

■ Süßer die Glocken nie klingen

Jahrhundertlange Erfahrungen in der Glockengießerkunst ermöglichen ein festliches und vielstimmiges Glockengeläut zu Weihnachten.

Glocken verkünden die Uhrzeit, rufen zum Gebet, sie erklingen als Glockenspiel an vielen Rathäusern oder ertönen zur Mahnung und zum Gedenken. Bevor eine Glocke jedoch überhaupt einen Ton von sich gibt, durchläuft sie einen aufwändigen Planungs- und Herstellungsprozess, in dem der Glockengießer zunächst die Glockenform berechnet, dann die passende Gussform herstellt und diese schließlich mit dem flüssigen Metall füllt. Wenn ein Klöppel an die Glocke schlägt, regt er diese zu Eigenschwingungen an, die schließlich den Glockenklang erzeugen. Dieses Prinzip ist bei allen Glocken gleich, egal, ob es sich um kleine Glasglöckchen, Handglocken oder tonnenschwere Bronzegiganten handelt. Das Gewicht der Glocke beeinflusst jedoch ganz wesentlich ihre Tonhöhe: je größer



pixelio

Die St. Petersglocke im Kölner Dom – auch dicker Pitter genannt – hat einen Durchmesser von über drei Metern und

ist mit einem Gewicht von 24 Tonnen die schwerste frei schwingende läutende Glocke Europas.

1) Einer Tradition zufolge werden Glocken meist am Freitag um 15 Uhr, also zur traditionell überlieferten Todesstunde Jesu Christi gegossen.

und schwerer eine Glocke, desto tiefer ihr Ton (Tab. 1). Die Kunst des Glockengießers besteht nun darin, das Klangspektrum einer Glocke vor dem Guss genau festzulegen und ihre Form entsprechend zu gestalten, da ein Nachstimmen kaum möglich ist.

Festgemauert in der Erden...

...steht die Form aus Lehm gebrannt. Noch heute werden Glocken fast genauso hergestellt, wie es Friedrich Schiller in seinem berühmten „Lied von der Glocke“ beschreibt. Der Glockengießer, dessen Handwerk auf jahrhundertealten Traditionen und Erfahrungen beruht, errechnet zunächst nach Ton, Gewicht und Durchmesser der Glockenöffnung das Profil der künftigen Glocke, die sog. Rippe. Entsprechend der Rippe, aus der durch Rotation die Glockenform entsteht, wird mit Ziegeln der Glockenkern gemauert und dessen Oberfläche mit Lehm geglättet (Abb. 1). Wenn der Glockenkern getrocknet ist, werden auf ihn eine Trennschicht aus Graphit oder Rindertalg sowie

eine aus verschiedenen Lehm-schichten bestehende falsche Glocke, deren Form der künftigen Glocke entspricht, aufgebracht. Den Abschluss der Glockenform bildet der Mantel, der über die falsche Glocke und eine weitere trennende Lage geschichtet wird. Sobald diese äußere Schicht getrocknet ist, wird sie hochgezogen und die falsche Glocke vom Kern abgeschlagen. Für den Guss wird der Mantel nun wieder über den Kern gestülpt und in einer Grube mit Erde eingedämmt. In den Hohlraum zwischen Kern und Mantel fließt nun das flüssige Metall (die sog. Glockenspeise). Der Gießvorgang findet in verdichteter Erde statt, damit die Glockenform den beim Gießen entstehenden Druck aushalten kann.¹⁾

In der Regel werden Glocken aus einer Legierung gegossen, die zu 78 Prozent aus Kupfer und zu 22 Prozent aus Zinn besteht. Mehr Zinn würde das Glockenmaterial härter machen und die Bruchgefahr beim Anschlagen – vor allem bei winterlich kalten Temperaturen – erhöhen. Die optimale Gießtemperatur

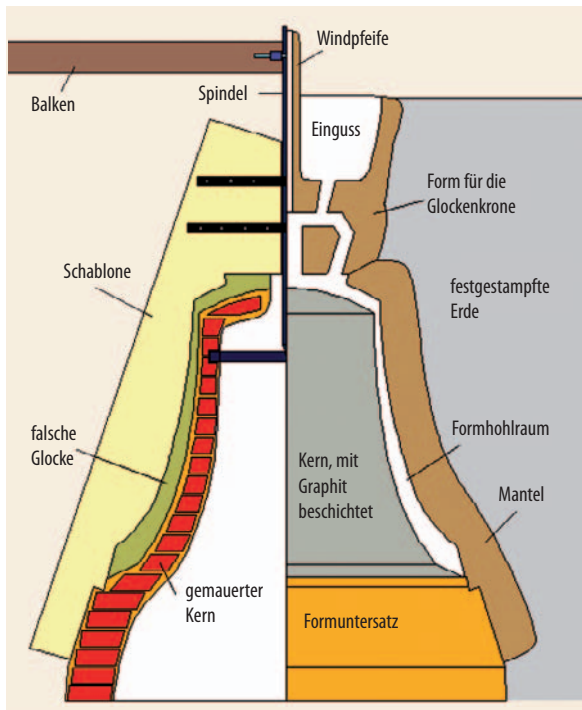


Abb. 1 Noch immer werden Glocken mithilfe von Lehmformen hergestellt und aus Bronze gegossen. Dafür wird zunächst eine falsche Glocke hergestellt (links), deren Form der gewünschten Glocke entspricht, sodass sich mit ihrer Hilfe der Mantel formen lässt. Anschließend wird die falsche Glocke zerschlagen und die Glockenspeise in den Hohlraum zwischen Kern und Mantel gegossen (rechts).

der Glockenspeise liegt bei rund 1140 °C. Nach einer mehrwöchigen Abkühlzeit darf der Guss schließlich von Kern und Mantel befreit, gereinigt und poliert werden.

Ob die Glocke tatsächlich den gewünschten Klang hat, lässt sich erst hinterher mithilfe einer Stimmgabel herausfinden, die man auf einen schwingenden Bereich der Glocke setzt. Stimmen Tonhöhe von Stimmgabel und Glockenton überein, regt die Stimmgabel den Teilton durch Resonanz zum Mitschwingen an. Zeigt die Klangprüfung, dass die Tonhöhe der Glocke etwas zu hoch ist und wenige Hertz vom angepeilten Ton abweicht, so hilft es, gleichmäßig an bestimmten Stellen im Inneren der Glocke Material abzutragen, um den bronzenen Klangkörper auf den tieferen Ton hin zu schleifen. Klingt die Glocke dagegen tiefer als gewünscht, ist sie nicht zu retten. Gleiches gilt für Glocken, bei denen Materialfehler wie z. B. Lufteinschlüsse im Guss das Klangverhalten beeinträchtigen.

Wenn es schwingt, dann klingt's

Zum Läuten wird eine Kirchenglocke beidseitig um etwa 60 Grad aus ihrer Ruhelage geschwungen, sodass der aus weichem Eisen geschmiedete Klöppel sie an ihrem offenen Ende an ihrer dicksten Stelle, dem Schlagring, trifft. Da die Glocke mit dem Klöppel ein

Doppelpendelsystem bildet, muss dieses in seinen Proportionen und Gewichtverhältnissen ausgewogen sein. Traditionell beträgt das Gewicht des Klöppels rund 3 bis 5 Prozent der Glockenmasse.

Im Jahr 1787 zeigte Ernst Chladni eindrucksvoll, dass mechanisch angeregte elastische Körper Eigenschwingungen besitzen und je nach angeregten Moden schwingende (Bäuche) und ruhende Zonen (Knoten) ausbilden. Schlägt ein Klöppel an die Glocke, so verformt er diese kurzzeitig und regt dabei selektiv eine Vielzahl von Schwingungsmoden an (Abb. 2). Die vibrierende Glockenoberfläche versetzt – ähnlich einer Lautsprechermembran – die umgebende Luft in Schwingungen und sorgt damit dafür, dass der Mensch die unterschiedlich kräftigen Teiltöne bzw. ihr Zusammenspiel als Glockenklang hören kann.

Der Glockenklang setzt sich aus verschiedenen Teiltönen (Ober- und Untertönen) zusammen, die über dem Grundton erklingen. Die Kunst besteht nun darin, die Teiltöne einer einzigen Glocke wohlklingend aufeinander abzustimmen, aber auch den Klang mehrerer Glocken zu einem mehrstimmigen Geläut zusammenzusetzen. Die wichtigsten Teiltöne einer Moll-Oktav-Glocke mit einer Masse von 37 kg sind z. B. der Grundton c3 (Prime), die Unteroktave c2, die

Ton	Frequenz in kHz	Durchmesser in cm	Gewicht in kg
d3	1,17	34	24
c3	1,05	39	35
h2	0,98	42	42
d2	0,58	69	190
c2	0,53	78	270
h1	0,49	83	330
d1	0,29	137	1480
c1	0,26	154	2100

Grassmayr Glockengießerei GmbH

Tab. 1 Der Ton einer Glocke hängt von Durchmesser und Gewicht der Glocke ab, kann jedoch je nach Stimmung von den angegebenen Werten etwas abweichen.

Terz (dis3 bzw. es3), die Quinte g3 und die Oberoktave c4. Am längsten erklingt die Unteroktave, die der Glocke ihre Fülle gibt.²⁾

2) Hörbeispiele von Glocken: www.glocken-online.de/glockenklang/hoerbeispiele/entwicklung.php

Verstumme Glocken

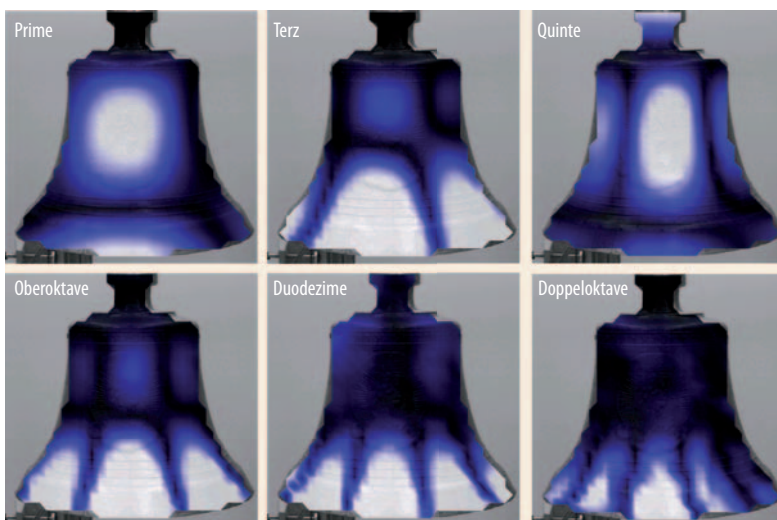
Läuten belastet die Glocken stark, vor allem der Klöppelschlag verschleißt das Material. Mit der Zeit kann eine Glocke durch diesen Materialabtrag ihren harmonischen Klang verlieren und stattdessen beim Läuten unangenehm dröhnen. Entstehen durch die Belastung Haarrisse im Klangkörper, verhindern diese die Ausbildung der Eigenmoden und lassen die Glocke damit gänzlich verstummen.

Numerische Simulationen helfen, um schon vor dem Guss den Zusammenhang zwischen Form und Größe der Glocke und ihrem Klang zu verstehen oder um die Belastung beim Klöppelschlag zu berechnen. Bei der Finite-Elemente-Methode wird die Glockenwand in kleine, aber endlich viele Ringelemente unterteilt und bei bekannten Materialeigenschaften die Frequenz der Eigenschwingungen berechnet. Dieses Verfahren gibt Auskunft über die Beanspruchung der Glocken beim Läuten abhängig von der Klöppelform, des Lätwinkels und der Umgebungstemperatur.

Aber auch in Mitleidenschaft geratene Glocken lassen sich retten. So läutet die 1497 gegossene und mehr als elf Tonnen schwere Gloriosa im Erfurter Dom dank der gelungenen Reparatur heute wieder mit ihrem vollen und harmonischen Klang, der sich aus bis zu fünfzig messbaren Obertönen zusammensetzt.

Katja Bammel

Dr. Katja Bammel, science & more redaktionsbüro, kb@science-and-more.de



Helmut Fleischer

Abb. 2 Der Klöppel regt beim Anschlag die charakteristischen Eigenschwingungen der Glocke an, die sich mittels eines Laser Scanning Vibrometers sicht-

bar machen lassen. Auf der Glocke bilden sich schwingende (hell) und ruhende (dunkel) Zonen aus, wobei die Knotenzahl mit der Tonfrequenz zunimmt.