

Unter die Haube gebracht

Sanierung des Turmes der Stadtkirche St. Michael in Jena mit neu gebauter denkmalgerechter Holzhaube

Die Stadtkirche St. Michael in Jena zählt zu den größten gestuften Hallenkirchen Thüringens. Hier folgt ein Rückblick zum ersten Teilprojekt, der Sanierung des Kirchturmes.



Abb.: Hunger



Abb. 1+2 : Zustände des Turmes vor Beginn der Sanierungsarbeiten und bei Abschluss im Sommer 2001 mit Kupferkugel und stählernem Kreuz

Der Jenaer Kirchbauverein e.V. engagiert sich seit seiner Gründung für die Sanierung der Stadtkirche St. Michael in Jena, um sie wegen ihrer baugeschichtlichen Bedeutung und als Wahrzeichen zu erhalten.

In einem ersten, dreijährigen Teilprojekt erfolgte dazu die Wiederherrichtung des Kirchturmes: Im Bauabschnitt 1 wurde der Turmschaft saniert und statisch gesichert. Bauabschnitt 2 umfasste die Rekonstruktion der Renaissance-Turmhaube, welche infolge Kriegseinwirkungen zerstört worden war.

Mauerwerk-Beurteilung und Voruntersuchung am Turmschaft

Der erste Bauabschnitt begann mit Bestandsaufnah-

Dr.-Ing.
Hans-Reinhard Hunger
Ing.-Büro
f. Tragwerksplanung VBI
Weimar

Kleine Chronik

1380	Beginn des hochgotischen Neubaus St. Michael nach zwei romanischen Vorgängerbauten
1448	erste Arbeiten am Turm
1555/56	175 Jahre nach Baubeginn der Kirche ist die Epoche der Gotik abgeschlossen. Der Turm erhält eine Renaissance-Haube.
1932	Kirchturm wird Eigentum der Kirchengemeinde (zuvor städtischer Besitz)
19.03.1945 Nacht	Bombenangriff auf Jenas Innenstadt
19./20.03.1945	Kirchturm brennt infolge überschlagender Flammen von Nachbargebäuden ab.
1945/46	Sicherungsmaßnahmen und Enttrümmerungsarbeiten
1948	Turm erhält ein Notdach in Form einer flachen orthogonalen Pyramide (Abbildung 1)
1955	Einweihung der soweit sanierten Kirche
1993	Neueindeckung des Kirchturmsnotdachens
1996	Gründung des Jenaer Kirchbauvereins zwecks weitergehender Sanierung

men und Voruntersuchungen. Der 50,80 m hohe Turmschaft wurde aufgemessen und eine Risskartierung angefertigt. Die quaderförmige untere Hälfte des Schaftes misst an den Außenkanten ca. 11,00 x 11,00 m. Ein Oktagon mit einer Außenkantenlänge von ca. 4,50 m bildet die obere Hälfte.

Zu den Voruntersuchungen gehörte u. a. die Beurteilung des Mauerwerks: Mit zunehmender Turmhöhe nimmt die Mauerwerksstärke ab. Von 2,90 m im Geländeniveau reduziert sich die Stärke in drei Mauerwerkssprüngen bis auf 1,30 m am Turmkopf.

Mithilfe von Sondierbohrungen an ausgesuchten Stellen wurde ein relativ homogenes Mauerwerk ohne gravierende Hohlräume und Klüfte vorgefunden.

Der Turm besteht überwiegend aus regionalem Kalkstein, mit Ausnahme des Kellergeschosses, in dem zum Teil Sandstein verbaut ist. Gemauert wurde hauptsächlich mit Kalkmörtel, der in etwa der MG I–II entspricht, im oberen Bereich des Schaftes (35 bis 50,80 m Höhe) auch mit relativ festem Gipsmörtel, der der MG II zugeordnet werden kann.

Die Druckfestigkeiten der Steine variieren zwischen 13 N/mm² und 57 N/mm². Das vorhandene Mauerwerk am Turm ist mehrschalig. Die äußeren sichtbaren Bereiche sind in einer Stärke von ca. 50–60 cm als Quadermauerwerk ausgebildet. Die inneren Mauerwerksbereiche bestehen aus Bruchsteinmauerwerk.

Baugrunderkundung: Mitteldichte bis dichte Lagerung

Mit Hilfe von Rammsondierungen, Schürfgruben, Kern- und Rammkernbohrungen wurde die Baugrunderkundung durchgeführt. Neben den Aussagen dieser Versuchsergebnisse dienten zur Beurteilung der Gründungssituation zwei dokumentierte Aufschlüsse in unmittelbarer Nähe zur Kirche aus dem Jahre 1969.

Die Erkundungen ergaben, dass der Turm in Saaleschotter mit mitteldichter bis dichter Lagerung (Bodenklasse 3) ge-

gründet ist. Darunter befinden sich Rötton (BK 5–6) und folgend Chirotherinsandstein (BK 6–7).

Die oberen entfestigten Schichten des Sandsteins bilden den Grundwasserleiter. Der Grundwasserspiegel liegt dort bei 5,00 m unter GOK.

Bei der Sanierung von Kirchtürmen ist es aus finanziellen Gründen selten möglich, das dynamische Verhalten des Turmes experimentell zu bestimmen.

Ziel war es, das Schwingungsverhalten des Turmes infolge des Geläuts aus fünf Glocken, die an gekröpften Jochen aufgehängt sind, festzustellen. Ferner, ob diese Schwingungen zur Beeinträchtigung des Tragverhaltens führen konnten.

Des Weiteren war zu untersuchen, ob bei einer Veränderung der Glockenaufhängung in gerade Joche, welches eine Veränderung der Bauwerksbelastung bedeutet, noch ausreichende Stabilität gegeben ist.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die konstruktiven Veränderungen am Turm zur Steifigkeitserhöhung und somit zur einer Erhöhung der Eigenfrequenz um 2,5 bis 9,5% führten.

Hinsichtlich des dynamischen Tragverhaltens bestehen keine Bedenken gegen den normalen Betrieb des Geläuts in vorliegender Form. Vom Umhängen der Glocken auf gerade Joche wurde jedoch abgeraten.

Durch die Reinigung der Turmfassade und das freigelegte Fugenbild war der Umfang der Risse deutlicher erkennbar. In einem unregelmäßigen Schema zeigten sich u. a. Risse im oberen Teil des Turmschaftes.

Man stellte Rostsprengungen fest, die durch mittelalterliche Eisenklammern verursacht wurden.

Diese Klammern befanden sich umlaufend in drei bis vier Mauerwerksschichten in einer Höhe von ca. 45 m und waren

Stabilisierungsmaßnahmen zur statischen Sicherung

Aufgrund der Schadensursachen und der Rissbilder waren zur statischen Sicherung zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen notwendig.

Um die Tragfähigkeit des Mauerwerks zu erhöhen, sollte ein neuer Ringbalken ausgebildet werden.

Dazu wurden im oberen Teil des Oktagon in drei mal drei Ebenen horizontale Spannanker gesetzt. Die Spannanker verteilen sich über eine Höhe von 15,00 m: drei Ebenen (Ankerlage im äußeren Wandbereich mit Umlenkschuhen), welche von je zwei Ebenen (Ankerlage Wandmitte) oben und unten umgeben sind (vgl. Abb. 3).

Es waren somit neun Bohrungen Ø 50 mm (äußerer Wandbereich) bzw. Ø 40 mm (Wandmitte) mit einer Länge von ca. 5,50 m an je acht Turmseiten erforderlich. Nach dem Einführen der Spann-

Technische Turm-Daten

Höhe von OK Gelände bis OK Bekrönung:	70 m
Höhe des Turmschaftes:	50,80 m
Querschnittsabmessungen der Turmschaftes außen:	11 x 11 m
Gesamtgewicht:	10.694 t
Spannungen	
vorh. max. Druckspannung im Mauerwerk:	1,3 N/mm ²
zul. Druckspannung des Mauerwerks:	1,4 N/mm ²
zul. Grundbruchspannung des Baugrundes:	4,0 N/mm ²
1. Eigenfrequenz	
vor statischer Sicherung:	1,47 Hz
nach statischer Sicherung:	1,51 Hz

Abb. 3: Übersicht Spannankerebenen und statische Sicherung des Treppenturmes



Grund für einen gewünschten Umbau der Aufhängung ist der bessere Klang der Glocken.

Die Versuche wurden vor und nach der konstruktiven Sanierung durchgeführt, um durch einen Vergleich der Ergebnisse Rückschlüsse auf den Einfluss der statischen Sicherung auf das dynamische Verhalten des Bauwerks ziehen zu können.

etwas eingerückt von der Außenkante in die Lagerfuge eingemauert. Mithilfe eines Bewehrungssuchgerätes konnten die Klammern gefunden und danach entfernt werden. Die geschädigten Steine wurden ausgewechselt. Vermutlich sollten diese Eisenklammern zur statischen Sicherung, vergleichbar mit einem heutigen Ringanker, dienen.

ker Rd 24 mm bzw. Rd 20 mm aus Edelstahl erfolgte das Spannen mit einer geringen Vorspannkraft und das Verpressen der Hohlräume. Die Mauerwerkstaschen, die zum Verbleib der Umlenkschuhe dienen, wurden wieder vermauert.

Der an der Nordost-Seite befindliche Treppenturm wies ein ausgeprägtes Rissbild auf.

Zur statischen Sicherung befestigte man acht außen umlaufende Edelstahlbänder 60 x 6 cm, ca. alle 1,50 m über die Höhe des Treppenturmes von 11 m verteilt.

Um die Wirkung der Stahlbänder zu verstärken, steifte man den Turm im Inneren mit einer Spirale aus Stahl-Profilen (U 220) erwärmt und in Form der Wendeltreppe gebogen. Die so vor Ort geformten Profile verankerte man mit dem Steg unter dem Treppenlauf an der Außenwange der Trep-

pe (Abb. 4). Als Befestigungsmittel dienten Injektionsdübel.

Die Stabilisierung größerer Risse am Turmschaft und Treppenturm erfolgte mittels Vernadelungstechnik.

Dazu wurde beidseitig des Risses schräg mit $\varnothing 40$ mm gebohrt, so dass die Nadeln ($\varnothing 12$ mm aus Edelstahl) den Riss kreuzen. Der Abschluss des Turmschaftes bildet ein Stahlbeton-Ringbalken, der die Mauerkrone stabilisiert und gleichzeitig als Auflager für die Turmhaube dient (Abb. 5).



Abb. 4: Statische Sicherung des Treppenturmes mit einer vor Ort geformten Spirale aus Stahl-U-Profilen



Abb. 5: Vorbereitete Mauerkrone mit Ringbalken und Eichenschwellen

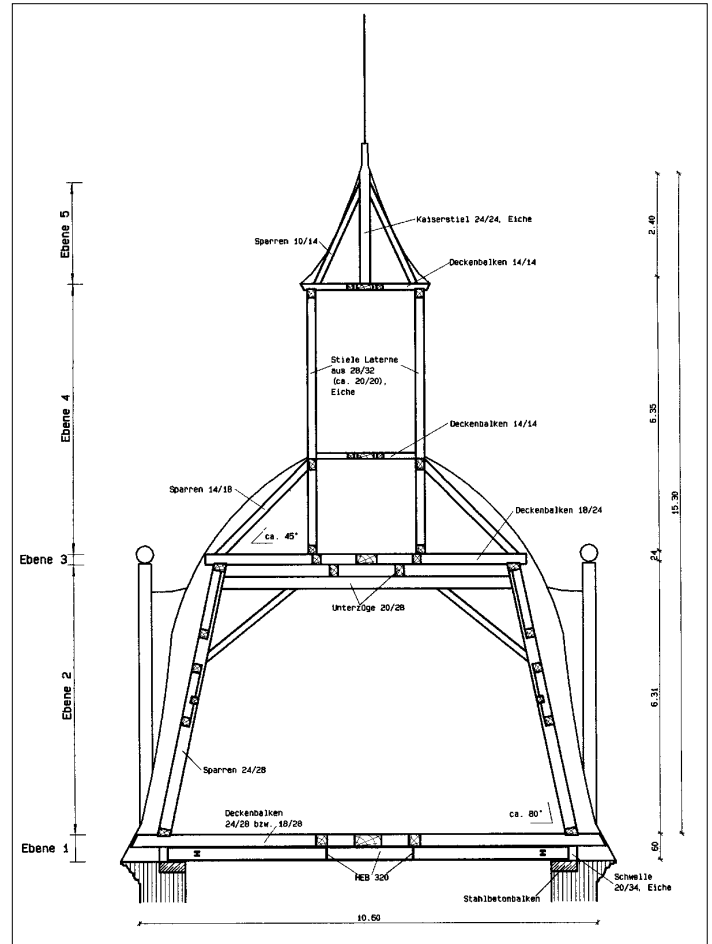


Abb. 6: Querschnitt Haubenkonstruktion

Neubau der Turmhaube in historischer Holzkonstruktion

Erste Überlegungen galten der äußeren Gestalt der Haube. Ende der 40er Jahre wurden trotz der Entscheidung, dass die alte Renaissance-Haube den Kirchturm bekrönen soll, weitere Varianten entworfen. Darunter waren eine gotische Turmspitze und ein haubenförmiges Helmdach.

Nach den Vorstellungen des Kirchbauvereins sollte der Turm in der Gestalt vor der Zerstörung im 2. Weltkrieg rekonstruiert werden.

Die Proportionen konnten mithilfe einer Photoaufnahme von Carl Zeiss aus dem Jahre 1932, die die Turmwestseite großformatig und scharf zeigt, entwickelt werden.

Daraufhin wurden verschiedene Entwürfe u. a. aus Stahl vorgestellt. Der Bauherr entschloss sich für eine Holzkonstruktion.

Eine weitere Vorgabe des Kirchbauvereins war ein mög-

lichst stützenfreier Innenraum der Haube, um diese auch als Aussichtsplattform nutzen zu können.

Infolgedessen entwickelten sich zwei Varianten: eine annähernd historische Konstruktion aus Holz und eine Ingenieurkonstruktion aus Brett-schichtholz bzw. aus Fachwerk-Bindern, wobei die kupfelformgebenden Streben als tragende Elemente dienen sollen.

Letztendlich hat man sich aus wirtschaftlichen und denkmalpflegerischen Aspekten für die historische Holzkonstruktion entschieden.

Die Turmhaube setzt sich aus fünf Ebenen zusammen (Abb. 6).

1 Turmhaube – in 5 Ebenen ausgeführt

- Ebene 1 ist die untere Deckenbalkenebene (□ 24/28 bzw. □ 18/28) mit Schwellen □ 20/34 und darunter liegenden Stahlunterzügen (HEB 320 – St 37),

welche auf dem Ringbalken aufliegen. An den Stahlträgern wurden auch die Anschlagpunkte für den Kran angebracht.

- Ein pyramidenförmiges Oktagon bildet die Ebene 2. Die acht Seitenflächen sind als Fachwerkwände ausgeführt. Aufgrund der Windbelastung, die auf die acht unterschiedlich gerichteten Flächen entsprechend wirkt, wurde der statische Nachweis des Oktagon mithilfe räumlicher Berechnungsverfahren geführt.
- Die Ebene 3, die obere Deckenbalkenebene (□ 18/24), schließt das Oktagon nach oben hin ab. Unterstützt wird die Ebene mit Unterzügen □ 20/28. Auf dieser Balkenebene steht die Laterne (Ebene 4) auf.
- Die Ebene 4 bildet die Laterne. Zwischen Ebene 3 und dem unteren Drittel der Laterne sind im Winkel von 45° Sparren □ 14/18 mithilfe von Stirnversatz und eingeklebten Glasfibrerstab \varnothing 20 mm befestigt. Ferner wurde die Laterne gegen auftretende Zugkräfte infolge Windbelastung mit einem Stahlsonderteil gesichert. Diese Zugverbindung wurde am Fuß der Laternenstiele und der oberen Balkenlage (Ebene 3) angebracht.
- Die insgesamt 15,30 m hohe Hauben (ohne Bekrönung) endet mit der Laternenspitze (Ebene 5).

Die Haubenkonstruktion wurde vorwiegend in Nadelholz S10 ausgeführt, mit Ausnahme der stärker feuchtigkeitsbeanspruchten Bauteile wie Mauer-schwelle, Kaiserstiel und Stiele der Laterne in Eiche.

Vorbereitung und Durchführung: Kranmontage der Turmhaube

Nach neun Monaten Rekonstruktionsplanung konnte der Abbund in der Zimmerei und letztlich der Aufbau der Turmhaube (Abb. 7) bis hin zur Schiefer- und Kupfereindeckung auf dem Platz vor der Kirche folgen.

Zwei Wochen später, am 26.05.2000, wurde nach Abbau



Abb. 7: Zimmerkonstruktion der Turmhaube einschließlich Laterne und Schablonen



Abb. 8 + 9: Montage-Traverse für den Kranhub der Turmhaube und ihr Anheben auf den Turmschaft in 52 m Höhe

Bautafel

Auftraggeber:	Jenaer Kirchbauverein eV, Jena	
Ausführende Fachunternehmen:	Planung:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang G. Deurer, Wesel + Dr.-Ing. Hans-Reinhard Hunger, Weimar
	Ausführung:	Bennert GmbH, Hopfgarten
Eingesetzte Sanierungsverfahren:	U.a.: Aufmaß, Risskartierung, Sondierbohrung, Lagerungserkundung statische Sicherung, Steifigkeitserhöhung, historische Holzkonstruktion	

des Notdaches und Herstellung des Ringbalkens die 52 t schwere Konstruktion (einschließlich Traverse, Seile und Kranhaken) mit einem 650-t-Mobilkran mit 571 PS auf den Turm gesetzt.

Wie erwähnt, dienen die Unterzüge der unteren Balkenlage zur Befestigung der Anschlagpunkte für die Kranseile. Eine Montage-Traverse befand sich in Höhe der Laternenöffnungen. Beide wurden mit Seilen verbunden. Der Hubvorgang dauerte nur 12 min (Abb. 8 + 9).

Nachträglich wurden die vier Schildgiebel in Kalkstein gemauert. Ein Gerüst aus zwei vertikalen und einem horizontalen Stahlbetonbalken, welches an der Rückseite 20 cm tief in das Mauerwerk eingebettet ist, dient zur Verankerung der Schildgiebel an der Holzkonstruktion.

Als Verbindungsmittel sind Gewindestangen M 20 verwendet worden.

Ein Jahr nach der Kranmontage der Turmhaube konnte das Knopffest am 16.06.2001 gefeiert werden: Eine kupferne Kugel mit einem Durchmesser von 1,10 m und ein stählernes Kreuz mit einer Höhe von 3,40 m wurden auf der Turmspitze befestigt und markierten den Abschluss der Sanierung vom Jenaer Stadtkirchturm.

Literatur

- [1] Der Turm von St. Michael in Jena, Früher und Heute, Festschrift, Herausgeber Jenaer Kirchbauverein e.V.; 2001; ISBN 3-934805-08-6
- [2] Innovation, Das Magazin von Carl Zeiss; Heft 9, April 2001; ISSN 1431-8040
- [3] Die Stadtkirche St. Michael zu Jena, Symbolik und Baugeschichte einer spätgotischen Stadtpfarrkirche; Friedrich Möbius; Glaux Verlag Christine Jäger KG, Jena; 1996; ISBN 3-931743-05-5
- [4] Kirchen um Jena; Helga Sciriure; Glaux Verlag Jena; 2000; ISBN 3-931743-35-7