

Die statischen Voruntersuchungen und die Tragwerksplanung der Grundinstandsetzung der ehemaligen Kurfürstlichen Burg Boppard

Auf der Grundlage der verformungsgetreuen Bauaufmaße aus den Jahren 1999 bis 2003 durch Studenten der FH Mainz unter Leitung von Professor Emil Hädler (IProD, Institut für Projektentwicklung und angewandte Bauforschung in der Denkmalpflege) wurden in den Jahren 2002/2003 sowie 2008/2009 parallel umfangreiche statische Voruntersuchungen zur Erkundung der Konstruktion, deren Schäden und Tragwerksmängel durchgeführt. Sie umfassten folgende Teilleistungen:

- Digitalisierung und Zusammenführung der Teilaufmaße zu einem Gesamtplan,
- Erkundung der Konstruktion und Deckenaufbauten im laufenden Museumsbetrieb,
- Schadenskartierung der gesamten Konstruktion,
- Bestandsergänzung des Fundamentmauerwerks und der Gründung,
- Tragwerksgutachten mit Sanierungsvorschlag,
- Kostenschätzung der Baumeister- und Zimmerarbeiten.

Die statischen Voruntersuchungen waren Teil weiterer Voruntersuchungen mit dem Ziel, optimale Grundlagen für die geplante Sanierung und Umgestaltung der gesamten Burganlage zu schaffen, für deren Umsetzung im Jahre 2000 ein Realisierungswettbewerb ausgeschrieben worden war (zum Gewinner des Wettbewerbes siehe den Beitrag von Constanze Altmüller/Elmar Torinus in diesem Heft).

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Konstruktion der Burganlage wies in allen Bauteilen gravierende Schäden und Mängel auf, welche die Dachstühle, Holzbalkendecken, Fachwerkwände, Massivwände und die Gründung betrafen.

An den z.T. noch originalen Dachtragwerken aus Nadelholz waren die

typischen Schäden aufgrund undichter Dacheindeckungen und der daraus entstandenen Fäulnisschäden sowie Substanzschwächungen durch tierische Holzschädlinge (Hausbockbefall, etc.) vorhanden, deren Umfang sowohl quantitativ als auch qualitativ in den Schadenserfassungsplänen und einem vollständigen Gespärrekatalog erfasst wurde (vgl. Abb. 1). Neben den Schädigungen wurden die Verbindungen, Holzarten, Systemschäden, nicht originale Bauteile und Verformungen etc. erfasst, um die Grundlagen für eine zutreffende Maßnahmenplanung und statische Berechnung zu schaffen.

Exemplarisch werden einige Tragwerksschäden beschrieben und deren Sanierungsmaßnahmen aufgezeigt:

Die Dachkonstruktion des **Bergfrieds** ist ein freitragendes Pyramidendach über eine Spannweite von 10,0 m und stammt aus dem 19. Jahrhundert. Es wurde vollständig erneuert und mit einer Fünfkantschwelle auf die ältere Ankerbalkenlage aufgesetzt. Der zur Balkenlage gehörende Vorgängerdachstuhl war in die Deckenbalken eingezapft, die den Dachschub aufnahmen. Die jetzige Sparrenkonstruktion ist in die Fünfkantschwelle eingezapft, deren Sparreneinteilung zu den Deckenbalken versetzt ist (vgl. Abb. 2).

Die Ankerbalkenlage des Bergfrieds ist nur an fünf Deckenbalken zugfest in Nord-Südrichtung verankert, wovon bereits zwei Balken gestoßen und unzureichend verbunden waren. In Ost-Westrichtung waren sämtliche Ankerbalken nur mit Zapfen mit dem ersten durchlaufenden Ankerbalken verbunden. Aufgrund der unzureichenden Rückverankerung wurden die Schwellen und die damit verbundenen Sparrenfußpunkte an zwei Seiten um 14 cm nach außen verschoben.

Weitere Schwachpunkte der Dachkonstruktion waren die zu gering dimensionierten Querschnitte der Sparren, Pfetten und die statisch ungünstige Lage der Mittelpfette an der Binderstrebe.

Die unterstützende Stuhlkonstruktion aus Eiche unterhalb der Ankerbalkenlage ist die älteste Holzkonstruktion der gesamten Burganlage und stammt aus dem Jahre 1340 (vgl. Abb. 3).

Um den optisch gefälligen Dachstuhl zu erhalten und zu ertüchtigen, wurde die Schalung der Ankerbalkenlage entfernt und das Dach als sichtbare Holzkonstruktion zur obersten Ebene hinzu gewonnen. Die Verstärkungen erfolgten oberhalb der Sichtschalung in Form von Aufrippungen (vgl. Abb. 4 u. 5).

Entlang der Dachtraufe wurden die Sparrenaufrippungen am Fußpunkt auf eine zusätzliche Fünfkantschwelle aufgesetzt, welche an den Diagonalen und jeweils am Binder durch spannbare Zugstangen rückverankert wurden. Am Kreuzungspunkt münden die Zugstangen in einen ebenen-gleichen Stahrling (vgl. Abb. 6).

Der Dachstuhl des **Westflügels** stammt aus dem Jahre 1687 und wurde bei der Erhöhung der westlichen Traufwand als einhäufiges Dach mit einseitigem liegendem Stuhl im ersten Dachgeschoss ausgeführt. Die Stuhlstrebe wurde dabei steiler als die Sparrenneigung gestellt, um den Dachschub in Richtung der erhöhten Dachtraufe möglichst gering zu halten. Es sind insgesamt drei Binder-gespärre 49, 55 und 61 ausgebildet, deren Streben in den vorhandenen Querwänden integriert waren (vgl. Abb. 1). Aus dem Dacheigengewicht des einhäufigen Daches und der fehlenden Rückverankerung an der niedrigeren Traufe hat sich das Dach in Höhe der Kehlbalkenlage um ca. 20 cm vertikal nach unten verformt, und die Sparren haben sich um 10 cm durchgebogen (vgl. Abb. 7).

Für die Nutzung des Westflügels als Museum wurden sämtliche Querwände ausgebaut, zur Aussteifung blieben nur noch die drei Binder übrig. Diese wurden durch den Einbau einer Stahlkonstruktion beidseits der bestehenden Stuhlkonstruktion als biegesteife Rahmen verstärkt. Der Dachschub der beiden unterschiedlich hohen Traufen wird über diese Zusatzkonstruktion



Abb. 1. Grundriss Ankerbalkenlage des Hauptdaches – Schadenskartierung.

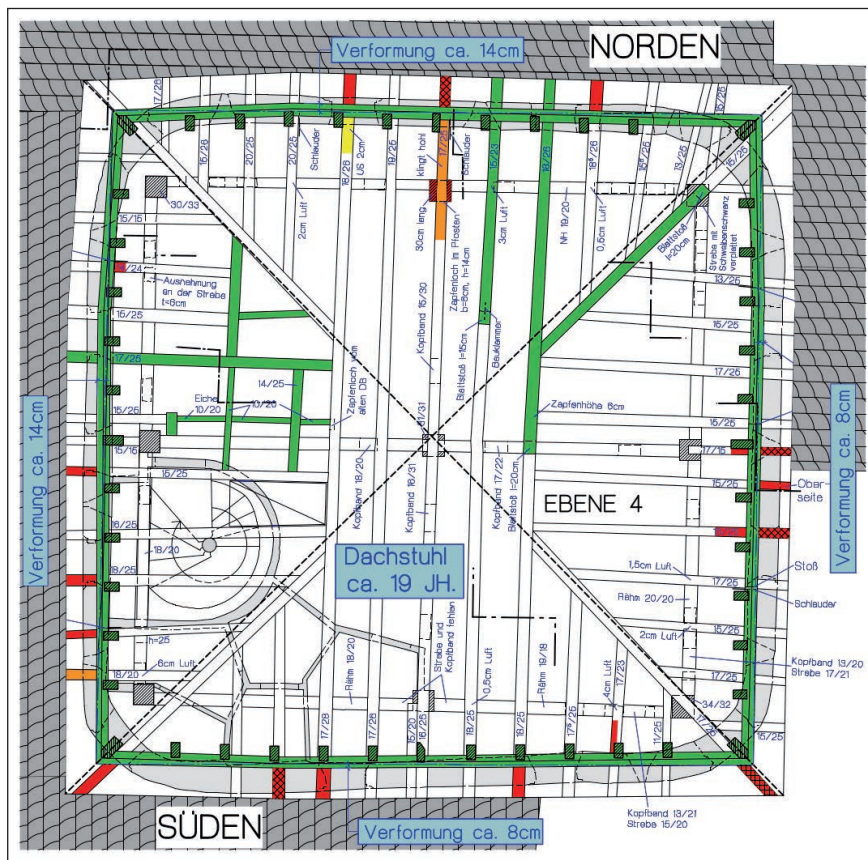


Abb. 2. Grundriss der Ankerbalkenlage des Bergfrieds – Schadenskartierung.

miteinander verbunden und somit kompensiert (vgl. Abb 9). Das Dach des Nordflügels stammt aus dem Jahre 1694. Im Bereich der Gespärre 20–38 befindet sich im Obergeschoss ein rechteckiger Saal mit 9,5 x 7,0 m.

Die Decke ist als Kölner Decke mit einem mittigen Holzunterzug ausgeführt, der an zwei Stellen an die barocken Hängewerksbinder B V und B VI im Dachgeschoss aufgehängt war. Die Binder sind im ersten Dachgeschoss als asymmetrische, liegen-

de Stuhlkonstruktion mit steigendem Spannriegel ausgeführt. In Dachmitte sind doppelte Hängesäulen bis in den First hochgeführt und über zwei parallel zur Dachfläche verlaufende Streben auf den doppelten Kehlriegel des Binders abgestützt.

Beide Binder waren durch ehemaligen Hausbockbefall stark geschwächt, sodass am Binder B VI eine der beiden Hängesäulen ausgebaut worden war. Am Binder B V waren die Hängesäulen stark abgebeilt und die Stahlverbindungen zwischen dem Holzunterzug und den Hängesäulen ersatzlos ausgebaut worden. Beide Hängewerke waren funktionslos geworden, sodass die Decke des Obergeschosses als Einfeldträger über 7,3 m spannen musste. Weiterhin stützten sich die Stuhlstreben entlang der Südwand nur auf einen einzelnen Deckenbalken ab, der bereits durch Fäulnisschäden zerstört war und die Last über mehrere Überzüge auf die Balken verteilte.

Da der Dachraum ebenfalls als Museum mit einer Verkehrslast von $P = 5,0 \text{ kN/m}^2$ genutzt werden und möglichst die originale Konstruktion erhalten bleiben sollte, wurde jeweils neben beiden Hängewerken aus Holz ein Subsidiärtragwerk aus Brettschichtholz gestellt und der Unterzug über eine spannbare Zugstange auf die neue Konstruktion umgelastet. Verstärkungen am originalen Hängewerk konnten somit vermieden werden (vgl. Abb. 10).

Abb. 3. Bergfried, Querschnitt E-E – Schadenskartierung.

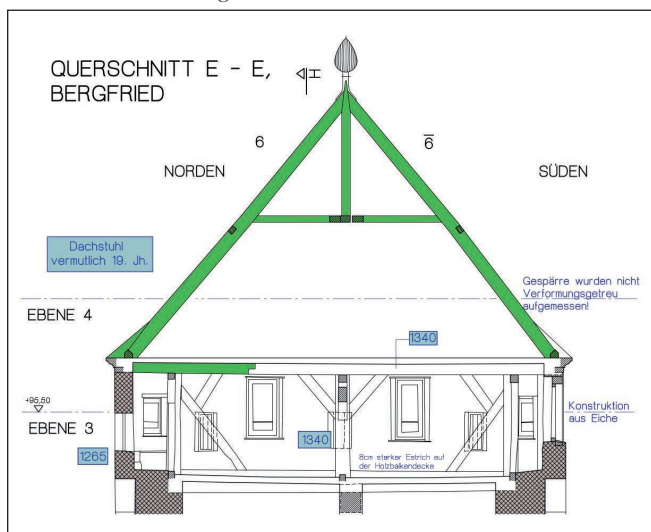
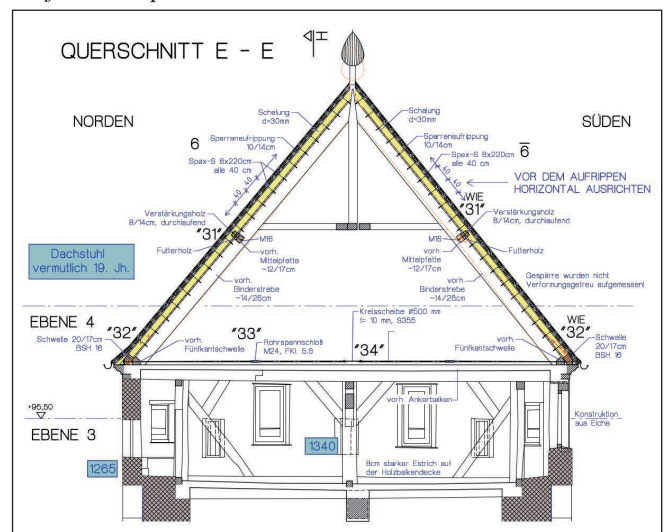


Abb. 4. Querschnitt E-E Dachstuhlverstärkung – Maßnahmenplan.



Der Dachstuhl des **Ostflügels** stammt ebenfalls noch aus der Barockzeit und datiert in das Jahr 1698. Es handelt sich um ein über 7,7 m frei tragendes, einfaches Kehlbalckendach mit liegendem Stuhl im ersten Dachgeschoss. Die Binderstreben stehen am Fuß über eine Fünfkantschwelle auf den Ankerbalken auf. Die Längsaussteifung erfolgte über Streben, Brustriegel und Rähm in der Binderebene.

Nach den Ergebnissen der Bauforschung durch Lorenz Frank waren die Stuhlbinder als Hängewerke konstruiert, deren Hängesäule an einem Unterzug befestigt war und die Ankerbalkenlage mittig unterstützte. Die Balkenlage war ebenfalls als Kölner Decke ausgebildet.

Während einer Umbaumaßnahme 1981 wurde die Decke aufgrund extremer Substanzschäden durch Hausbockbefall an der Ankerbalkenlage und dem Dachstuhl durch den Einbau von zwei längslaufenden Stahlträgern unterstützt. Diese waren ebenengleich an Einfeldträger HEB 260 aufgelegt, welche die Einzellasten aus den Längsunterzügen auf die massiven Außenwände Ost und West weiterleiteten (siehe Abb. 11).

Die Dachkonstruktion wies ebenfalls extreme Substanzschäden auf, sodass viele Hölzer des Dachstuhls ausgetauscht bzw. ersatzlos ausgebaut worden waren (vgl. Abb. 1).

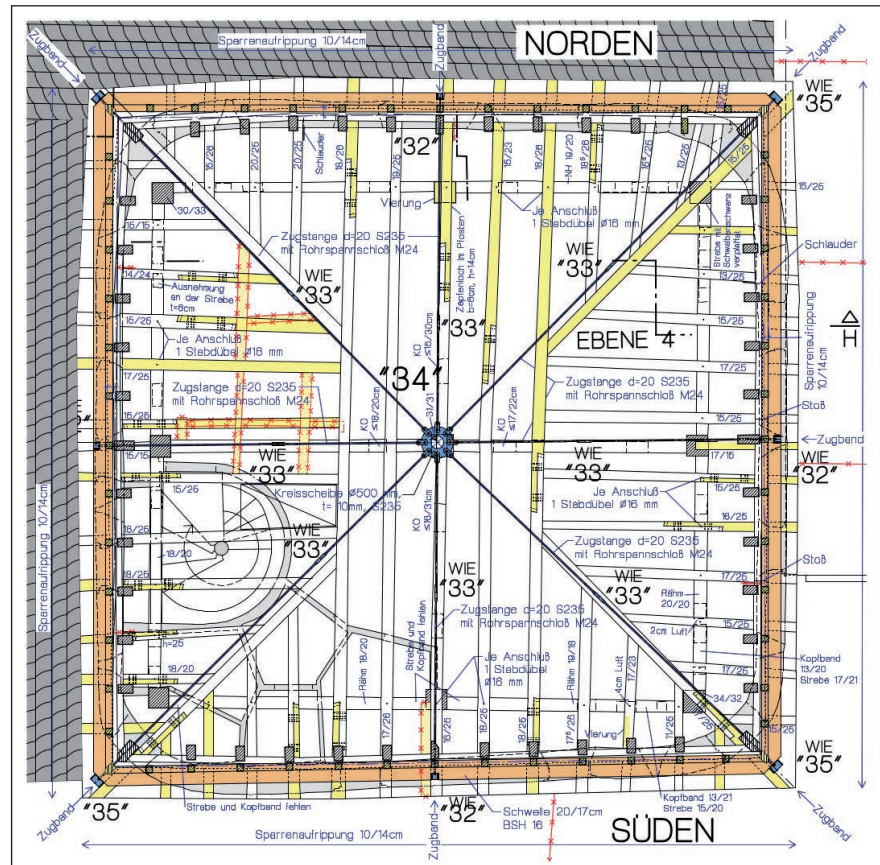


Abb. 5. Grundriss der Ankerbalkenlage des Bergfrieds – Maßnahmenplan.

Im Zusammenhang mit der Planung sollten die originalen Kölner Decken wiederhergestellt und die Stahlträger ausgebaut werden. Dazu musste eine Verstärkungsstruktur innerhalb der Deckenbalkenlage gefunden werden, welche die Museumsnutzung im

Dachgeschoss gewährleistete. Um möglichst viel an originaler Bausubstanz zu erhalten und die Kosten für die Wiederherstellung der Kölner Decken zu minimieren, wurden die

Abb. 6. Stahlspinne, Detail 34 /Plan M29.

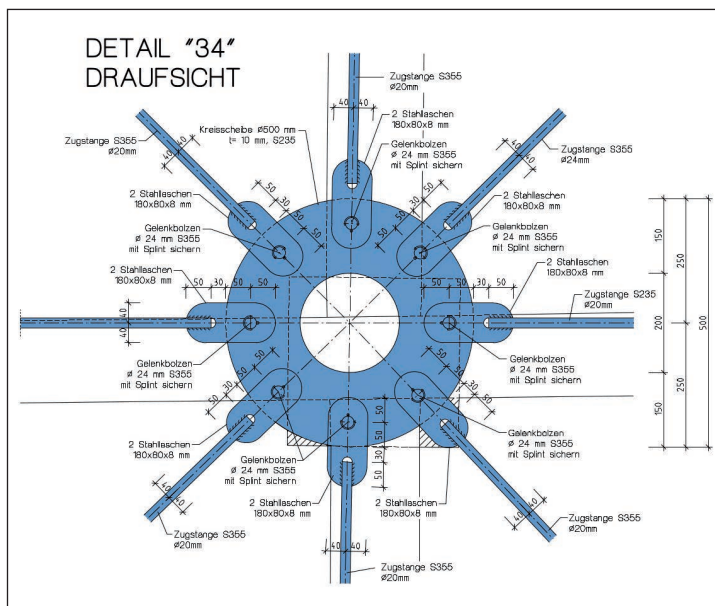
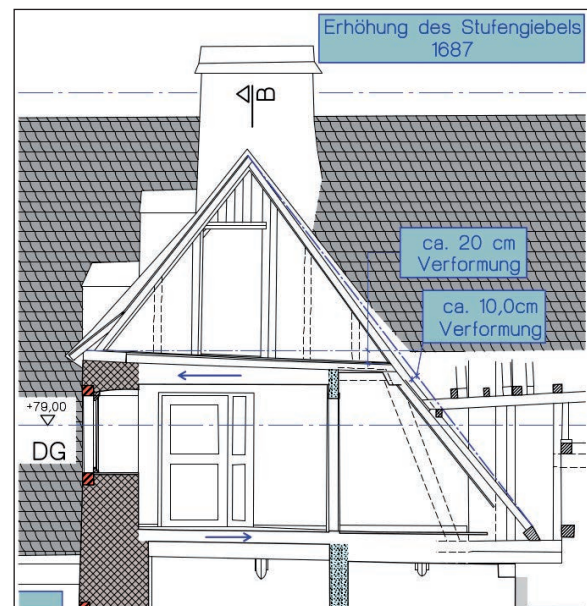


Abb. 7. Einhäufiges Dach des Westflügels – Schadenskartierung.



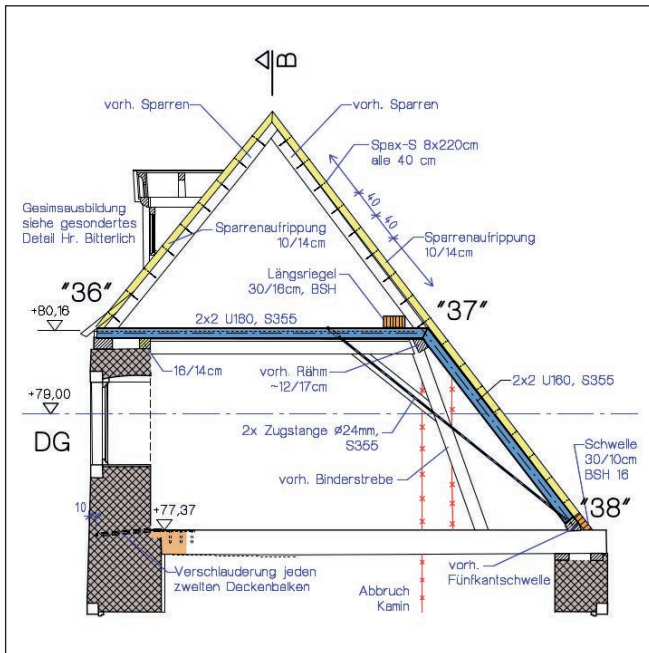


Abb. 8. Verstärkung des einhäufigen Daches – Maßnahmenplan.

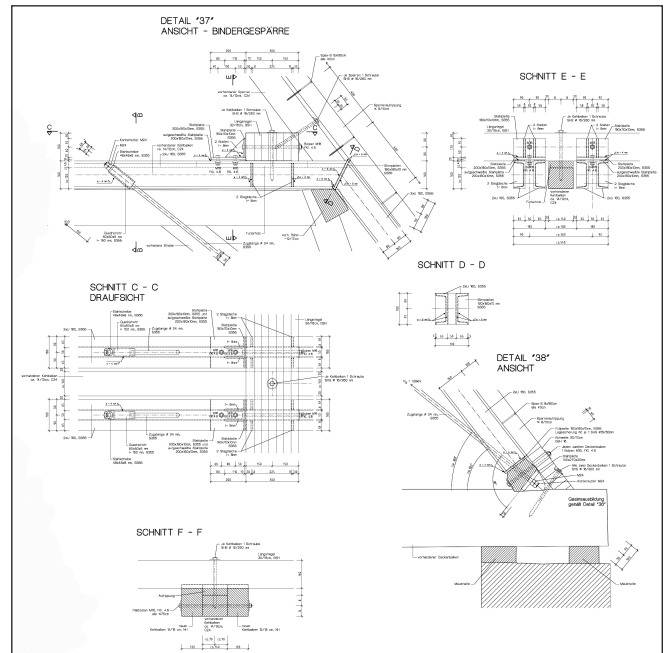


Abb. 9. Detailplan der Verstärkungsstruktur / Plan M40.

geschädigten Balken „sorgfältigst“ gesund geschnitten (ausgehöhlt) und mit einem neuen Balkenstück ergänzt (Abb. 14–16). Anschließend wurden die Balken mit einem eingeschlitzten

T-Eisen aus einem Schweißprofil verstärkt und durch Schlüsselschrauben mit dem Deckenbalken verbunden (Abb. 16 und im Beitrag von Lutz Henske, S. 196, Abb. 3).

Neben den Dach- und Deckensanierungen im Ober- und Dachgeschoss wurden im Erdgeschoss ebenfalls umfangreiche Rückbaumaßnahmen der Stahlträger unter der Decke aus-

Abb. 10. Subsidiärtragwerk im Nordflügel neben dem barocken Hängewerk – Maßnahmenplan.



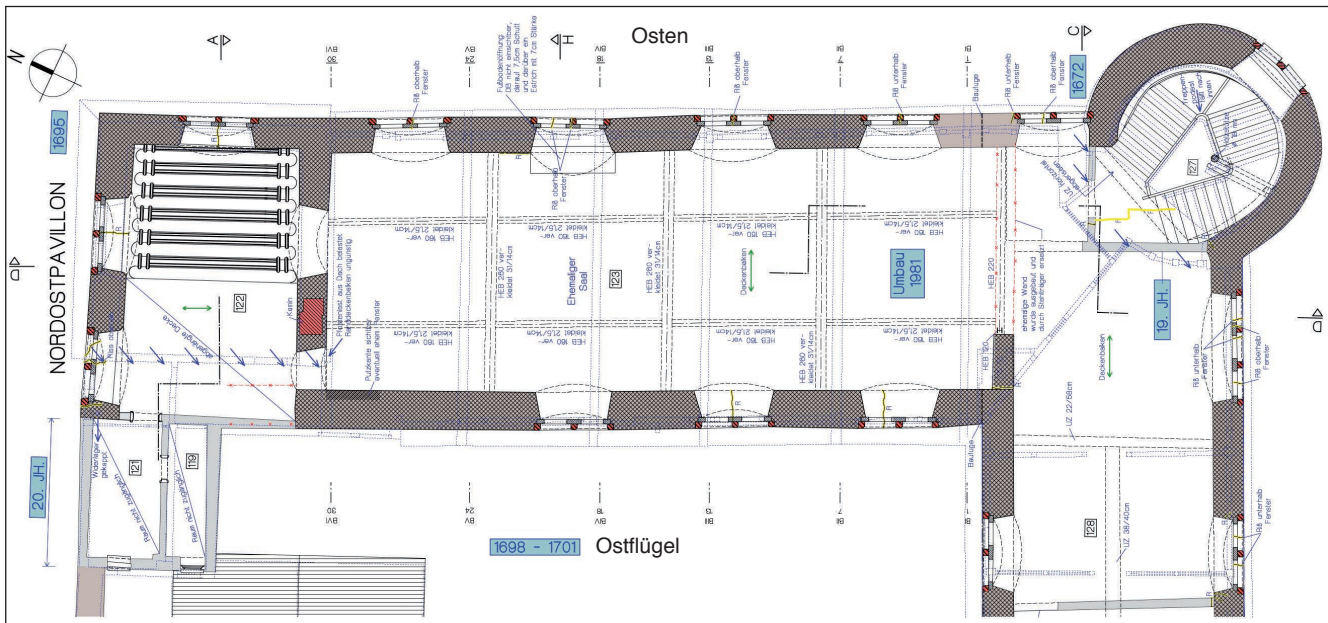


Abb. 11. Grundriss des Ostflügel-Obergeschosses.

Abb. 12. Dachstuhl des Ostflügels.



Abb. 13. Bestehende Stahlverstärkungen der Decke über dem Obergeschoss im Ostflügel.



Abb. 14. Ostflügel, ausgehöhlter Deckenbalken der Kölner Decke.



Abb. 15. Ostflügel, Deckenbalken mit Einsatzstück.



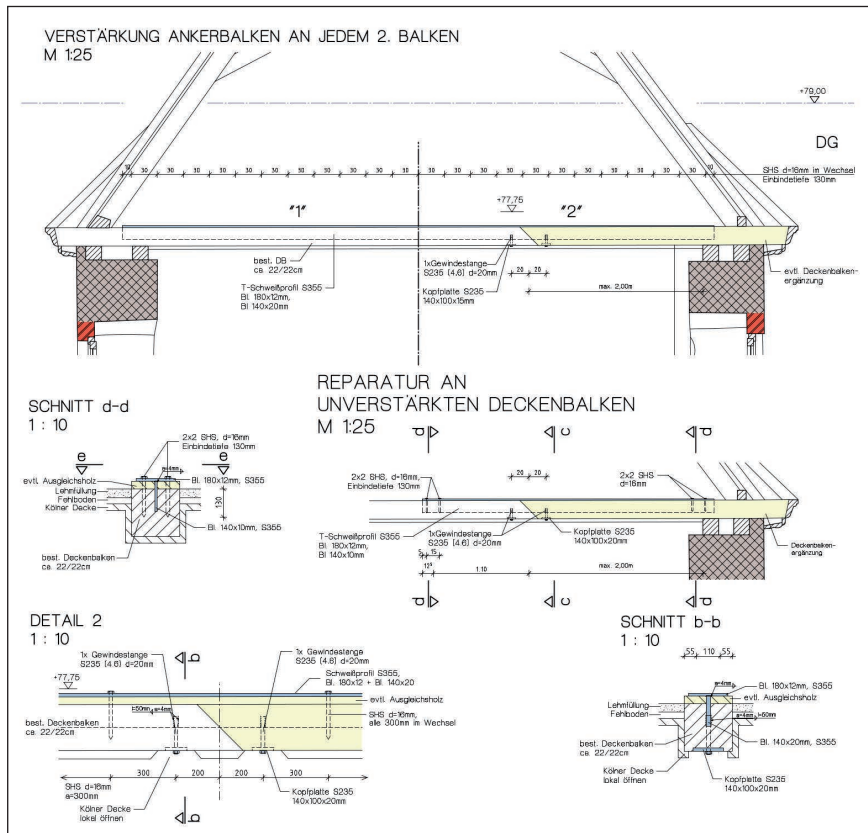


Abb. 16. Verstärkung der Balkenlage über dem Obergeschoss des Ostflügels.

geführt. Dazu wurden bei der Neuplanung Deckenverstärkungen auf den Balkenoberseiten bzw. neue, abgestimmte Unterzüge wieder eingebaut.

In der sogenannten **Bresche** zwischen dem Bergfried und dem Ostflügel wurde ein Neubau als Stahlbetonkonstruktion eingefügt. Die Gründung erfolgte aufgrund des schlechten Baugrunds und der beengten Platzverhältnisse mittels Kleinbohrpfählen mit doppeltem Korrosionsschutz.

Die Pfeiler des Ostflügels endeten auf der Westseite ca. 85 cm unterhalb des Geländes auf einer Auffüllung. Diese Situation hatte zu einer Setzung des Ostflügels in Richtung Innenhof geführt und Risse an der Hoffassade und den Gewölben im Erdgeschoss nach sich gezogen. In Abstimmung mit der Denkmalpflege und dem Bauherrn wurden die Pfeiler beidseits durch Kleinbohrpfähle und dazwischenliegende Fundamentbalken nachgegründet (vgl. Abb.17).

Abb. 17. Ansicht Ostflügel – Verstärkung der Gründung mit Kleinbohrpfählen und Bohrankern.

