

DIE SANIERUNG DER BAROCKEN DECKENKONSTRUKTION IM MARMORSAAL DES NEUEN PALAIS IN SANSSOUCI – DIE RETTUNG EINES PREUSSISCHEN JUWELS

Zusammenfassung

Zwischen den beiden prächtigsten Festsälen des Neuen Palais, dem Marmor- und dem Grottenaal, trägt eine barocke Holzbalkenkonstruktion die Last eines kunstvollen ornamentalen Marmorfußbodens und auf ihrer Unterseite fragile Gewölbeschalen, verziert mit Fabelwesen aus unzähligen Muscheln, Schnecken und Steinen. Beide Kunstwerke sind einzigartig und von unschätzbarem Wert.

Die hölzerne Balkendecke mit der bemerkenswerten Spannweite von 18 Metern, die der König auf eigenen Wunsch zwischen den beiden Festsälen einziehen ließ, begann sich direkt nach dem Einbau unter der 90 Tonnen schweren Last des Marmorbodens zu senken. Deshalb mussten bereits zu Lebzeiten Friedrichs des Großen aufwändige Reparaturen an der Deckenkonstruktion durchgeführt werden. Aber es gelang nicht, die Probleme auf Dauer zu beheben.

Wegen der schwerwiegenden Schäden an der historischen Holzdeckenkonstruktion musste der Marmorsaal für Besucher gesperrt werden. Deshalb wurde im Jahr 2008 eine technisch besonders anspruchsvolle Sanierung der barocken Deckenbereiche zwischen den beiden großen Festsälen begonnen.

Abstract

Between the two most magnificent banqueting halls of the New Palace, the Marble Gallery and the Grotto Hall, a baroque wooden beam construction carries the weight of an artistic ornamental marble floor and fragile vaulted bowls on its underside, decorated with mythical creatures of countless shells, snails and stones. Both works of art are unique and of inestimable value.

However, the wooden beam ceiling with the considerable span of 18 metres, which the king had moved in at his own request between the two ballrooms, began to sink under the 90 tons load of the marble floor immediately after installation.

For this reason, Frederick the Great had to carry out extensive repairs to the ceiling construction during his lifetime. But the problems could not be solved in the long run.

Due to the serious damage to the historic wooden ceiling construction, the marble gallery had to be closed to visitors. For this reason, a technically particularly difficult renovation of the baroque ceiling areas between the two large banqueting halls began in 2008.

Das Neue Palais ist der größte Schlossbau im Potsdamer Park Sanssouci und gehört zum UNESCO-Welterbe der ›Schlösser und Parks von Potsdam und Berlin‹. Mit der vollständig erhaltenen originalen Substanz und Ausstattung zählt es zu den kunst- und kulturgeschichtlich wertvollsten Schlossanlagen der Welt. Es ist eines der umfassendsten und zugleich auch authentischsten Beispiele für die dekorative Raumkunst im Zeitalter von Friedrich dem Großen. Zwischen 1763 und 1769, nach seinem Sieg im Siebenjährigen Krieg, ließ der König den Park Sanssouci an seinem westlichen Ende mit einem Neubau krönen und nannte das Neue Palais seine ›Fanfaronnade‹. Diese ›Prahlerei‹ gipfelte in den beiden Festsälen, die sich in der Mittelachse des Schlosses mit der Ausrichtung zur Gartenseite befinden. Der Marmorsaal im ersten Obergeschoss nimmt die gesamte Breite des Mittelrisalites und die Höhe von zwei Stockwerken ein. Der darunter im Erdgeschoss liegende Grottensaal ist der Gartensaal des Schlosses.

Der Marmorsaal wurde als zentraler Festsaal des Neuen Palais vom Architekten Carl von Gontard (1731–1791) nach dem Vorbild des Marmorsaales im Potsdamer Stadtschloss gestaltet. Wie ein ornamentaler Teppich fügt sich ein reich inkrustierter Natursteinfußboden in den architektonisch streng gegliederten Saal.

Im Grottensaal trägt die barocke Deckenkonstruktion ein Stuckgewölbe mit variantenreichen Grottierungen und einem großen Deckengemälde im Mittelschiff sowie bemalte Tonnengewölbe in den beiden Seitenschiffen (Abb. 1).

Sowohl der ca. 600 Quadratmeter große Marmorsaal als auch der Grottensaal, beides Schöpfungen der Bildhauer Johann Melchior Kambly und Matthias Müller, stellen durch ihre Dimensionen, sowohl im künstlerischen Entwurf als auch in der handwerklichen Ausführung, Meisterwerke der Innenraumdekoration dar. Sie sind einmalig in der europäischen Schlossbaukunst des 18. Jahrhunderts.

Allerdings musste bei Friedrich dem Großen schnell und vor allem nach seinen persönlichen Wünschen gebaut werden. Seine Baumeister, darunter Johann Gottfried Büring, Heinrich Ludwig Manger, Karl Philipp Christian von Gontard und Jean Laurent Legeay, hatten ihn gewarnt. Sie empfahlen für die Decke zwischen dem Marmorsaal und dem darunterliegenden Grottensaal eine flache Gewölbekonstruktion aus Mauerziegeln. Doch der König bestand ausdrücklich auf einer Holzbalkendecke, die ihm kostengünstiger erschien.

Durch Friedrichs Hang zur Sparsamkeit lasten seitdem 90 Tonnen Steinfußboden auf einer flachen Sprengwerkstruktur¹ mit Schubverzahnungen, die die gewaltige Spannweite von

¹ Tragwerk im Holzbau, bei dem die auf dem Balken lastende Kraft durch schräge Streben unter dem Balken aufgenommen wird.

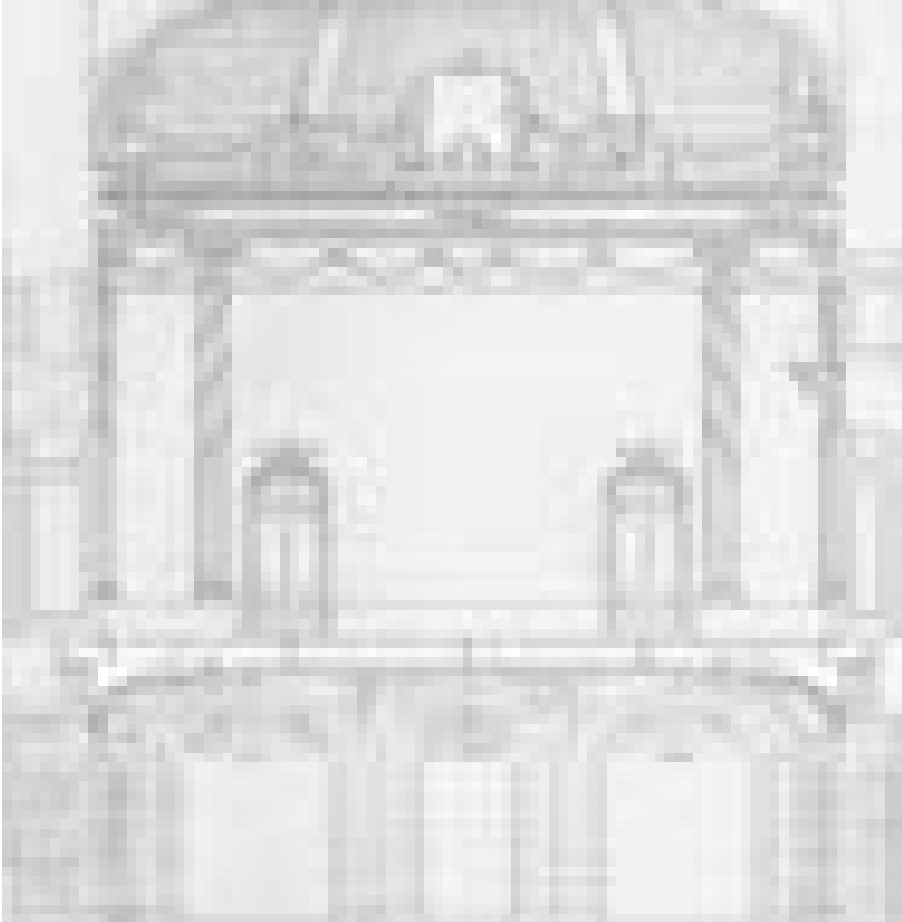


Abb. 1 Schnitt durch Grotten- und Marmorsaal (Quelle SPSG) mit Darstellung der Deckenkonstruktion

18,40 Metern überbrückt. Seiner Auffassung nach brauchte das Neue Palais nur so lange zu halten, wie er lebe. Inzwischen hält es schon 231 Jahre länger, aber auch die Probleme sind von Dauer.

Sanierungsgeschichte²

Bereits 1774 – also kurz nach Fertigstellung – zeigten sich erste Schäden und die Decke musste umfangreich saniert werden. Da die Balken mit einer zu großen Holzfeuchte verbaut und

² Die Sanierung ist ausführlich beschrieben bei: Zeymer, Heike: *Der Marmorsaal Friedrich des Großen – Die Sanierung einer barocken Deckenkonstruktion*. In: Museumsjournal 3 (2016), S. 32–35; Petersen, Christina;



Abb. 2 Blick in die Decke zwischen Grotten- und Marmorsaal

zusätzlich durch die Schleifarbeiten am Natursteinbelag des Fußbodens von oben durchfeuchtet wurden, bestand durch schnell eintretende Fäulnisschäden akute Einsturzgefahr. Der gesamte Fußboden wurde aufgenommen. Um die Stuckgewölbe über dem Grottensaal zu erhalten, entfernte man die geschädigten Deckenbalken damals nicht, sondern ergänzte die Decke durch das Einfügen zusätzlicher Balken in die Zwischenräume der vorhandenen Deckenbalken, wodurch sich die lichten Balkenabstände extrem verringerten. Der Verbleib der fäulnisgeschädigten Hölzer führte zwangsläufig zu erneuten Schäden an der neuen Konstruktion, sodass bereits 1791 weitere Sanierungsmaßnahmen anstanden. Abermals wurde der Fußboden komplett aufgenommen und ein Großteil der von Fäulnis befallenen Hölzer ausgetauscht

Zeymer, Heike: *Das Neue Palais im Park von Potsdam-Sanssouci; Instandsetzung einer barocken Deckenkonstruktion zwischen zwei Festsäulen*. In: *Bauportal – Fachzeitschrift der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft* 126 (2014), H. 3, S. 9–19 sowie in folgenden unpublizierten Bestandsuntersuchungen und Gutachten: Krämer, Wolf-Dietrich: *Zusammenfassende Abschlussdokumentation zur Sanierung der Deckenkonstruktion*. Weimar 2015; Krämer, Wolf-Dietrich; Lorenz, Peter: *Untersuchungsprotokoll im Rahmen der bauteilbezogenen Bestandsaufnahme/Bauzustandserfassung – Videobefahrung*. Weimar 2011; dies.: *Messbericht Belastungsversuch*. Weimar 2012; dies.: *Messbericht Modalanalyse*. Weimar 2012; Burkhardt, Rüdiger; Meichsner, Erik: *Erprobung der Balkenkopfsanierung im Werkstattversuch*. Weimar 2012; Trabert, Josef: *Stellungnahme Prüfingenieur zur Instandsetzung Deckenbalkenaufleger*. Geisa 2012; Voigt; Matthias: *Fachtechnische Zuarbeit Holzschutz 1–9, Ingenieurbüro für Holzschutz, Pilz- und Insektenbefall*. Leipzig 2011–2014; Petersen, Christina: *Sanierungskonzept, Entwurfsunterlage Bau*. Berlin 2012; Hüttich, Carsten: *Bestandserfassung und Grundlagenermittlung Grottensaaldecke*. Berlin 2008; ders.: *Restauratorische Fachplanung, Entwurfsunterlage Bau*. Berlin 2012; Klappenbach, Stefan (SPSG): *Restaurierungskonzept Fußboden Marmorsaal*. Potsdam 2009/2010.



Abb. 3 Balken mit untergehängter Grottensaaldecke

sowie für eine bessere Belüftung der Konstruktion gesorgt. Seitdem hat die Deckenkonstruktion, abgesehen von kleineren Eingriffen für die Verlegung von Elektroleitungen und Heizungsrohren, keine wesentlichen Veränderungen erfahren. Allerdings hat das beim Betreten des Marmorsaales wahrnehmbare leichte Schwingen des Saalbodens und das damit verbundene Klirren der Kristalle an den Kronleuchtern des Grottensaales immer wieder Besorgnis über die Zuverlässigkeit der Deckenkonstruktion hervorgerufen.

Im Jahr 2008 stand die Tragfähigkeit der Deckenkonstruktion erneut infrage. Während der Untersuchungen zur Sanierung der Decke unter der benachbarten sogenannten Großen Kammer traten starke Schädigungen an den Holzbalken der Decke zwischen Grotten- und Marmorsaal zutage. Daraufhin musste der Saal für Besucher gesperrt werden. Im Grottensaal bewahrten Schutzdächer die Besucher vor eventuell herabfallenden Stuckteilen. Beide Festsäle des Schlosses waren nur noch eingeschränkt zu besichtigen und es bestand dringender Handlungsbedarf für eine Sanierung.

Bestandsuntersuchungen

Vor der Erarbeitung von Sanierungs- und Restaurierungskonzepten stand die wissenschaftliche Erforschung der Decke.



Abb. 4 Belastungsversuch, Aufbau im Marmorsaal

Für die Gewölbe des Grottenssaales konnte man auf eine bereits im Vorfeld erarbeitete umfangreiche Bestandserfassung und Grundlagenermittlung zurückgreifen.

Über den Aufbau des Marmorfußbodens lagen durch vorangegangene Proberestaurierungen ebenfalls relativ genaue Kenntnisse vor. In der Regel ist der Marmor mit einem Schmelzkleber auf großformatigen, ca. 6 Zentimeter dicken Sandsteinträgerplatten aufgebracht. Diese liegen in einem Weißkalkmörtel auf einer Holzschalung, die mit geschmiedeten Eisennägeln auf den Deckenbalken befestigt ist. Die Wahl dieser hölzernen Tragwerkskonstruktion unter dem tonnenschweren starren Natursteinboden sowie die über 200-jährige Nutzungsgeschichte hatten deutliche Spuren in dem barocken Kunstwerk hinterlassen. Durch das wiederholte Aufnehmen des Fußbodens im Zusammenhang mit den schon früh notwendigen Reparaturen zur statischen Ertüchtigung der Decke wurden offensichtlich bei der Wiederverlegung entstandene Unebenheiten plan geschliffen. Das hat dazu geführt, dass die Stärke des Marmorbelages stark variierte und teilweise bis auf wenige Millimeter reduziert worden war. Deshalb konnten aus dem sichtbaren Zustand der Fußbodenoberfläche vorab kaum zuverlässige Rückschlüsse über die zu erwartenden Materialstärken und die Beschaffenheit der Trägerschichten gezogen werden.

Eine besondere Herausforderung stellte aber die Untersuchung der eigentlichen Deckenkonstruktion und ihrer Tragfähigkeit dar. Wegen der wertvollen Kunstwerke auf Ober- und Unterseite der Decke musste bei den Bestandsuntersuchungen zerstörungsfrei, sozusagen minimalinvasiv, vorgegangen werden.



Abb. 5 Belastungsversuch, Aufbau im Grottensaal

Über die wenigen vorhandenen Einstiegsöffnungen, wie Heizregister und Bodenluken, konnten nur punktuelle Erkenntnisse gewonnen werden. Deshalb wurden genau definierte Bereiche der Randstreifen entlang der Umfassungswände geöffnet. Auf diese Weise wurden die Balkenabstände ermittelt, erste Informationen über das Tragverhalten sowie den Schädigungsgrad der Balken im Auflagerbereich gewonnen. Da es keine Zeichnungen der Konstruktion gab, schöpfte man alle Möglichkeiten aus, mit technischen Hilfsmitteln genauere Informationen über den Aufbau und Zustand der historischen Deckenkonstruktion zu erhalten.

Getestet wurden zum Beispiel Verfahren, die ursprünglich für die Ortung von Leckagen in Rohrleitungen Anwendung finden. Als erfolgreich erwies sich dabei, eine Sonde mit Kamerakopf durch die Balkenzwischenräume zu schieben, um vorhandene Schäden zu lokalisieren. Die Auswertung des gewonnenen Filmmaterials ermöglichte Rückschlüsse auf Konstruktion und Schädigungsgrad der Deckenbalken (Abb. 2–3). Außerdem wurde im Rahmen einer wissenschaftlichen Vorstudie durch die Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin (BAM) die Lage von Deckenbalken und Einbauteilen mithilfe eines Radarverfahrens untersucht.



Abb. 6 Transparente Besucherstege

Untersuchungsergebnisse

Im Ergebnis der Untersuchungen bestätigte sich die Annahme, dass das Deckentragwerk im Wesentlichen aus zwei Typen von Deckenbalken besteht, die aus den genannten Reparaturphasen resultieren. Dabei handelt es sich um 31 sogenannte ›A(Alt)-Balken‹, die aus dem Jahr 1766 der Erbauungszeit stammen und 33 sogenannte ›Z(Zusatz)-Balken‹, die in der Reparaturphase im Jahr 1774 hinzugefügt, das heißt jeweils zwischen die A-Balken gelegt wurden. Alle Balken bestehen aus zwei zusammengesetzten Teilquerschnitten mit traditioneller Schubverzahnung, die Z-Balken sind als abgesprengte Konstruktion ausgeführt. Der Abstand zwischen den im Auflagerbereich ca. 60 Zentimeter hohen A-Balken und den 90 Zentimeter hohen Z-Balkenkonstruktionen ist oft weniger als handbreit. Da das Mauerwerk direkt auf das Holz der Deckenbalken aufgesetzt wurde, trug die fehlende Belüftung zur Schädigung der Balkenköpfe durch holzerstörende Pilze, insbesondere auch durch den Echten Hausschwamm, bei. Die Mauerwerkswände selbst waren oberhalb der Balken durch die früheren Baumaßnahmen, besonders das Zwischenlegen der Z-Balken, stark geschädigt und geschwächt.



Abb. 7 Eingeschränkte Zugänglichkeit über einen schmalen Streifen im geöffneten Marmorfußboden

Tragwerksanalyse

Darüber hinaus hatte man festgestellt, dass die Lastaufnahme der Balken variierte und sich die aus den Reparaturphasen hergeleitete Systematik, dass die *in situ* verbliebenen A-Balken die Gewölbe des Grottensaales tragen und die später eingefügten Z-Balken den Marmorfußboden, nicht durchgehend bestätigt werden konnte. Zum Teil nahmen die Balken nur die Lasten des Fußbodens beziehungsweise der Grottensaaldecke auf, teilweise auch beides. Gerade aber dieses Zusammenwirken zwischen den Deckenbalken sowie der aus hölzernen Spanten³ und Schalung bestehenden Tragkonstruktion der Grottensaaldecke war für die Beurteilung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Decke von entscheidender Bedeutung.

Um das Tragverhalten der Decke aus weiteren Perspektiven zu betrachten und mit dem Ziel einer möglichst wirklichkeitsnahen statischen Berechnung, kamen deshalb Methoden der experimentellen Tragwerksanalyse wie Schwingungsmessungen und ein Belastungsversuch zum Einsatz.

Das schon eingangs erwähnte, historisch überlieferte Misstrauen in die Tragfähigkeit der Deckenkonstruktion hatte zur Folge, dass die Decke bereits in der Kaiserzeit Belastungsproben unterzogen wurde, indem man vor Festlichkeiten Mannschaften der Infanterie in den Saal

³ Tragende Holzkonstruktion zur Verstärkung der Gewölbeschalung.

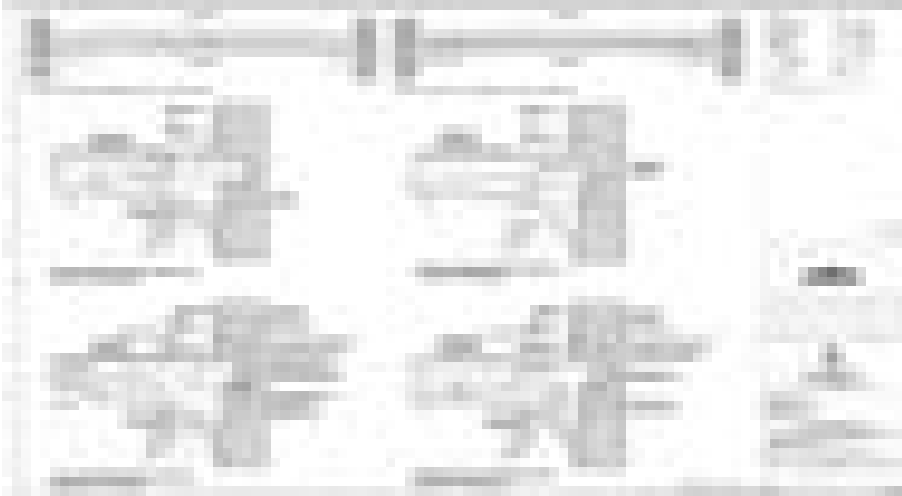


Abb. 8 Gesamt- und Teilschnitte A- und Z-Balken, Bestand und Sanierungskonzept

schickte. Der erste Belastungsversuch auf technisch-wissenschaftlicher Grundlage ist aus dem Jahr 1940 dokumentiert, dabei erfolgte der Lasteintrag mithilfe von Sandsäcken.

Für den Versuchsaufbau im Jahr 2011 wurde die Decke mithilfe einer Hydraulikanlage dosiert belastet und dabei messtechnisch überwacht. Der Rückverankerung dienten ca. 5 Tonnen schwere Sandsäcke auf dem Fußboden des Grottsaales, verbunden mit einer Zugstange, die durch die zentrale Deckenöffnung geführt wurde, in der normalerweise der Kronleuchter befestigt war (Abb. 4–5).

Die spürbare Schwingungsanfälligkeit der Holzbalkendecke mit ihrer beachtlichen Spannweite von 18,4 Metern sowie die im Modell ermittelten problematischen Eigenfrequenzen zwischen 4 und 6 Hertz waren der Anlass, das dynamische Verhalten der Deckenkonstruktion auch durch Schwingungsmessungen zu überprüfen. Denn im genannten kritischen Frequenzbereich kann es durch zusätzlichen Schwingungseintrag, zum Beispiel beim Betreten der Decke, schnell zu Resonanzerscheinungen und zu Schäden verursachenden Schwingungsamplituden kommen. Darüber hinaus verfügt man somit über eine Referenzmessung, die im Sinne einer Zustandsüberwachung mögliche Veränderungen des dynamischen Verhaltens aufzeigt.

Mit den Versuchen konnte die Lastverformungsbeziehung der Balken beurteilt und die Gebrauchstauglichkeit der Decke eingeschätzt werden. Es wurde nachgewiesen, dass sich die globale Tragwirkung der Decke gegenüber dem Zustand von 1940 nicht negativ verändert hatte. Zusätzlich bestätigte sich die Interaktion zwischen den Balkentypen, das heißt den A- und Z-Balken.

Um den Marmorfußboden und die Decke des Grottsaales dauerhaft zu erhalten, machten die zum Teil starken Schädigungen der Auflager der bauzeitlichen A-Balken, die auch die



Abb. 9a Abfangung mit messtechnischer Überwachung

Schwingungsanfälligkeit der Konstruktion verstärkten, eine statisch wirksame Instandsetzung der Tragkonstruktion dringend erforderlich.

Sanierungskonzept

Die Entwicklung des Sanierungskonzeptes stellte eine besondere Herausforderung dar. Neben der Arbeit an einer technischen Lösung mussten auch die berechtigten Bedenken der Restauratoren berücksichtigt werden, die hochrangigen Kunstwerke des Marmorbodens und der Grottsaaldecke durch einen Eingriff unnötig zu gefährden. Bei einer vollständigen Erneuerung beziehungsweise großflächigen Sanierung der Deckenkonstruktion hätte das Risiko bestanden, die wertvollen Oberflächen des Fußbodens mit seinen feinsten Inkrustationen aus hauchdünnen Marmorplättchen, aber auch die fragile Stuckdecke des Grottsaales unwiederbringlich zu beschädigen.

Zu keinem Zeitpunkt zog man deshalb eine vollständige Erneuerung der Decke zwischen Marmor- und Grottsaal in Betracht. Letztendlich wurde ein Konzept entwickelt, das die Erhaltung des Marmorbodens und der Grottsaaldecke in den Vordergrund stellt, aber durch eine gezielte Verbindung von organisatorischen Maßnahmen sowie baulichen Reparaturen trotzdem die Voraussetzung für die Erhaltung und Nutzung der beiden Säle schafft. Oberster



Abb. 9b Mittelwand Abfangung Mauerwerk

Maßstab bei allen Bau- und Restaurierungsmaßnahmen war die Erhaltung der Originalsubstanz. Nach dieser Vorgabe wurden Methodik und Umfang aller Maßnahmen ausgerichtet.

Ein erster Schritt dazu war, die Lasten, die die Decke tragen muss, künftig zu begrenzen. Für die Besucher wurde eine Glasbrücke entlang der westlichen Längswand des Saales konstruiert, die die begehbare Fläche des Saales einschränkt und dadurch die Verkehrslasten reduziert. Die besonders kritischen Bereiche der Deckenkonstruktion über den Seitenschiffen, in denen keine Z-Balken vorgefunden wurden, werden durch diese Brücke freitragend überspannt, sodass sie keinerlei Lasten mehr aufnehmen müssen. Außerdem dient die Glaskonstruktion dem Schutz des empfindlichen Marmorfußbodens, ohne das Kunstwerk zu verdecken (Abb. 6). Sie sorgt gleichzeitig dafür, dass die angrenzenden Räume, der Tansaal im Süden sowie die Große Kammer im Norden, wieder vom Saal aus erreicht werden können.

Umsetzung

Bei der Instandsetzung der Tragwerkskonstruktion bereitete die eingeschränkte Zugänglichkeit der Balken, sowohl von oben und auch – aufgrund der geringen Balkenabstände – von der Seite, besondere Schwierigkeiten. Für die baulichen Maßnahmen an den Balkenköpfen durfte vor



Abb. 10 Balkenkopfprothese am Untergurt

der aufgehenden Wand lediglich ein 70 Zentimeter schmaler Streifen des Marmorfußbodens aufgenommen werden (Abb. 7).

Eine Öffnung der darunterliegenden Grottensaaldecke wurde wegen der fragilen Stuckkonstruktion nicht in Erwägung gezogen. Deshalb zielte die Sanierungslösung darauf ab, die geschädigten Auflagerbereiche von der Stirnseite der Balken her zu erreichen (Abb. 8). Dazu wurden abschnittsweise die weit ins Mauerwerk ragenden Balkenköpfe freigelegt und das Mauerwerk oberhalb der Arbeitsbereiche abgefangen. Über eine spezielle Stahlkonstruktion wurden die Balken lastfrei gestellt und während der gesamten Bearbeitungszeit messtechnisch überwacht (Abb. 9). In den freigestemmtten Mauerwerksnischen wurde unter extrem beengten Platzverhältnissen gearbeitet.

Von wesentlichen Schäden betroffen waren vorrangig die A-Balken sowie die Auflager-schwellen. Die Schädigungen der Balken reichten teilweise vom Ende der Balken bis über die Auflagerschwelle einige Dezimeter zur Raummitte hin.

Die konstruktive Sanierung hatte zum Ziel, die Querkräfte der Balken wieder uneingeschränkt in die Auflager zu leiten. Besonders stark geschädigte Balkenköpfe sollten durch eine sogenannte ›Prothese‹ ersetzt werden. Dabei wird ein neuer Balkenkopf mithilfe von eingebohrten Stäben aus Stahl oder Glasfieber an den zurückgeschnittenen alten Balken angefügt. Die kraftschlüssige Verbindung beider Teile erfolgt durch das Verkleben mit einem Kunstharz.



Abb. 11 Ausgebaute Balkenköpfe

Eine im Vorfeld erfolgreich durchgeführte Probeinstandsetzung an einzelnen Deckenbalken nach dem sogenannten ›BETA-Verfahren‹⁴ hatte dazu bereits wertvolle Erfahrungen geliefert. Allerdings verfügte dieses Verfahren zum Zeitpunkt der Ausschreibung über keine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung mehr und kam deshalb für eine Durchführung nicht infrage. Um auf ein geregeltes Verfahren zurückgreifen zu können, wurde in Abstimmung mit dem Prüflingenieur als Alternative das Einkleben von Stahlstäben mit metrischem Gewinde (nach DIN 1052–2008, Abschnitt 14.3) auf Eignung überprüft. Da auch diese Technologie, bedingt durch die besonderen Anforderungen und die beengten Platzverhältnisse, nicht ohne Abweichung vom Standard umsetzbar war, wurden im Praxistest unter Laborbedingungen mehrere Balkenköpfe appliziert und hinsichtlich der Lastaufnahme untersucht.

Eine Schwierigkeit bei der Realisierung der Maßnahme bestand darin, dass der tatsächliche Schädigungsgrad der Einzelbalken im einsehbaren Bereich erst nach dem Rückschnitt zuverlässig festgestellt und die bis dahin nicht bekannte tatsächliche Auflagerkraft gemessen werden konnte. Der Rückschnitt erfolgte abhängig vom Schädigungsgrad des Balkens in mehreren Schritten bis maximal an die temporäre Aufhängung. Dabei stellte sich heraus, dass die im Auflagerbereich nachgewiesenen Restquerschnitte teilweise größere Kräfte übertragen konnten als mit der Sanierung durch eine Prothese erreicht werden würde. Das eröffnete die Möglichkeit, die

⁴ Ein Verfahren zur Herstellung von Deckenbalkenprothesen mit glasfaserverstärkten Kunststoffstäben (Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-10.7.2–41, Bauart zur Sanierung schadhafter Holzbauteile).



Abb. 12a Einhausung Mittelwand Bauphase 1

Anzahl der ursprünglich geplanten Balkenkopfsanierungen mittels Holzprothesen stark zu reduzieren und die Sanierung zu vereinfachen (Abb. 10). Wenn aus holzschutztechnischer Sicht der Restquerschnitt zur Aufnahme der Auflagerkraft ausreichte, wurde der Balkenkopf saniert, indem Faulstellen am Holz abgetragen und die Querschnitte mit Holz beziehungsweise Kunstharz ergänzt wurden. Darüber hinaus wurden die Schwellenbereiche repariert, um die Auflagerbedingungen der Balken zu verbessern. Um die wertvolle Originalsubstanz soweit wie möglich zu erhalten, war verständlicherweise eine Regelsanierung nach DIN nicht möglich (Abb. 11). Balken für Balken wurde sorgfältig dokumentiert und die Maßnahmen individuell auf den konkreten Einzelfall abgestimmt.

Erschwerend kam hinzu, dass die Holzbauteile der Deckenkonstruktion in der Vergangenheit Holzschutzmittelbehandlungen unterzogen und daher mit Schadstoffen kontaminiert worden waren. Da die Primärquellen der Schadstoffe in der nur partiell zugänglichen Deckenkonstruktion lagen, konnten sie weder vollständig beseitigt noch abgeschottet werden. Deshalb mussten die Arbeiten in den kontaminierten Bereichen unter Einhaltung genau festgelegter Schutzmaßnahmen und Regeln ausgeführt werden. Um eine Ausbreitung der Kontamination zu verhindern und wegen der im Baubetrieb entstehenden Staubentwicklung wurden für die Arbeitsbereiche, in denen die Decke geöffnet wurde, staubdichte Schutzinhausungen sowie Abschottungen mit Schleusen vorgehalten, die je nach Baufortschritt umgesetzt und angepasst wurden (Abb. 12).



Abb. 12b Marmorsaal, Einhausung Bauphase 1

Durch gezielte Luftführung und das Erzeugen von Unterdruck in den Arbeitsbereichen wurde eine Staubbelastung außerhalb der Arbeitsbereiche vermieden. Die handwerkliche Umsetzung der Sanierungsarbeiten unter diesen Bedingungen verlangte den Handwerkern Höchstleistungen ab. Um an die Balkenköpfe zu gelangen, mussten die Zimmerleute in höhlenartigen Mauerwerksaussparungen unter räumlich extrem beengten Verhältnissen arbeiten und dabei wegen der Schadstoffbelastung Schutzanzüge, Atemmasken und Handschuhe tragen. Mit dem Fortschreiten der Sanierungsarbeiten an den Deckenbalken »wanderte« die Baustelle einschließlich aller Schutzeinhausungen, Schleusen etc. von der westlichen Längswand auf die Fensterseite des Saales. Eine besondere logistische Herausforderung stellte zudem dar, dass zeitgleich zu den Zimmerleuten und Maurern, welche die Deckenkonstruktion sanierten, außerhalb der Schutzeinhausungen mehrere Restauratorenteam an der Restaurierung des Marmorfußbodens und der Grottensaaldecke arbeiteten.

Restaurierung des Marmorfußbodens

Die Restaurierung des 600 Quadratmeter großen Marmorfußbodens erfolgte parallel zu den Sanierungsarbeiten an der Deckenkonstruktion in zwei großen Teilabschnitten. Ziel war es, den Natursteinboden als einmaliges Kunstwerk der barocken Inkrustation zu erhalten, die



Abb. 13 Marmorsaal nach Fertigstellung, noch ohne Besucherstege

historische Gestaltungsidee wiederzugeben und dabei die Lebendigkeit der Oberflächen nach einer 200-jährigen Nutzungsgeschichte zu bewahren. Da es sich um ein begehbare Kunstwerk handelt, sollte durch die Restaurierungsmaßnahmen der Boden soweit stabilisiert werden, dass er langfristig den zu erwartenden Belastungen standhält. Dabei waren die Besonderheiten der hölzernen Deckenkonstruktion zu berücksichtigen, denn auch durch die Sanierung der Balken lässt sich der prinzipielle Konflikt zwischen der relativ biegsamen Balkenkonstruktion und einem starren Natursteinboden nicht vollständig beheben. Vorrangig ging es darum, gelockerte Untergründe wieder zu konsolidieren und Ablösungen des Marmorbelages durch das Reaktivieren des historischen Schmelzklebers zu beheben. Fehlstellen beziehungsweise sehr stark geschädigte Bereiche, die teilweise nur noch aus kleinsten Bruchstücken bestanden, wurden durch sorgfältig eingepasste materialidentische Stücke ersetzt, besonders fragile Schichten wurden auf Schieferplatten doubliert. Qualitätvolle Ergänzungen und Reparaturen, zum Beispiel in Stuckmarmor, wurden als Zeitschichten erhalten und entsprechend restauriert.

Restaurierungsarbeiten im Grottensaal

Im Grottensaal diente ein raumfüllendes Gerüst als Arbeitsplattform für die Restaurierungsarbeiten. Ganz nah war man so dem Deckengemälde und dem Gewölbe, auf dem sich aus unzähligen Muscheln und Schnecken geformte Drachen und andere Fabelwesen winden. Für die Restaurierung der Stuckgewölbe mussten mehr als 20 000 Konchylien (Schalen von Weichtieren wie Muscheln und Schnecken), grüne und blaue Schlacken, Quarzkristalle, andere Minerale und vielfarbige Glassteine gereinigt und gefestigt werden. Für Ergänzungen kamen vorrangig originale Materialien zur Verwendung, die im Laufe der Jahre herabgefallen und im Depot aufbewahrt worden waren. Durch eindeutige Zuordnungen konnten so viele Objekte an ihren ursprünglichen Platz im Grottensaal zurückkehren. Forscher des Potsdamer Instituts für Geowissenschaften untersuchten die Schmuckelemente und kamen so auch mancher ›Fälschung‹ auf die Spur. So entpuppten sich vermeintliche Korallen an der Decke als rot gefärbter Gips, und an den Wänden dienten rot gefärbte Buchenzweige als Korallenersatz.

Von dem 1806 entstandenen Deckengemälde *Venus und Amor, die drei Grazien und Putten* von Johann Gottfried Niedlich (1766–1837) wurden qualitativ minderwertige Ausbesserungen aus der Nachkriegszeit entfernt. Durch komplizierte Reinigungsverfahren ist es gelungen, dass das Blau des Gemäldes die Grotte ›wieder zum Himmel öffnet‹.

Fazit

Heute faszinieren der Glanz des aufwändig restaurierten Marmorfußbodens und die glitzernde Pracht der Grottengewölbe wieder die Besucher. Von der anspruchsvollen Sanierung der dahinterliegenden Deckenkonstruktion ist für den Besucher nichts zu erkennen (Abb. 13).

Mit ingenieurtechnischem Sachverstand und konservatorischer Beharrlichkeit ist es gelungen, die Folgen der Entscheidung von Friedrich dem Großen für eine schwingungsanfällige hölzerne Tragkonstruktion zu beheben und die deutlichen Beeinträchtigungen sowie Schäden der über 200-jährigen Nutzungsgeschichte sicht- und spürbar zu reduzieren.

Möglich geworden sind die umfassenden Instandsetzungsarbeiten durch das Sonderinvestitionsprogramm für die Preußischen Schlösser und Gärten (Masterplan), welches der Bund (Die Beauftragte der Bundesregierung für Kultur und Medien) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages sowie die Länder Brandenburg (Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur) und Berlin (Senatskanzlei–Kulturelle Angelegenheiten) zur Rettung bedeutender Denkmäler der Berliner und Potsdamer Schlösserlandschaft aufgelegt haben.

Planungsbeteiligte und ausführende Firmen

Architektur:	Architekten Petersen Gesellschaft von Architekten mbH, Berlin
Tragwerk:	Ingenieurbüro Dr. Krämer GmbH, Weimar
Restaurierungsplanung:	Wandwerk GmbH, Berlin
Restaurierungsarbeiten:	PIEPO Restaurierungs GmbH, Hannover Naturstein Potsdam GmbH, Potsdam Dammann & Felsch Restaurierung GbR, Michendorf Gramann & Schwieger GbR, Potsdam Steinhof Restaurierung, Berlin
Holzbauarbeiten:	Bennert GmbH Klettbach
Maurerarbeiten:	Ruppiner Bauhof GmbH, Neuruppin