

Tragverhalten barockisierter Kirchendachstühle - Am Beispiel der Stadtkirche St. Katharina in Kaiserstuhl, Schweiz

Dipl.-Ing. (FH) Florian Scharmacher MSc
Barthel & Maus Beratende Ingenieure GmbH, München, Deutschland

Prof. Dipl.-Ing. Andreas Müller
Bernere Fachhochschule, Biel, Schweiz

Prof. Dr. Martin Schollmayer
Bernere Fachhochschule, Burgdorf, Schweiz

Zusammenfassung

Die Barockisierung von historischen Dachtragwerken im 18. Jahrhundert führte zu deutlichen Eingriffen in die Tragstruktur. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen konnten generelle Aussagen zum Tragverhalten barockisierte Kirchendachstühle abgeleitet werden. Die in den Fußpunkten auftretenden Horizontalkräfte können nur teilweise über Konstruktionselemente wie Streben oder Zangen aufgenommen werden. Grund hierfür ist in der Regel der fehlende Bund- bzw. Zerrbalken. In Folge dessen müssen die Kräfte durch das Außenmauerwerk abgeleitet werden. Dies führt zu Verdrehungen sowohl im Fundament- wie auch im Wandbereich. Es ist in jedem Einzelfall zu prüfen, ob die auftretenden Horizontalkräfte durch das System räumlich übernommen werden können. Hierbei sind nachträglich eingebrachte Verstärkungen wie Kreuzstreben, Zugbänder oder Wandpfeiler zu berücksichtigen. Im Rahmen einer Ertüchtigung können z. B. durch den Einbau einer Sekundärkonstruktion diese Horizontalkräfte wieder in die Konstruktion geleitet werden. Ein weiterer relevanter Parameter ist die Verbindung der Gewölbeschale zum Dachtragwerk. Diese Verbindungen führen zu einer Kraftübertragung vom Dachtragwerk in die Gewölbekonstruktion. Die dadurch auftretenden Spannungen und Verformungen können nicht durch das Putzgewölbe aufgenommen werden.

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Historische Dachtragwerke sind im Laufe der Jahrhunderte vielen Umbaumaßnahmen unterworfen. Einen wichtigen Grund für Eingriffe in das Dachtragwerk findet man im 18. Jahrhundert in der Barockisierung. Gerade im ländlichen Raum wurden die zuvor vorherrschenden Flachdecken bzw. hölzernen Polygondecken gegen Spantengewölbe ausgetauscht. Durch den nachträglichen Gewölbeeinbau wurden zusätzliche Lasten eingebracht. Zudem sind teilweise statisch fragwürdige Systeme entstanden. Das Tragverhalten barockisierter Dachtragwerke wird am Beispiel der Stadtkirche St. Katharina in Kaiserstuhl, Kanton Aargau untersucht. Hier wurde 1755 die ursprüngliche hölzerne Polygondecke durch ein Putzgewölbe ersetzt. Dieser Einbau führte u. a. zu deutlichen Verformungen im Bereich des Außenmauerwerks. Im Jahr 2010 wurden massive Schädigungen in der Gewölbeschale festgestellt.

1.2 Begrifflichkeiten

Bei den Begriffen Barock und Barockisierung (Duden: „den Barockstil nachahmen, im Barockstil

[nach]bauen“) handelt es sich um Definitionen aus dem Bereich der Kunstgeschichte. Die Barockisierung werden durch Hartmann [1] folgendermassen erläutert:

„*Barockisierung*, während des Barocks Angleichung von Bauten aus früherer Zeit, speziell aus der Gotik, an den herrschenden Barockstil, um dem Zeitgeschmack Rechnung zu tragen. Die Barockisierung betraf vor allem Fassaden, Hauptaltäre und Kirchtürme.“ [1]

2. Stand des Wissens

Bereits 1962/63 beschäftigte sich Deinhard mit den Sicherheitsgraden historischer Holzkonstruktionen ([2], [3]). Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke“ wurden in den 1990er Jahren u. a. grundlegende Erkenntnisse zur Tragfähigkeit und Modellierung historischer Dachstühle gewonnen. So stellen Görlacher in [4] und Hauer in [5] mehrere Ansatzmöglichkeiten zur statischen Modellierung von historischen Dachkonstruktionen vor. In [6] beschäftigt sich Köck in seiner Dissertation mit dem Tragverhalten von barocken Dachtragwerken.

Für die auch in dieser Arbeit behandelten offenen Tragwerke empfiehlt er aufgrund der deutlichen

Lastumlagerungen zwischen Leer- und Bindergespärre eine räumliche Betrachtung des Dachtragwerks. Die aktuellsten Untersuchungen zu dieser Thematik haben Meisel et al. in [7] und [8] im Jahr 2013 vorgestellt.

3. Stadtkirche St. Katharina, Kaiserstuhl, Kt. AG

3.1 Objektbeschreibung

Im Kunstführer für die Stadt Kaiserstuhl [9] wird die Stadtkirche St. Katharina wie folgt beschrieben:

„Die Stadtkirche St. Katharina präsentiert sich als einschiffiger Bau mit einem mächtigen, unverputzten Turmchor im Osten und mit einer Vorhalle im Westen. Stilistische Vergleiche, insbesondere am ehemals mit Masswerk unterteilten Ostfenster, legen eine Datierung ins spätere 13. Jahrhundert nahe, also in den Zeitraum, als Kaiserstuhl befestigt wurde. An der Nordfassade ist gut zu erkennen, wo die 1336 erstmals erwähnte und als Kapelle bezeichnete Stadtkirche zweimal bis zur heutigen Grösse erweitert wurde. Um 1370 wurden die Turmchormauern erhöht und darauf der heutige Glockenturm aufgesetzt. 1609 erfolgten die Westverlängerungen, die Erhöhung des Langhauses und der Einbau grösserer Nord- und Südfenster. Dieser Umbau ist am Scheitel des Eingangsportals mit Stadtwappen und Jahreszahl festgehalten.

Die Barockisierung des Innenraums in den Jahren 1755/1756 prägt noch heute das Erscheinungsbild der Kirche. Das breit gelagerte Schiff wird im Osten durch einen Spitzbogen (Triumphbogen) vom eigentlichen Chorraum abgetrennt und weist im Westen eine neugotische Orgelempore auf. Die Ausgestaltung des an Stelle einer Holzdecke eingezogenen Tonnengewölbes übernahm der aus Bad Waldsee in Oberschwaben stammende Eustachius Gabriel (1727 – 1774).“ [9]

Eine umfangreiche Innenrenovation fand 1949/50 statt, eine weitere von 1984 bis 1986. In den Jahren 2007/08 folgten kleinere Unterhaltsarbeiten im Innenraum. Eine umfangreiche Aussensanierung wurde 1994 durchgeführt. Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen aktuelle Aufnahmen der Stadtkirche St. Katharina.



Abbildung 1: Stadtkirche St. Katharina, Außenansicht



Abbildung 2: Stadtkirche St. Katharina, Innenansicht

3.2 Beschreibung des Dachtragwerks

Beim vorliegenden Dachtragwerk handelt es sich um ein Kehlbalkendach mit liegendem Stuhl (Abbildung 3). An den Dachfußpunkten sind anstelle von durchgehenden Bundbalken (Zerrbalken) ausschließlich kurze Sattelhölzer vorhanden. Die resultierenden Horizontalkräfte aus dem Dachschub müssen deshalb über die Außenwände bzw. die Gewölbestreben abgetragen werden. Lediglich in Achse 1 ist ein durchgehender Bundbalken vorhanden.

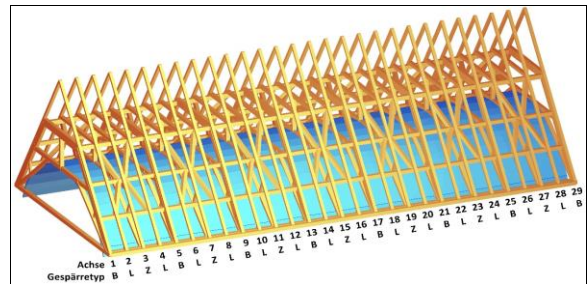


Abbildung 3: Isometrische Darstellung des Dachtragwerks mit Gewölbeschale

Das Bindergespärre (Abbildung 4) ist als Kehlbalkendach mit liegenden Stuhl ausgebildet. Die Hängesäule ist im oberen Bereich sowohl im „Hahnenbalken“ als auch im Druckriegel eingeklattet. Die Gewölbelasten werden über die Gewölbestreben sowie den Kehlbalken in die Dachkonstruktion eingeleitet. Das Zwischengespärre (Abbildung 5) ist als klassisches Kehlbalkendach ausgebildet und weist neben dem Kehlbalken auch einen Hahnenbalken auf. Beide werden durch eine Hängesäule miteinander verbunden. Wie im Bindergespärre werden auch hier die Gewölbelasten über die Gewölbestreben und den Kehlbalken in das Dachtragwerk eingeleitet. Das Leergespärre (Abbildung 6) ist eine Mischung aus Sparren- und Kehlbalkendach. Der vorhandenen Kehlbalken ist auf der verwendeten Einbauhöhe als Verkürzung der freitragenden Sparrenlänge nicht ideal.

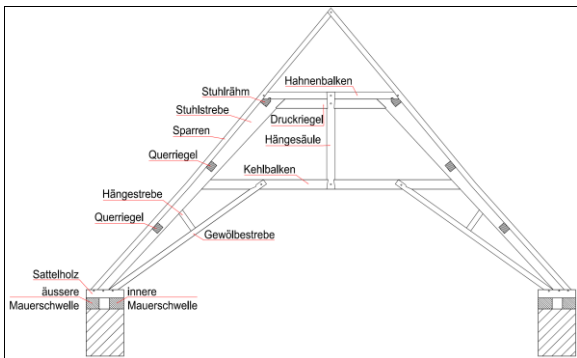


Abbildung 4: Darstellung des Bindergespärres

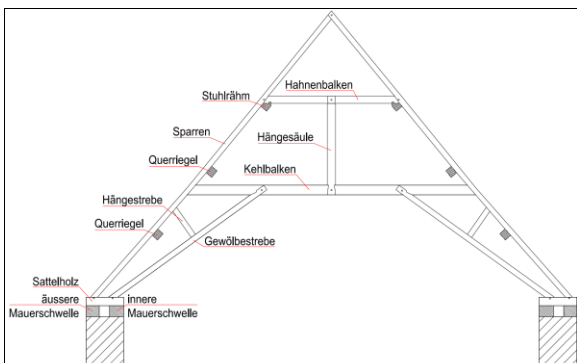


Abbildung 5: Darstellung des Zwischengesparres

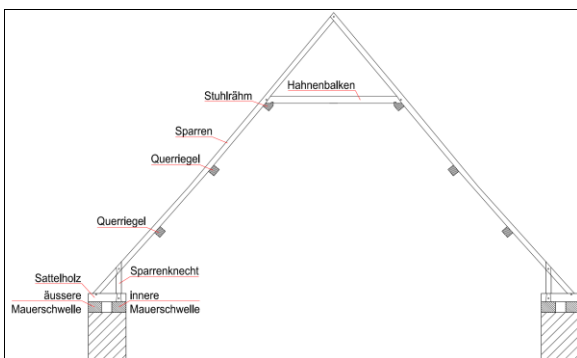


Abbildung 6: Darstellung des Leergespärres

Das Gewölbe ist als Holzspantengewölbe ausgebildet. Die Gewölbekonstruktion ist durch Streben und den Kehlbalke mit dem Dachstuhl verbunden. Die Lasten der Gewölbekonstruktion werden ausschließlich durch die Binder- und Zwischengesparre aufgenommen. Ein direkter Lastabtrag durch die Spanten in das Mauerwerk erfolgt nicht.

3.3 Aktueller Zustand

Risse auf der Innenseite der bemalten Gewölbefläche führten 2010 zu Loslösungen und Ausbrüchen von der historischen Gewölbe-Unterkonstruktion (Abbildung 7, Abbildung 8). Man vermutete damals bereits, dass die Ursachen für diese Loslösungen nicht nur altersbedingte Materialschwächen sind, sondern auf konstruktive Schwächen der Dachkonstruktion zurückzuführen sind.

Im Rahmen der Sanierungsmaßnahmen 2010/11 wurden auch die Fußpunkte des Dachtragwerks geöffnet und vorhandene Fäulnisschäden durch querschnittsgleiche Ergänzungen instandgesetzt. Hier wurden auch Verformungen im Bereich der Sparren- respektive Strebenfußpunkte festgestellt (Abbildung 9). Die vorgefundenen Verformungen deuten auf eine horizontale Verschiebung der Fußpunkte hin.



Abbildung 7: Riss in der Gewölbeschale, aus [10]



Abbildung 8: Abplatzungen des Putzgewölbes, aus [10]



Abbildung 9: Geöffnete Traufe, Nordseite, aus [11]

Die Außenwände weisen deutliche Verformungen auf, welche mit bloßem Auge zu erkennen sind (Abbildung 10). Diese horizontalen Verschiebungen bzw. Verdrehungen im Bereich des Mauerkopfes werden von zwei nachträglich (im 18./19. Jahrhundert) eingebrachten eisernen Zugbändern (

Abbildung 11) zurück gehalten, was zu einer wellenförmigen Verformungsfigur führt. Zusätzlich hierzu, wurden im Laufe der Jahrhunderte Strebepfeiler auf der Nordseite vorgesetzt (Abbildung 12).

Für eine wirklichkeitsnahe Betrachtung der Tragsicherheit ist ein aktuelles Aufmaß inklusive aller relevanten Verformungen notwendig. Aus diesem Grund wurden die Außenwände sowie das Putzgewölbe geometrisch erfasst. Hierbei zeigte sich, dass auf der Nordseite maximale Auslenkungen von bis zu 30 cm, auf der Südseite von bis zu 10 cm vorhanden sind, wobei die Verformungen von Osten nach Westen zunehmen. Diese Unterschiede sind auf unterschiedliche Bettungseigenschaften des Baugrunds zurückzuführen. Im Putz sind keinerlei Risse zu erkennen, was darauf schließen lässt, dass aktuell keine Verformungen im Bereich der Außenwände auftreten.



Abbildung 10: Verformungen auf der Nordseite

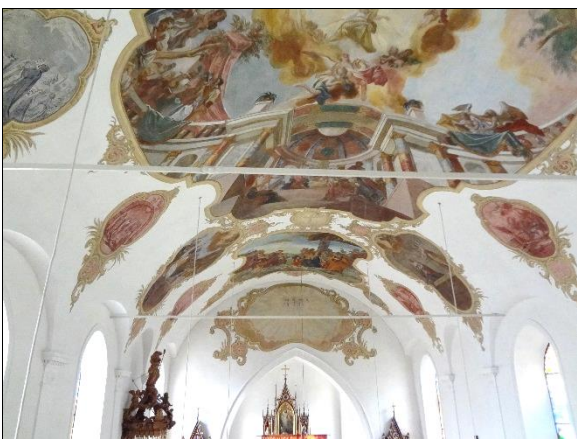


Abbildung 11: Eisernen Zugbänder im Kirchenschiff



Abbildung 12: Außenansicht der Nordseite

4. Beurteilung der Tragkonstruktion

Eine Bewertung der Tragkonstruktion muss unter Berücksichtigung des Alters und des historischen Werts geschehen. Verhältnismäßige Überschreitungen der Bemessungswerte können in Einzelfällen toleriert werden. Alle Nachweise werden gemäß SIA 265:2012 und unter Berücksichtigung der Feuchteklasse 2 geführt.

Die Barockisierung der Stadtkirche St. Katharina in Kaiserstuhl führte zu 8-fach höheren Eigenlasten im Bereich der Gewölbeschale, was deutliche Auswirkungen auf die Verformungen der Außenwände hatte. Die Verformungen an den Fußpunkten wurden durch die damaligen Verstärkungsmaßnahmen (eiserne Zugbänder, vorgesetzte Mauerpfeiler) allem Anschein nach wirksam begrenzt.

Gesondert hiervon sind die Schäden in der Gewölbeschale zu betrachten. Diese lassen sich auf Verformungen und Überlastungen in der Konstruktion zurückführen. Bei der sehr steifen aber auch spröden Putzgewölbeschale führen die wechselartigen Verformungen infolge der Windbeanspruchung zu Loslösungen im Haftverbund. Verstärkt werden die - durch das Eigengewicht hervorgerufenen - Verformungen durch Lastübertragungen aus dem Dachstuhl. Die ursprüngliche hölzerne Polygondecke konnte aufgrund der duktileren Ausführung diese Verformungen ohne Schäden aufnehmen. Somit sind auch die Schäden in der Gewölbeschale indirekt auf die Barockisierung zurückzuführen. Die 2010 festgestellten Loslösungen konnten nicht direkt auf die Verformungen des Außenmauerwerks zurückgeführt werden. Jedoch spricht die Häufung der Schäden an der Nordseite dafür, dass mindestens eine Vorschädigung vorlag. Eine Entkopplung der Gewölbeschale von der Tragkonstruktion könnte zu einer dauerhaften Lösung beitragen. Detaillierte Sanierungsüberlegungen sind in Zusammenarbeit mit der Denkmalpflege zu erarbeiten.

5. Schlussfolgerungen

Barockisierte Kirchendachstühle können die in den Fußpunkten auftretenden Horizontalkräfte nur teilweise über Konstruktionselemente wie Streben oder Zangen aufnehmen. Grund hierfür ist in der Regel der fehlende Bund- bzw. Zerrbalken. In Folge dessen müssten die Kräfte durch das Außenmauerwerk aufgenommen werden. Dies führt zu Verdrehungen sowohl im Fundament- wie auch im Wandbereich. Es ist in jedem Einzelfall zu prüfen, ob die auftretenden Horizontalkräfte durch das System gesamthaft übernommen werden können. Hierbei sind nachträglich eingebrachte Verstärkungen wie Kreuzstreben, Zugbänder oder Wandpfeiler zu berücksichtigen. Im Rahmen einer Ertüchtigung können z. B. durch den Einbau von Sekundärkonstruktionen diese Horizontalkräfte wieder in das Gesamtsystem des Dachtragwerkes eingeleitet werden.

Ein weiterer relevanter Parameter ist die Verbindung der Gewölbeschale zum Dachtragwerk. Oftmals werden die Spantengewölbe im Bereich des Scheitelpunktes an den Kehlbalken angebunden. Teilweise gibt es zusätzliche Aufhängungen im Bereich der Viertelspunkte, wie im vorliegenden Beispiel der Kirche Kaiserstuhl. Diese Verbindungen führen zu einer Kraftübertragung vom Dachtragwerk in die Gewölbekonstruktion. Die dadurch auftretenden Spannungen und Verformungen können nicht durch das relativ steife Putzgewölbe aufgenommen werden. Bei Sanierungen solcher Konstruktion ist über eine Entkopplung der Gewölbeschale von der Dachkonstruktion zu diskutieren. Solche massiven Eingriffe in die bestehende Konstruktion sind intensiv mit der Denkmalpflege zu diskutieren und abzustimmen.

Literaturverzeichnis

- [1] Hartmann, P. W.: Kunstlexikon. BeyArs, St. Gilgen/Salzburg, 1996.
- [2] Deinhard, M.: Spannungen und Sicherheitsgrade historischer Holzkonstruktionen. Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1962.
- [3] Deinhard, M.: Die Tragfähigkeit historischer Holzkonstruktionen. Karlsruhe, Bruderverlag, 1963.
- [4] Görlacher, R.: Hölzerne Tragwerke: Untersuchen und Beurteilen in: Sonderforschungsbereich 315: Erhalten historische bedeutsamer Bauwerke. 1996, Berlin: Verlag Ernst & Sohn.
- [5] Hauer, M.; Seim, W.; Wenzel F.: Wirklichkeitsnahe Simulation des Tragverhaltens alter Dachstühle. In: Wenzel, F. (Herausgeber): Sonderforschungsbereich 315 - Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Jahrbuch 1993. Seiten 195-203, Ernst und Sohn, Berlin, 1996.
- [6] Köck, B.: Barocke Dachwerke: Konstruktion und Tragverhalten. Dissertation, Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, München 2011.
- [7] Meisel, A., Bogensperger, T., Moosbrugger, T., Schickhofer, G.: Historische Dachtragwerke aus Holz – Klassifizierung und Entwertung aus statischer Sicht, Teil 1. Bauingenieur, Bd. 87, 451-460, 2012.
- [8] Meisel, A., Bogensperger, T., Moosbrugger, T., Schickhofer, G.: Historische Dachtragwerke aus Holz – Statische Analyse und Tagwirkung, Teil 2. Bauingenieur, Bd. 88, 61-72, 2013.
- [9] Frei-Heitz B., Wenzinger Plüss F.: Kaiserstuhl. Schweizerische Kunstführer, Gesellschaft für Schweizerische Kunstgeschichte, Bern, 2001.
- [10] Schneider, P.: Bilder der geschädigten Gewölbeschale. Kantonale Denkmalpflege Aargau, Aarau, 2010.
- [11] Holzbau Lehmann AG: Bilder das Dachfußsanie rung Stadtkirche Kaiserstuhl. Schneisingen, 2011.