

Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Putzen und Farben auf dem Pfalzgrafenstein bei Kaub



Abb. 76. Pfalzgrafenstein mit Putzschäden (Foto: IFS, 1999).

Einleitung

Putz, vor allem der Außenputz, soll eine Reihe von Anforderungen erfüllen: Er soll ausreichend fest am Untergrund haften, frei von größeren, schädlichen Rissen sein und großen Widerstand gegen Witterungseinflüsse, meistens gegen Eindringen von Wasser, aufweisen.

Der Standort des Pfalzgrafenstein inmitten des Rheins stellt durch seine häufige Hochwassersituation eine ganz spezielle Anforderung an ein Außenputzsystem. Hierbei ist der Schutz vor eindringendem Wasser

nicht zu gewährleisten. Vielmehr sollte eine gewisse Kapillarität gegeben sein, um das eingedrungene Wasser schnell wieder abgeben zu können. Diese Anforderung sollte auch für das anschließende Farbsystem gelten. Es sollte die Festigkeit des Putzsystems so gewählt werden, dass eine Frostbeständigkeit auch bei Wassersättigung erreicht wird. Eine Anpassung an den Untergrund ist ebenfalls nicht zu vernachlässigen. Hierbei sollte ein deutliches Festigkeitsgefälle vom Putzgrund nach außen gewährleistet sein.

Untersuchungen des Altbestandes

Sowohl am Bergfried als auch an der Ringmauer wurden Putzmörtel entnommen und auf ihre Zusammensetzung sowie Salzbelastung untersucht. Ferner wurde eine Farbprobe mit Hilfe mikrochemischer, mikroskopischer und physiko-chemischer Methoden identifiziert.

Die Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Mörtel erfolgten in Anlehnung an die Methode von Wisser & Knöfel (1987). Die Siebanalyse des Zuschlags wurde in Anlehnung an DIN 4226-03 (1983) durchgeführt. Die Bestimmung der wasserlöslichen Ionen erfolgte in Anlehnung an DIN 38414, Teil 4 (1984).

Putzmörtel

Die Putzmörtel wurden um 1970/71 aufgebracht und bestehen aus einem Trass-Kalk-Zementmörtel mit hohen hydraulischen Anteilen. Nennenswerte Magnesiumanteile sind nicht vorhanden. Röntgenografisch konnten Calcit, Quarz, Analcim (Zeolith), Feldspäte, Gips und Kaolinit nachgewiesen werden. Aufgrund des hohen Analcimgehaltes ist von einem Trasszusatz auszugehen, da Analcim durch Verwitterungsvorgänge als auch durch postmagmatische Vorgänge im Trass entsteht. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der chemischen Zusammensetzung dargestellt.

Tab. 1. Mörtelanalysen der Putzproben

Probe	Putz Bergfried	Putz Ringmauer
heutiger Bindemittelgehalt (ursprünglicher Bindemittelgehalt)	22,2 ± 0,4 MA% (17,4 ± 0,4 MA%)	23,8 ± 0,4 MA% (18,8 ± 0,4 MA%)
heutiges B/Z - Verhältnis (ursprüngliches B/Z - Verhältnis = Verhältnis)	1 : 3,4 (1 : 4,7)	1 : 3,2 (1 : 4,3)
Säureaufschließbares SiO ₂ bez. auf den Mörtel (- bez. auf das Bindemittel)	3,7 ± 0,4 MA% (16,6 ± 0,4 MA%)	4,8 ± 0,4 MA% (20,2 ± 0,4 MA%)
MgO-Gehalt bez. auf den Mörtel (- bez. auf das Bindemittel)	0,6 MA% (2,7 MA%)	1,2 MA% (5,1 MA%)

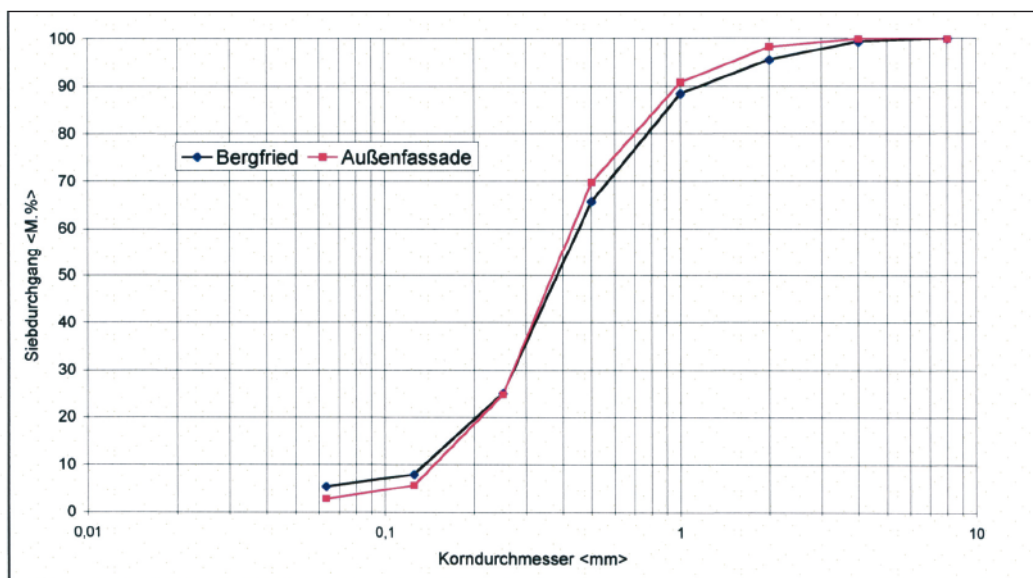


Abb. 77. Siebanalysen der beiden Putzmörtel (Diagramm: Verf.).

Die Siebanalysen der beiden Putzmörtel sind in Abbildung 77 aufgeführt. Anhand der Untersuchungen zeigt sich, dass, unter Berücksichtigung der Messungenauigkeiten, die Putzmörtel von Bergfried und Ringmauer identisch sind.

Die quantitative Analyse der wasserlöslichen Salze im Eluat der Sockelproben (Ringmauer) zeigen keine nennenswerten Anteile an Versalzung. Die Probe zeigt einen geringen Anteil an Gips, der zum einen durch das SO₂ der Luft, zum anderen durch den hohen Zementanteil des Putzes zu erklären ist. In Tabelle 2 ist das Untersuchungsergebnis der Auslaugversuche dargestellt.

Farbe

Die untersuchte Probe bestand aus einem kleinen Putzfragment mit einer aufliegenden zweischichtigen Tünche. Nach spektroskopischer Untersuchung besteht das Bindemittel in beiden Tüncheschichten aus silikatischem Material, geringen Mengen an Calciumcarbonat und deutlichen Anteilen an Kunstharz. Das Kunstharz kann als Acrylat-Styrol-Copolymer charakterisiert werden. Somit handelt es sich um eine kunststoffmodifizierte Silikatfarbe mit mehr als 5 % Mengenanteilen an Kunststoffvergütung. Ferner waren graue Ablagerungen zu erkennen, welche mikroskopisch als Biomasse aus abgestorbenen, teilwei-

se aber noch lebenden Flechten identifiziert werden konnten (Untersuchungsbericht, unveröffentlicht; 2004).

Untergrund

Die Mauern der Ringmauer bestehen aus sehr kleinteiligen Grauwackesteinen (Abb. 78). Grauwacke ist ein seit mindestens 1780 bekannter Bergbaubegriff aus dem Harz. Es bezeichnet einen meist dunkelgrau bis braungrau gefärbten, polymikten Sandstein, dessen detritische Komponenten aus Quarz,

Feldspat und unaufgearbeiteten Gesteinsbruchstücken (mindestens 50%) wie Lydit und Quarzit bestehen. Weitere Gemengeteile sind Glimmer, Chlorit und Tonminerale. Das Gefüge ist fein- bis grobkörnig, mitunter auch feinkonglomeratisch. Typisch für Grauwacke ist eine schlechte Sortierung des Korns. Als Verwitterungsbild ist häufig ein schiefriiges Aufblättern zu erkennen.

Als Fug- und Mauermörtel des Bruchsteinmauerwerks ist ein Kalkmörtel verwendet worden. Die Ergebnisse der Untersuchungen ergaben, dass es sich um einen Kalkmörtel mit hohen Anteilen an Magnesium handelt. Die hydraulischen Anteile können als gering bezeichnet werden.

Tab. 2. Wasserlösliche Salze im Sockelbereich der Ringmauer

Probe	Chlorid	Sulfat	Nitrat	Calcium	Magnesium	Kalium	Natrium
Sockel	0,02 %	0,68 %	0,08 %	0,22 %	0,06 %	0,08 %	0,10 %

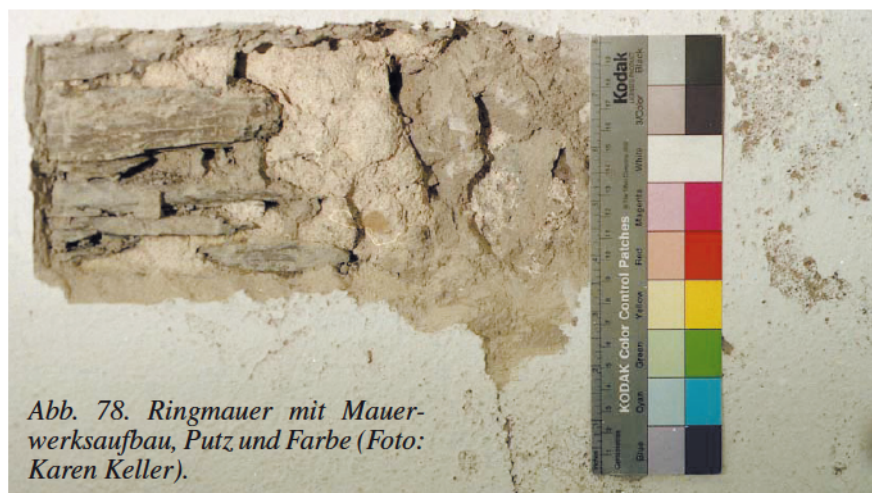


Abb. 78. Ringmauer mit Mauerwerksaufbau, Putz und Farbe (Foto: Karen Keller).

Auswahl der Reparaturmaterialien

Da sich ein zu fester und dichter Trass-Kalk-Zementputz im Sockelbereich nicht bewährt hat, wurde bei der Auswahl des Putzsystems auf eine etwas höhere Kapillarität des neuen Reparaturputzsystems geachtet. Durch die Kapillarität soll die Hinterwanderung und damit verbundene Schalenbildung verhindert werden.

Die oberen Putzbereiche befanden sich in einem stabilen Zustand. Durch die Abnahme hätte die historische Bausubstanz gefährdet werden können. Aus diesen Gründen wurde von allen Beteiligten beschlossen, den Altputz ab einer gewissen Höhe, trotz der vor-

Tab. 3. Mörtelanalysen der historischen Mörtelprobe

Probe	Mörtel
heutiger Bindemittelgehalt (ursprünglicher Bindemittelgehalt)	34,7 ± 0,4 MA% (28,2 ± 0,4 MA%)
heutiges B/Z - Verhältnis (ursprüngliches B/Z - Verhältnis)	1 : 1,9 (1 : 2,6)
Säureaufschließbares SiO ₂ bez. auf den Mörtel (- bez. auf das Bindemittel)	1,2 ± 0,4 MA% (3,4 ± 0,4 MA%)
MgO-Gehalt bez. auf den Mörtel (- bez. auf das Bindemittel)	5,0 MA% (14,5 MA%)

handenen Schwundrisse, zu belassen. Um die etwas problematischen Anschlüsse an das Altmaterial optimal auszuführen, wurde ein Arbeiten „auf Stoß“ empfohlen, um ein Überputzen zu vermeiden. Die neuen Oberflächen wurden an den Altputzbestand angepasst.

Da es durch die extreme Hochwasserbelastung in relativ kurzer Zeit zu einer Verwitterung des Farbsystems kommen wird, wurde der Putz auf die Farbe des ausgewählten Farbsystems eingefärbt, um die ästhetischen Beeinträchtigungen so minimal wie möglich zu halten.

Da eine Anpassung an das vorhandene Putzmaterial erfolgen musste und eine ausreichende Abrieb- und Stoßbeständigkeit sowie eine gute Frost-Tau-Beständigkeit erreicht werden sollte, wurde nach Auswertung der Unterlagen (Kraus et al, 2001) als mögliche Putzvariante ein Kalk-Zementmörtel mit folgender Zusammensetzung (Tab. 4) als geeignet angesehen.

Die geringen Werte der Laboruntersuchungen werden sich beim Auftrag an der Wand deutlich erhöhen, so dass sich Endfestigkeiten von ca. 10 MPa einstellen werden. Auch die hohe Wasseraufnahme wird, bei einem gängigen Putz mit Luftporenbildner und durch die erhöhte Verdichtung beim Spritzen, deutlich herabgesetzt werden. Sie wird jedoch immer noch so hoch sein, dass von einem wasserhemmenden, jedoch nicht hydrophoben Material ausgegangen werden kann. Die gewünschten Endwerte sollen ungefähr wie folgt aussehen:

Druckfestigkeit:	ca. 10 MPa
W-Wert:	0,5 - 2 kg/m ² √h
E-Modul:	ca. 8 - 11 GPa

Da sich nach einigen Jahren Standzeit die Putzauswahl eines HMF-Trass-Kalk-Zementputz, Fa. Hufgard (veralteter Name) am Bergfried be-

Tab. 4. Theoretische Zusammensetzung des Putzmörtels

Zuschlag: Normensand	B/Z (MA:%)	Druckfestigkeit [MPa] (28/90/240 Tage)	w-Wert (kg/ m ² √h)	E-Modul [GPa] nach 240 Tagen
Cl 90 /PZ 45: 2:1	1:4	3,5 / 3,4 / 6,3	13,4	7,44

Abb. 79. Musterfläche des Reparaturputzsystems (Foto: Verf.).



währt hat, wurde als Unterputz an der Ringmauer ein ähnliches Material verwendet. Durch die extreme Hochwasserbelastung im Außenbereich wurde eine etwas erhöhte hydraulische Vergütung eingesetzt. Bei dem eingesetzten Material handelt sich um einen Historico Trass-Kalk-Zementputz (CL 90 + ca. 10% Weißzement CEM 42,5 + Trassmehl + Kalksteinmehl) Sondermischung 4 mm, weiß (Hufgard). Dieses Material wurde als Ausgleichs- sowie Unterputz aufgebracht.

Bei dem Oberputz wurden Versuche durchgeführt, den Weißgrad mit Titandioxid zu erhöhen. Dies erbrachte jedoch kein ausreichendes Ergebnis. Aus diesen Gründen wurde ein Oberputz auf Edelputzbasis (Weißzement + Kalk + hochreine Quarzsande + Fasern) eingesetzt. Ein Pigmentzu-

Tab. 5. Werte der Reparaturputzmörtel nach 28 Tagen Lagerung in 20°C / 65% r.L.

	<i>Historic, weiß, Sondermischung</i>	<i>Edelputz, weiß</i>
<i>Druckfestigkeit</i>	5 – 5,5 MPa	5 – 6 MPa
<i>Biegezugfestigkeit</i>	1,6 – 1,8 MPa	1,6 – 1,8 MPa
<i>w-Wert</i>	0,5 – 2 kg/m ² √h	0,5 – 2 kg/m ² √h

satz war nicht mehr notwendig. Die Putzsysteme wurden vom Hersteller in ihren Festigkeiten und hygri-schen Kennwerten (Tab. 5) aufeinander abgestimmt.

In Abbildung 79 sind Probeflächen mit unterschiedlichen Körnungsvarianten des Oberputzes dargestellt. Man entschied sich für eine Körnung von 0,6 mm.

Ebenfalls abgestimmt auf die Exposition des Gebäudes, den Altbestand und den Reparaturmörtel wurden auf Putz, Stein und Holz als Farbsysteme (Tab. 6) folgende Varianten zweier Farbhersteller ausgewählt. Die Arbeiten an Putz und Farbe sind noch nicht abgeschlossen. Die Fertigstellung soll im Herbst 2006 erfolgen.

Literatur

- DIN 38414, 1984-10, Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S. 4).
- DIN 4226-03, 1983-04, Zuschlag für Beton; Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porösem Gefüge, Berlin.
- K. Kraus/A. Qu/G. Strübel, Eigenschaften von Mörteln aus Kalken mit natürlichen und zugemischten hydraulischen Anteilen, IFS-Bericht Nr. 12-2001, 23 S. + 9 Bildtaf.
- Untersuchungsbericht, Farbuntersuchungsbericht Mikroanalytisches Labor Dr. E. Jägers, 01.07.2004, unveröff..
- S. Wisser/D. Knöfel, Untersuchungen an historischen Putz- und Mauermörteln, Tl. 1: Analysengang, in: Bautenschutz und Bau-sanierung, 10/1987, S. 124–126.

Glossar und Abkürzungen

- Eluat = wässrige Lösung
- E-Modul = Elastizitätsmodul
- MPa / GPa = Megapascal (Druckfestigkeit) bzw. Gigapascal (E-Modul)
- w-Wert = Wasseraufnahmekoeffizient
- CL 90 = Kalk mit 90 % Weißkalkhydrat
- CEM (lat. caementum) = Zement
- r. L. = relative Luftfeuchtigkeit

Tab. 6. Farbsysteme

	Fa. Silin	Fa. Caparol
Grundierung	Rein – Mineralin - Fixativ 1:2	Sylitol – Fixativ 1 : 1
Alt- und Neuputz	Adherentit mit 5-10% Silin - Mineralin – Fixativ	Sylitol – Kristallin Haftschlämme
Zwischenanstrich	Silin – Mineralin – Farbe (+20-30% Silin – Adherent mit 15% Silin - Rein-Mineralin – Fixativ)	Sylitol – Kristallin, Sylitol – Fixativ
Deckanstrich	Silin – Rein – Mineralin – Farbe	Sylitol – Kristallin
Gewände	Silin – AZ – Farbe	Sylitol – Fassadenfarbe, Sylitol – Konzentrat (5-10%)
Holz	Silin – Wakopra – Leinölgrundierung / Holzfarbe	Capadur Leinölfarbe / Capadur Color Wetterschutzfarbe