

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 134 (2008)  
**Heft:** Dossier (49-50/08): Sanierung Landesmuseum

**Artikel:** Bautechnisches Abenteuer  
**Autor:** Lutz, Andreas / Bonomo, Reto  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-109032>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BAUTECHNISCHES ABENTEUER

Die Sanierung des Altbaus des Schweizerischen Landesmuseums erfolgt in Etappen. Bereits fertiggestellt sind das Sockelgeschoss und die Südwestecke mit dem Bahnhofflügel. Die Eingriffe im West-, Ost- und Hofflügel erfolgen voraussichtlich nach dem Neubau. Insgesamt stellten sich den Bauingenieuren zahlreiche, herausfordernde statische und technische Fragen. Neben speziellen Lösungen setzten sie viele bewährte Konstruktionen ein. Die vielfältigen Aufgaben und die hohen architektonischen Ansprüche erforderten ein kreatives Mitarbeiten, Denken und Konstruieren.

Nachdem sich der Bundesstaat Schweiz 1891 für Zürich als Standort des Landesmuseums entschieden hatte, sahen sich die Planer mit einem ambitionösen Raumprogramm und einer anspruchsvollen Architektur konfrontiert. Es galt möglichst rasch, ein Gebäude mit 281 Räumen zu bauen, von denen keiner einem anderen glich. Alle Räume haben verschiedene Abmessungen, unterschiedliche Fenster und variierende Höhen. Das ganze Gebäude, mit einer äusseren Fassadenabwicklung von etwa 380m, ist ohne eine einzige Dilatationsfuge erstellt worden.

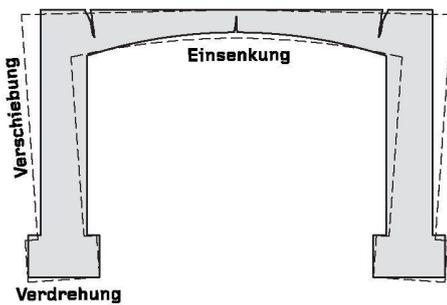
Damit der Bau schnell realisiert werden konnte, wurde er in acht Bauabteilungen aufgeteilt. Sie wurden parallel von unterschiedlichen Unternehmungen bearbeitet. Während im Architekturbüro von Gustav Gull noch Pläne für die Innenräume gezeichnet wurden, begannen bereits die Bauarbeiten an der Gebäudehülle. Der Bauvorgang war ungewöhnlich und kühn und würde heute wahrscheinlich zu einer sofortigen Baueinstellung führen. So wurde die Fassade des Bahnhofflügels mit einer Gesamthöhe von 38m ohne Sicherung und Zwischendecken erstellt. Darüber wurde der hölzerne Dachstuhl errichtet. Erst dann begannen die Einbauarbeiten der Gewölbedecken. Dieser Bauvorgang war notwendig, weil das Eigengewicht der gesamten Fassade notwendig war, um zu verhindern, dass die Aussenwände durch den Gewölbeschub im Erd- und Sockelgeschoss nach aussen gedrückt wurden. Zudem konnte so für das grosse Gewölbe über der Ruhmeshalle im Schutz des vorhergehend errichteten Daches ein nässeempfindlicher, dafür aber leichter Bimsstein verwendet werden.

Obwohl das Gebäude im historisierenden Baustil erstellt wurde, kamen zeitgemässe und neue Baustoffe zum Einsatz: Für die Wände wurden Sand- und Backstein verwendet, für die Fassadenverkleidung Tuffstein, Granit und Kalkstein. Fundamente und Wände im Sockelgeschoss und alte Bauweisen wie Gewölbedecken waren aus Beton, Unterzüge, Deckenträger und einzelne Stützen wiederum aus Stahl. Ausserdem wurden Hourdissteine verschiedener Art für die Decken benutzt. Die historisierenden Säulen im Erdgeschoss sind aus Kalk- und Sandstein erstellt und die Kapitelle aus verschiedenen Kalksteinen. Insgesamt wurden 8500m<sup>3</sup> Beton, 10000m<sup>3</sup> Mauerwerk, 300t Stahlträger und 2600m<sup>3</sup> bearbeitete Sand-, Granit- und Kalksteine eingebaut. Die verwendeten Materialien sind bis auf die Fassadensteine, die Säulen und kleinere Innenverkleidungen nirgendwo sichtbar: Stahlträger sind immer verkleidet, Mauerwerkswände stets verputzt. Das Auge wird darum an einigen Stellen getäuscht: Massiv erscheinende Mauerwerkswände mit aufgemalten Steinfugen sind in Tat und Wahrheit Lüftungsschächte oder Kamine, Gewölberippen sind aus Gips gefertigt, hinter dem sich eine flache Stahlkonstruktion verbirgt.

## MÄNGEL IN DER TRAGKONSTRUKTION

Schon während des Baus traten die ersten Mängel in der Tragkonstruktion auf. Es wurde beispielsweise Beton mit Schlackenzement verwendet, Erfahrungen mit diesem Baumaterial lagen zur damaligen Zeit aber kaum vor. Es brauchte viel Anmachwasser, und Vibrieren ent-





02



03

**01 Ruhmeshalle im ursprünglichen Bauzustand**  
(Foto: «Das Schweizerische Landesmuseum, Bau- und Entwicklungsgeschichte 1889–1998 von Hanspeter Draeyer». 1999, Schweizerisches Landesmuseum Zürich, Bundesamt für Kultur)

**02 Flache Tonnengewölbe bewirken einen Horizontalschub auf die Aussenwände, der von ihnen nur unzureichend aufgenommen werden konnte – typische Risse am Gewölbeauflager und am Scheitel waren die Folge**  
(Grafik: Lutz/Bonomo)

**03 Unterbetonieren des Sockelgeschosses: Bestehende Leitungen im Betrieb und notwendige Spriessungen erschwerten die Arbeit**  
(Foto: Lutz/Bonomo)

sprach noch nicht dem Stand der Technik. Der Beton war darum vor allem in massigen Bauteilen sehr unregelmässig oder teilweise gar nicht abgebunden. Dies wirkt sich negativ auf die Festigkeit aus: Der Beton mit einem Zementgehalt von etwa  $180\text{kg}/\text{m}^3$  ist sehr mager oder bröselig, was sich bei Bohrungen für Dübel zeigt. Zudem variierten die Druckfestigkeiten des Betons stark und erreichten lediglich Werte zwischen  $3.3$  und  $6.2\text{N}/\text{mm}^2$ .

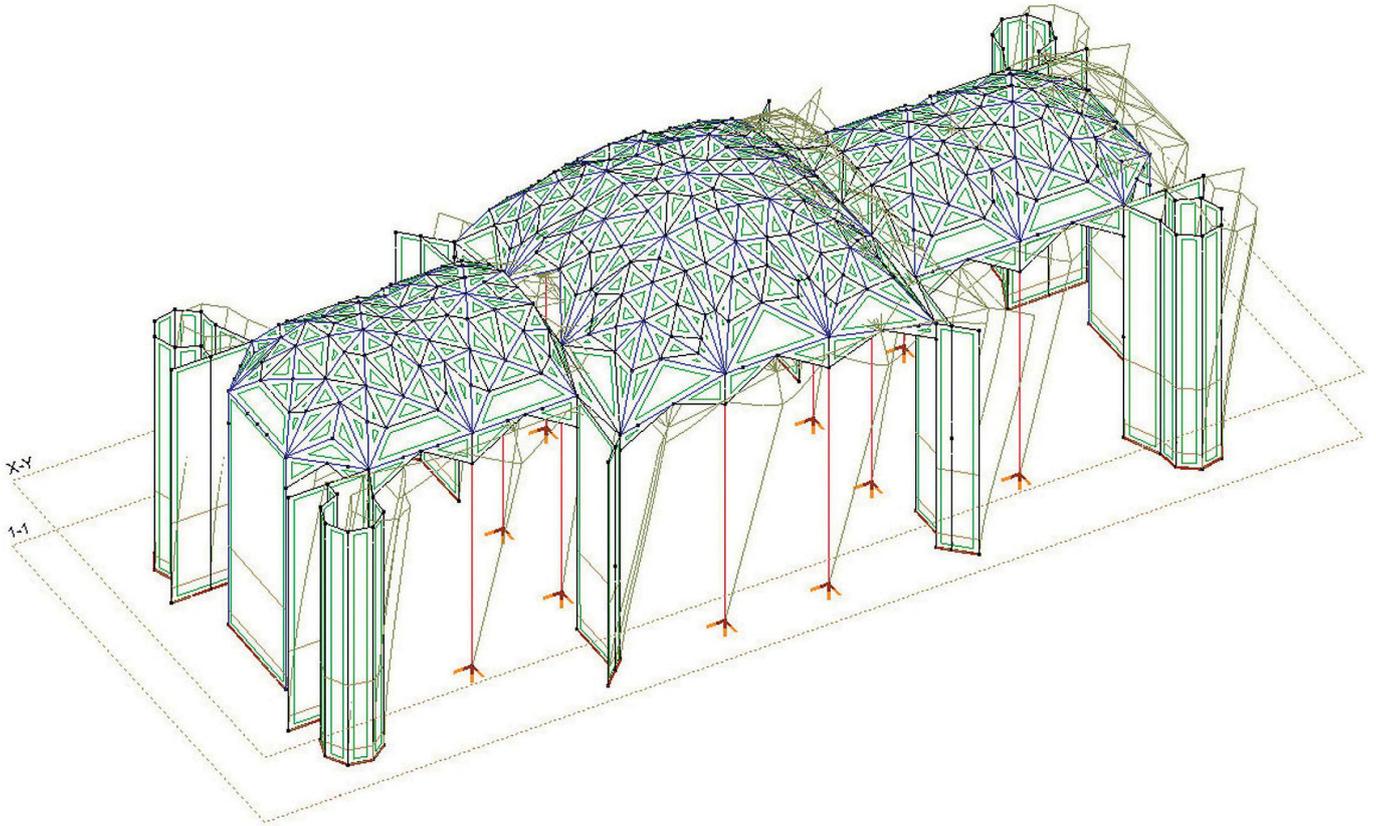
Die Gewölbe im Sockelgeschoss wurden zumeist als unbewehrte, sehr flache Tonnengewölbe ausgebildet. Die grössten weisen eine Spannweite bis zu  $4\text{m}$  auf, bei einer Pfeilhöhe von nur  $16$  bis  $20\text{cm}$  und einer Scheitelstärke von  $20\text{cm}$ . Dies bewirkt einen grossen Horizontalschub auf die Aussenwände, der vom Eigengewicht der Fassaden und vom von aussen einwirkenden Erddruck nur ungenügend aufgenommen werden konnte. Als Folge wurden die Gewölbeauflager nach aussen verschoben, die Wände und Fundamente verdrehten sich, und es kam zu den typischen Gewölberissen unten im Scheitel oder oben nahe den Auflagern (Bild 2). Der Beton mit Schlackenzement unterstützte die Entstehung von Rissen zusätzlich. Einige Gewölbe stürzten sogar ein und mussten ersetzt werden, andere wurden mit Trägern verstärkt oder mussten gespriest werden. 1994 liessen die Tragwerksverantwortlichen manche Gewölbe mit Zugstangen sichern, so auch die Kreuzgewölbe im Erdgeschoss des Bahnhofflügels. Ausserdem stellte man auch an einigen Säulen und Kapitellen Risse fest, sodass die Kapitelle notfallmässig mit Stahlkernen verstärkt und eine Säule mit CFK-Lamellen ummantelt wurden.

### ÜBERPRÜFUNG DER BESTEHENDEN TRAGKONSTRUKTION

Lange Zeit lebte das Museum mit den Mängeln aus der Bauzeit, die schlimmsten Fehlstellen wurden fortwährend repariert, die Betreiber schränkten sich da und dort in der Nutzung ein und versuchten aus dem Vorhandenen das Beste zu machen. Mit der Planung des Neubaus verstärkte sich der Wunsch, auch den Altbau in allen Räumen ungehindert bespielen zu können. Dafür bedurfte es einer Sanierung des Tragwerks des Altbaus. Um ein umfassendes Gesamtbild des Ist-Zustands zu erhalten, wurde zunächst eine gründliche Untersuchung des Gebäudes durchgeführt. Die Planer nahmen in einem ersten Schritt die gesamte Tragkonstruktion auf, überprüften sie auf ihre Tragsicherheit und zeigten die Defizite bis zum Erreichen der geforderten Nutzlast von  $5\text{kN}/\text{m}^2$  auf. Anschliessend wurde die Erdbebensicherheit des Gebäudes mit dem zweistufigen Verfahren des Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) für Mauerwerksgebäude überprüft. Zum Schluss folgte die Untersuchung der freitragenden Gewölbe über der Ruhmeshalle (Bild 4) und der oberen Kapelle. Neben der Gesamttragsicherheit mussten dabei den einzelnen Tragelementen wie Rippen und Kappen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Aus allen Untersuchungen wurden Massnahmen für die Tragkonstruktion abgeleitet, die der Erreichung der beiden Ziele – Nutzlast  $5\text{kN}/\text{m}^2$  in allen Räumen und Erhöhung der Erdbebensicherheit – dienten.

### ZUSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN AN DIE TRAGKONSTRUKTION

Nicht nur die Mängel der Tragkonstruktion, auch die zu ersetzende veraltete Haustechnik und die gestiegenen haustechnischen Anforderungen an ein modernes Museum erforderten Massnahmen, die die Tragkonstruktion tangieren. Die moderne Haustechnik benötigt Schächte und Leitungstrassen, die nicht sichtbar sein sollen. Es blieb meist nur der Weg durch die bestehenden Tragwände, was zu einem Zielkonflikt zwischen Tragsicherheit und Haustechnik führte. Allein im Bahnhofflügel wurden über  $30\text{km}$  Elektroleitungen verlegt – eine grosse Zahl von Schlitzern, Durchbrüchen und Bohrungen war dafür notwendig. Im Fall der Gewölbedecke über dem Erdgeschoss mussten etwa  $150$  Elektroleitungen für die Vitrinen, die Lüftungszuleitungen und die Heizung in die Decke integriert werden. Dies war nur durch deren Neubau in armiertem Beton möglich. Gleichzeitig funktioniert diese neue Decke nun als Scheibe, die die Fassaden zusammenbindet und die Erdbebensicherheit erhöht – auf die als Sanierungsmassnahme 1994 eingebauten Zugstangen konnte dafür verzichtet werden. Es entstand wieder das ursprüngliche Erscheinungsbild des ungestörten, mit der Gewölbedecke überspannten Raumgefüges.



04

#### VIELSCHICHTIGE AUSFÜHRUNG

Die Umsetzung der Massnahmen fand bei laufendem Betrieb des Museums statt. Phasenweise wurden einzelne Bereiche stillgelegt und für den Umbau freigeräumt. Zuerst erfolgte jeweils der Rückbau der historischen Auskleidungen und Einbauten durch spezialisierte Firmen (vgl. «Unsichtbare Eingriffe», S. 20ff.). Erst dann konnte mit den eigentlichen Bauarbeiten begonnen werden. Der vorgegebene Bauablauf bedingte an verschiedenen Stellen spezielle Bauverfahren. Etappiert wurden die Sanierungsarbeiten in Sockelgeschoss, in Südwestecke und Bahnhofflügel sowie in West-, Ost- und Hofflügel (siehe auch Kasten Seite 9).

#### SOCKELGESCHOSS (2005 BIS 2006)

Die wichtigste statische Massnahme im Sockelgeschoss war das Unterbetonieren der Gewölbedecken, wodurch sie erst die geforderte Nutzlast tragen konnten. Die verstärkten Decken übernehmen neu auch die Tragfunktion als horizontale Scheiben, halten das Gebäude zusammen und steifen es aus. Um das räumliche Erscheinungsbild des Sockelgeschosses zu erhalten, wurden die Verstärkungen ebenfalls leicht gewölbt ausgeführt. Der Bauvorgang war auf die spezifischen Gegebenheiten abgestimmt und erfolgte von unten, während das Erdgeschoss weiterhin als Museum genutzt wurde: Zuerst wurde ein eigens konstruiertes Verankerungselement unterhalb der bestehenden Gewölbedecke in die Wand versetzt und eingegossen. Danach wurde die Armierung an einer speziell erstellten Konstruktion unter das bestehende Gewölbe gehängt – der alte Gewölbebeton war für konventionelle Dübel nicht geeignet. Schliesslich wurde die gewölbte Schalung montiert und in die richtige Position gebracht. Nachdem die Ränder abgedichtet waren, konnte der selbstverdichtende Beton von unten eingepumpt werden. Erschwerend für den Bauvorgang waren die Leitungsbündel für Strom und Heizung, die unter der bestehenden Decke verliefen und noch in

04 Isometrie der Ruhmeshalle mit Erdbebeneinwirkung längs: In Modellrechnungen wurden die Erdbebensicherheit geprüft und Massnahmen für deren Erhöhung bestimmt  
(Grafik: Lutz/Bonomo)



05



06



07

**05** Haustechnikschächte in der Ruhmeshalle: Da der Einbau der Schächte die Tragsicherheit der Wände verbessern sollte, wurden sie vorgespannt oder in Stahl ausgeführt – so dienten sie als «Wandbewehrung»

(Foto: Christ & Gantenbein)

**06** Abbruch alte Gewölbedecke im Erdgeschoss (Foto: Kantonale Denkmalpflege Zürich)

**07** Neubau der Gewölbedecke über Erdgeschoss, die statisch wie eine Pilzdecke wirkt. Sie wurde neu betoniert, nimmt nun viele Elektroleitungen auf und wirkt als statische Scheibe, die die Erdbebensicherheit erhöht

(Foto: Kantonale Denkmalpflege Zürich)

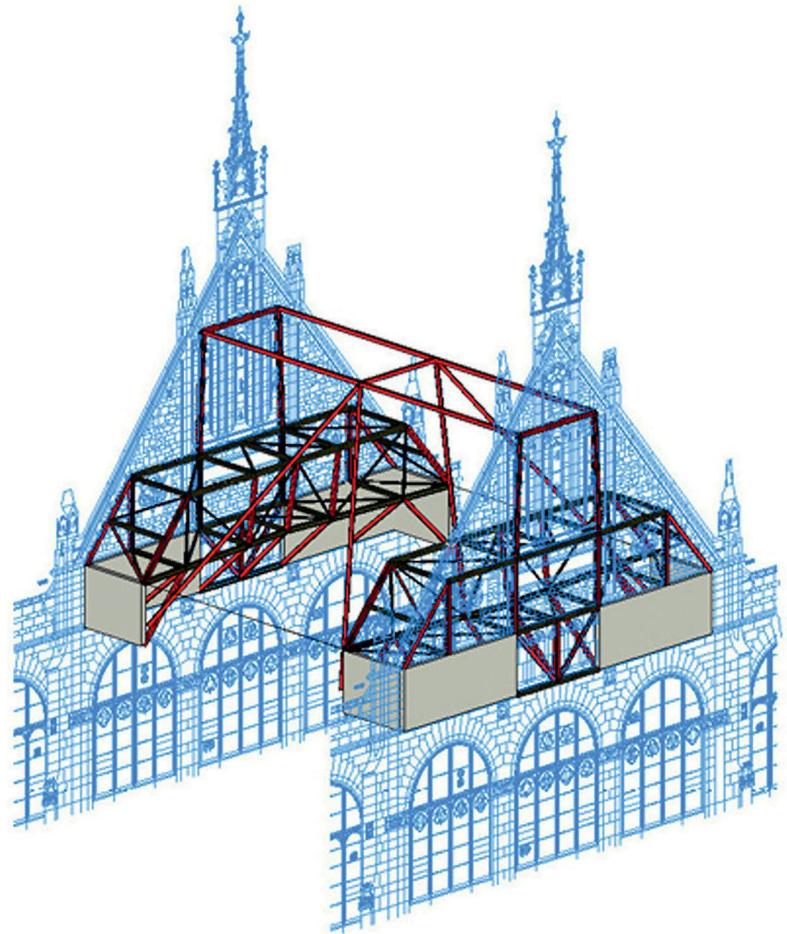
Betrieb waren. Dort, wo die Decken aus Sicherheitsgründen gespriesst waren, wurden die Spriessen einbetoniert und anschliessend abgeschnitten (Bild 3).

Die zweite grosse Massnahme im Sockelgeschoss war der Einbau des Energieleitungs-kanals. Da dieser Kanal die ganze Gangbreite des Sockelgeschosses beansprucht, waren umfangreiche Unterfangungen der Wände und Pfeiler erforderlich. Die Unterfangungen wurden konventionell ausgeführt, dabei sind Setzungen von maximal 5mm aufgetreten.

#### SÜDWESTECKE UND BAHNHOFFLÜGEL (2007 BIS 2008)

Die Ausführung dieser Phase umfasste mehrere Massnahmen. Eine davon war der Einbau eines Liftes in der Südwestecke, der gleichzeitig als Erdbebenaussteifung für diesen Gebäudebereich dient. Wegen des hohen Grundwasserspiegels mussten für die Unterfangungen der Liftgruben Jettingarbeiten ausgeführt und die Bodenplatte mit Unterwasserbeton erstellt werden.

Weitere Massnahmen betrafen die Erhöhung der Erdbebensicherheit: Decken wurden untereinander kraftschlüssig verbunden, sodass der Kräftefluss auf die aussteifenden Wände weitergeleitet wird, und Aussenwände zug- und druckfest mit den Decken verankert. Die Treppentürme aus Sandsteinmauerwerk wurden mit je zwei Kabeln auf 2400kN vertikal vorgespannt und über den Gewölben druck- und zugfest mit den Fassadenwänden verbunden. Weiter wurden Haustechnikschächte eingebaut, deren Schachtwandungen teilweise betoniert und als Erdbebenscheiben ausgebildet wurden. Der Einbau der Schächte sollte die Tragsicherheit nicht schmälern, sondern verbessern. In einigen Bereichen wurde darum auch Stahl eingesetzt – mit dem Mauerwerk verbunden, dienten sie als «Bewehrung» der Wände, so auch in den Ecken der Ruhmeshalle. Hier sind die Schächte ausserdem zur Erhöhung der Erdbebensicherheit mit Stangen vorgespannt (Bild 5).



08

Im Erdgeschoss wurde zudem die bestehende durch eine neue bewehrte Gewölbedecke ersetzt, die statisch wie eine Pilzdecke wirkt. Damit die Randbögen keinen Gewölbeschub auf die Aussenwände abgeben, wurde zwischen Wand und Gewölbe eine weiche Schicht und ein Hohlprofil eingelegt. Nach dem Abklingen der Deckenverformungen wurden das Hohlprofil verfüllt und die Fuge zugeputzt. Die Decke selbst trägt die Vertikallasten über Zapfen auf die Fassade ab. Im Rahmen des Deckenneubaus wurden zudem zwei weniger tragfähige Natursteinsäulen mit zwei «gesunden» Säulen ausgetauscht und an Orte mit kleineren Beanspruchungen verschoben.

Verstärkungsmassnahmen waren ebenfalls an zahlreichen Stellen notwendig: Bestehende Stahlträgerdecken wurden im Allgemeinen mit zusätzlichen Trägern oder mit Aufdopplungen von bestehenden Unterzügen und Trägern verstärkt. Die Giebelsicherung der freistehenden Fassaden über dem Gewölbe der Ruhmeshalle erfolgte mit einem inneren Fachwerk aus Stahl (Bild 8).

#### WEST-, OST- UND HOFFLÜGEL

In der noch ausstehenden Phase werden zumeist Deckenverstärkungen und Deckenverbindungen in weiteren Flügeln des Landesmuseums ausgeführt sowie Haustechnikschächte mit vergleichbaren Verfahren wie in der Sanierung des Bahnhofflügels eingebaut. Spezielle Konstruktionen sind beim Gewölbe der oberen Kapelle erforderlich. Auch hier müssen, wie bei der Ruhmeshalle, die Aussenwände über dem Kapellengewölbe mit einem Ringanker zusammengehalten werden.

**08 Isometrie der Giebelsicherung:** Die Sicherung der freistehenden Fassade über dem Gewölbe der Ruhmeshalle erfolgte mit einem Fachwerk aus Stahl (Grafik: Lutz/Bonomo)

**Andreas Lutz**, dipl. Bauing. ETH, APT Ingenieure GmbH, lutz@apting.ch

**Reto Bonomo**, dipl. Bauing. ETH, Bonomo Engineer, info@bonomo.ch