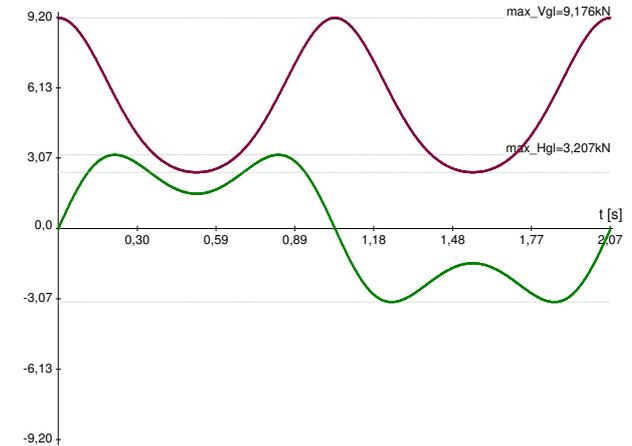
1.3.1. Lagerlasten Einzelglocken - Jochbalken / Kopfholz 2:3

Glocke	maxH / zugV [kN]	maxV / zugH [kN]	minV / zugH [kN]
1	5,174 / 9,688 (6,727 / 12,594)	15,229 / 0,000 (19,798 / 0,000)	4,498 / 2,779 (5,848 / 3,613)
2	3,207 / 5,766 (4,169 / 7,496)	9,176 / 0,000 (11,929 / 0,000)	2,448 / 1,515 (3,182 / 1,970)
3	0,808 / 1,353 (1,050 / 1,759)	2,197 / 0,000 (2,856 / 0,000)	0,485 / 0,266 (0,630 / 0,346)

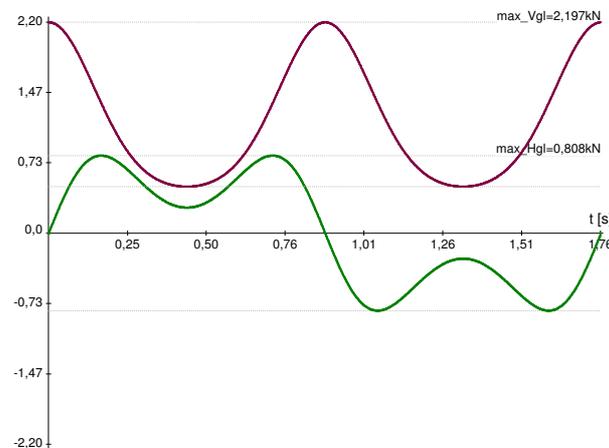
Die Klammerwerte bezeichnen die mit Faktor 1,3 erhöhten Werte gemäß DIN 4178, Punkt 9.2., welche als charakteristische Lasten einer veränderlichen Einwirkung zu verarbeiten sind.



Lagerlasten Glocke 1



Lagerlasten Glocke 2

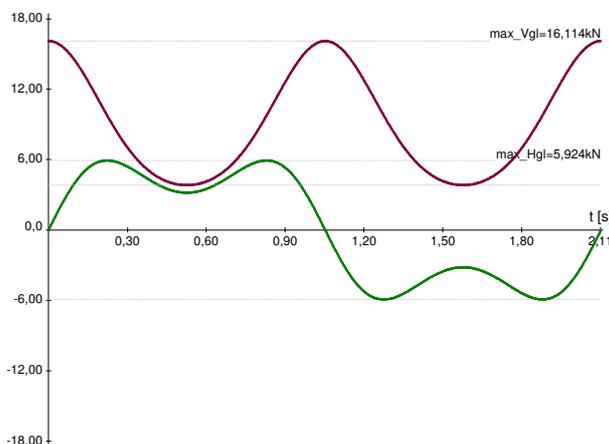


Lagerlasten Glocke 3

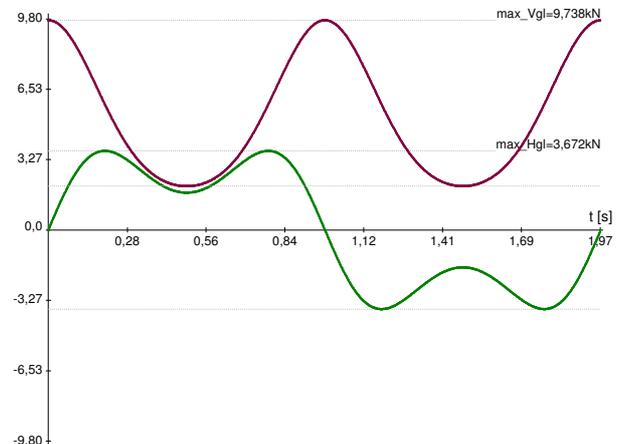
1.3.2. Lagerlasten Einzelglocken - Jochbalken / Kopfholz 1:1

Glocke	maxH / zugV [kN]	maxV / zugH [kN]	minV / zugH [kN]
1	5,924 / 9,769 (7,702 / 12,700)	16,114 / 0,000 (20,948 / 0,000)	3,828 / 3,182 (4,976 / 4,136)
2	3,672 / 5,834 (4,773 / 7,584)	9,738 / 0,000 (12,659 / 0,000)	2,035 / 1,735 (2,645 / 2,255)
3	0,927 / 1,379 (1,206 / 1,793)	2,348 / 0,000 (3,052 / 0,000)	0,382 / 0,305 (0,497 / 0,397)

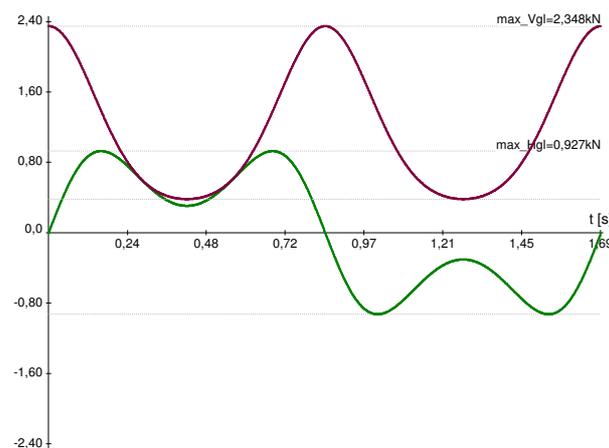
Die Klammerwerte bezeichnen die mit Faktor 1,3 erhöhten Werte gemäß DIN 4178, Punkt 9.2., welche als charakteristische Lasten einer veränderlichen Einwirkung zu verarbeiten sind.



Lagerlasten Glocke 1

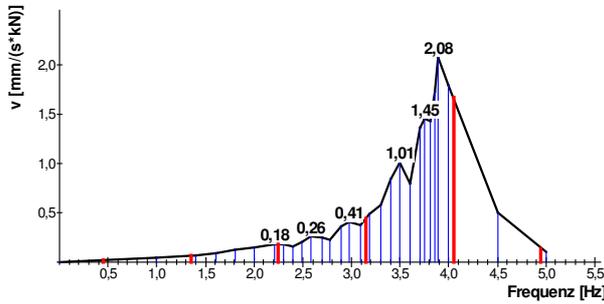


Lagerlasten Glocke 2

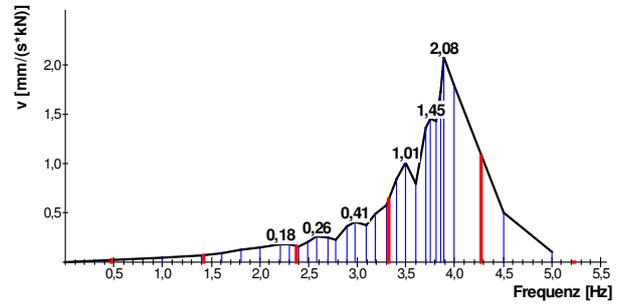


Lagerlasten Glocke 3

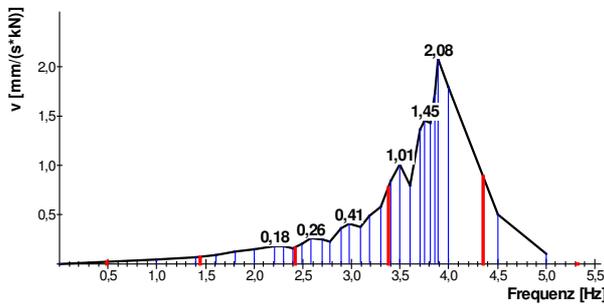
2. Prognose der zu erwartenden Turm-Schwinggeschwindigkeiten



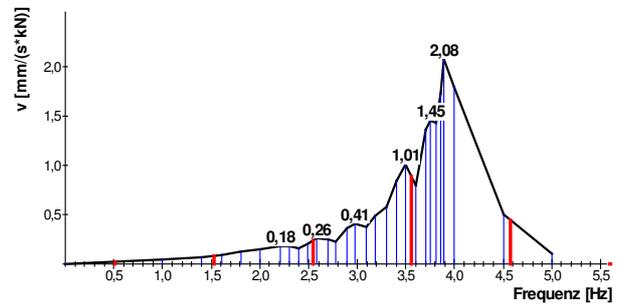
Prognose Glocke 1, Joch 2:3



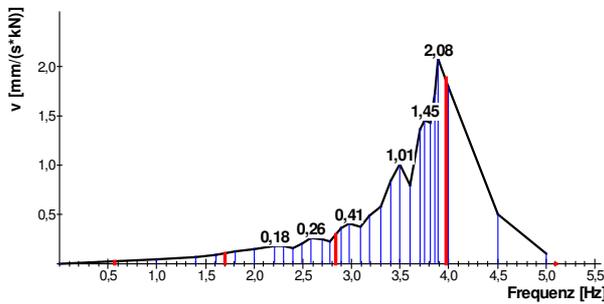
Prognose Glocke 1, Joch 1:1



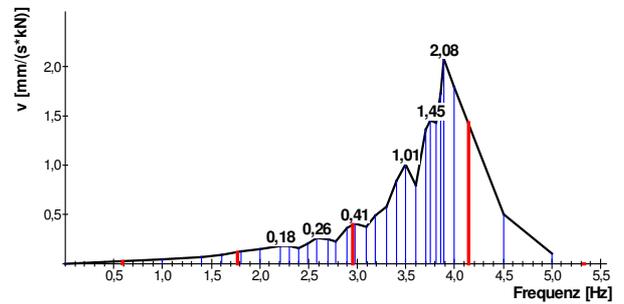
Prognose Glocke 2, Joch 2:3



Prognose Glocke 2, Joch 1:1



Prognose Glocke 3, Joch 2:3



Prognose Glocke 3, Joch 1:1

Läuterichtung y	Joch 2:3	Joch 1:1
Glocke 1	0,30	0,36
Glocke 2	0,21	0,27
Glocke 3	0,09	0,11
Summe	0,60	0,74

3. Zusammenfassung

Die **Anforderungen der DIN 4178** hinsichtlich eines geforderten Resonanzabstandes bzgl. dritter harmonischer Teilschwingungen der Glocken von mindestens 10 % bei messtechnisch ermittelter Turmeigenfrequenz wird für das untersuchte 3er Geläut **erfüllt**.

Eine Einhaltung des Orientierungswertes der zulässigen Schwingungsgeschwindigkeiten von 3 mm/s ist auch bei Geläutedrehung in y-Richtung angesichts zu erwartender Werte von unter 1 mm/s sichergestellt.

Dies gilt sowohl für eine Hängung an normalen als auch an schlanken Holzjochen.

Aus baulasttechnischer Sicht bestehen also für die **Verwirklichung der gerechneten Disposition** keine Bedenken. Für die statischen Nachweise am Turm (z.B. Überlagerung mit Wind-, Schnee- und Verkehrslasten) sind die statischen Ersatzlasten aus Punkt 1.2 zu verwenden. Für den statischen Nachweis des Glockenstuhles selbst sind die Lagerlasten des nichtlinearen Pendels aus Punkt 1.3 zu verarbeiten.

Peitz, den 30.08.2017

verwendete Unterlagen:

- e-mail vom 08.08.17 vom Glockensachverständigen im Regionalkirchenamt Leipzig
Dipl.-Ing. R. Kreß mit Glockendaten und beabsichtigte Läuterichtung