

Rekonstruktion künstlicher Felsen und moderne Bauvorschriften

Armin Schmickl und Elke Umminger¹

„Ich will nicht wissen, wie es gemacht wird, ich will nur die Wirkung sehen.“² So einen Satz kann und darf nur ein König formulieren. Es gab im 19. Jahrhundert für öffentliche Gebäude schon Bauvorschriften, formuliert und überwacht von einer Baubehörde, dessen oberste Instanz der König selbst war. Als Realisierung einer königlichen Phantasie stellt die Venusgrotte in ihrer Kulissenhaftigkeit eine bauliche Sonderkonstruktion dar, von der nach dem königlichen Willen jegliche Öffentlichkeit ausgeschlossen war. Insofern kann man davon ausgehen, dass beim Bau der Venusgrotte die Bauvorschriften für öffentliche Gebäude weder den König noch seine Planer und Ausführenden interessiert haben. Anders stellt sich die Situation Anfang des 21. Jahrhunderts dar. Heute, einer breiten Öffentlichkeit im Museumsbetrieb zugänglich, müssen für so eine Sonderkonstruktion wie die Venusgrotte, vor allem was die Verkehrssicherheit betrifft, selbstverständlich alle modernen Bauvorschriften beachtet werden.

Wie geht man als Fachplaner für die Restaurierung eines derart einzigartigen Denkmals unter dem sinnvollen Diktat der modernen Bauvorschriften vor? Es gilt zunächst die Konstruktion verstehen zu lernen. Die Konstruktionsskizze in August Dirigls *Patentschrift No 6699, Verfahren zur Herstellung künstlicher Grotten* mit dem Patentanspruch „Herstellung künstlicher Felsen- und Tropfsteinhöhlen (Grotten)

mittels eines Eisen- und Draht (oder Schnur) Gewebe mit Mörtelbewurf zusammengehaltenen Materials“ von 1879 unterscheidet sich von der gebauten Realität erheblich (Abb. 1 und 2).

Bei den intensiven Untersuchungen vor Ort, von Naturwissenschaftlern und Fachleuten verschiedener Disziplinen begleitet, galt es neben den Konstruktionsarten auch die Stärken und vor allem die Schwächen zu verstehen, die sich an ihren Schäden, sofern nicht mutwillig oder durch falsche Nutzung verursacht, zeigen. Die Schäden an der Drahtputzschale, verursacht und verstärkt durch das extreme Raumklima, nämlich rund 140 Jahre permanente 100% relative Luftfeuchtigkeit, ist für natürliche Grotten nicht überraschend, für eine künstliche mit viel verbautem Eisen jedoch geradezu verheerend. Dies zu dokumentieren und zu verstehen war ein weiterer Schritt (siehe Abb. 11). Erst danach konnten sukzessiv Maßnahmenvorschläge für die Restaurierung, nämlich Ergänzungen im Bestand und Rekonstruktion völlig zerstörter Bereiche, unter Berücksichtigung der gültigen Bauvorschriften entwickelt werden.

Die Hauptschäden sind extreme Eisenkorrosion mit Rostsprengung und Materialverlust am Romanzement, damit einhergehend der Verlust der statischen Tragfähigkeit, die Zersetzung von bauzeitlichen organischen Armierungsmaterialien wie Leinengewebe, Ästen und Tannenzapfen, eine

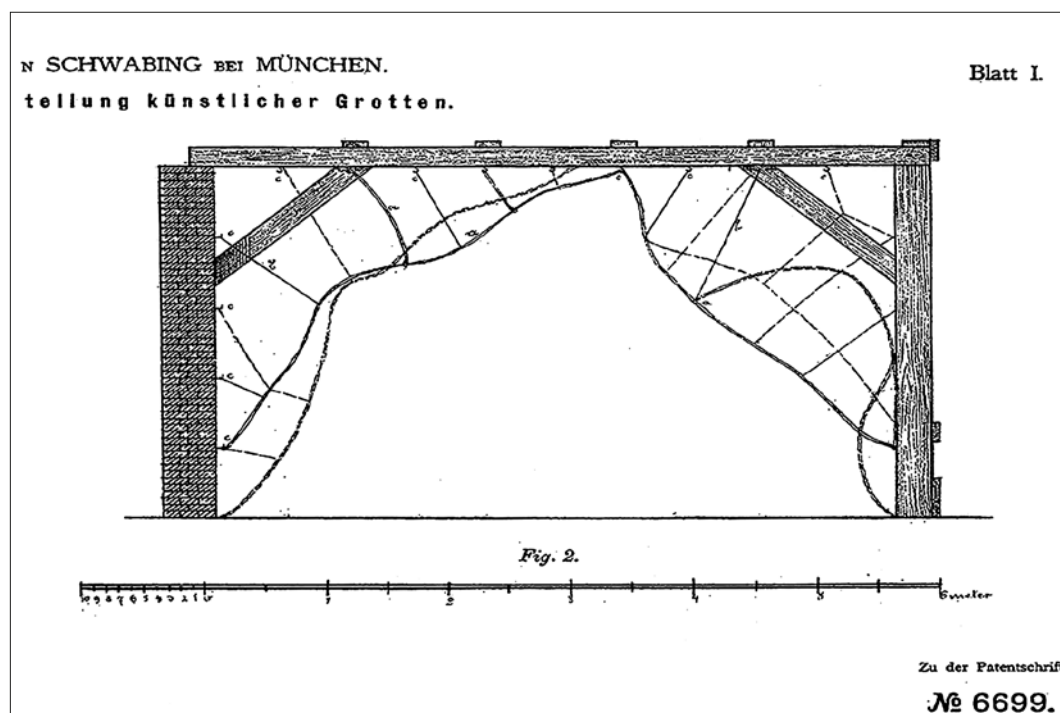


Abb. 1:
Konstruktionsskizze
aus Dirigls
Patentschrift,
BSV München,
Baubteilung
Dokumen-
tationsarchiv,
Inv.-Nr.
LI/01/04/135.

starke Oberflächenverschmutzung und die Verschwärzung von Fassungen. Die Befundlage zu letztgenannten ist vielschichtig, da König Ludwig II. mit den erzielten Effekten, beispielsweise zur Nachstellung der Blauen Grotte von Capri nie zufrieden war und hierzu einige grundsätzlich unterschiedliche Versuche unternehmen ließ, dieses Ziel zu erreichen. Genannt seien zwei: blaue Farbfassung mit „weißem“ Licht und weiße Farbfassung mit „blauem“ Licht. Ein Mittel zur Darstellung von Nässe und Feuchtigkeit ist die Belegung mit Muskovit³ an jenen Stellen, an denen auch in natürlichen Grotten flüssiges und rinnendes Wasser vorkommt, z. B. an Stalaktiten und Sinterfahnen (Abb. 3–11).

Generell ist das, was in der Venusgrotte zu sehen ist, nach der DIN-Norm 4121:1978 eine abgehängte Drahtputzdecke. Die gegenwärtige technische Baubestimmung und Bauteilnorm heißt: *Hängende Drahtputzdecken; Putzdecken mit Metallputzträgern, Rabitzdecken; Anforderungen für die Ausführung*. Da bei der Rekonstruktion mit bauzeitlichen Materialien und Techniken besonders von den „Anforderungen für die Ausführung“ abgewichen wird, muss eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) eingeholt werden. Erteilt wird diese von der Obersten Bayerischen Baubehörde, welche zum Bayerischen Staatsministerium des Inneren, für Bau und Verkehr gehört und die sich auf gutachterliche Stellung-

nahmen eines unabhängigen und anerkannten Prüfbüros⁴ beruft. Der Weg bis zur ZiE ist kein einfacher. Trotz enger Zusammenarbeit zwischen Prüfbüro und Fachplanern hat er im vorliegenden Fall mehrere Jahre beansprucht.

Ohne detailliert auf einzelne Materialeigenschaften einzugehen sei erwähnt, dass aus denkmalpflegerischen Überlegungen nur das bauzeitig verwendete Material Romanzement für die restauratorischen Reparaturen im Bestand und für die großflächig notwendigen Rekonstruktionen zum Einsatz kommt. Romanzement ist ein Naturschnellzement aus dem Rohmaterial Mergel oder Kalksteinmergel⁵, ein hydraulisches, binnen weniger Minuten aushärtendes Bindemittel, das, wenn in seiner natürlich schnellen Erhärtung mit der Zugabe von Zitronensäure richtig verzögert, äußerst schwundarm, wasserdicht und extrem gut haftend ist. Romanzementgebundene Mörtel lassen sich so einstellen, dass damit sehr gut plastisch geformt werden kann. Diese Eigenschaft prädestinierte damals und prädestiniert dieses Material auch heute dazu, die in der Grotte nachzubildenden Formen wie Felsformationen, Stalaktiten, Stalagmiten, Sinterfahnen, Abtropf- und Rinnsuren herzustellen.

Vom Kenntnisstand zur Eisenkonstruktion und dem bauzeitig verwendeten Putz ausgehend folgte eine Phase, in der eine Serie von Musterplatten mit nachgestelltem his-



Abb. 2: Realität in der Venusgrotte im Schalenzwischenraum



Abb. 3: Extreme Eisenkorrosion an Flacheisen



Abb. 4: Detail zur Eisenkorrosion an Knotenpunkten von Tragstäben



Abb. 5: Durch Korrosion aufgesprengte Stalagmiten mit verstürzten Stalaktiten



Abb. 6: Durch Rostsprengung beschädigte Sinterfahne



Abb. 7: Die partiell bis zu 7 cm dicke Drahtputzschale



Abb. 8: Verschwärzte Farbfassung mit glitzernder Muskovitbelegung



Abb. 9: Stalaktiten mit mehreren Fassungsresten



Abb. 10: Die Fassungen sind teils UV-aktiv



Abb. 11: Schadenskartierung im Bereich „Königssitz“. Rot: akut absturzgefährdete Drahtputzschale, Blau: R: rückseitig eindringende Nässe, A: aufsteigende Nässe

torischem Aufbau angefertigt wurde. Ziel war es, die Applikationstechniken und die Herstellung von Oberflächen der weitgehend naturalistischen Grottenmorphologie zu erlernen sowie die Belastungs- und Versagenseigenschaften zu ermitteln. Unter anderem aus bauablauftechnischen Gründen fiel für die Rekonstruktionen die Entscheidung,

einen zweischaligen Aufbau der Drahtputzschale auszuführen. Dazu mussten unterschiedliche Mörtelrezepturen (Verhältnis Bindemittel-Zuschlag, Sandfraktionen) für den Rück- und Vorderseitenmörtel entwickelt werden. Zunächst wurde der relativ trocken angemischte und grobkörnige Rückseitenmörtel von ‚hinten‘ auf ein Punktschweißgitter

appliziert und damit auch durch dieses Gitter gedrückt. Der zeitversetzte Auftrag des Vorderseitenmörtels, ebenfalls in einer Serie Musterplatten getestet, brachte nicht die erforderlichen Haftzugfestigkeiten, da sich der Vorderseitenmörtel nicht ausreichend mit dem Rückseitenmörtel verbunden hatte. Mit einer Romanzementschlämme, unmittelbar vor der Applikation des Vorderseitenmörtels als Haftgrund aufgetragen, konnten in einer dritten Serie die geforderten Haftzugwerte, im Mittelwert rund $1,1 \text{ N/mm}^2$, erreicht werden (Abb. 12–17).

Geplant war, auf der Baustelle für die Vorder- und Rückseite zwei Werk trockenmörtel zu verwenden, denen nur Anmachwasser zugesetzt werden muss. Trotz intensiver Suche konnte kein Mischwerk die beiden Werk trockenmörtel mit allen geforderten Parametern liefern. Deshalb musste auf eine Baustellenmischung umgeschwenkt werden, zu der es in der ZiE ebenfalls verankerte Vorgaben gibt, wie z. B. die Prüfung der Ausgangsstoffe und deren Lagerbedingungen, hier vor allem für den hoch hygroskopischen Romanzement. Für die Tragkonstruktion⁶ aus Eisen gibt es in der ZiE ebenfalls verbindliche Vorgaben. Dies betrifft die Eisenqualitäten⁷, die Querschnitte von Hängern, Flacheisen und Stäben. Genauso verhält es sich mit den anzuwendenden Montagetechniken; beispielhaft genannt sei die Art der schmiedemäßig hergestellten kraftschlüssigen Verbindungen der verschiedenen Eisen untereinander. Im speziellen Fall der Venusgrotte wurden in der ZiE auch die Klimabedingungen,

die für die Rekonstruktion, die Restaurierung und auch für den späteren Publikumsverkehr herzustellen und dauerhaft vorzuhalten sind, festgeschrieben.⁸

Schließlich gibt es noch zahlreiche Vorgaben zur Qualitätssicherung (QS), die sowohl bauherrenseitig als auch ausführendseitig durchzuführen sind. Dokumentiert werden diese in einem QS-Ordner, in dem alle Dokumente der Überwachung der Übereinstimmung der Instandsetzungsarbeiten mit den Vorgaben der ZiE gesammelt werden. Genannt seien hier nur auszugsweise:

- Die Namen aller Ausführenden und die Kurzbeschreibung der Instandsetzungsarbeiten
- Die Bautagesberichte der Ausführenden mit Angaben zu Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit, jeweils morgens – mittags – abends
- Das tägliche Überwachungstagebuch des Auftraggebers mit der Feststellung und Bewertung der Eigenüberwachung durch den Auftragnehmer
- Die Dokumentation der Vor-Ort-Prüfungen der neuen Eisenschlaufen, der Gitterbefestigungen und der Ausbildung der Dreikantnuten an Grenzen von Teilflächen und Prüfungen der Schichtdicke von max. 5 cm
- Die Dokumentation der Herstellung von Mörtelprismen, deren Wasserlagerung bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ bis zur Biege- und Druckfestigkeits-Prüfung nach 28 Tagen sowie die Dokumentation der Prüfung von Mörtelprismen pro 10 m^2 angefangene Schale, mindestens jedoch alle 5 Tage



Abb. 12: Nachbau historische Armierung



Abb. 13: Musterplatte Serie 1



Abb. 14: Druckfestigkeitsprüfung an Musterplatte Serie 1



Abb. 15: Musterplatte Serie 2 mit Punktschweißgitter



Abb. 16: Querschnitt einer Musterplatte Serie 2 mit zu schwachem Haftverbund



Abb. 17: Querschnitt einer Musterplatte Serie 3 mit starkem Haftverbund durch die Romanzementschlämme

- Die Dokumentation der Überprüfung des Haftverbundes mittels Haftzugfestigkeitsprüfung an einer herausgesägten Probe je angefangene 50 m².

Vor dem Versuch, geeignete Ausführende für die Restaurierung von zirka 5 000 m² Drahtputzschale, wozu mehrere hundert Quadratmeter Rekonstruktion unterschiedlichster Formen gehören, zu finden, musste von uns Fachplanern noch in einer Machbarkeitsstudie sichergestellt werden, dass es in der Praxis möglich ist, alle Vorgaben der ZiE zu erfüllen. Hierzu wurde eine Form ausgesucht, die repräsentativ möglichst viele Oberflächengestaltungen der Drahtputzschale beinhaltet und die dann von einem Schmied nach den Vorgaben der ZiE als eiserne Tragkonstruktion gebaut wurde. Als Fachplaner erstellten wir dann eigenhändig ein zirka 1,5 m² großes Muster, wobei auch die erschwerten Arbeitsbedingungen, wie sie in der Venusgrotte vorherrschen, berücksichtigt wurden. Zu diesen Bedingungen gehören unter anderen Kälte, hohe Luftfeuchtigkeit und die beengten Raumverhältnisse (Abb. 18–21).

Dieses Muster galt nach der Feststellung der ZiE-Konformität auch als Referenz für einen relativ aufwändigen Teilnahmewettbewerb, bei dem die zentrale Aufgabe der Bewerber war, dieses detailgenau und ebenfalls unter denselben erschwerten Bedingungen nachzubauen (Abb. 22). Zusätzlich mussten die Bewerber alle in der ZiE geforderten ausführungsseitigen Qualitätssicherungsmaßnahmen durchführen. Sie erhielten bauseits die dazu notwendige Laborausstattung (Waagen, Ausbreit- und Schocktisch, Formen zur Herstellung von Prüfprismen, Wasserlagerungsbehälter), wurden in die Handhabung und Dokumentation eingewiesen und mussten alle Vorgaben durchexerzieren. Die vorgeschriebenen Prismenprüfungen (Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit) wurden von einem externen Labor durchgeführt.

Neben den Bauvorschriften gibt es weitere verbindliche Auflagen, die die Ausführung und den Bauablauf beeinflussen. Einerseits das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung wie z. B. teils luftunterstützten Atemschutzmasken und das Tragen von Schutzhelmen, oder das Benutzen eines Schwarz-Weiß-Containers nach Arbeiten in PAK⁹-belaste-

ten Bereichen. Das alles wird koordiniert und überwacht von einem Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator. Weiterhin müssen Auflagen des Naturschutzes eingehalten werden, wie z. B. das Nicht-Befahren der Grasnarbe im Schlosspark und alle zum Schutz der in der Venusgrotte ansässigen Fledermäuse vorgeschriebenen Maßnahmen wie



Abb. 18: Muster im Zwischenzustand mit Teilapplikation Rückseitenmörtel



Abb. 19: Auftrag der Romanzementschlämme auf den erhärteten Rückseitenmörtel



Abb. 20: Antrag von Romanzement in Fließform

das Freihalten der extra gebauten Einflugschächte, die Abtrennung von Arbeitsbereichen, um den Tieren Rückzugsräume zur Verfügung zu stellen, sowie das morgendliche Wecken der Fledermäuse eine Stunde vor Arbeitsbeginn. Neben der Entwicklung der denkmalfachlichen und historisch korrekten Rekonstruktion der Grottenschale stellt die Einhaltung der verschiedenen Vorgaben von der Arbeitssicherheit bis zum Naturschutz eine besondere Herausforderung bei der Maßnahme in der Linderhofer Venusgrotte dar.

Abstract

How does a specialist planner today deal with the sensible requirements of modern building regulations when restoring a unique monument? The article answers this question by means of detailed damage analyses and the procedures derived from them with regard to technical execution standards and safety requirements. Without basic research into the material and manufacture of the shell construction of the Venus Grotto, a heritage-compatible handling – repair or reconstruction – will not be possible. Only through experimental investigations into the material and construction the historical techniques could be retraced and then used again for the restoration on a case-by-case basis. An extensive catalogue on quality assurance and on the monitoring requirements of the Venus Grotto construction site impressively demonstrates the balancing act between what is necessary from the conservation point of view and the concrete implementation of a measure in the state building industry.



Abb. 21: Muster im Endzustand



Abb. 22: Durch die Bewerber nachgebaute Muster

- ¹ Die Autoren dieses Beitrags (MBfD, Münchner Büro für Denkmalpflege Schmickl & Umminger) sind mit der Fachplanung und Fachbauleitung der Drahtputzschale beauftragt.
- ² Luise von KOBELL, König Ludwig II. von Bayern und die Kunst, München 1898, S. 106.
- ³ Muskovit ist ein Schichtsilikat aus der Glimmergruppe. Er glitzert bei Beleuchtung.
- ⁴ Ingenieurbüro Schießl-Gehlen-Sodeikat GmbH, München.
- ⁵ Romanzement ist kein Zement im heutigen Sinn. Die genannten Ausgangsstoffe werden knapp bis zur Sinterung erhitzt. Er hat auch andere Klinkerphasen als die modernen Zemente.
- ⁶ Tragwerksplanung: Barthel und Maus, Beratende Ingenieure GmbH, München.
- ⁷ Die Verwendung von nichtrostendem Edelstahl musste ausgeschlossen werden, da dieser ein vom historischen Eisen unterschiedliches elektrochemisches Potenzial besitzt und im Kontakt mit dem historischen Eisen dessen Korrosion verstärken würde.
- ⁸ Konstant maximal 80% relative Luftfeuchtigkeit im Schalenzwischenraum, um den 140 Jahre andauernden Korrosionsprozess zu stoppen.
- ⁹ Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, enthalten in der bauzeitigen Gewölbeabdichtungsmasse.

Abbildungsnachweise

Abb. 1: © Bayerische Schlösserverwaltung, Bauabteilung, www.schloesser.bayern.de

Abb. 2–10, 12–22: Münchner Büro für Denkmalpflege Schmickl & Umminger

Abb. 11: Foto: Achim Bunz, München, Schadenskartierung MBfD