

# Der Glockendoktor

Mit pfiffiger Technologie sorgen Forscher aus dem Allgäu für den Erhalt von Kirchenglocken – und für einen guten Klang.

Text: Nikolaus Fecht, Fotos: Ralf Baumgarten

Michael Plitzner (vorne) und sein Kollege Denis Spieß machen im Kölner Dom den „Dicken Pitter“ wieder fit. Die schwerste Kirchenglocke der Welt hatte ihren Klöppel verloren.



Glockenfachmann Plitzner ermittelt mit einem Mikrofon das genaue Frequenzspektrum.

Ach, Sie sind bei den Bimmlern. Hoffentlich sorgen die dafür, dass nicht wieder ein Klöppel abfällt“, sagt eine Mitarbeiterin des Fotogeschäfts am Kölner Dom zu mir, als ich von meiner geplanten Reportage über den Glockenstuhl erzähle. Minuten später und rund 100 Meter höher lerne ich die „Bimmler“ kennen: Es sind Glockenexperten vom Europäischen Kompetenzzentrum für Glocken (ECC-ProBell) an der Hochschule Kempten, die den „Dicken Pitter“, wie der Kölner Spitzname für die 24 Tonnen schwere St. Petersglocke lautet, und zehn weitere Glocken des mächtigen Gotteshauses untersuchen.

Den neuen Messauftrag verdankt das Team um Andreas Rupp, den wissenschaftlichen Leiter und Gründer des Forschungszentrums, einem spektakulären Vorfall am 5. Januar 2011: Am Vorabend des Dreikönigstags krachte es im Glockenstuhl und der Dicke Pitter, die größte Kirchenglocke der Welt, verstummte abrupt. Schuld darin war der Absturz des rund 850 Kilogramm schweren und drei Meter langen Klöppels. Glücklicherweise

wurde dabei niemand verletzt, denn die Stahlstreben im Glockenturm fingen den Klöppel auf.

#### Ermittlungen im Glockenturm

ECC-ProBell-Gründer Michael Plitzner und seine Mitarbeiter ermittelten die Ursachen für den Klöppelbruch. Dazu nahmen sie den musikalischen Fingerabdruck der Glocke auf, der das typische Klang- und Schwingungsverhalten beim Läuten deutlich macht. Die Vorgehensweise basiert auf Plitzners Doktorarbeit mit dem Titel „Der musikalische Fingerabdruck von Glocken als Mittel zur Schadensfrüherkennung“. Die hat der Maschinenbauingenieur aus dem Allgäu in fünf Jahren mit intensiver Forschung und Praxisversuchen erstellt – und die hat ihm den liebevollen Spitznamen „Glockendoktor“ eingebracht.

Den musikalischen Fingerabdruck nahm Plitzner erstmals bei einer Glocke, die er im Labor absichtlich „kaputt geläutet“ hatte. „Mit zunehmender Tiefe und Breite der dabei entstehenden Risse

driften die verschiedenen Teiltöne der Glocke immer mehr auseinander“, erklärt der Ingenieur. „Es kommt zu einer Frequenzspaltung.“ Dank dieser Messung können die Glockenforscher mittlerweile sehr feine Anrisse feststellen – lange bevor jemand sie hört oder sieht.

Das wichtigste Messinstrument ist ein unscheinbarer Sensor von der Größe eines Fingernagels: Dieser sogenannte Dehnungsmessstreifen erfasst auf der Oberfläche der Glocke direkt gegenüber vom Klöppelaufschlag die Stärke der Vibrationen – ein Maß für die Verfor-

#### Kompakt

- ▶ Jede Glocke besitzt einen eigenen musikalischen „Fingerabdruck“.
- ▶ Mit hochempfindlichen Messmethoden spüren die Forscher winzige Risse auf.
- ▶ Eine Feinabstimmung von Aufhängung und Klöppelanschlag hilft, Schäden an Kirchenglocken zu vermeiden.

mung des Klangkörpers. Ein weiterer Sensor am Klöppel stellt fest, mit welcher Kraft und Beschleunigung der Schlagknüppel auf die Glocke trifft, wie sie sich anschließend verformt und dadurch ins Schwingen und Klingen kommt. Ein dritter Sensor auf der Drehachse der Glocke misst den Aufschlagwinkel des Klöppels, den „Läutewinkel“. „Von ihm hängt ab, wie viel Energie die Glocke aufnimmt“, sagt Plitzner.

Jede Glocke besitzt einen idealen Läutewinkel: Wird er unterschritten, schlägt der Klöppel nicht an. Wird die Glocke unter einem größeren Winkel getroffen, klingt sie zu laut und ist zu stark belastet. „Wir Glockenexperten sagen, dass der Klöppelkuss nicht zu stürmisch und nicht zu sanft sein sollte“, meint Andreas Rupp schmunzelnd. Sind alle Bedingungen erfüllt – vom richtigen Klöppelkuss bis zur bestmöglichen Aufhängung – sprechen die Fachleute vom „harmonischen Durchsingen“ der Glocke.

#### Komplizierter Klöppelkuss

Die Summe aller Messdaten liefert schließlich den musikalischen Fingerabdruck, der den Zustand der Glocke unter den aktuellen Läutebedingungen zeigt. Die Ursachenforschung bei einer Beschädigung erfolgt bei der anschließenden Arbeit in den Laboren am ECC-ProBell. „Es sind sehr komplexe Vorgänge, die bei dem nur eine halbe tausendstel Sekunde kurzen Klöppelkuss im System der Glocke ablaufen“, erklärt Andreas Rupp. „Wir setzen daher beim Aufspüren der Ursachen auf eine Kombination von sensiblen Messungen, akustischen Analysen und Simulationen.“

So gingen die Glockendetektive auch 2011 beim Dicken Pitter vor. Sie entdeckten bei der 1923 gegossenen Glocke die typische Ursache für einen solchen Crash: Glocke und Klöppel waren nicht optimal aufeinander abgestimmt – Experten sprechen von einer schlechten dynamischen Abstimmung. Außerdem war der gewaltige Stahlklöppel zu schwer und wegen seiner Form zu schnell. Dadurch war die Schlagintensität so hoch, dass Ermüdungsrisse hätten entstehen können, wenn man den alten Klöppel einfach wieder aufgehängt hätte. Die Forscher aus dem Allgäu



Die „Schlagringdicke“ (links) hilft, zusammen mit anderen Maßen, die Glocke im Computer zu simulieren. Unten: Im Kölner Glockenstuhl arbeiten die Forscher Hand in Hand.





Die Messung läuft. Mit modernen Geräten wie einem Daten-Logger und einem Notebook, das die Messwerte in Echtzeit visualisiert, untersucht Ingenieur Pfitzner das Geläut.

empfohlen den Kölnern zusätzlich noch einen möglichst „sanften Klöppelanschlag“, weil der Dicke Pitter wegen einer älteren Schweißnaht rissgefährdet sei. Am Computer entstand ein neuer, optimal geformter und mit 640 Kilogramm deutlich leichter Klöppel. Ihn ließen die Experten exakt mittig aufhängen. „Wenn der Klöppel schief sitzt, schlägt er eventuell nur auf einer Seite an“, sagt Pitzner. „Wir haben jetzt ein beidseitig gleichförmiges Küssen des Klöppels erreicht, das zur vollen Klangentfaltung der Glocke führt und das Material nur gering beansprucht.“

### Bewährte Strategie gegen Risse

Diese Strategie hat sich ausgezahlt, wie die Analyse des musikalischen Fingerabdrucks bei der Kontrollmessung 2016 zeigte. „Durch die günstigeren Läutebedingungen konnten wir die Belastungen deutlich und dauerhaft senken“, freut sich Pitzner. Der alte Klöppel hätte wohl schon bald für Risse gesorgt.

Der Kölner Dom ist mit diesen Problemen keine Ausnahme: „Es hat sich bewährt, Kirchenglocken nach einer Reparatur etwa alle fünf Jahre zu untersuchen“, sagt Kompetenzzentrumsleiter Rupp. „So können wir zuverlässig feststellen, ob sich die Ausbreitung eines Risses mit unseren Maßnahmen stoppen oder zumindest verlangsamen ließ.“ Das Ziel ist, jahrhundertealte Kirchenglocken als wertvolles Kulturgut zu erhalten.

Rupps Begeisterung für Kirchenglocken hat nichts mit dem christlichen Glauben zu tun, wie der gebürtige Pfälzer (Jahrgang 1959) betont. Sein Interesse

weckte vor rund 20 Jahren ein Forschungsauftrag des Vereins Deutscher Gießereifachleute. Der Verein wollte von seinem damaligen Arbeitgeber, dem Darmstädter Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, wissen, ob sich das „Glockenleben“ durch Drehen der Aufhängung verlängern lässt. Der junge Maschinenbauingenieur, ein Experte für Festigkeit und Lebensdauer von mechanischen Konstruktionen, bestätigte die Vermutung. Zudem wies er nach, dass eine Drehung der Glocke in der Aufhängung um etwa 20 bis 40 Grad den größten Effekt hat, weil dann die Klöppelschläge den Glockenkörper am wenigsten beanspruchen und das Material deshalb am wenigsten ermüdet.

„Liegt das nur am Drehen?“, fragte sich Andreas Rupp. Um tiefer in das Thema einzusteigen, nutzte er 2002 seine neue Professur für Messtechnik und Betriebsfestigkeit an der Hochschule Kempten, um dort das Kompetenzzentrum für Glocken zu gründen und ein langfristig angelegtes europäisches Forschungsvorhaben zu starten. Für die Mitarbeit gewann er Michael Pitzner, der heute die Geschäfte des Kompetenzzentrums führt. Pitzner hat sowohl Maschinenbau als auch katholische Theologie studiert.

„Wenn ich heute an einem Glockenturm vorbeigehe, höre ich ganz anders hin“, sagt Glockendoktor Pitzner. „Die Glocke ist für mich zu einem Musikinstrument geworden. Sie ist viel mehr als ein Signalgeber und Zeitanzeiger.“ Zwei Herzen schlagen in der Brust des Forschers: „Zum einen ist die Glocke für mich eine Maschine, zum anderen ist sie die Stimme Gottes.“ Ähnlich sieht das

### „Wir nutzen externe Expertise“



PETER FÜSSENICH (\*1971) ist Ingenieur (Studium der Architektur, Baugeschichte und Denkmalpflege). Seit 2016 leitet er als Dombaumeister die Kölner Dombauhütte.

### Herr Füssenich, wie oft lassen Sie Ihre Kirchenglocken von den Experten aus Kempten checken?

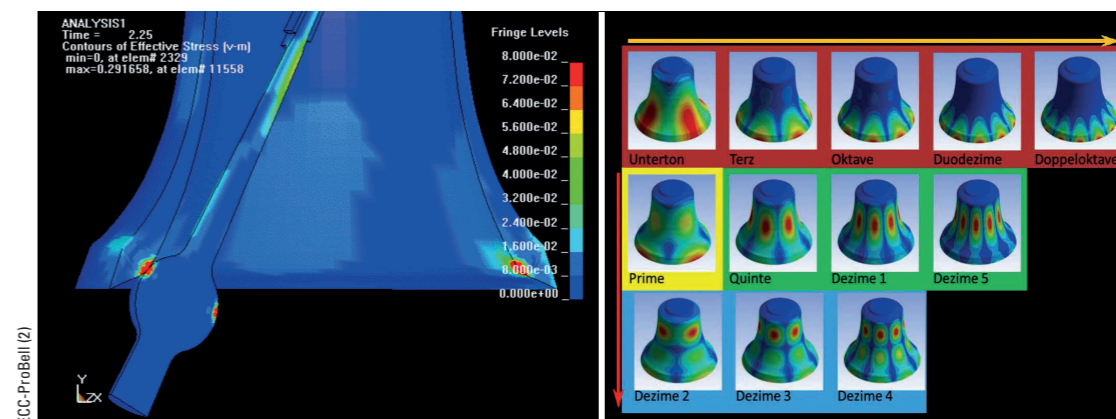
Wir lassen die Tests etwa alle fünf Jahre durchführen.

### Bei der Kölner Dombauhütte arbeiten rund 100 unterschiedliche Fachleute zusammen – von Architekten und Bauingenieuren bis hin zu Silber- und Goldschmieden. Würde es sich nicht lohnen, einen eigenen Klangexperten einzustellen?

Selbstverständlich hat die Kölner Dombauhütte einen Mitarbeiter, der auch für die Kirchenglocken zuständig ist. Zudem arbeiten wir eng mit dem Glockensachverständigen des Erzbistums Köln zusammen. Gleichwohl ist es sinnvoll, für besondere Aufgaben die Unterstützung durch externe Spezialisten zu holen.

### Gäbe es denn eine Alternative zu den Kemptenern?

Ja, die gäbe es durchaus – auch wenn sich weltweit nur wenige Fachleute mit diesem sehr speziellen Thema beschäftigen. Die Kölner Dombauhütte arbeitet jedoch seit etlichen Jahren ausschließlich mit den Forschern vom Europäischen Kompetenzzentrum für Glocken zusammen, deren wissenschaftliche Expertise und Erfahrung wir sehr schätzen.



Digitalisierter Klang: Rechts die Schwingungsmoden von zwölf Grundtönen einer Kirchenglocke. Links: Simulation des „Klöppelkusses“.

### Von Bienenkorb und Zuckerhut zur gotischen Rippe

Rund 90000 Kirchenglocken sind derzeit auf Deutschlands Kirchtürmen im Einsatz. Die im traditionellen Lehmformverfahren gegossenen Bronzeglocken besitzen typischerweise die Form einer „gotischen Rippe“: Die Flanke steigt von einem dicken Schlagring aus kurvenförmig nach oben zu Hals und Krone auf. Diese Form und die nach oben verdünnte Wand sorgen für den typischen harmonischen Klang. Die Gotische-Rippen-Glocke hat die früher übliche Bienenkorb- oder Zuckerhut-Glocke abgelöst. Gefragt ist der Glockenklang – historisch bedingt – vor allem in Europa, während in anderen Teilen der Welt, vor allem in Südamerika, der klerikale Sound auch schon mal aus dem Lautsprecher kommt.

auch sein neuer Mitarbeiter Denis Spiess, der als frisch gebackener Maschinenbauingenieur zunächst als Praktikant ans ECC-ProBell gekommen war.

Die Forscher in Kempten bohren Löcher für Messsonden in Klöppel und polieren Glockenoberflächen, um Sensoren darauf zu befestigen. Und sie nehmen den Klöppelanschlag mit Programmen unter die Lupe, die ursprünglich für die Simulation von Crashtests in der Automobilindustrie entwickelt worden sind. „Wir können damit für jede Glocke punktgenau einen Klöppel gestalten, der besonders schonend und zugleich kraftvoll genug anschlägt“, sagt Plitzner. „In den letzten Jahren ist uns außerdem die Entwicklung von Klöppeln gelungen, die den Klang einer Glocke verbessern.“ Zu den

wichtigsten Fragen dabei gehören: Wie muss der Klöppel beschaffen sein, damit er optimal an der Glocke anschlägt? Was lässt die Glocke verschleißen? Und wodurch ermüdet das Material?

### Mit einem Mythos aufgeräumt

„Wir haben mit dem unter Glockentechnikern verbreiteten Mythos aufgeräumt, dass der Verschleiß am Schlagring gleichzeitig Materialermüdung bedeutet“, berichtet Plitzner. „Kirchen haben deshalb Hunderte von Klöppeln austauschen lassen, die angeblich zu hart waren.“ Dabei sei die Härte an der Anschlagstelle auf dem Klöppel die Folge einer sogenannten Kaltverfestigung durch das Anschlagen. Dieses Phänomen kennen Landwirte von

ihrer Sensen: Deren Festigkeit lässt sich durch kräftiges Hämmern erhöhen, das sogenannte Dengeln.

Die Materialermüdung – ein untrügliches Kennzeichen sind Risse – steht und fällt dagegen mit der dynamischen Belastung beim Läuten und mit dem Gewicht des Klöppels, wie Analysen der Kemptener Glockenforscher ergeben haben. „Die Klöppelschläge treffen auf die Glocke mit dem 500- bis 600-Fachen der Erdbeschleunigung“, sagt Michael Plitzner. „Das sorgt für heftige Stoßwellen im Klöppel, wodurch er sich verformt und sogar zerbrecen kann.“ Diese Erkenntnis führte auch zu einem Wandel beim bevorzugten Werkstoff für Glockenklöppel. Dazu verwendet man heute meist einen besonders gut zu schmiedenden Stahl (für Experten: Es handelt sich um Einsatzstahl C 15).

Doch die technisch-wissenschaftliche Methode kommt nicht bei allen gut an, da manche sie bei „liturgischen Instrumenten“ als unangemessen empfinden. Widerstand gab es anfangs bei Kirchenmusikern, Architekten, Kirchenvertretern und einigen Glockensachverständigen, die sich zuvor um den Zustand und den Erhalt von Kirchenglocken gekümmert hatten. „Ein Kirchenmann meinte sogar, dass das ganze ‚Computerzeug‘ nicht zu Glocken und ihrer empfindsamen Seele passe“, erinnert sich Rupp an eine Diskussion in einem Seminar.

Allerdings: Die erfolgreichen Rettungsaktionen haben inzwischen die meisten Kritiker verstummen lassen. Besonders stolz sind die Experten aus dem Allgäu, dass sie 2008 ihre wissenschaftlichen Verfahren an der Papstglocke „Campanone“ im Petersdom von Rom erproben durften. „Wir mussten uns zwar – gut bewacht von der Schweizer Garde – mit wenigen kurzen Lätversuchen begnügen“, berichtet Rupp. „Doch schon die zeigten, dass der Campanone durch seinen 200 Kilogramm leichten Klöppel recht gering belastet wird.“

**Die Sorgfalt ist entscheidend: Der Klöppel muss exakt mittig aufgehängt sein, wie hier bei der Kölner St.-Peters-Glocke.**



Ohne Muskeinsatz geht es nicht bei der Arbeit im Glockenturm: Um den Klang des Dicken Pitters zu messen, ist ein einzelner Anschlag der mächtigen Glocke erforderlich, die ansonsten ruhen muss. Michael Plitzner und Denis Spieß legen sich dazu mächtig ins Zeug.

Die Glockenexperten kümmern sich auch um ein Thema, das manche Nachbarn von Kirchen nervt: den Lärm. Um das Problem zu lösen, will Andreas Rupp die Glocken nicht leiser klingen lassen. „Durch die Verbesserung des Läutens halten die Glocken nicht nur länger, sie klingen auch harmonischer“, betont der Wissenschaftler. „Mit einer passenden Gestaltung des Klöppels und seiner Masse optimieren wir den Klöppelkuss. Dadurch werden die Töne der Glocke ausgewogen angeregt, und es stellt sich ein angenehmer Klang ein.“ Die von vielen Menschen als störend empfundenen hohen Frequenzen werden reduziert, während die als wohltönend empfundenen Schwingungen verstärkt werden.

Beim Finetuning der Kirchenglocken sind die Forscher stets zu einem Spagat gezwungen: Einerseits müssen sie laut genug läuten, um auch weit entfernt wohnende Gemeindemitglieder zu erreichen, andererseits soll ihre Lebensdauer möglichst lang sein. „Mit unseren Methoden

können wir die Lebensdauer einer Glocke ohne wesentliche Einschränkung ihrer Funktion verdreifachen, sodass sie sich bis zu 1500 Jahre lang läuten lässt“, sagt Andreas Rupp.

### Nützlich auch für Automotoren

Da denkt man in der Automobilbranche in ganz anderen Zeithorizonten. Doch auch dort könnten sich die Allgäuer Glockenforscher nützlich machen. „Wir könnten einen Motorblock gezielt abklopfen, um anhand der Klanganalyse die Qualität des Materials zu überprüfen und frühzeitig Schäden zu entdecken“, meint Rupp, der an der Hochschule Kempten auch das Arbeitsfeld Monitoring an Fahrzeugen und mobilen Arbeitsmaschinen leitet.

Dazu fehlt den Ingenieuren aber noch das richtige Anklopf-Feeling. Rupp: „Unser Know-how zur Definition geeigneter Anschlagbedingungen für derartige Prüfungen haben wir ja an Glocken erarbei-

tet.“ Doch die Motoren können warten – die Allgäuer Experten sind bislang voll damit ausgelastet zu verhindern, dass irgendwo auf den Glockenstühlen Europas ein Klöppel abstürzt und eine Glocke verstummt.



NIKOLAUS FECHT (rechts), der seine Diplomarbeit über Aktivlautsprecher geschrieben hat, war beeindruckt, wie moderne Technik Kirchenglocken rettet. Fotograf RALF BAUMGARTEN freute sich, dem „Dicken Pitter“ so nahe kommen zu können.

### Mehr zum Thema

#### INTERNET

Das Europäische Kompetenzzentrum für Glocken (ECC-ProBell) an der Hochschule Kempten: [www.hochschule-kempten.de/forschung/institute/ecc-probell/home.html](http://www.hochschule-kempten.de/forschung/institute/ecc-probell/home.html)

Infos zum Kölner Dom und zu seinen Glocken: [www.koelner-dom.de](http://www.koelner-dom.de)  
[www.koelner-dom.de/index.php?id=domglocken](http://www.koelner-dom.de/index.php?id=domglocken)