



Dr.-Ing. Michael Plitzner bei der Auswertung der ersten Messdaten



Messeinrichtung beim Läuten der Glocke 4. Glocke und Klöppel befinden sich im Scheitelpunkt der Schwingung beim Läuten.

Stichwort **ProBell – Europäisches Kompetenzzentrum für Glocken – ECC-ProBell® an der Hochschule Kempten**

Das Europäische Kompetenzzentrum für Glocken – ProBell hat Verfahren entwickelt, die es ermöglichen, das Gefährdungspotenzial des Läutens für eine Glocke zu bestimmen. Die Beanspruchungen einer Glocke beim Läuten werden mit geeigneten Computermodellen simuliert und anhand von vorliegenden Daten zur Lebensdauer und Ermüdungsfestigkeit der Glockenbronze bewertet. Mithilfe der Computermodelle lassen sich optimale Läutebedingungen und ein auf das jeweilige Glockensystem abgestimmter Klöppel berechnen.

Die Untersuchungen fanden vom 30. März bis 1. April 2015 statt. Beispielhaft stellen wir hier die Untersuchungsergebnisse der Glocke 2, Tuba Dei (Posaune Gottes) vor.

Die historischen Glocken des Münsters St. Stephan

Dr.-Ing. Michael Plitzner

Beurteilung der Glocke 2

Die Glocke wird bei den gegenwärtigen Läutebedingungen schonend geläutet. Die Anschlagintensität des Klöppels beträgt $J_{exp} = 2,4$, was für Glocken dieser Größe im optimalen Bereich liegt. Ursache für die niedrigen Läutebeanspruchungen ist vor allem der niedrige Läutewinkel von etwa 41° . Aufgrund der Massenverteilung am Klöppel kommt es bereits bei diesem niedrigen Läutewinkel zu einem regelmäßigen Anschlagen des Klöppels, gemäß DIN 4178 wird für Glocken dieser Größe jedoch ein Läutewinkel von etwa 55° vorgeschlagen.

Geometrische Eigenschaften der Glockensysteme					
Glockensystem	Nr. 2	Nr. 4	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8
Glockenmasse mb in kg (Rippentabelle)	1850	1170	1250	810	214
Glockendurchmesser in mm	1459	1220	1174	1025	690

Trotz des niedrigen Läutewinkels ist die klangliche Anregung der Glocke durch den Klöppel relativ ausgewogen, ein höherer Läutewinkel könnte jedoch eine bessere Klangentfaltung der Glocke hervorrufen.

Die lokalen Anschlagbedingungen beim Anschlag des Klöppels an der Glocke sind zufriedenstellend. Die Anschlagflächen zeugen von einer guten Klöppelführung und einer mittigen Ausrichtung des Klöppels in der Glocke. Die Oberflächenhärte des Klöppels weist auf eine niedrige Fließgrenze des verwendeten Materials hin, so dass eine gute Anpassung des Klöppels an die Glockenoberfläche gegeben ist.

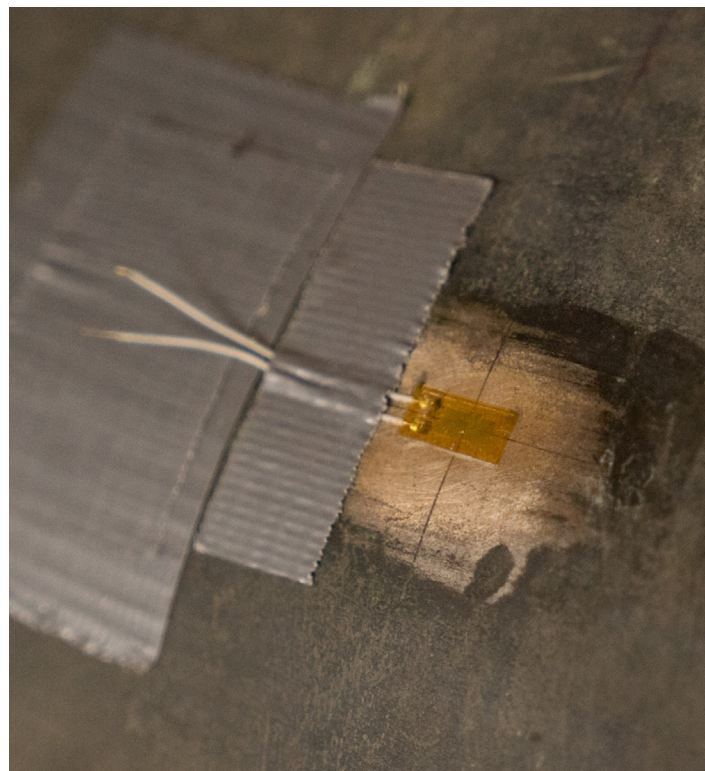
Die Glocke hängt seitlich etwas schief im Glockenstuhl mit einer Höhendifferenz (von links nach rechts) von etwa 15 mm.

Die Läutemaschine hält den Läutewinkel sehr konstant, sowohl Einläute- als auch Ausläutevorgang sind gut eingestellt, so dass es zu keinen Prellschlägen kommt.

Im Klang der Glocke werden bei allen wichtigen Teiltönen geringe Frequenzspaltungen festgestellt, die auf Imperfektionen, Fehlstellen und auch Schäden hinweisen können. Die aus Ermüdungsschäden resultierenden Frequenzspaltungen sind jedoch in Bezug auf den Umfang als auch die damit verbundenen Klangmuster bei dieser Glocke nicht feststellbar. Daher kann nach dem derzeitigen Kenntnisstand davon ausgegangen werden, dass keine ausgeprägten Ermüdungsschäden in der Glocke vorhanden sind.



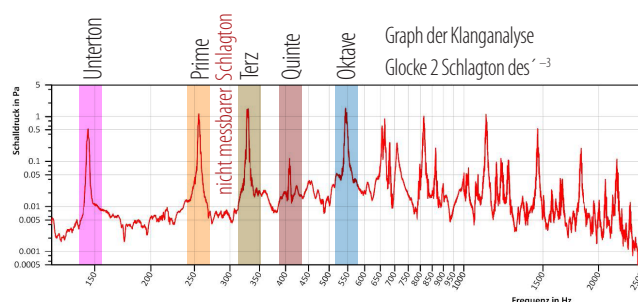
Das Gebälk wurde an dieser Stelle ausgespart, um Platz für den schwingenden Klöppel zu schaffen.



Messsensor an der Glocke außen

Läuteperiode in s	2,42
Anschlagszahl in 1/min	49,6
Läutewinkel in °	41

Klanganalyse, Glocke 2 Nominal des ⁻³		
Teiltöne	Ton*	Frequenz in Hz
Unterton	d ⁰	144,9
Prime	c ¹	255,6
Terz	fes ¹	328,6
Quinte	as ¹	408,2
Oktave	des ²	545,6



Empfehlung

Für ein schonendes Läuten der Glocke müssen keine Änderungen an den Läutebedingungen vorgenommen werden. Sollte der Wunsch bestehen, für eine lebhaftere Klangentfaltung der Glocke den Läutewinkel zu erhöhen, so ist für eine weitere Schonung der Glocke eine Neukonstruktion des Klöppels erforderlich. Vorteilhaft für die Klangentfaltung der Glocke wäre dann der Einsatz eines Doppelgelenks am Klöppel, das eine höhere Drehachse und damit eine bessere Anflugrichtung des Klöppels ermöglicht. Vorteile dieser Klöppelaufhängung sind eine grundtönigere Anregung der Glocke, eine geringere Belastung des Klöppelschaftes (und damit eine geringere Bruchgefahr des Klöppels) sowie eine Verringerung des Materialabtrags an der Glocke.

Zur Schonung des Glockenstuhls, der Lager und der Glockenbefestigung wird empfohlen, die Glocke waagrecht im Glockenstuhl zu installieren.

Um zuverlässig ausschließen zu können, dass die festgestellten Frequenzspaltungen nicht auf langsam wachsende Ermüdungsschäden zurückgehen, sollte der Klang der Glocke einmal jährlich aufgezeichnet und ausgewertet werden. Diese Klangmessungen können bei entsprechender Qualifikation auch von der Wartungsfirma durchgeführt werden.

Was ist der Schlagton (Nominal/Nennton)?

Der **Schlagton** ist ein subjektiver Tonhöhereindruck und benennt die Tonhöhe einer Glocke. Der **Schlagton** ist kein physikalisch messbarer Ton, sondern wird vom menschlichen Ohr aus dem Zusammenklang von Teiltönen der Glocke virtuell gebildet, die der Obertonreihe entsprechen (Residualton).

In der Campanologie (Glockenkunde) hat sich die Benennung der Teiltöne nach der heutigen Standardglocke, der sogenannten reinen Oktavglocke, etabliert. Ausgehend vom tiefsten Teilton, dem Unterton (standardmäßig eine Oktave unter dem **Schlagton**), folgen die höheren Teiltöne, die mit dem Namen des Intervalls bezeichnet werden, das sie zum Schlagton bilden: Prime, Terz, Quinte, Oktave etc.

Nicht alle Teiltöne der Glocke tragen zur Bildung des Schlagtons bei, sondern nur jene, deren Frequenzen in etwa eine Obertonreihe aus ganzzahligen Vielfachen eines nicht vorhandenen Grundtons bilden.

Die Frequenzverhältnisse der Obertöne müssen nicht ganz exakt sein, um einen deutlich ausgeprägten **Schlagton** zu bilden. Wenn sie allerdings untereinander zu stark verstimmt sind, wird kein eindeutiger Schlagton wahrgenommen.

(nach <https://de.wikipedia.org/wiki/Schlagton>) MH