



Beitrag
Bayerischer
Denkmalpflegepreis
2020

KATH. PFARRKIRCHE ST. NIKOLAUS, PFRONTEN-BERG

**Turm- und Geläutesanierung -
Gegenpendelanlage**

Prof. Dr.-Ing. habil. Karl G. Schütz
Dipl.-Ing. Andreas Jocham
Dipl.-Ing. Univ. Martin Möhle





„Hässliches“ Obergewicht aus Stahlblech auf dem Joch der Glocke 1 vor der Sanierung (1)

DR. SCHÜTZ INGENIEURE



Glocke 1 nach Rückbau des Obergewichts mit Antriebskette für das Gegenpendel (2)



AUFGABENSTELLUNG

Im 1746 bis 1749 aus Naturstein errichteten, 61 m hohen und weithin sichtbaren Turm der Pfarrkirche St. Nikolaus ist ein **fünfstimmiges** Geläut untergebracht. Die Glocken 1 bis 3 wurden 1750 in Memmingen gegossen und sind somit **bauzeitlich**. 1950 wurden zwei weitere Glocken hinzugefügt (4).

Die Glocken 1 und 2 hängen in einem zweifeldigen Holzglockenstuhl unterhalb der Uhrenstube. Das historische Joch der Glocke 1 war mit einer riesigen Stahlscheibe, die als Obergewicht wirkt, verunstaltet. Die Glocken 3 bis 5 sind oberhalb der Uhr in einem ebenfalls zweifeldigen Holzglockenstuhl, untergebracht, die Glocken 4 und 5 hängen hintereinander in einem Feld. Wie Umbauspuren am Glockenstuhl zeigen, hing hier ursprünglich eine einzelne Glocke mittig.

Im Rahmen einer geplanten Gesamtinstandsetzung erfolgte 2011 eine Schwingungsmessung am Kirchturm. Die gemessene Gesamterschütterung lag mit 10,4 mm/s (8) über dem Anhaltswert der DIN 4150, Teil 3 für denkmalgeschützte Gebäude von 8 mm/s. Des Weiteren war der Resonanzabstand von 10 % zwischen der 3. Teilschwingung der Glocke 1 und der Turmeigenfrequenz nicht eingehalten (7).

Die Turmeigenfrequenz bei Stoßanregung betrug 1,23 Hz und fiel beim Läuten auf 1,20 Hz ab.

Ohne das Obergewicht läutet die Glocke 1 bei einem üblichen Läutewinkel von 57° mit 48 Anschlägen pro Minute, d.h. in Resonanz zum Turm.

Gegenpendel unterhalb der Glockenstube angehängt an die Lagerbalken des Glockenstuhls (3)

Die Glocken 1 und 2 hängen in einem zweifeldigen Holzglockenstuhl unterhalb der Uhrenstube. Das historische Joch der Glocke 1 war mit einer riesigen Stahlscheibe, die als Obergewicht wirkt, verunstaltet.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen einer früheren Sanierung das Obergewicht eingebaut, um die Anschlagzahl der Glocke zu vermindern. Die Verlangsamung der Glocke hatte zur Folge, dass das Läuten mit einem normalen Flugklöppel nicht mehr möglich war und ein Gegengewichtsklöppel zum Einsatz kommen musste. Dieser Klöppel hat

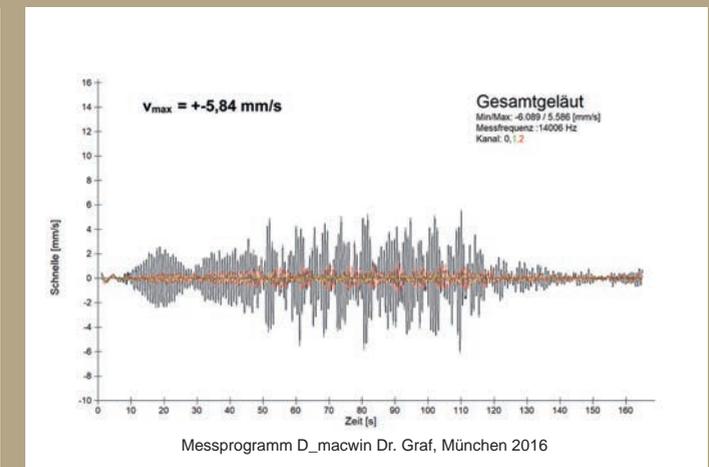
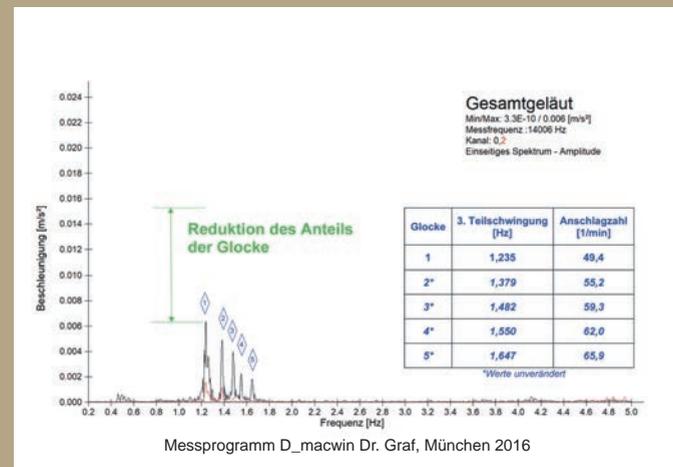
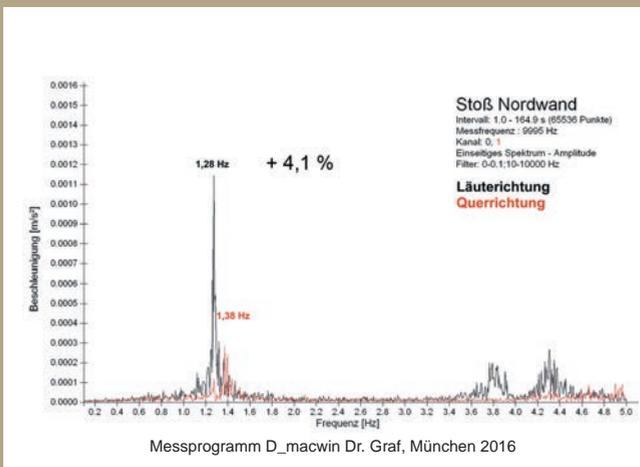
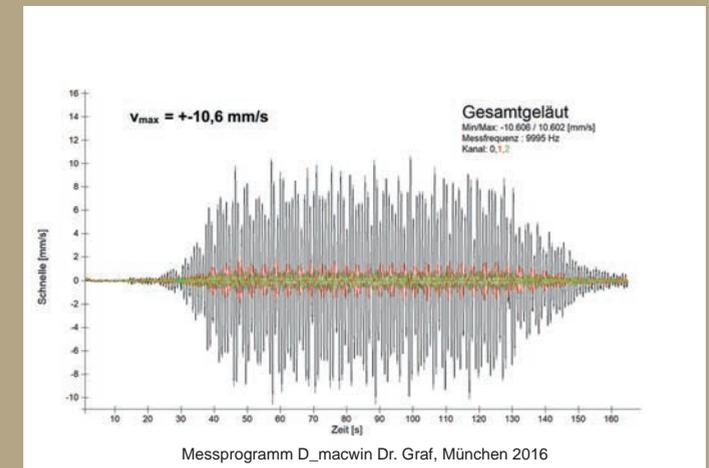
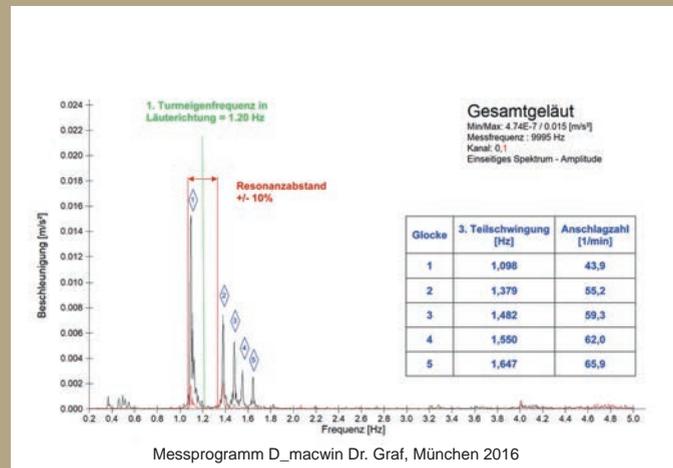
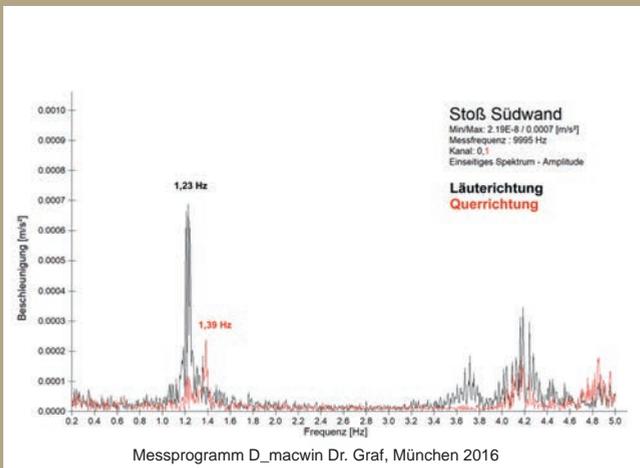
einen tieferen Drehpunkt und somit einen klanglich ungünstigeren Anschlagwinkel. **Ziel** der erforderlichen Geläutesanierung war, die **historische Glocke** wieder mit einem Flugklöppel läuten zu können, um den **ursprünglichen Klang** wieder herzustellen und gleichzeitig die **baudynamischen Defizite zu beseitigen**.

Glocke	Nominal	Ø [mm]	M [kg]	Gießer	Gußjahr	α [°]	a [1/min]
1	c'	1550	2430*	Johann Melchior Ernst (Memmingen)	1750	51	49,4
2	e'	1215	1050	Johann Melchior Ernst (Memmingen)	1750	50,1	55,2
3	g'	1010	550	Johann Melchior Ernst (Memmingen)	1750	59,9	59,3
4	a'	875	350	Johann Hahn (Landshut)	1950	63,1	62
5	c''	725	200	Johann Hahn (Landshut)	1950	74,3	65,9

Glockendaten: Quelle Datensammlung B.S., Glockenatlas Bayerisch Schwaben S. 215 + 216 (4)



Prinzipdarstellung Glocke 1 und Gegenpendel (5)



Turmeigenfrequenzen vor (oben) und nach (unten) der Sanierung (6)

Frequenzspektrum beim Läuten aller Glocken vor und nach Einbau der Gegenpendelanlage (7)

Turmerschütterung beim Läuten aller Glocken vor und nach Einbau der Gegenpendelanlage (8)

BESONDERE INGENIEURLEISTUNG VON DR. SCHÜTZ INGENIEURE

Grundlage für die weitergehenden Planungsüberlegungen war die **Schwingungsmessung** zur Ermittlung der Turmeigenfrequenzen und der Auswirkung der einzelnen Glocken.

Mit am Turmmauerwerk befestigten Beschleunigungsaufnehmern wird hierbei die Reaktion des Turmes auf die schwingenden Glocken, Wind- und Stoßanregungen oder auch die Anregung durch einen Unwuchterreger (9) aufgezeichnet. Bild 6 zeigt das Frequenzspektrum bei Stoßanregung und somit eine obere Grenze der Turmeigenfrequenz. Bild 7 zeigt das Frequenzspektrum beim Läuten aller Glocken, Bild 8 die gemessene Erschütterung, jeweils vor und nach der Maßnahme.

Die Schwingungsmessung wurde zur Bestimmung der offenen Parameter (Glockenschwerpunkt, Biegesteifigkeit des Turmes, Eigenfrequenzabfall des Turmes beim Läuten) mit büointerner Software nachgerechnet. Die für die baulasttechnische Beurteilung notwendigen Parameter wurden rechnerisch ermittelt, auf ein umfangreiches Bestandsaufmaß des Turmes und der Glocken sowie weitere aufwändige Voruntersuchungen (z.B. am Mauerwerk) und Berechnungen konnte somit verzichtet werden.

Die Auswirkungen notwendiger Veränderungen am Geläut können durch die **Kombination** einer **Schwingungsmessung** mit einer **Nachrechnung** präzise vorausberechnet werden.

Die Gesamterschütterung des Turmes war in

erster Linie auf die Resonanznähe der Glocke 1 zurückzuführen. Eine weitere Verlangsamung der Glocke 1 war ohne klangliche Einbußen nicht möglich. Eine weitere Möglichkeit, einen ausreichenden Resonanzabstand zu erreichen, wäre eine deutliche Erhöhung der Anschlagzahl von Glocke 1 gewesen. Um ein ausgewogenes Klangbild zu erreichen, hätte dies jedoch auch Maßnahmen an den 4 kleineren Glocken zur Folge gehabt, weshalb der Einbau einer Gegenpendelanlage für die Glocke 1 von uns vorgeschlagen wurde, um die Glocke 1 im Resonanzbereich läuten zu können. Vorteil hierbei war, dass das Geläut selbst, insbesondere die historischen Holzjoche (10), in ihrem bisherigen Zustand erhalten bleiben konnten.

Im Rahmen der Außeninstandsetzung des Turmes wurde auch das Turmmauerwerk statisch ertüchtigt. Dies erfolgte durch ein Verpressen von Mauerwerksrissen und den Einbau umlaufender Verspannungen.

Zur Überprüfung der Auswirkung dieser Maßnahmen erfolgte eine weitere Messung der Turmeigenfrequenzen, hierbei wurde eine leichte Erhöhung in Läuterichtung festgestellt (6).



Unwuchterreger zur Eigenfrequenzmessung (9)

Die für die baulasttechnische Beurteilung notwendigen Parameter wurden rechnerisch ermittelt, auf ein umfangreiches Bestandsaufmaß des Turmes und der Glocken sowie weitere aufwändige Voruntersuchungen (z.B. am Mauerwerk) und Berechnungen konnte somit verzichtet werden



Historische Holzjoche mit geschmiedeten Bändern nach Rückbau des Obergewichtes (10)

Für den Einbau des entsprechenden Gegenpendels stand der Raum unterhalb der unteren Glockenstube zur Verfügung. Es wurde an die Lagerbalken des Glockenstuhles angehängt, so dass die Horizontalkräfte aus dem Läuten direkt in der Holzkonstruktion kurzgeschlossen werden.

Der Antrieb des Gegenpendels, das in Gewicht und Schwerpunkt von uns exakt auf die Glocke abgestimmt wurde (5), erfolgt über die Läutemaschine der Glocke 1.

Hierzu wurden das Glockenjoch und das Joch des Gegenpendels über Seilräder und Ketten miteinander verbunden. Aufgrund der geringen Feldweite war eine direkte Verbindung der Joche von Gegenpendel und Glocke nicht möglich, hier wurde eine Umlenkung über Ketten und Zahnräder erforderlich (2).

Die **Feinjustierung** von Glocke und Pendel erfolgte unter **messtechnischer Begleitung**, so dass die **optimale Einstellung** des Pendels auf die Glocke erreicht werden konnte.

Durch den Rückbau des optisch sehr störenden Obergewichtes treten nun die **historische**, wohl bauzeitliche, Holzkonstruktion und die 1864 eingebauten Holzjoche wieder in den Vordergrund. Das Gegenpendel hängt unterhalb und wurde exakt in die historische Konstruktion eingepasst, so dass mit Ausnahme der beiden Überzüge, die im Belag der Glockenstube integriert sind, keine Umbauten notwendig wurden. Es handelt sich um eine rein **additive Maßnahme**.

Klanglich hat das Geläute durch den Einbau eines Flugklöppels bei Glocke 1 erheblich gewonnen.

Die Gesamterschütterung konnte mit der auf eine einzelne Glocke beschränkten Maßnahme um 44 % auf 5,84 mm/s gesenkt werden. Mit **minimalen Eingriffen** in die historische Bausubstanz konnte somit eine **effektive** und **dauerhafte** Reduzierung der Turmbeanspruchungen mit einer **gleichzeitigen funktionalen Verbesserung (Klang) erreicht werden**.



Beitrag
Bayerischer
Denkmalpflegepreis
2020

Bauherr und Einreicher

Kath. Kirchenstiftung St. Nikolaus
Am Hörnle 5
87459 Pfronten

Pfarrer Werner Haas

Verantwortliches Ingenieurbüro

DR. SCHÜTZ INGENIEURE
Beratende Ingenieure im Bauwesen PartG mbB
An der Stadtmauer 13
87435 Kempten

Prof. Dr.-Ing. habil. Karl G. Schütz
Dipl.-Ing. Andreas Jocham
Dipl.-Ing. Univ. Martin Mößle