

Breisacher Münster- Glockenstuhl im Nordturm Bericht zum Schadbild und Restaurierungskonzept

Dipl.-Ing Guido Kremp, Tragwerksplaner

Andreas Hagedorn, geprüfter Restaurator im Zimmererhandwerk

Aufgabenstellung

Im Zuge der beauftragten Voruntersuchungen haben wir den Glockenstuhl im Nordturm des Breisacher Münsters auf Schäden und konstruktive Mängel hin untersucht. Unter Berücksichtigung der durch die bauhistorische Untersuchung nun bekannten Bauhistorie wurde ein Restaurierungskonzept entwickelt.

Es wurde vereinbart, alle Prozessbeteiligten frühzeitig in Diskussion und Entscheidungsfindung einzubinden.

Sanierungsgeschichte

Seit Ende des 2. Weltkrieges haben zwei größere Sanierungen des Glockenstuhls stattgefunden.

Die 1. Sanierung fand in den 1950er Jahren unter sehr schwierigen wirtschaftlichen Bedingungen statt. Mit dem Wiederaufbau der Türme und Dächer war eine Vielzahl von dringlicheren Aufgaben zu bewältigen. Vermutlich beschränkte man sich auf das unbedingt Nötigste, um das Geläut (nach Jahren der Stille) wieder betreiben zu können. Einen Eindruck der immensen Schäden vermittelt das Bild Seite 15.

Die 2. Sanierung fand Ende der 1970er Jahre statt. Die Sanierer werden einen stark geschädigten Glockenstuhl vorgefunden haben. Man beschränkte sich wiederum auf das Nötigste. Der Großteil der heute vorhandenen Fäulnis-schäden war mit hoher Wahrscheinlichkeit in den 1970er-Jahren schon vorhanden. Die Hölzer, deren Erneuerung damals für notwendig erachtet wurde, werden in einem noch schlechteren Zustand gewesen sein, als die damals schon schadhaften und heute dringend zur Sanierung empfohlenen. Dies lässt erahnen, mit welchem Schadensausmaß unsere Vorgänger konfrontiert waren.

Aufbau, Konstruktion und Darstellung der Bauphasen sind ausführlich beschrieben in der bauhistorischen Dokumentation von Herrn King.

Schadbild

In allen Höhenlagen sind Schäden, die durch Umbauten, Kriegsschäden und durch eindringendes Wasser verursacht wurden. Die Schäden sind zum Teil erheblich und betreffen teilweise mehr als 50% des jeweiligen Querschnitts.

Holz zerstörende Pilze

Es zeigen sich bereichsweise starke Schäden durch Holz zerstörende Pilze. Durch das eingedrungene Niederschlagswasser haben diese geeignete Lebensbedingungen vorgefunden. Als „große“ Ursache kann hierfür sicherlich

der fehlende Turmhelm in den Nachkriegsjahren des 2. Weltkrieges bezeichnet werden. Der Wiederaufbau des Turmhelms erfolgte erst 1950. Es ist jedoch davon auszugehen, dass auch frühere kriegerische Ereignisse und/oder bauliche Eingriffe zu zeitweisen Durchfeuchtungen der Kernkonstruktion im Laufe ihrer über 400-jährigen Geschichte geführt haben.

Die Schäden durch Fäulnis müssen als umfassend bezeichnet werden. Sie betreffen insbesondere die horizontalen Schwellen und ihre Last abtragenden und der Aussteifung dienenden Verbindungen mit Pfosten und Schwellen. Ausgehend von den Zapfenlöchern der historischen Holzverbindungen sind einige der starken Eichenquerschnitte im Kern weg gefault (Bild 1).

Stark betroffen sind auch die schwer einsehbaren, statisch elementaren Fuß- und Basispunkte des Glockenstuhles (Eckständer und Schwellriegel, Ebene 1, Bild 2).

Die gesamte Holzkonstruktion steht auf einem horizontalen Gebälk aus vier starken Eichenbalken. Diese sind an ihrem Auflager in der Turmwand eingemauert und dort, im verdeckten Auflagerbereich, größtenteils ebenfalls stark geschädigt.

Holz zerstörende Insekten

Die Eichenholzkonstruktion zeigt stellenweise deutliche Schäden durch den Bunten Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*, De Geer). Der zur Familie der Anobien gehörende Schädling ist in seiner Jugend auf eine vorausgehende Schädigung des Holzes durch Pilze angewiesen. Maßgebend zur Sanierung ist daher das Entfernen pilzgeschädigter Holzsubstanz. Wird dies gründlich getan und die Entstehung zukünftiger Pilzschäden konstruktiv vermieden, sind keine separaten Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Bunten Nagekäfer nötig.



Bild 1: Schwelle mit starker Kernfäule



Bild 2: Eichenbalken Basis unterhalb der Ebene 1

Bauzeitliche Holzauswahl

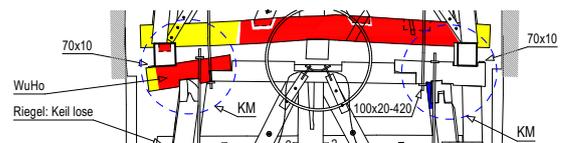
Als Schwellen und Rähme sind teilweise krummwüchsige („gebogene“) Eichenbalken verbaut. Dies ist grundsätzlich kein Mangel. Stellenweise kommt es jedoch durch ungünstigen Faserverlauf und Abplatzungen zu kritischen Querschnittsreduzierungen im Bereich von Anschlüssen und Verbindungen. In Kombination mit großflächigen Aussparungen für die Lagerung der Glockenjoche ist hier vermutlich die Ursache für den Verlust der Mittelstücke der Rähme von Ebene 2 zu suchen.

Konstruktive Mängel (auszugsweise)

Im Zuge der Sanierung der 1970er Jahre wurden die Rähme in der Mittelachse des mittleren Stockwerks bereichsweise abgeschnitten, lediglich die äußeren, ca. 80cm langen Enden sind verblieben. Durch den Rückschnitt entstand eine Auflagersituation ähnlich einer Schaukel. Entsprechende Verformungen sind ablesbar, zum Teil jedoch auch der Krummwüchsigkeit der Hölzer zuzuordnen.

Die Schwelle in der Mittelachse des mittleren Stockwerks wurde ersetzt und durch die Lage zwischen zwei Schwellen in Querrichtung konnte Montage bedingt die ursprüngliche Auflagerung im Norden und Süden in die Querschwellen mittels Zapfen nicht mehr realisiert werden.

Dieser Auflagerpunkt ist zugleich der Fußpunkt der Streben als Hauptaussteifung in Läterichtung. Man hat die



Ausschnitt aus Plan Nr. S 02, Entsprechung Ansicht Bild 3

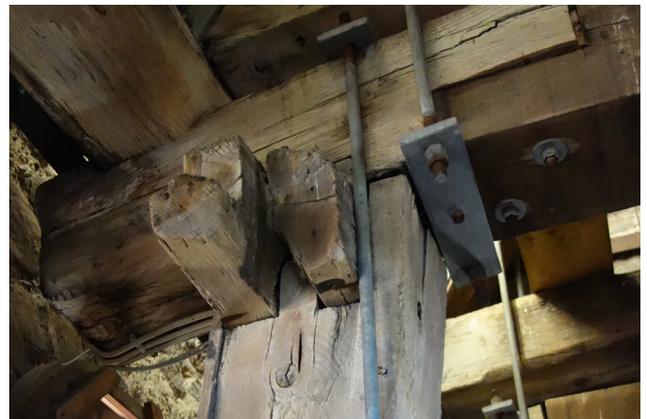


Bild 3: Stockwerk II, Mittelbund Süd: Blick Richtung Westen

Schwelle mittels zwei Paaren Stahlstangen an die vorgeannten Reststücke (Schaukel) des Rähms gehängt. Von dort wird die Last mittels weiterer Stahlstangen an das Rähm des 3. Stockwerks gehängt.

Viele Bauteile stehen stumpf ohne ihre Lage sichernde Verbindungen (Bild 4). Eine ähnliche Hochhängesituation mit Stahlstangen ist auch in den beiden äußeren Längsbündeln zu finden. Die vertikalen Stahlstangen sind keine dauerhafte Sicherung, da sich in der Konstruktion zu viele Gelenke (Möglichkeiten der Bewegung) befinden. Durch Einbauten und Umbaumaßnahmen an der Lätetechnik sind einige Mittelpfosten und Rähme stark im Querschnitt geschwächt (Bild 5).



Bild 4: Mittelbund Ebene II, Mittelpfosten und Fußstreben stehen stumpf auf der neuen Schwelle, Fehlstellen an Pfosten- und Strebenfuß, Krummwüchsigkeit

In Ebene 2 sind ostseitig Rähm und Kopfstreben herausgeschnitten und fehlen in Ihrer Funktion als Queraussteifung.

Unter Plenumsgeläut entstehen abhebende Bewegungen am Fuß des Glockenstuhls. Der Glockenstuhl steht auf der Westseite am Turm an. Damit werden Schwingungen auf den Turmhelm in unzulässiger Höhe übertragen .

Turmhelmeinsturz/Detonationen

Beim Einsturz des steinernen Turmhelms hat das Holzwerk sicherlich Schaden genommen. Diese sind nicht mehr ablesbar, vermutlich sind die davon betroffenen Hölzer im Zuge der Sanierungen 1950 oder 1975 ausgetauscht worden.

Einen Sonderfall bildet der westseitige, sehr kräftige Deckenbalken der Basisbalkenlage unterhalb Ebene 1 (Grundriss G2, Bild2). Er weist nahe des Südaufagers eine starke Querschnittsreduzierung auf und sieht dort regelrecht zerfetzt aus.

Liste der verbauten Hölzer (Zusammenfassung)

Im Zuge der Bestandsuntersuchung wurden sämtliche Balken einzeln benannt und eine Holzliste angelegt. Es sind ca. 25 Kubikmeter Eichenholz verbaut. Dies entspricht (ohne Glocken, Joche und Stahlteilen) einem Gewicht von ca. 24 Tonnen. Über 70 % des verbauten Holzes sind Originalsubstanz aus der Bauzeit von 1584.

Gesamtsumme Bauholz:	24,6 cbm	100 %
1584:	18,0 cbm	73 %
1950:	2,5 cbm	10 %
1975:	3,0 cbm	12 %
Summe sonstige:	1,0 cbm	4 %

Begriffserklärungen

1) Das **Rähm** ist der obere waagerechte Abschluss der Fachwerkwand bzw. der Holzrahmenkonstruktion. Der Rähm hat die Aufgabe, den Längsverband in der Konstruktion herzustellen, die horizontalen Schubkräfte über die Streben und die vertikalen Kräfte über die Stiele/Ständer in die Schwellen bzw. in das Fundament abzuleiten. Ferner ist der Rähm das Auflager für Balkenlagen oder Sparren, dann wird es auch Pfette genannt. Alternativ wird auch der Begriff Stockschwelle verwendet.

2) **Verkämmungen** sind in der Regel Holzverbindungen, bei denen sich kreuzende Teile nicht in einer Ebene liegen. Die Teile sind nur soweit eingeschnitten, dass ein zufälliges gegenseitiges Verrutschen verhindert wird.



Bild 5: Einbauten und Umbaumaßnahmen an der Läutetechnik

Restaurierungskonzept

Durch die Sanierung von 1950 konnte das Geläut wieder in Betrieb genommen und nach der Sanierung von 1979 bis heute betrieben werden. Beide Sanierungen waren auf das Nötigste beschränkt, der Glockenstuhl wurde „über die Jahre“ gerettet. Die unsanierten, substanziellen Holzschäden und die konstruktiven Mängel der Sanierungsgeschichte lassen ein Konglomerat an Schäden entstehen, die eine einfache Reparatur im Sinne von zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen nicht mehr zulassen.

Trotz der sehr umfassenden Schäden ist noch sehr viel Originalsubstanz vorhanden.

Die teilweise sehr großen Holzquerschnitte, die hohen Lasten der Gesamtkonstruktion und die geometrische Enge im Turm lassen kein vernünftiges Arbeiten zu. Bei einer Sanierung im Turm bestimmen die Zugänglichkeit und mögliche Lastabtragungen die Sanierungsvarianten. Es gingen viel Substanz verloren.

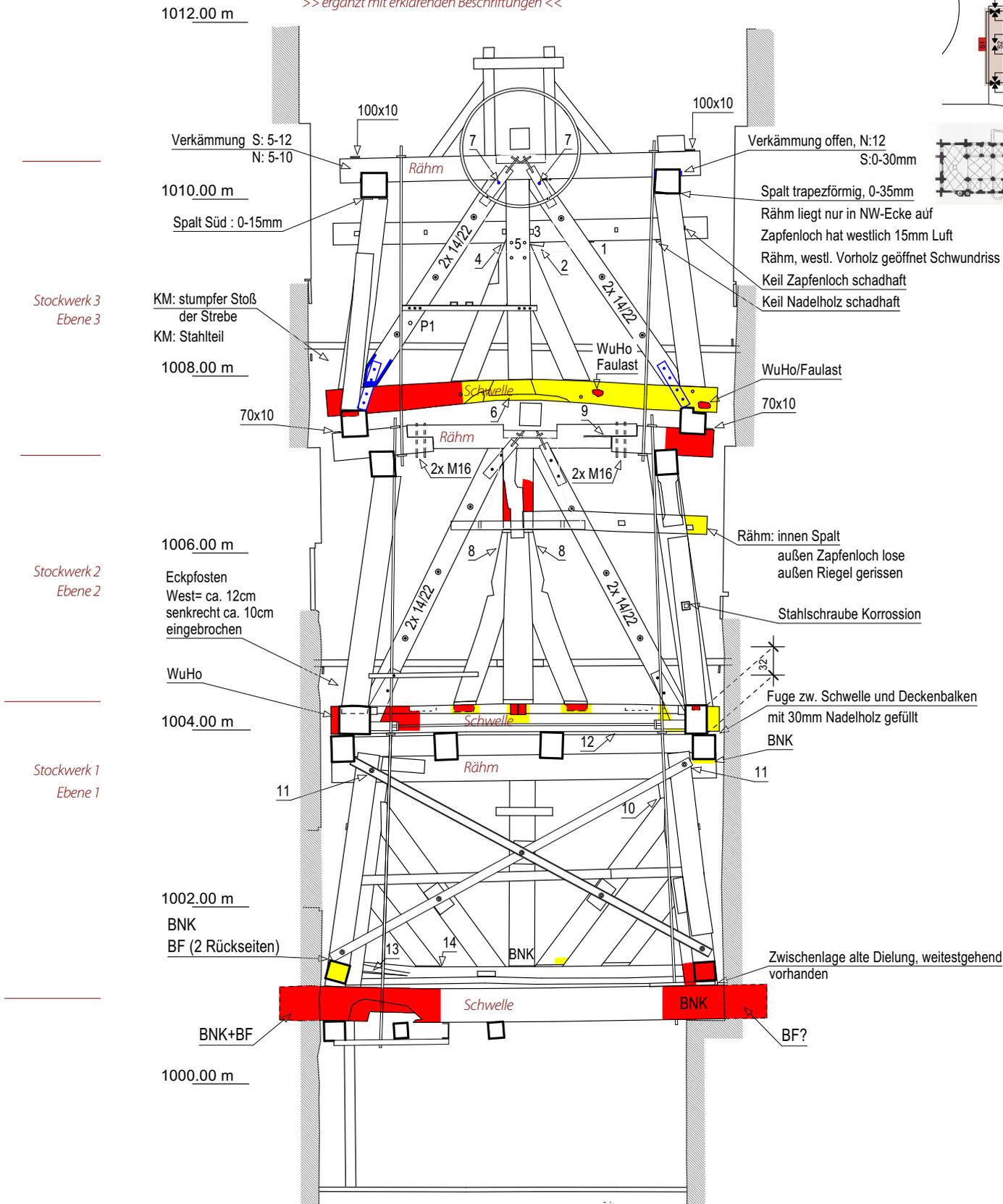
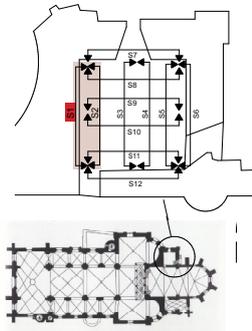
Der vielgliedrige, stockwerkweise Aufbau des Glockenstuhls macht eine Demontage möglich. Zum größtmöglichen Erhalt der verbliebenen originalen Hölzer empfehlen wir den Abbau der Konstruktion. Dies ermöglicht die einzelne Restaurierung jedes Bauteils je nach individuellem Schadbild unter größtmöglichem Substanzerhalt. Ziel ist die werk- und materialgerechte Erhaltung und Wiederherstellung der einzelnen Holzverbindungen als konstruktive Grundlage der Funktionstüchtigkeit der Glockenstuhlkonstruktion.

Hierbei stellt sich die Frage, wie mit den überwiegend konstruktiv mangelhaften Hölzern der beiden jüngeren Sanierungsphasen umzugehen ist. Sie stellen gemäß beiliegender Holzliste ca. 25% der verbauten Holzmenge.

Da noch viel Originalsubstanz vorhanden ist (ca. 73%), stellen wir zur Diskussion, die jüngeren Sanierungsphasen durch eine Rekonstruktion des Glockenstuhls von 1584 zu ersetzen. Unter Berücksichtigung der umfassenden Substanzschäden wären nach Abschluss der Restaurierung noch über 50% Originalsubstanz enthalten.

Schnitt 1 Beispielhafter Auszug aus der Schadenkartierung Kremp/Hagedorn

>> ergänzt mit erklärenden Beschriftungen <<



Legende Zustandskartierung

Holz zerstörende Insekten
 H B Hausbock
 BNK Bunter Nagekäfer

Holz zerstörende Pilze
 B F Braunfäule
 W F Weissfäule

P04 Probeentnahmestelle, Nr.
 B1 Bild, Nr. (Bericht)
 15mm Fuge an Holzverbindung (Angabe in mm)
 Kennzeichnung erfolgt ab 8mm
 101 / 1 Bauteil-Nr./ Schadens-Nr.

Querschnitt teilweise geschädigt
 Restquerschnitt für eine Reparatur ausreichend
 Querschnitt überwiegend geschädigt
 Restquerschnitt für eine Reparatur nicht ausreichend
 Querschnitt nicht mehr vorhanden
 Konstruktiver Mangel

Nordturm



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.