



BUNDESDENKMALAMT

# LEITFADEN

## SCHLÄMMEN

## IN RESTAURIERUNG UND DENKMALPFLEGE

1. FASSUNG VOM 27.2.2018

Koordination: Johann Nimmrichter

AutorInnen: Matea Ban, Susanne Beseler, Marija Milchin, Johann Nimmrichter, Andreas Rohatsch, Johannes Weber

Beiträge: Katharina Fuchs, Christian Gurtner, Georg Hilbert, Farkas Pintér, Daniela Trauninger

Redaktion: Bernd Euler-Rolle, Robert Linke

## Inhaltsverzeichnis:

### Vorwort

### 1. Schlämmen in der Denkmalpflege

### 2. Definition

### 3. Materialkomponenten von Schlämmen

- 3.1. Bindemittel
- 3.2. Zuschläge
- 3.3. Füllstoffe
- 3.4. Additive (Zusatz- bzw. Hilfsstoffe)
- 3.5. Wasser
- 3.6. Zur Frage der Hydrophobie

### 4. Rezepturen und Applikation

### 5. Funktionen von Schlämmen

- 5.1. Konservatorische Funktionen
- 5.2. Historisch-ästhetische Kriterien

### 6. Folgewirkungen von Schlämmen

- 6.1. Nachteilige konservatorische Folgewirkungen
- 6.2. Nachteilige ästhetische Folgewirkungen
- 6.3. Alterungsverhalten

### 7. Entscheidungsgrundlagen und Entscheidungsfindung

- 7.1. Materialtechnologische Indikation
- 7.2. Historisch-ästhetische Indikation

### 8. Kompatibilität von Schlämmen zum Untergrund

### 9. Schlämmentypen - Klassifizierung nach Bindemittelsystemen

- 9.1. Kalk-, NHL- und vergütete Kalkschlämmen
  - 9.1.1. Kalkschlämmen
  - 9.1.2. NHL-Schlämmen
  - 9.1.3. Kalk-Acrylatschlämmen
  - 9.1.4. Kalk-Zementschlämmen
  - 9.1.5. Kalk-Zement-Acrylatschlämmen

- 9.2. Silikonharzschlämmen
- 9.3. Romanzementschlämmen
- 9.4. Zementschlämmen
- 9.5. Silikatschlämmen

## **10. Dokumentation**

## **11. Qualitätskontrolle**

- 11.1. Technische Qualitätskontrolle
- 11.2. Ästhetische Qualitätskontrolle

## **12. Langzeitevaluierung**

## **13. Pflege und Wartung von geschlämmten Objekten**

## **14. Literatúrauswahl**

## **Anhang: Evaluierungsbogen**

## Vorwort

Schlämmen auf Naturstein- und Kunststeinoberflächen besitzen bereits seit einigen Jahrzehnten einen hohen Stellenwert in der Praxis der österreichischen Denkmalpflege. Den guten Erfahrungen bei der Anwendung von Schlämmen auf Stein steht jedoch mitunter ein unreflektierter und oftmals generalisierter Einsatz dieser Oberflächenbeschichtungen gegenüber. Unter dem Aspekt einer Schutz- bzw. Opferschicht und teilweise auch mit der Zielsetzung einer Wiederherstellung vormaliger Steinfassungen wurden zunehmend Schlämmen an Skulpturen und Architekturoberflächen aufgebracht, ohne die objekt- und gesteinspezifischen Gegebenheiten individuell zu berücksichtigen bzw. ohne die Eigenschaften der Schlämmen jeweils materialspezifisch anzupassen. Ein unsachgemäßer Umgang mit den historischen Technologien und Materialien sowie ein unkritischer Einsatz moderner Bindemittel und Additive haben bei der Anwendung der Schlämmen auf Stein erhebliche Problemfelder eröffnet. Daher erschien es an der Zeit, die Anforderungen, Möglichkeiten und Grenzen von Schlämmen im Hinblick auf die objektspezifischen Gegebenheiten zu evaluieren und in eine Systematik zu bringen.

Ziel dieses Leitfadens ist es, Begriff, Materialität und Methodik der "Schlämme" präzise darzulegen und eine differenzierte Basis bzw. eine Entscheidungsmatrix für einen zielorientierten Einsatz auf Oberflächen aus Naturstein, Kunststein und anderen mineralischen Werkstoffen in Architektur und Plastik zu schaffen. In einer Standortbestimmung wird zunächst der Begriff der "Schlämme" definiert, um diesen von anderen Maßnahmen der Oberflächenbehandlung/-beschichtung abzugrenzen. In einem zweiten Schritt werden die grundsätzlich möglichen Komponenten der Schlämmen vorgestellt. Hierbei wird eine Übersicht über die unterschiedlichen Bindemittel von Schlämmen gegeben. Im Fokus steht dabei das historische Bindemittel Kalk, jedoch finden auch weitere, in der derzeitigen restauratorischen Praxis angewandte Bindemittelsysteme Berücksichtigung.

So wie bei allen Maßnahmen der Konservierung und Restaurierung geht es um die Kriterien zur Entscheidungsfindung in Bezug auf die objektspezifischen Gegebenheiten. Es ist die Überzeugung der AutorenInnen, dass nach dem heutigen Wissensstand die wesentlichen technischen Voraussetzungen zur Kompatibilität einer Schlämme auf einem gegebenen Untergrund bekannt sind. Der vorliegende Leitfaden soll dazu führen, dass der Einsatz von Schlämmensystemen auf eine Basis objektivierbarer Kriterien gestellt wird und in begründeten Einzelfällen auch neue Ansätze zugelassen werden. Dieser Leitfaden soll hierfür in kritisch-systematischer Weise methodische Anleitungen bieten.

Der Leitfaden ist nicht normativ, sondern er stellt eine Entscheidungsmatrix, also ein Grundgerüst für die Entscheidungswege im jeweiligen Einzelfall dar. Die fachlichen Inhalte hierzu ergeben sich aus dem aktuellen Stand des Wissens und der Erfahrung des Bundesdenkmalamtes und der beteiligten FachautorInnen. Für die Richtigkeit, Aktualität und Vollständigkeit der in diesem Leitfaden enthaltenen Informationen zu Materialien, Methoden und Techniken können das Bundesdenkmalamt und die FachautorInnen keine Gewährleistung bzw. Haftung übernehmen und aus der Verwendung der

abgerufenen Informationen können keine Rechtsansprüche gegen das Bundesdenkmalamt und die FachautorInnen begründet werden.

Wenn ein Objekt unter Denkmalschutz steht, ist für die konservatorisch-restauratorischen Maßnahmen eine Bewilligung des Bundesdenkmalamtes gemäß § 5 Abs. 1 Denkmalschutzgesetz erforderlich.

## 1. Schlämmen in der Denkmalpflege

Anstriche auf Kalkbasis, beispielsweise in Form von Tünchen, besitzen eine lange Tradition in der Gestaltung und Pflege von Architektur- und Skulpturenoberflächen. Die seit mehreren Jahrzehnten angewandte Form der Kalkschlämme stellt eine Weiterentwicklung in Richtung einer Beschichtungs- und Schutzfunktion dar, die – mehr noch als viele anderen konservatorischen Maßnahmen – erhebliche ästhetische Konsequenzen für das Erscheinungsbild hat.

Für Europa wird die Verwendung von Kalkschlämmen ab dem 14. Jahrhundert angenommen.<sup>1</sup> Im Hinblick auf die Opferfunktion einer Schlämme weist Manfred Koller auf die im Ausland üblichen Termini „strato di sacrificio“ oder „sacrificial layer“ hin.<sup>2</sup> Im englischsprachigen Raum hat sich in den letzten Jahrzehnten der Begriff „sheltercoat“ oder „sheltercoating“ durchgesetzt.<sup>3</sup> Hingegen wird mit „limewash“ eine Kalktünche bezeichnet.

Ungeachtet der langen Tradition in der Anwendung von derartigen Schutz- bzw. Opferschichten findet sich der Begriff „Schlämme“ erst sehr spät und wurde nur im Zusammenhang mit konservatorischen Aspekten verwendet. So empfahl etwa Josef Zykan<sup>4</sup> bereits in den 1960er Jahren Kalkglätten und Kalkschlämmen für die Steinkonservierung.<sup>5</sup> Manfred Koller<sup>6</sup> gebraucht die Begriffe „Opferschlämme“ und „Kalkschlämme“ seit den frühen 1980er Jahren in einer Reihe von schriftlichen Arbeiten<sup>7</sup>, immer unter Berücksichtigung ihrer technischen Funktion als Schutz- bzw. Opferschicht sowie ihrer ästhetischen Dimension, die in der Spannweite zwischen steinfarbiger Pigmentierung und weißer Steinfassung angesiedelt ist; letztere in Anlehnung an ein entstehungszeitliches, seit dem Barock weit verbreitetes Erscheinungsbild.

Eine wesentliche Begründung für die Anwendung von Schlämmen auf Stein als Schutzmaßnahme war darin gelegen, dass die Tradition der kontinuierlichen Wiederherstellung von kalkgebundenen Beschichtungen, aber auch der überaus zahlreichen Ölfassungen auf Stein (z.B. Bleiweißfassungen) im 19. und 20. Jahrhundert zu Gunsten der Materialsichtigkeit abgerissen ist. Somit hat sich die Anwendung von Schlämmen in der Denkmalpflege gewissermaßen als Rückkehr zu einem ursprünglich im Verbund wirksamen Materialsystem mit Anknüpfungen an entstehungszeitliche Erscheinungsbilder etabliert. Im Gegensatz dazu zeigt jedoch die in den letzten Jahrzehnten oft unreflektierte Anwendung

<sup>1</sup> Albert Knoepfli, Oskar Emmenegger, Manfred Koller, André Meyer, Wandmalerei Mosaik, in: Reclams Handbuch der künstlerischen Techniken, Band 2, Stuttgart 1990, S. 36-37

<sup>2</sup> Johann Nimmrichter / Manfred Koller / Hubert Paschinger / Helmut Richard, Sacrificial Layers for Conservation of Calcareous Stones in Austria, in: Vasco Fassina (Hg.), Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice 19-24 June 2000, S. 903-912

<sup>3</sup> Alison Henry, Stone conservation: principles and practice, Donhead 2006

<sup>4</sup> Josef Zykan war Leiter der Restaurierwerkstätten des Bundesdenkmalamtes von 1945 – 1966. Darüber hinaus war er zeitweise auch Landeskonservator von NÖ, Wien und Bgld.

<sup>5</sup> Unveröffentlichter Aufsatz von Dr. Josef Zykan, um 1960; im Archiv der Abteilung für Konservierung und Restaurierung des Bundesdenkmalamtes

<sup>6</sup> Manfred Koller war Leiter der Restaurierwerkstätten des Bundesdenkmalamtes von 1980 - 2005

<sup>7</sup> Manfred Koller, Denkmal-Pflege mit „Opferschichten“, in: Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege (ÖZKD) XLIII, Wien 1989, S. 48 – 53

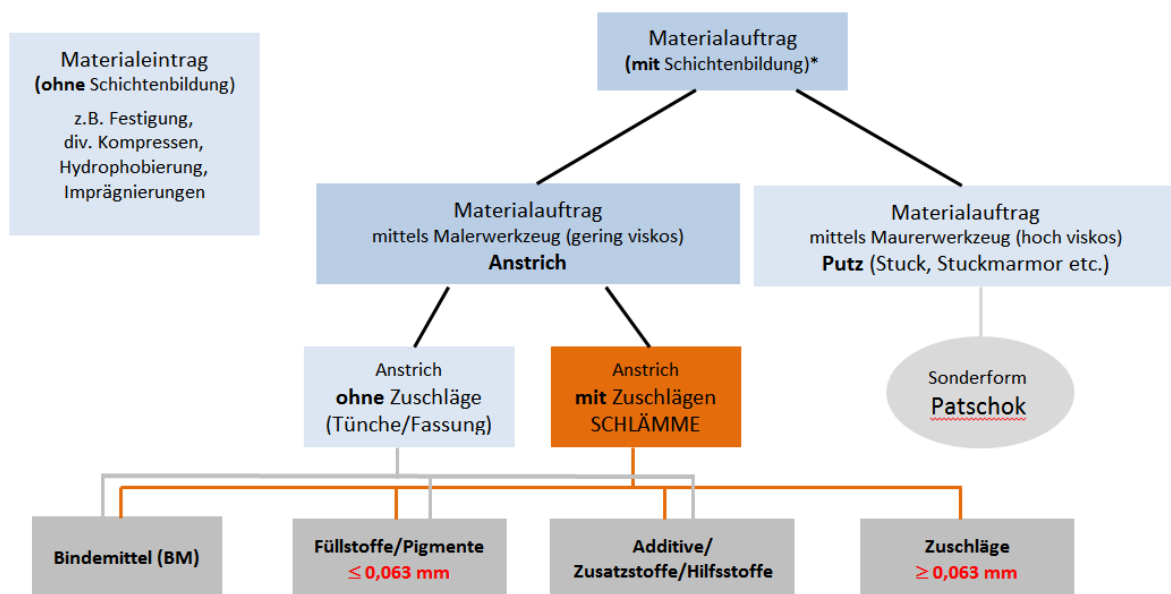
bis hin zur Beschichtung von entstehungszeitlich steinsichtig konzipierten Denkmalen des 19. und 20. Jahrhunderts einen zunehmenden Bedarf an denkmalfachlicher Auseinandersetzung mit diesem Thema.

## 2. Definition

Schlämme sind Oberflächenbeschichtungen, die sich von Anstrichen durch die Zugabe von Zuschlägen ( $\geq 0,063$  mm) unterscheiden.<sup>8</sup> In den beiden folgenden Schemata wird die Herleitung der Schlämme bzw. deren Unterscheidung zu anderen Materialaufträgen definiert.

Das nachstehende Schema zeigt die Positionierung der Schlämme im Verhältnis zu anderen Oberflächenbehandlungen:

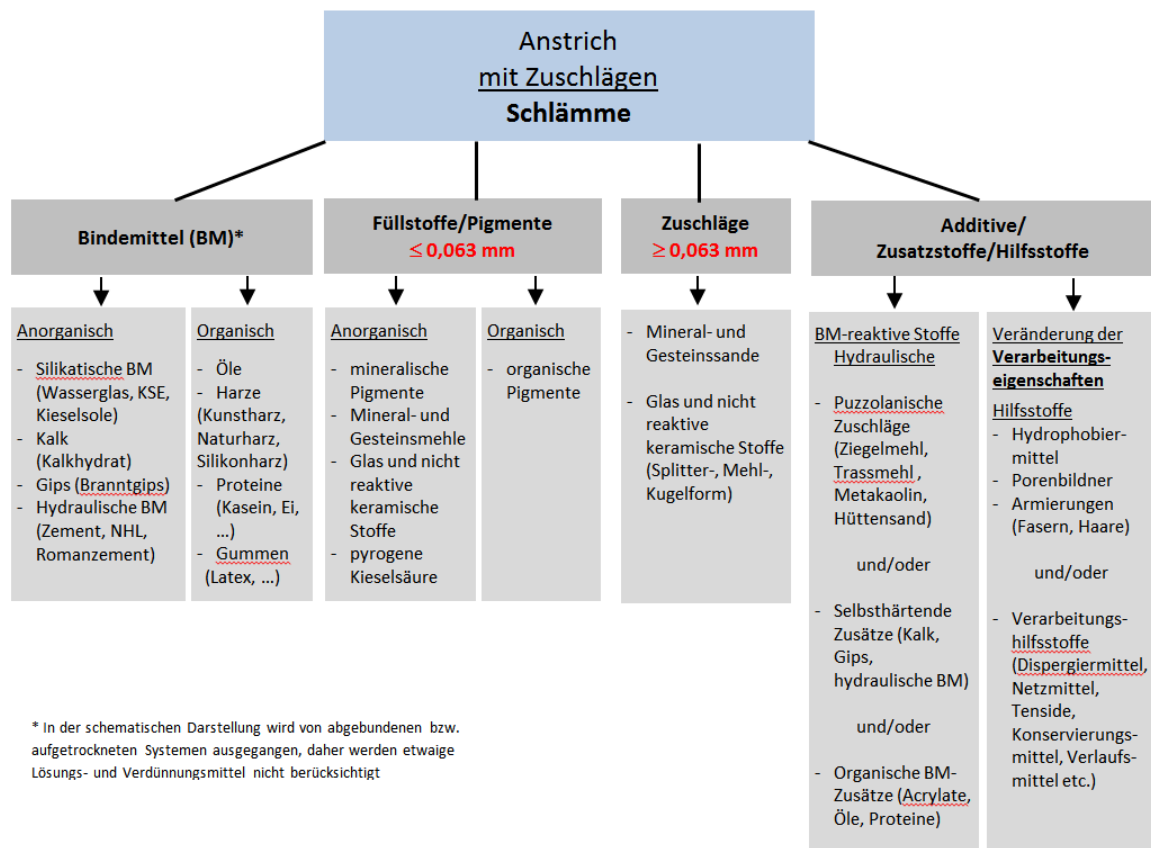
Schema „Standortbestimmung Schlämme“



\*Nicht gleichzusetzen mit Filmbildung

<sup>8</sup> Viele AnwenderInnen verbinden mit dem Begriff der Schlämme eine wenig deckende Beschichtung, welche die Struktur des Untergrundes nachzeichnet, ohne sie zu überdecken. Auch wenn ein derartiges Erscheinungsbild häufig wünschenswert ist, stellt es dennoch für diese Definition kein Kriterium dar.

Somit setzen sich Schlämmen aus Bindemitteln, Zuschlagstoffen und Wasser zusammen; gegebenenfalls werden Füllstoffe bzw. Pigmente und Additive (Zusatz- bzw. Hilfsstoffe) beigegeben. Diese Materialkomponenten werden im nachstehenden Schema aufgelistet.



### 3. Materialkomponenten von Schlämmen

Schlämmen bestehen aus Bindemitteln, Zuschlagstoffen und Wasser (Ausnahme KSE-Schlämme). Oft werden Füllstoffe und Additive (Zusatz- bzw. Hilfsstoffe) zugesetzt. Nachfolgend werden diese Komponenten generell abgehandelt.<sup>9</sup>

#### 3.1. Bindemittel

Schlämmen werden allgemein nach den verwendeten Bindemitteln benannt (z.B. Kalkschlämme). Da die Eigenschaften der Schlämmen maßgeblich von der Bindemittelart abhängig sind, werden die einzelnen Bindemittel in den Unterkapiteln von Kapitel 9 beschrieben. Es gibt auch Schlämmen, die aus

<sup>9</sup> Spezifische Details sind bei den einzelnen Arten von Schlämmen in Kapitel 9 zu finden.



mehreren Bindemittelkomponenten bestehen. Alle Bindemittelkomponenten mit einem Anteil über 3 Masseprozent (M%), bezogen auf das flüssige Bindemittel, müssen aus der Bezeichnung der Schlämme hervorgehen (z.B. Kalk-Zementschlämme). Bei Zugabe unter 3 M% zählen die Bindemittelkomponenten hingegen zu den Additiven (Zusatz- bzw. Hilfsstoffen), müssen jedoch auch immer dokumentiert bzw. angeführt werden.

Die in diesem Leitfaden für Additive gezogene Grenze von 3 M% Zugabemenge darf nicht zu dem Fehlschluss verleiten, dass unterhalb dieses Wertes keine wesentliche Auswirkung auf die Bindemittleigenschaften bestünde.

Nach der chemischen Natur unterscheidet man zwischen organischen und anorganischen Bindemitteln. Erstere Gruppe ist in der Regel filmbildend.

Folgende Bindemittelkomponenten für Schlämmen werden in diesem Leitfaden angesprochen: Kalk, Acrylharz, NHL, Roman- und Portlandzement<sup>10</sup>, Silikat und Silikon.<sup>11</sup>

### 3.2. Zuschläge ( $\geq 0,063$ mm)

Als **Zuschläge** gelten Kornfraktionen über 0,063 mm.<sup>12</sup> Solche Kornfraktionen wirken sich auf Erscheinungsbild, Verarbeitungs- und Endeigenschaften des Systems aus. Diese sind in der Regel:

- poly- oder monomineralische Gruben-, Fluss- oder Brechsande natürlicher Herkunft (sogen. Mineral- und Gesteinssande)<sup>13</sup> oder
- Zuschläge aus industrieller Fertigung (z.B. zerkleinerte Ziegel, Gläser, Schlacken etc.).

Die Wahl der Zuschläge sollte sich aus technischen und ästhetischen Gründen soweit als möglich am Mineralbestand des Untergrundes orientieren.

Folgende **Parameter der Zuschläge** nehmen Einfluss auf Verarbeitungs-, Abbinde- und Endeigenschaften sowie auf das ästhetische Erscheinungsbild und die Alterung der Schlämme:

- mineralogische Zusammensetzung: üblicherweise Unterscheidung in silikatisch (meist Quarz, aber auch Feldspat und Glimmer) und karbonatisch (Marmor, Kalkstein, Kalksandstein, Dolomit)
- Kornporosität<sup>14</sup> (z.B. Quarz-, Marmorsand: dicht / Kalksteinkorn: porös oder dicht / Glimmer: porös)

<sup>10</sup> Der weitverbreitete Weißzement zählt auch zu den Portlandzementen und wird hier nicht gesondert angeführt.

<sup>11</sup> Genauere Informationen über diese einzelnen Bindemittelkomponenten findet man unter den Typen von Schlämmen in Kapitel 9.

<sup>12</sup> Der Korndurchmesser von 0,063 mm definiert in der Bodenkunde die Grenze zwischen Schluff (Silt) und Feinsand und wurde demzufolge auch von den meisten bautechnischen Regelwerken übernommen, z.B. EN ISO 14688

<sup>13</sup> Sande können unerwünschte und schädigende Beimengungen/Verunreinigungen, wie Tonminerale sulfidische Erze etc. enthalten!

- Maximale Korngröße und Korngrößenverteilung (Sieblinie)
- Kornform (isometrisch, blättrig, stängelig) und Rundungsgrad (kantig / gerundet)
- Kornfarbe und –transparenz

### 3.3. Füllstoffe (< 0,063 mm)

Generell führt ein hoher Füllstoffgehalt zu einem zunehmenden Deckvermögen und somit zu einer Annäherung an das Erscheinungsbild eines Anstrichs. Mitunter erscheinen gröbere Füllstoffe optisch durchscheinender als feine. Außerdem kann über die Zugabe der Füllstoffe die Farbwirkung einer Schlämme maßgeblich gesteuert werden.

Füllstoffe (einschließlich Pigmente) wirken der allfälligen Bildung eines durchgehenden Bindemittelfilms entgegen. Das Verhältnis zwischen den Füllstoffen und dem Bindemittel wird in der Farbrezeptur als Pigmentvolumenkonzentration (= PVK) bezeichnet.

Insbesondere dichte, filmbildende Bindemittel bewirken mit steigendem Füllstoff-/Pigmentanteil offenerporigere und feuchtedurchlässigere Eigenschaften. Allerdings stellt sich dieser Zusammenhang nicht linear dar; vielmehr kommt es an einem Punkt, an der sogenannten Kritischen Pigmentvolumenkonzentration (= KPVK), zu einem sprunghaften Wechsel der Eigenschaften. An diesem Punkt wechselt in der Struktur ein durchgehender Bindemittelfilm zu einem durchgehenden Porenraum, womit der Feuchtetransport sprunghaft ansteigt. Eine höhere PVK führt im Allgemeinen zu verbesserten Diffusionswerten. Überhöhte PVK-Werte können allerdings zu einer Verminderung der Abriebfestigkeit der Schlämme führen.<sup>15</sup>

Folgende **Arten von Füllstoffen** werden unterschieden:

- Mineral- und Gesteinsmehle: Bei der Verwendung eines Sandes (Zuschlag) mit breiter Sieblinie fallen Anteile < 0,063 mm unter die Füllstoffe. Sollten Gründe vorliegen, die Füllstoffmenge klar zu definieren, sind diese gegebenenfalls von den Zuschlägen durch Sieben zu trennen. Die vorwiegend in der feinsten Kornfraktion silikatischer Sande häufig vorhandenen Tonminerale können Quelleigenschaften besitzen, weshalb diese Fraktion durch Auswaschen möglichst zu entfernen ist.
- Pigmente: Bei der Verwendung von Pigmenten ist auf ihre Beständigkeit im jeweiligen Bindemittel zu achten. Die meisten der in Frage kommenden Bindemittel sind zumindest im Verarbeitungszustand alkalisch. Manche Pigmente sind im alkalischen Milieu nicht beständig und können deswegen nicht in Kombination mit Kalk, Silikat und/oder Zement verwendet werden. Außerdem ist die Mahlfineinheit von großer Bedeutung. Pigmente, die zu fein gemahlen sind, können leicht herausgewaschen werden. Üblicherweise werden Erdpigmente verwendet. Organische Pigmente sind aufgrund der fehlenden Lichtbeständigkeit für mineralische Systeme grundsätzlich zu

<sup>14</sup> Es ist darauf zu achten, dass die Kornporosität einen wesentlichen Einfluss auf das Wasserrückhaltevermögen und somit auf die Karbonatisierung ausüben kann.

<sup>15</sup> *Georg Hilbert*, Farbfassung von Natursteinen im Siliconfarbsystem, in: Andreas Boué (Hg.), Farbe in der Steinrestaurierung. Fassung und Schutz, Stuttgart 2000, S. 57-66

vermeiden. Die Wahl der Pigmente ist auf das Alter bzw. das Erscheinungsbild des Objekts abzustimmen.

- inerte keramische Stoffe wie pyrogene Kieselsäure können als Thixotropierhilfe verwendet werden.

*Hinweis:*

*Titanweiß ist ein erst ab der Mitte des 20. Jhts. in Verwendung stehendes Pigment und entspricht in seinem optischen Erscheinungsbild nicht der historischen Farbwirkung. Die Verwendung bei Kalkschlämmen oder Kalkanstrichen ist daher zu unterlassen.*

### 3.4. Additive (Zusatz- bzw. Hilfsstoffe)<sup>16</sup>(< 3 M%)

Die Zugabe von Additiven zu Schlämmen bedingt eine Modifizierung der Eigenschaften von Kalkanstrichen. Historische natürliche Werkstoffe werden dabei heute zunehmend von synthetischen Produkten abgelöst, wobei deren Wirkungsweise und Einfluss auf die Schlämmeigenschaften lediglich tendenziell bekannt sind.

Grundsätzlich sind alle Additive qualitativ und quantitativ zu deklarieren, da sie einen wesentlichen Einfluss auf das Abbindeverhalten und die Endigenschaften haben.

*Hinweis:*

*Eine zu hohe und unkontrolliert zugegebene Menge von Additiven kann zu einer Veränderung der Bindungsmechanismen/-eigenschaften in der Schlämme führen, d.h. diese Stoffe übernehmen die Rolle des Bindemittels, bezogen auf das Bindemittel in der Verarbeitungskonsistenz.*

### 3.5. Wasser

Eine wesentliche Komponente der hier behandelten Schlämmen ist Wasser. Das Wasser soll sauber und salzfrei sein. Als geeignet gilt sauberes Wasser in Trinkwasserqualität. Die Verwendung von Wasser mit unbekannter Wasserqualität ist auszuschließen<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> Die Begriffe Additive, Zusatz- und Hilfsstoffe sind Synonyme. In der Folge ist deshalb nur mehr von Additiven die Rede.

<sup>17</sup> Einfache Prüfmethode zur Abschätzung der Wasserqualität stellen zum Beispiel die Indikatorstreifen für pH-Wert, Wasserhärte, Anionen etc. dar.

### 3.6. Zur Frage der Hydrophobie

Über Hydrophobie spricht man dann, wenn die Wasseraufnahme in einem porösen mineralischen Werkstoff infolge der Porenauskleidung durch unpolare Stoffe behindert wird. Die Intention einer Hydrophobierung ist es, den Wassereintrag von außen zu minimieren. An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass jede Hydrophobie die materialtechnischen Eigenschaften drastisch verändert. Hydrophobierungen haben einen großen Einfluss auf das Austrocknungsverhalten des darunter liegenden Werkstücks. Hydrophobierte Oberflächen schränken die Möglichkeiten von Nachfolgebehandlungen sehr ein. Die Hydrophobierung einer Schlämme bedeutet für nachfolgende oder spätere Arbeitsschritte, dass stets nur mehr hydrophobe Systeme zum Einsatz kommen können. Aus diesen Gründen muss jede Maßnahme, die mit dem Aufbau hydrophober Eigenschaften verbunden ist, hinterfragt und argumentiert werden. Sollte als einziges Argument eine erwünschte Verminderung der Wasseraufnahme aus der Atmosphäre vorliegen, dann muss darauf hingewiesen werden, dass jede fachgerecht aufgebrauchte Schlämme an sich bereits eine deutliche Verminderung der Wasseraufnahme gegenüber dem nichtbehandelten saugfähigen Untergrund bewirkt.

Ein hydrophobes Verhalten kann durch folgende Maßnahmen erzielt werden:

- a. Imprägnierende Behandlung des Werkstoffs mit Tiefenwirkung
- b. Auftrag eines hydrophob eingestellten Beschichtungssystems
- c. Nachträgliche Behandlung der beschichteten Oberfläche

Hydrophobe Beschichtungen führen zu einer Behinderung oder Verlangsamung der Wasserabgabe, was unterschiedliche negative Folgewirkungen nach sich ziehen kann. Dies betrifft naturgemäß auch Bauteile und Objekte, deren Durchfeuchtung nicht nur über die Oberfläche erfolgt. In solchen Fällen kann eine Hydrophobierung nur in Verbindung mit Maßnahmen zur Unterbindung der Feuchtezufuhr durchgeführt werden (z.B. Horizontalisierung, Drainage etc.).

Mit Rücksicht auf die Trocknung wird grundsätzlich eine geringe Wirkungstiefe angestrebt, was im Falle eines Schlammenauftrags bedeutet, dass im Zuge einer abschließenden Hydrophobierung (Fall c.) nur die Beschichtung, jedoch möglichst nicht der Untergrund erreicht werden soll. Eine ähnliche Intention ist mit der Entscheidung verbunden, ein hydrophob eingestelltes Schlammssystem zu benutzen (Fall b.). Fall a. im Sinne einer Vorbehandlung für notwendigerweise hydrophob eingestellte Schlammern wird im Rahmen dieses Leitfadens grundsätzlich abgelehnt. Als Folge einer früheren Hydrophobierung des Werkstücks stellt dieser Fall a. jedoch eine häufige Herausforderung dar, der man oft nur mehr mit einem hydrophob eingestellten Schlammssystem begegnen kann.

## 4. Rezepturen und Applikation

In der österreichischen Denkmalpflege sind bislang zumeist von den AnwenderInnen selbst angemischte Kalkschlämmen im Einsatz. Außerdem werden öfters Silikonharzschlämmen auf Basis von Industrieprodukten angewandt, die dann in der Regel von den AnwenderInnen durch Zugabe von Zuschlägen, Füllstoffen und Pigmenten sowie Wasser eingestellt werden. Für alternative Typen von Schlämmen bzw. dann, wenn bei Fertigprodukten Modifizierungen relevanter Bindemittelkomponenten angedacht werden, sollte eine materialwissenschaftliche Fachberatung eingeholt werden.

Für industrielle Schlämmenprodukte werden exakte Rezepturen nur selten ausgewiesen. Meistens sind lediglich die Komponenten aufgelistet, nicht aber die Mengenverhältnisse. Auch werden Additive unter 5 M% nicht zwingend angeführt.

### *Hinweis:*

*Bei Schlämmen, die von den AnwenderInnen gemischt werden, soll stets eine einfache Rezeptur als Ausgangsmischung verwendet werden. Ein Bindemittel, ein Zuschlagstoff und das Anmachwasser ohne Füllstoffe und Additive werden zumeist als Grundmischung genügen. Dabei können diese Komponenten von Schlämmen je nach Bedarf und Notwendigkeit variiert werden. Die Entscheidung über die anzuwendende Rezeptur ist anhand von ausreagierten bzw. getrockneten Probeflächen zu treffen und auf das Restaurierziel abzustimmen. Nach Möglichkeit werden diese Probeflächen direkt auf dem zu schlämmenden Objekt oder auf einer vergleichbaren Oberfläche appliziert.*

Im Folgenden werden einige wichtige **Parameter** sowie allgemeine Hinweise für Schlämmen angeführt:

### *Bindemittel/Zuschlag-Verhältnis (B/Z-Verhältnis):*

Das Bindemittel-/Zuschlag-Verhältnis wird in Volumsteilen ausgedrückt. Unter dem Begriff Zuschlag wird hier die Summe aller nicht reaktiven mineralischen Zuschläge und Füllstoffe verstanden. Entsprechend der funktionalen Nähe einer Schlämme zum Anstrich liegt das Bindemittel-/Zuschlag-Verhältnis durchschnittlich bei etwa 1:1. Wesentlich stärker gemagerte Schlämmenmischungen unterliegen dem Risiko des Kreidens und damit einer verringerten Beständigkeit. Bindemittelreiche Mischungen hingegen führen zur Gefahr der Rissbildung und nähern sich in ihrem Erscheinungsbild zunehmend einem filmbildenden Anstrich.

### *Wasserbindemittel-Wert (W/B-Wert):*

Der Wasser-/Bindemittel-Wert definiert das Massenverhältnis zwischen Anmachwasser und Bindemittel. Dieser wird bei Schlämmen vorwiegend durch die gewünschte Verarbeitungskonsistenz und die damit einhergehende angestrebte Schichtstärke der einzelnen Aufträge bestimmt. In jedem Fall liegt der Wasser-/Bindemittel-Wert deutlich über jenem von Mörteln. Bei Zementschlämmen wird dieser in Anlehnung an die Begriffsbildung in der Zementindustrie Wasser-/Zement-Wert genannt.

*Hinweis:*

*Eine Schlämme wird im Normalfall mit Pinseln und Bürsten gestrichen bzw. einmassiert. Nach dem ersten „Anziehen“ werden die überschüssigen Körner bzw. eventuell auftretender Schaum mit einem trockenem Pinsel entfernt. Dieser Schritt ist insofern wichtig, als die Schlämme durch den Zuschlag und die Auftragsart dazu neigt, Formendetails, insbesondere Vertiefungen, zu überdecken. Es können dadurch bildhauerische Details verloren gehen.*

*Hinweise zur Anwendung:*

- *Untergrund muss frei von Staub und Biofilm sein*
- *Für mineralische Schlämmen – gut vorgewässeter Untergrund inkl. Nachsorge*
- *Für hydrophobe und hydrophobierte Schlämmen – trockener Untergrund*
- *Ideale Luft- und Untergrundtemperatur von 5-25°C*
- *Frostfreie Tage/Nächte*
- *Keine zu rasche Austrocknung bzw. direkte Sonneneinstrahlung, kein Schlagregen*
- *Mögliche Abdeckung der geschlämmten Oberfläche vorbereiten*

## 5. Funktionen von Schlämmen

Schlämmen dienen der gezielten Modifizierung der chemisch-physikalischen und ästhetischen Eigenschaften von Natur- und Kunststeinoberflächen sowie anderen porösen Baustoffen (z.B. Baukeramik, Gips, Putze und Gussmörtel). Die Indikationen für einen Schlämmenauftrag ergeben sich aus zwei grundsätzlichen, objektspezifischen Gegebenheiten, und zwar den konservatorischen Erfordernissen in Abwägung mit den historisch-ästhetischen Kriterien des Restaurierziels (siehe Kapitel 7). In weiterer Folge werden daraus Aufgaben, Funktionen sowie ästhetische Konsequenzen und somit die Anforderungen an eine Schlämme definiert.

### 5.1. Konservatorische Funktionen

Grundsätzlich sollen Schlämmen eine nachhaltige Verbesserung der Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit von Gesteinsoberflächen bewirken, welche durch interne und/oder externe Schadensfaktoren in ihrem Bestand gefährdet sind. In Abhängigkeit von der spezifischen Objektsituation sind folgende Funktionen einer Schlämme zu bewerten:

- Verschiebung der Verwitterungsprozesse (je nach spezifischer Situation atmosphärische Einflüsse und/oder Ergebnisse von Migrationsprozessen) von der Oberflächenebene der Gesteine in die Schlämme (Funktion einer „Opfer-/Schutz-/Verschleißschicht“)

- Optimierung / Homogenisierung / gegebenenfalls Reduzierung der Wasseraufnahmeeigenschaften der Gesteinsoberfläche<sup>18</sup>
- Reduzierung der Oberflächenrauigkeit<sup>19</sup>, wodurch im Allgemeinen die Angriffsfläche für atmosphärische Verwitterungsprozesse oder mikrobiologische Besiedelung verringert wird
- Mikrorissverschluss, Mikroanböschung
- verbesserte Voraussetzungen für Pflege- und Wartungsmaßnahmen

## 5.2. Historisch-ästhetische Kriterien

Schlämmen können je nach Restaurierziel entweder eine dem porösen Werkstoff (Naturstein, Kunststein, Ziegel etc.) ähnliche, farblich und strukturell homogenisierte Erscheinung erreichen oder sie können den Farbton von einer historisch ableitbaren Steinfassung wiedergeben. Sofern der Auftrag der Schlämme nur partiell erfolgt, schränkt sich die Möglichkeit zur Nachstellung einer historischen Steinfassung naturgemäß ein.

## 6. Folgewirkungen von Schlämmen

Schlämmen sind immer spezifisch auf den jeweiligen Untergrund und die Aufgabenstellung im Rahmen des Restaurierziels einzustellen. Ist die Schlämmenrezeptur nicht auf den Untergrund und die Objektgegebenheiten abgestimmt, ist mit Schäden zu rechnen. So haben sich etwa Zementschlämmen auf porösen Kalksteinen oder Sandsteinen aufgrund mangelnder Kompatibilität in der Regel als Schadensfaktor erwiesen. Grundsätzlich kann jede Schlämme bei ungeeigneter Rezeptur oder nicht fachgerechter Anwendung ein Schadenspotenzial darstellen.

Neben der technischen Kompatibilität ist zu beachten, dass jeder Schlämmauftrag ästhetische Konsequenzen im Erscheinungsbild hat. Dies betrifft etwa die nachvollziehbare Wahrnehmung, also die Lesbarkeit der Darstellung, die Veränderung des überlieferten Altersbildes oder Inkonsequenzen zwischen dem überlieferten Zustand und einer Farbgebung, die historisch referenziert ist.

<sup>18</sup> Dieser Effekt kann entweder durch eine physikalische mechanische Verdichtung oder durch eine Veränderung der Polarität (hydrophob eingestellte Schlämme oder Hydrophobierung) oder aber auch durch eine Kombination von beiden erzielt werden. Dabei ist stets zu berücksichtigen, dass sich die Verringerung der Wasseraufnahme negativ auf das Trocknungsverhalten auswirken kann, das im Wesentlichen durch die Kapillaraktivität und nur geringfügig durch die Dampfdiffusion gesteuert wird.

<sup>19</sup> Dieser Aspekt ist nur dann von Relevanz, wenn die Oberflächenrauigkeit eine Folge von Verwitterungsprozessen ist.

## 6.1. Nachteilige konservatorische Folgewirkungen

Dazu gehören alle möglichen Formen der Beeinflussung von physikalischen und chemischen Systemeigenschaften:<sup>20</sup>

- negative Beeinflussung des Feuchtehaushaltes des Untergrunds (kapillare Wasseraufnahme, Dampfdiffusion und Permeabilität, Trocknungsrate)
- negative Veränderung der Gesteinsoberfläche durch Einwanderung von Schlämmenbestandteilen (z.B. Bindemittel, Additive)
- mögliche Bildung schädigender Sekundärprodukte durch Bestandteile der Schlämmen (z.B. Salze)
- möglicher Nährboden für Mikroorganismen (vor allem bei organischen Bestandteilen und hydrophobierten Oberflächen)
- fehlende Abrieb- / Wischfestigkeit
- Schaffung von Oberflächeneigenschaften, welche Pflege- und Wartungsmaßnahmen sowie spätere Restaurierungen einschränken<sup>21</sup>

## 6.2. Nachteilige ästhetische Folgewirkungen

Grundsätzlich ist immer abzuwägen, ob oder wie weit die ästhetische Veränderung einer Oberfläche durch Schlämmen in denkmalpflegerischer Hinsicht vertreten werden kann. Wenn eine Schlämme aufgebracht wird, ergibt sich in jedem Fall eine Veränderung des überlieferten Erscheinungsbildes und zumeist auch der künstlerischen Wirkung im Sinne der Definition des § 4 Abs. 1 Denkmalschutzgesetz.

Folgewirkungen können etwa sein:

- Verfälschung bzw. Überdeckung des historischen Erscheinungsbildes des Objektes bzw. von dessen Natursteinoberflächen (Oberflächenduktus, Werkzeugspuren, Fassungen und Fassungsreste, entstehungszeitliche Sichtsteinoberfläche etc.)
- Maßgebliche Beeinflussung des Erscheinungsbildes der Oberfläche, da Schlämmen anderes altern als die Untergründe
- Verlust des Altersbildes und der damit verbundenen Authentizität
- Nachfolgend eine negative und nicht der Alterung entsprechende farbliche Veränderung der geschlammten Oberfläche in Folge der Bewitterung
- selektive Benetzung der Oberflächen mit Bildung von Rinnsuren
- Mobilisierung von Ölresten verbunden mit Fleckenbildung
- klebrige und / oder leicht verschmutzende Oberflächen

<sup>20</sup>Besonders bei stark ausgeprägten Unterschieden im physikalischen Eigenschaftsprofil zwischen Untergrund und Schlämme ist eine zu starke Adhäsion zwischen beiden Komponenten als Risikofaktor zu werten.

<sup>21</sup> Das gilt insbesondere für hydrophob eingestellte oder hydrophobierte Schlämmensysteme.



### 6.3. Alterungsverhalten

Grundsätzlich ist auch das Alterungsverhalten von Schlämmen zu beachten und die damit zusammenhängenden Veränderungen mitzubedenken.

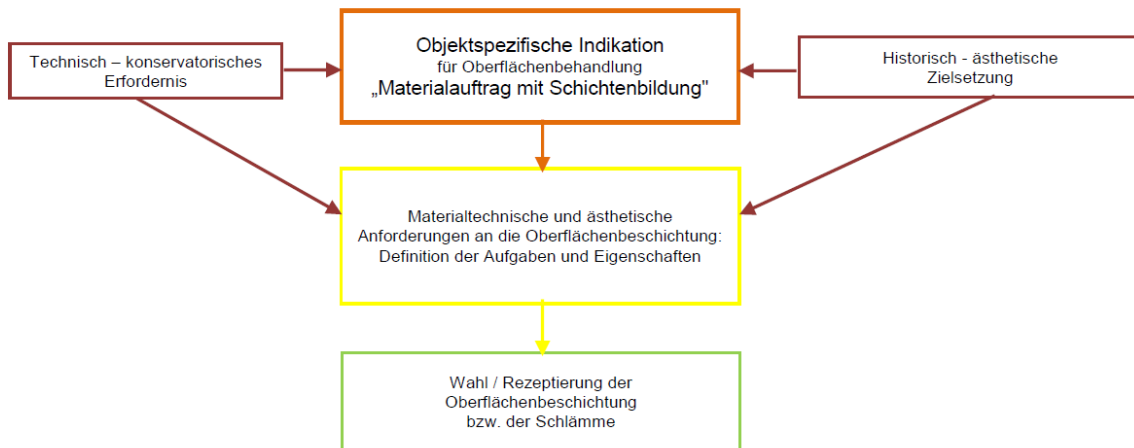
Die Funktion einer Schlämme als Opferschicht kommt nur bei einer gewissen Nachhaltigkeit zum Tragen. Daher spielt der Aspekt der Haltbarkeit eine Rolle. In Abhängigkeit von Zustand, Exposition und Vorgeschichte des Objekts ist mit einem unterschiedlich raschen oder langsamen Abbauprozess zu rechnen. In diesem Zusammenhang können auch kurze Wartungs- und Pflegeintervalle, beispielsweise in Sockelbereichen, notwendig sein. Üblicherweise sollte der/die AnwenderIn mögliche Problemzonen erkennen können und auf eine geringere Standzeit der Schlämme hinweisen. Dies sollte in einen Wartungsvertrag münden.

## 7. Entscheidungsgrundlagen und Entscheidungsfindung

Die Entscheidung für das Schlämmen einer Objektoberfläche ist mit weitreichenden technischen und ästhetischen Konsequenzen verbunden. Voraussetzung ist daher eine objektspezifische Abwägung unter Beteiligung aller Handlungsträger (EigentümerIn, Bundesdenkmalamt, Planende, Ausführende etc.). Auslöser ist in der Regel die konservierungstechnische Indikation. Diese ist auf mögliche konservatorische Nebenwirkungen zu prüfen und zu den historisch-ästhetischen Parametern in ein Verhältnis zu setzen. Die Bewertung der historisch-ästhetischen Parameter erfolgt nach der Systematik der Denkmalwerte (z.B. Alterswert, historischer Wert, Neuheitswert, Kunstwert etc.). In der Abwägung kann es sinnvoll sein, die konservierungstechnischen Alternativen zum Schlämmenauftrag zu definieren und auch diese Optionen in ihren konservatorischen sowie ästhetischen Konsequenzen zu bewerten. Es wäre keinesfalls ausreichend, die Aufbringung einer Schlämme als eine vermeintlich gängige Methode quasi automatisch vorzusehen.

Grundlage für eine aus technologischer wie ästhetischer Sicht argumentierbare Entscheidungshilfe bietet die Erstellung von Musterflächen. Sie sind als wesentliches Element in den Entscheidungsprozessen anzusehen und daher im Prozessablauf zeitlich einzuplanen.

Das folgende **Schema** illustriert den grundsätzlichen Planungsweg im Spannungsfeld zwischen konservatorischem Erfordernis und ästhetischer Zielsetzung im Erscheinungsbild für den Fall, dass die Entscheidung grundsätzlich für einen Schlämmenauftrag getroffen wurde:



## 7.1. Materialtechnologische Indikation

Bei der Bewertung des Objektzustandes steht im Allgemeinen die visuelle und haptische Erfassung an erster Stelle. Die Beurteilung der Schadensbilder und der daraus ableitbaren Schadensursachen sind nach den diesbezüglichen Standards zu dokumentieren (bei Stein Klassifizierung möglichst auf Basis des ICOMOS-Glossars<sup>22</sup>). In diesem Zusammenhang sind Beobachtungen von Bedeutung, welche Rückschlüsse auf die spezifischen (makro-, mikro- und nanoklimatischen) Umgebungsbedingungen sowie bauseitig bestehenden Faktoren (z.B. Feuchteintrag aus dem Untergrund) ermöglichen.

Einen wesentlichen Einfluss auf den Erhaltungszustand haben die in der Vergangenheit gesetzten Maßnahmen, weshalb die umfassende Recherche der Bau- und Restauriergeschichte eine obligatorische Voraussetzung in jedem Projekt darstellt. Aus früher gesetzten Maßnahmen lassen sich Schadensmechanismen erklären und wesentliche Rückschlüsse im Hinblick auf die aktuelle Entscheidungsfindung ziehen.

Diese Erkenntnisse, die gegebenenfalls im Rahmen eines technisch-physikalischen Untersuchungsprogramms vertieft und erweitert werden müssen, bilden die Grundlage im Entscheidungsprozess für oder gegen einen Schlämmenauftrag. Sie führen auch zu den Eckpunkten der anzuwendenden Rezeptur. Aus den material- und konservierungswissenschaftlichen Erkenntnissen ist das Eigenschaftsprofil der zum Einsatz kommenden Schlämme abzuleiten.

<sup>22</sup> Stefan Simon / Rolf Snethlage / Kurt Heinrichs, Illustriertes Glossar der Verwitterungsformen von Naturstein, ICOMOS / ICS Monuments and Sites XV, Petersburg 2010

Wesentliche **Objektkennwerte**, die zur Beurteilung der materialtechnologischen Indikation herangezogen werden können, sind:

- kapillares Saugverhalten
- Trocknungsrate
- Wasserdampfdiffusionswiderstand
- weitere relevante physikalisch-mechanische Eigenschaften, die unter Umständen einem Verwitterungsprofil folgen können, wie Bohrwiderstand, Salzbelastung, Gefüge etc.

Dazu sind Kenntnisse des stratigraphischen Aufbaus der Oberfläche unter Berücksichtigung historischer Beschichtungen und vergangener Restaurierungen (Öltränkung, Bleiweißfassungsreste, Wasserglasfestigungen, Zementschlämmen etc.) relevant.

## **7.2. Historisch-ästhetische Kriterien**

Die ästhetischen Konsequenzen einer Schlämme liegen im Erscheinungsbild des Objektes, und zwar in der Farbwirkung und in der Veränderung der überlieferten Oberflächenstrukturen bis hin zur Überdeckung von entstehungszeitlich steinsichtig konzipierten Oberflächen.

Die Veränderungen im farblichen Erscheinungsbild bewegen sich zwischen den Polen der steinfarbigen Schlämmen und den sogenannten rekonstruierenden Schlämmen, die eine Analogie zum entstehungszeitlichen Erscheinungsbild darstellen. Steinfarbige Schlämmen orientieren sich an der Farbigkeit des Trägermaterials und verfolgen somit eine ästhetisch zurückhaltende und vorwiegend konservatorische Zielsetzung. Als rekonstruierende Schlämmen werden jene bezeichnet, die auf eine befundete bzw. historisch zu erwartende Fassung farblich abgestimmt sind. Dies gilt in weitaus überwiegenderem Maße für die kalkweißen Schlämmen, welche an das Erscheinungsbild der historisch weit verbreiteten Bleiweißfassungen anschließen.

Bei reduzierten Werkstoffoberflächen (z.B. Steinskulpturen mit Oberflächenreduktionen, die bereits formale Verluste nach sich gezogen haben) oder bei Fehlstellen wird zumeist eine steinfarbige Schlämme bevorzugt. So wird die fälschliche Anmutung einer abgeschlossenen, kompletten Formgebung vermieden und nahe an den überlieferten Zustand angeschlossen. Mitunter wird der Farbton der Schlämme speziell auf die gealterte Farbvariation der Steinoberfläche des betroffenen Objektes abgestellt, bisweilen unterstützt durch partielle Retuschen.

Eine hohe Gewichtung der Zeitspuren bzw. der Alterswertigkeit kann schließlich zur Gänze gegen die Aufbringung einer Schlämme sprechen bzw. eine Beschränkung der Schlämme auf gewisse exponierte Bereiche nach sich ziehen. Dies kann konkret in Form einer partiellen Schlämme umgesetzt werden. Oft genügt es, nur die stets bewitterten, zumeist stark aufgerauten Oberflächenbereiche mit einer Schlämme zu versehen. Dabei sind die umgebenden Materialtöne als Vorgabe für die Schlämmenfarbe anzusehen. Mitunter kann eine derartige Maßnahme auch als eine „flächig aufgebrachte Mikroanböschung“ oder „Mikrokittung“ bezeichnet werden. Der Übergang zu einem

Ergänzungsmörtelauftrag (z.B. Anböschungen mittels Steinerfüllmassen) ist oft fließend. Die Hauptaufgaben der Schlämme wären damit für die betroffenen Bereiche erfüllt.

Sogenannte rekonstruierende Farbschlämmen werden in der Regel nur bei formal vollständig erhaltenen Objekten in Betracht kommen. Ausgangspunkt ist, dass bis in das späte 19. Jahrhundert nahezu sämtliche Steinskulpturen gefasst waren, und zwar entweder monochrom oder polychrom. Hier sind vor allem die Bleiweißfassungen hervorzuheben, die im Barock üblich waren und häufig als Imitation von weißem Marmor verstanden werden sollten. Soweit die Schlämmen im Rahmen der Restaurierung ehemaligen Steinfassungen folgen sollen, sind Fassungsbefunde, gegebenenfalls mit Unterstützung von naturwissenschaftlichen Analysen, als Voraussetzung anzusehen. Dabei werden Farbton (inkl. möglicher Veränderungen), Bindemittel und Pigmente bzw. Füllstoffe, Zuschläge, Schichtdicke etc. bestimmt. In üblicher Weise sind die zeitlichen Zuordnungen von Befundergebnissen auf ihre historische Plausibilität vor dem Hintergrund von Alterungsphänomenen, Verschmutzungshorizonten, Zeitschichten etc. interdisziplinär zu hinterfragen. Bei mangelnder Befundlage sind die regionalspezifischen kunsthistorisch belegten Fassungstraditionen zu berücksichtigen.

Einzelbefunde sind in üblicher Weise am Gesamtbestand zu referenzieren. Insbesondere bei Skulpturenensembles oder architektonischen Anlagen sind Konkordanzen zwischen allen Werkstein- bzw. Ausstattungsteilen herzustellen (z.B. Schlossanlage mit Architekturgliederung, Attika- und Parkskulpturen). Bei Fassadenarchitekturen ist oft nur durch Farbaufträge in Form von Schlämmen, Tünchen oder Anstrichen die Wiederherstellung einer gesamtheitlichen historischen Erscheinung nach einer bestimmten Zeitstellung möglich.

Ästhetische Konsequenzen im Erscheinungsbild ergeben sich auch aus der Schichtstärke der Schlämme. Durch dicklagige Schlämmen werden Details verunklärt. Feingliedrige Arbeitsspuren (z.B. Werkzeugspuren) und unmittelbare historische Informationen wie feine Baunähte oder Farbreste verlieren an Lesbarkeit bzw. werden überdeckt. Die Feinheit oder Rauigkeit der Schlämme kann durch Füllstoffe und Zuschlagstoffe gesteuert werden.

## **8. Kompatibilität von Schlämmen zum Untergrund**

Der Untergrund muss für eine Schlämme stets eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen. Stark geschädigte mineralische Untergründe sind vorab zu festigen. Bei hochkapillarporösen Untergründen ist zu beachten, dass die Wasserdampfdiffusionsfähigkeit einer Beschichtung allein für ein günstiges Austrocknungsverhalten unzureichend sein kann, vielmehr muss auch diese ausreichend kapillaraktiv sein. Eine Verbesserung der Diffusionsfähigkeit und des Kapillarwassertransportes kann durch eine Erhöhung des Zuschlagsanteils ermöglicht werden. Ziel wäre es, durch eine Beschichtung die kapillare Wasserwanderung von innen nach außen zu fördern und den kurzfristigen Wassereintrag von außen nach innen zu hemmen. Im Prinzip ist dies durch Systeme mit geeigneter Porengrößenverteilung

möglich, jedoch fehlen hier noch entsprechende Erfahrungswerte, um dies für ein Schlämmensystem gezielt einstellen zu können.

Neben den angeführten physikalischen Kompatibilitätskriterien ist auch auf die chemische Verträglichkeit mit dem Untergrund zu achten. So ist es z.B. bedenklich und bedarf einer besonderen konservierungswissenschaftlichen Begründung, eine Kalkschlämme auf einen rein silikatischen Untergrund zu applizieren. Obwohl der silikatische Stein für Vergipsung nicht oder nur minimal anfällig ist, würde die Vergipsung der Kalkschlämme auch für den Stein ein Gefahrenpotenzial darstellen. Durch die erhöhte Alkalinität mancher Schlämmsysteme können beispielsweise Reste früherer Ölfassungen mobilisiert werden und dadurch kann ein fleckiges Erscheinungsbild entstehen.

Aufgrund der Notwendigkeit, dass Schlämmaufträge periodisch wiederholt werden müssen, sollte jede Applikation so ausgeführt werden, dass die Schlämme keine Eigenschaften ausbildet, welche bei einem neuerlichen Auftrag hinderlich sind. Dies bedeutet in der Regel, dass Schlämmen nicht hydrophobiert werden sollen, da dadurch wesentliche Haftungsprobleme für den nächstfolgenden Schlämmauftrag bestehen. Da aber mitunter früher ausgeführte Hydrophobierungen wiederum behandelt werden müssen, kann in diesen Fällen je nach Situation mit Zugabe von Tensiden und/oder erneuten Hydrophobierungen vorgegangen werden.

Bei Gesteinsoberflächen, die noch mit Ölresten durchdrungen sind, kommt es oft zu farblichen Veränderungen an kapillaraktiven kalkbasierten Schlämmen. Hier gilt es, zusätzliche Vorarbeiten bzw. Schlämmmodifizierungen durchzuführen, wenn man diese Farbveränderungen nicht in Kauf nehmen will. Grundsätzlich stellen Verbräunungen (Reste ehemaliger Ölimprägnierungen), Grünverfärbungen (eingedrungene Kupferoxyde) etc. keine substanziellen Schäden dar, sondern beeinträchtigen lediglich die optische Erscheinung der Oberflächen.

## **9. Schlämmentypen - Klassifizierung nach Bindemittelsystemen**

In Folge werden die einzelnen Schlämmentypen nach den vorherrschenden Bindemitteln bzw. Bindemittelkombinationen gesondert behandelt. Dabei wird dem Bindemittel Kalk die erste Stelle und der größte Raum eingeräumt, da diesem auch in der derzeitigen Praxis in Österreich mit seinem großen Bestand an Kalk- bzw. Kalksandsteindenkmalen der größte Stellenwert zukommt.

In der Folge wird die derzeit ebenfalls häufig zum Einsatz kommende Silikonharzschlämme abgehandelt, welche aufgrund ihrer hydrophoben Eigenschaften eine Sonderstellung einnimmt. Anschließend werden die verschiedenen hydraulischen Schlämmentypen und zuletzt die Silikatschlämme beschrieben.

Die beschriebenen Schlämmentypen haben sehr unterschiedliche Relevanz im Hinblick auf ihre Einsatzgebiete auf dem Feld der Restaurierung in der Denkmalpflege.

## 9.1. Kalk-, NHL- und vergütete Kalkschlämmen

### 9.1.1. Kalkschlämmen

#### Einleitung:

Anstriche auf Kalkbasis, z.B. in Form von Tünchen, besitzen eine lange Tradition in der Gestaltung von Architektur- und Skulpturenoberflächen. Die seit mehreren Jahrzehnten angewandte Form der Kalkschlämme als Konservierungstechnologie stellt eine Weiterentwicklung dar.

Der klassische Einsatzbereich von Kalkschlämmen konzentriert sich auf poröse karbonatische Gesteine wie z.B. Leithakalke bzw. Kalkarenite im Allgemeinen. Dichte bzw. rein silikatische Gesteine wurden in der Vergangenheit lediglich fallweise mit Kalk getüncht oder geschlämmt.

In folgenden Fällen wird der Einsatz einer Kalkschlämme zumeist **nicht zu empfehlen** sein:

- rein silikatische Gesteine, sowohl dicht (z.B. Granit), als auch porös (z.B. Silikatsandsteine)
- dichte Karbonatgesteine (z.B. Marmor oder polierfähige Kalksteine), ausgenommen bei stark aufgerauten Oberflächen und/oder extremen Expositionsbedingungen
- Kunststeine auf Basis von Portland-, Romazement oder anderen hochhydraulischen Bindemitteln
- Gips

In der heutigen Restaurierpraxis wird man üblicherweise mit bereits behandelten Oberflächen konfrontiert sein. Dies hat zur Folge, dass ältere Festigungen, Hydrophobierungen oder sonstige Beschichtungen die Benetzung und die Anbindung einer Kalkschlämme negativ beeinflussen können. In derartigen Fällen ist zunächst generell die Sinnhaftigkeit und Funktionalität einer Schlämme und speziell einer Kalkschlämme zu hinterfragen. Gegebenenfalls wird eine Modifizierung im Hinblick auf haftvermittelnde oder benetzungsfördernde Additive (Zusatz- bzw. Hilfsstoffe) im Sinne der nachfolgenden Ausführungen anzustreben sein.

#### Materialkomponenten:

Für allgemeine Hinweise siehe Kapitel 3.

#### Bindemittel:

Das Bindemittel einer Kalkschlämme ist grundsätzlich Kalkhydrat (Hydratkalk), das aus den folgenden Weißkalkprodukten zubereitet werden kann.<sup>23</sup> Die verwendete **Kalksorte** ist in jedem Fall auszuweisen:

---

<sup>23</sup> Die sortenspezifischen Unterschiede in den Eigenschaften der verschiedenen Hydratkalke im ausreagierten Zustand sind noch nicht ausreichend bekannt, um an dieser Stelle Empfehlungen zu geben. Die verarbeitungstechnischen Eigenschaften gemäß den individuellen Erfahrungen der AnwenderInnen stehen daher bei der Wahl der Kalksorte im Vordergrund.

- Kalkhydrat (Löschkalk) in Form von Sumpfkalk
- Branntkalk („Ungelöschter Kalk“ gem. EN 459-1)
- Staubkalk („Weißkalkhydrat“)
- dispergiertes Weißkalkhydrat
- Nano-Kalkhydrat etc.

In der Regel wird stichfester Sumpfkalk verwendet. Es ist immer auf die Qualität des Kalkes und aller anderen Komponenten zu achten. Bei der Verwendung von gebrauchsfertigen Industrieprodukten ist zu beachten, dass Zusätze vorhanden sein können, die in Mengen bis 5 M% üblicherweise nicht deklariert sind. Unabhängig von der genauen Menge der Bindemittelzusätze handelt es sich jedenfalls dann nicht mehr um Kalkschlämme. Die Bekanntgabe aller Zusätze ist vor Anwendung einzufordern und ggf. durch ein Zertifikat zu belegen.

Eine weitere Möglichkeit der Anwendung bietet Branntkalk. Branntkalk beginnt erst im Moment des Anmischens mit Wasser zu löschen und wird daher im heißen Zustand aufgetragen. Hingegen sind keine Gründe bekannt, die für die Verwendung von Staubkalk (Weißkalkhydrat)<sup>24</sup> für das Anmischen von Schlämme sprechen.

Beim Einsatz von Nano-Kalkhydrat<sup>25</sup> können die im Vergleich geringeren Wassermengen von Vorteil sein. Dieser scheint sich neuerdings auch als eine Möglichkeit für schlecht saugende Untergründe abzuzeichnen. Praxiserfahrungen liegen mit dieser Produktgruppe allerdings noch nicht in größerem Ausmaß vor.

#### Zuschläge:

Siehe Kapitel 3.3.

#### Füllstoffe:

Bei allen Füllstoffen, die in Kombination mit Kalk genutzt werden, ist auf die „Kalkechtheit“ (Alkalistabilität) zu achten. Insbesondere bei den Pigmenten gibt es solche, die in einem alkalischen Milieu nicht beständig sind. Auf diese Pigmente muss für eine Kalkschlämme verzichtet werden. Nur kalkechte Pigmente, in der Regel Erdpigmente, sind zweckdienlich. Besonders fein gemahlene Pigmente neigen dazu, mobilisiert bzw. ausgewaschen zu werden. Daher sind hier gröber gemahlene Pigmente zu bevorzugen.

#### Additive (Zusatz- bzw. Hilfsstoffe):

Durch die Zugabe von **Additiven** entstehen modifizierte Kalkschlämme:

---

<sup>25</sup> Untersuchungen und Erfahrungswerte zum Einsatz zu Nanokalken in der Steinrestaurierung sind zusammengefasst in: Nanolith. Konservierung von Leithakalken auf Basis von Calciumhydroxid-Nanopartikeln, Slížková, Zuzana / Bayer, Karol / Weber, Johannes (Hg.), CET, 2016

► Anorganische Bindemitteladditive:

- *Bindemittelreaktive Stoffe* (maximale Zugabemenge in der Regel 3 M%, auf den Bindemittelanteil bezogen): z.B. Puzzolane im weiteren Sinne (z.B. Trass, Ziegelmehl, Diatomeenerde etc.). Diese bringen einen gewissen hydraulischen Faktor mit sich und verändern die Aushärtungsreaktion: statt reiner Karbonatisierung wird ein Teil hydratisiert. Da diese Reaktionen oft verzögert ablaufen, ist auf entsprechendes Feuchthalten zu achten.
- *Mineralische Bindemitteladditive* (maximale Zugabemenge in der Regel 3 M%, auf den Bindemittelanteil bezogen, z.B.: hydraulische Bindemittel wie (N)HL, Portland- oder Romazement<sup>26</sup>

► Organische Bindemitteladditive:

Organische Bindemitteladditive<sup>27</sup> können möglicherweise die Verarbeitbarkeit und das Haftvermögen verbessern. Zudem wirken sie sich auf das Wasserrückhaltevermögen und den Zutritt von Wasserdampf sowie CO<sub>2</sub> (Schutzkolloide) während der Karbonatisierung aus. Additive können somit die Karbonatisierung im Sinne einer Verzögerung beeinflussen.<sup>28</sup> Die Zugabe von Additiven kann sich in unterschiedlicher Weise auf die Entwicklung von Schwundrissen auswirken. Zur Verringerung des Schwunds sollten grundsätzlich mineralische Füllstoffe anstelle von organischen Additiven zugesetzt werden.

- *Acrylharz* (meistens als wasserbasierte Acrylharzdispersionen): haftvermittelnd auf nichtsaugenden oder resthydrophoben Untergründen, schaumbildend, reduzieren die Wasseraufnahme unwesentlich, verzögern jedoch die Austrocknung maßgeblich<sup>29</sup>
- *Öle* (meist Leinöl): bewirken in der Anwendung eine verbesserte Verarbeitungsfähigkeit (Streichfähigkeit). Ein geringer Leinölzusatz (in der Regel ca. 3 M%, bezogen auf Sumpfkalk) scheint vorteilhaft in Bezug auf reduzierte Wasseraufnahme. Mit Leinöl versetzte Kalktünchen- und schlämmen zeigen eine gute Abriebfestigkeit sowie Erosionsbeständigkeit. Die Leinölzugabe kann im Außenbereich ästhetisch problematisch werden (Fleckenbildung; temporäre Gelbverfärbung, die bei Verwendung anderer Öle möglicherweise geringer ausfällt)
- *Kasein*: haftvermittelnd auf nichtsaugenden oder schlecht benetzbaren Untergründen; verbesserte Streichfähigkeit

► Hilfsstoffe:

Hilfsstoffe wie Hydrophobierungsmittel, Fasern (z.B. Cellulosefasern) oder andere sind nur in begründeten Ausnahmefällen und bei Vorliegen entsprechend dokumentierter langfristiger Erfahrungswerte zulässig.<sup>30</sup> Das Gleiche gilt für Stoffe mit Einfluss auf die Verarbeitungseigenschaften (Dispergiermittel, Netzmittel und Tenside).

---

<sup>26</sup> Portlandzemente sind nur in **begründeten** Ausnahmefällen zulässig.

<sup>27</sup> Achtung: schon bei kleinen Zugabemengen weit unter 5 M% werden die Diffusionseigenschaften wie Wasseraufnahme- und Austrocknungsverhalten beeinflusst. Die maximale Zugabemenge 3 M% ist auf die Anmachwassermenge bezogen.

<sup>28</sup> Karbonatisierung ist nicht gleichzusetzen mit Trocknung.

<sup>29</sup> Daniela Trauninger, Coatings on Natural Stone Surfaces, in: 2<sup>nd</sup> WTA-International – Building Materials and Building Technology to preserve the Built Heritage, Brno 2011

<sup>30</sup> Im Allgemeinen bestehen mehr Erfahrungen mit nachträglicher Hydrophobierung von Kalkschlämmen als mit hydrophobierenden Zusätzen. Siehe Kapitel 3.6. Zur Frage der Hydrophobie.



Weitere Hilfsstoffe wie Biozide, UV-Stabilisatoren, Konservierungsmittel, Entschäumer, Frostschutzmittel usw. können Bestandteile von Industrieprodukten sein und sollten in selbst angemischten Schlämmen keine Verwendung finden. An dieser Stelle kann keine Pauschalbeurteilung über ihre Wirkungsweise abgegeben werden.

#### Wasser

Siehe Kapitel 3.5.

#### Rezepturen, Anmischung und Applikation:

Grundsätzlich gelten bezüglich der Verarbeitung die Hinweise unter Kapitel 4. Rezepturen und Applikation. Allerdings gilt besonders für Kalkschlämmen, dass eine zu rasche Trocknung die Bindekraft vermindern kann, weswegen während und nach dem Auftrag auf ausreichendes Feuchteangebot zu achten ist.

#### Hinweis zum Anmischen:

- *Organische Zusätzen (vor allem Öle) in reinen, stichfesten Sumpfkalk mischen*
- *Anschließende Verdünnung und Zugabe von Füllstoffen und Zuschlägen*
- *Pigmente im **eingesumpften** Zustand der Schlämme zumischen*
- *Vorsicht bei industriell angefertigten Kalkschlämmen bzgl. Additiv-Anteilen (z.B. Acrylate, Biozide, Porenbildner, Konservierungsmittel, Netzmittel, Dispergiermittel)*

#### Hinweis zur Anwendung:

- *Mehrmaliges, dünnlagiges Auftragen mittels geeigneter Pinsel oder Bürsten*
- *Erstauftrag eher dünnflüssig (Auffüllen von Vertiefungen und Poren sowie Verzahnung zum Untergrund) auf feuchtem Untergrund*
- *Je nach Untergrundbeschaffenheit individuelle Anfeuchtung der Oberfläche einplanen*
- *Zweitauftrag und weitere Aufträge möglichst rasch nach dem Erstauftrag applizieren*
- *Keine vollständige Austrocknung zwischen den Arbeitsschritten<sup>31</sup>*
- *Große Oberflächen in einzelne Abschnitte planen und ausführen*
- *Ständiges Aufrühren im Zuge der Arbeit um einer Entmischung entgegenzuwirken*

#### Anmerkung:

*Die Geschwindigkeit der Karbonatisierung lässt keine Rückschlüsse auf die Qualität der Eideigenschaften einer Schlämme zu. Tendenziell erscheint eine langsame Karbonatisierung zu einem höheren Abriebwiderstand/Abriebfestigkeit zu führen.*

#### Sonderform:

*Bei „Branntkalkschlämmen“ sind eher nur kleinere Mischmengen möglich, sodass sich diese für größere Oberflächen nur schwer richtig verarbeiten lassen. Zudem ist deren Bearbeitungszeitraum zeitlich limitiert.*

<sup>31</sup> Durch das Nass-in-Nass-Arbeiten erfolgt eine chemische Anbindung zwischen den Schichten, die in weiterer Folge zu einer Erhöhung des Abriebwiderstandes führt.

## Möglichkeiten und Grenzen von Kalkschlämmen:

Kalkschlämmen weisen auch bei bester Rezeptur und Applikation nur eine bedingte Haltbarkeit auf, bieten jedoch den Vorteil der Wiederholbarkeit.

### 9.1.2. NHL-Schlämmen

Natürliche hydraulische Kalke (engl.: Natural Hydraulic Lime - NHL) sind Kalkbindemittel mit hydraulischen Eigenschaften, die durch Brennen von tonhaltigen Kalksteinen und anschließendes Löschen zu Pulver, mit oder ohne Mahlung, entstehen. Die Erstarrung und Erhärtung erfolgen nach Mischen mit Wasser, zusätzlich trägt Karbonatisierung zum Erhärtungsprozess bei. Das Bindemittelgefüge von NHL besteht daher, je nach Zusammensetzung des Rohstoffs, aus unterschiedlichen Anteilen an Kalziumkarbonat und Hydratkomponenten. Aufgrund dieser Dualität befinden sich auch ihre physikalischen Eigenschaften zwischen jenen von Kalk- und Romanzementbindemitteln. Natürliche hydraulische Kalke zeichnen sich generell durch hohe Kapillarporosität, ferner im Vergleich z.B. mit Kalkbindemitteln durch einen höheren Elastizitätsmodul, aber gleichzeitig niedrigere Festigkeit als jene von Romanzementen aus. Ähnlich zu Romanzementen weisen NHL Naturfarbtöne auf, die je nach Typ zwischen gebrochenem Weiß und hellem Ocker liegen.

Die Vorzüge von NHL-Schlämmen ähneln im Allgemeinen jenen der Kalk- und Romanzementschlämmen, da Offenporigkeit gegeben ist, da eine rein mineralische Anmischung erfolgt und da sie zudem alkalisch sind. Durch die unterschiedlichen Anteile an Hydrat- und Karbonatkomponenten in der Bindemittelmatrix ist im Vergleich zu Romanzementen allgemein ein geringerer E-Modul zu erwarten, der unter Umständen bei weichen Untergründen zu geringeren Spannungen zwischen Träger und Schlämme führt. Für die Konservierung und Restaurierung, vor allem für Mörtel und Putze, zählt NHL in den letzten Jahren zu den häufig verwendeten Materialien, dennoch liegen erst wenige oder kaum Erfahrungswerte für ihre Anwendung im Bereich von Anstrichen und Schlämmen vor.

### 9.1.2. Kalk-Acrylatschlämmen

Diese Art der Schlämme unterscheidet sich materialspezifisch insofern von der Kalkschlämme, als ihr ein Acrylat (Acryldispersion) beigemischt wird. Die beigefügte Acrylatmenge bei Kalkacrylatschlämmen ist höher als 3% des Bindemittelanteils. Bei einer Zugabe von unter 3 M% spricht man von einer mit Acrylat vergüteten Kalkschlämme, also von einer modifizierten Kalkschlämme. Der Unterschied liegt darin, dass dort das Acrylharz nur als Additiv anzusehen ist.

In der Vergangenheit wurden Kalk-Acrylatschlämmen oft zur Vorbeugung gegen allfällige Haftungsprobleme und Verfärbungen aufgetragen. Eine erhöhte Zugabemenge von Acrylat führt zwar

zu einer beschleunigten Erreichung der Wischfestigkeit der Schlämme, bremst oder behindert jedoch die Karbonatisierung; dies zum Teil auch deswegen, weil eine Betreuung oder Nachbefeuchtung als unnötig empfunden wird. Oft haben derartige falsch angelegte Kalk-Acrylatschlämmen nur deswegen eine gewisse Lebensdauer erreicht, weil diese häufig nachträglich hydrophobiert worden sind.

Kalk-Acrylatschlämmen bedingen bei hoher Acryldispersionszugabe eine Veränderung des Austrocknungsverhaltens. Es kann zu einem nicht kalkulierbaren Wasserrückhalteverhalten kommen. Durch diese Veränderungen der Parameter kann es bei darunter liegenden Werkstoffen (z.B. bei gewissen Natursteinsorten) zu Schäden kommen. Der Einsatz ist daher stets fachlich zu argumentieren und sollte nur auf Basis vertiefter Einzelfallbegründungen erfolgen, damit Risiken ausgeschlossen werden können.

### 9.1.3. Kalk-Zementschlämmen

Diese Form der Schlämme wurde vermehrt für Kalkarenite als eine Art von vergüteter Kalkschlämme mit der Absicht eingesetzt, um eine bessere Haltbarkeit für die Beschichtung zu erzielen. Prinzipiell bedeuten hohe Zugabemengen von Zement (siehe Kapitel 9.4), beispielsweise von Weißzement, verminderte Feuchtetransporteigenschaften und einen erhöhten E-Modul. Dies trifft vor allem auf dick aufgetragene Schlämmen zu.

### 9.1.4. Kalk-Zement-Acrylatschlämmen

Hier gilt das Gleiche wie für Kapitel 9.1.3., allerdings mit dem Nachteil, dass Kunstharze sich auf die Hydratisierung von Zement auswirken können.

## 9.2. Silikonharzschlämmen

### Einleitung:

Im Gegensatz zu allen anderen in diesem Leitfaden diskutierten Schlämmsystemen sind Silikonharzschlämmen *immer hydrophob*, d.h. wasserabweisend. Gleichzeitig kann bei geeigneter Rezeptur (vgl. Kapitel 5) ein hohes Maß an Dampfdiffusionsfähigkeit erzielt werden.

Mit diesem Eigenschaftsprofil können Silikonharzschlämmen für folgende **Situationen** in Erwägung gezogen werden:

- wenn aus konservatorischen Gründen eine Wasserabweisung erforderlich ist, diese aber auf jeden Fall nur auf der Oberfläche wirksam sein soll, reversibel zu sein hat und man sich aus diesen technischen Gründen für eine Schlämme entscheidet

- im Allgemeinen, falls eine Hydrophobierung angezeigt sein sollte, jedoch aus verschiedenen Gründen eine Tiefenwirkung vermieden werden soll<sup>32</sup>
- bei zu schlammenden Gesteinsoberflächen, die bereits hydrophobe Eigenschaften aufweisen

#### Materialkomponenten:

Die vier Hauptkomponenten einer Silikonharzschlämme sind Kunstharzdispersion und Silikonharz<sup>33</sup>, die gemeinsam das Bindemittel bilden, weiters Füllstoffe bzw. Pigmente und Zuschläge, die zur Einstellung der gewünschten optischen und physikalischen Eigenschaften wie z.B. der Diffusionsfähigkeit dienen.

Auch wenn die entscheidende und gleichzeitig namensgebende Komponente das Silikonharz ist, so ist das betreffende System primär dispersionsgebunden. Die Bestandteile binden sowohl durch physikalisches Trocknen, als auch durch chemische Vernetzung ab. Dieses Prinzip gilt sowohl für die Bindung innerhalb der Beschichtung, als auch zum Untergrund.

Hohe Wasserdampfdurchlässigkeit kann lediglich durch einen hohen Anteil an Füllstoffen bzw. Pigmenten und Zuschlägen erzielt werden, wobei hier jedoch nochmal darauf hinzuweisen ist, dass Wasser nicht nur in Gasphase sondern primär in flüssiger Form an die Oberfläche transportiert wird. Das in Kapitel 3 erläuterte Prinzip der Pigmentvolumenkonzentration (= PVK) ist insbesondere für dispersionshaltige Silikonharzschlämmen von Relevanz. Bei zu hoher PVK verliert ein dispersionsgebundenes System jedoch seine Witterungsstabilität.

Weitverbreitete Füllstoffe und Zuschläge für Silikonschlämmen sind Marmormehle und/oder Marmorsande, aber grundsätzlich können auch andere mineralische Komponenten wie z.B. fraktionierte Natursteinbrechsande verwendet werden.

Wichtig ist, dass die PVK oberhalb der Kritischen Pigmentvolumenkonzentration (= PVK) rezeptiert wird, so dass eine hinreichende Wasserdampfdurchlässigkeit gewährleistet ist.

#### Rezepturen, Anmischung und Applikation:

Im Unterschied zu rein mineralischen Schlämmsystemen auf der Bindemittelbasis Kalk- / Zement werden die Bindemittelkomponenten von Silikonharzanstrichen und -schlämmen durch den Hersteller vorgemischt. Dem Verarbeiter bleibt über die Zugabe von Wasser, Füllstoffen und Zuschlägen die Möglichkeit einer weitgehenden Anpassung offen, aber auch diese sollten mit dem Hersteller, wenn sie in größerem Umfang ausgeführt werden, abgestimmt bzw. es sollen die technischen Eigenschaften des Materials nach gewünschter Modifizierung überprüft werden.

<sup>32</sup> Gegen eine tief wirkende Hydrophobierung können mehrere Faktoren sprechen, wie die fehlende Reversibilität und die verlangsamte Trocknungsrate im Vergleich zu einem oberflächlich applizierten wasserabweisenden System.

<sup>33</sup> Nach ÖNORM EN 1062-1 4.1 wird die Silikonharzfarbe durch die Bindemittelkomponenten Silikonharzemulsion und Kunstharzdispersion definiert. Für den Bereich der „Fassadenanstriche für mineralische Untergründe in der Bauwerkserhaltung und Baudenkmalpflege“ ist seit 2013 das WTA Merkblatt 2-2012 mit gleichnamigem Titel veröffentlicht.

Silikonharzschlämmen sind auf allen mineralischen Untergründen möglich, auch wenn es sich um hydrophobe Altanstriche handelt. Für eine Beschichtung nicht geeignet sind dispersionsgebundene Altbeschichtungen.<sup>34</sup>

Starke Unterschiede in der Saugfähigkeit des Untergrundes sind im Regelfall durch Anwendung einer systemkonformen Grundierung zu egalisieren, welche aber stets kritisch zu hinterfragen ist, denn bei der Verwendung einer Grundierung muss beachtet werden, dass diese eine Tiefenwirkung mit sich bringt und somit der hydrophobe Charakter der Beschichtung nicht mehr „nur“ oberflächlich ist. Außerdem werden durch eine Grundierung unreflektiert konservatorische Schritte gesetzt, die das Trägermaterial oft nachhaltig verändern. Bei unzureichend stabilen Untergründen ist eine strukturelle Festigung vor dem Schlämmenauftrag vorzunehmen. Die klassischen, im Bereich der Anstrichtechnologie üblichen Grundierungen können die Aufgaben einer hochwertigen strukturellen Festigung bzw. Konsolidierung nicht übernehmen; hier sind Systeme auf der Basis von Kieselsäureester vorzuziehen.

Für Silikonschlämmen werden zumeist in den Produktbeschreibungen vorausgehende Grundierungen vorgesehen. Dabei handelt es sich zumeist um verdeckte Konservierungsschritte, die entweder eine zu rigorose Festigung oder Hydrophobierung mit sich bringen. Um Schadensrisiken zu vermeiden, sollten derartige Vorgangsweisen für wertvolle historische Oberflächen unterlassen werden. Falls der Einsatz von Silikon- oder Silikatschlämmen zu vertreten ist, sind die erforderlichen Konservierungs- und Restaurierungsschritte gemäß Schadensbild nach den Grundsätzen der Steinrestaurierung vor dem Auftrag einer Schlämme zu setzen.

**Hinweis zur Anwendung:**

*Silikonharzschlämmen können nach dem Aufrühren gestrichen, gerollt oder einmassiert werden. Die einzuhaltenden Wartezeiten zwischen den einzelnen Arbeitsschritten sind temperaturabhängig.*

**Möglichkeiten und Grenzen von Silikonharzschlämmen:<sup>35</sup>**

Durch Silikonharzschlämmen wird der atmosphärische Wassereintrag reduziert, jedoch ohne einer vorangegangenen Grundierung verbleibt das Material konzentrierter an der Oberfläche und dringt nicht tiefer in die Substanz. Mit oder ohne Grundierung ist der Nachteil der Anwendung die verlangsamte Trocknung des Untergrundes. Bei Objekten, die von Feuchtigkeit hinterwandert werden können, wie z.B. Objekte im Mauerverband oder im direkten Kontakt zu Boden, muss von einer Silikonharzschlämme abgeraten werden. Ähnlich ist es bei Objekten mit einer vorhandenen Salzproblematik, basierend auf der Hygroskopizität von bauschädlichen Salzen.

Silikonharzschlämmen müssen häufig aufgrund der besseren Haltbarkeit und damit verbundenen geringeren Wartungsaufwand über längeren Zeitabschnitten nicht erneuert werden. Diese Tatsache führt leider zu dem Missverständnis eines dauerhaft und allgegenwärtig vorhandenen Schutzes vor unterschiedlichsten Umwelteinflüssen. Dadurch bleiben relevante Schadensprozesse häufig länger unentdeckt, welche durch eine regelmäßige Kontrolle verhindert werden können.

<sup>34</sup> WTA Merkblatt 2-2012

<sup>35</sup> Für den Bereich der „Fassadenanstriche für mineralische Untergründe in der Bauwerkserhaltung und Baudenkmalpflege“ ist seit 2013 das WTA Merkblatt 2-2012 mit gleichnamigem Titel veröffentlicht.

### 9.3. Romanzementschlämmen

#### Einleitung:

Romanzemente sind niedrig gebrannte Naturzemente, die im Unterschied zu NHL rein hydraulisch aushärten und sich vom wesentlich höher gebrannten Portlandzement im Abbindeverhalten und den Festmörteleigenschaften unterscheiden. Zahlreiche Klinkerbestandteile hydratisieren nicht oder nur langsam, wodurch sie bei der üblichen relativ groben Mahlung in Größe und Funktion Zuschlägen entsprechen.<sup>36</sup> Romanzemente weisen insgesamt Naturfarbtöne auf, die je nach Sorte zwischen hellem Ocker, Braun oder Rot liegen. Da bisher keine Produktnorm für Romanzement existiert, unterscheiden sich die verfügbaren Sorten in mehrfacher Hinsicht.

Im späten 19. Jahrhundert waren Romanzemente häufig verwendete Mörtelbindemittel für die Fassadengestaltung. Für die Restaurierung der oft materialsichtig angelegten Gusselemente und Putze können Romanzementschlämmen technisch und ästhetisch interessante Lösungen im System darstellen, die zudem Offenporigkeit und Deckvermögen aufweisen.

#### Materialkomponenten:

Für allgemeine Hinweise siehe Kapitel 3.

#### Bindemittel:

Romanzemente, die auch unter der Bezeichnung Naturzement (natural cement) im Handel sind<sup>37</sup>, stellen durchwegs zusatzfreie Bindemittel dar, die sich im Hinblick auf Abbindezeit, Festigkeitsverlauf und Farbton voneinander unterscheiden, weswegen Vorversuche durch die AnwenderInnen unbedingt erforderlich sind, um die Verarbeitungseigenschaften und den optimalen W/Z-Wert ermitteln zu können.

Die verwendete Sorte ist in jedem Fall anzugeben. Besonders für Romanzement gilt, dass die Praxiserfahrung der AnwenderInnen sowie die ständige Evaluierung von Bedeutung sind.

#### Zuschläge:

Siehe Kapitel 3.2.

Beschichtungen auf Basis von Romanzement können grundsätzlich auch ohne Zuschläge zur Anwendung kommen, da die im Bindemittel enthaltenen groben, nichtreaktiven Zementknollen die Funktion des Zuschlags übernehmen. Nach der Definition dieses Leitfadens handelt es sich dann zwar nicht um Schlämmen im eigentlichen Sinn, dennoch soll die zuschlagsfreie „Romanzementmilch“ an dieser Stelle in den Diskurs miteinbezogen werden.

---

<sup>36</sup> Die durchschnittliche Partikelgröße nicht hydratisierbarer Bindemittelbestandteile in handelsüblichen Romanzementsorten liegt bei 0,3 bis 0,7 mm, also durchaus im Bereich von Zuschlägen, siehe: Johannes Weber et al. (2017), Natural cements on the European market – their microstructural features and mortar properties, - Proc. 16th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Les Diablerets, 14 - 17 May 2017

<sup>37</sup> Die derzeit erhältlichen Naturzementsorten stammen aus Spanien, Frankreich, und Polen. Auskünfte über Erfahrungswerte und Bezugsmöglichkeiten erteilt das Bundesdenkmalamt/Informations- und Weiterbildungszentrum Baudenkmalpflege, Kartause Mauerbach

Menge und Größe der Zementknollen können produktspezifisch variieren. Aus diesem Grund werden auch hier die Praxiserfahrungen aus Vorversuchen in Hinblick auf Verarbeitbarkeit und Endstruktur für die Frage entscheidend sein, ob weitere Zuschläge zugegeben werden.

#### Füllstoffe:

Aufgrund der speziellen Bindemittleigenschaften sind weitere Füllstoffzugaben nicht sinnvoll und könnten die kapillaroffenen Bindemittleigenschaften negativ beeinflussen. Eine Zugabe von grob gemahlenden Erdpigmenten kann zur Anpassung des Farbtons in Einzelfällen angezeigt sein.

#### Additive (Zusatz- bzw. Hilfsstoffe:

##### ► Anorganische Bindemitteladditive:

Grundsätzlich ist die Zugabe von anderen mineralischen Bindemitteln, insbesondere Kalk, NHL und Portlandzement, möglich. Kalk und NHL reduzieren die Endfestigkeit, während Portlandzement sie erhöht. Die Kapillarporosität wird gegenläufig zur Festigkeit beeinflusst. Ebenso können puzzolanische Stoffe wie Trass oder Ziegelmehl zugesetzt werden.

##### ► *Organische Bindemitteladditive:*

Organische Bindemitteladditive sollten bei Romanzementschlämmen grundsätzlich vermieden werden, um die Vorzüge des Bindemittels nicht negativ zu verändern.

##### ► *Hilfsstoffe:*

Hilfsstoffe wie Hydrophobierungsmittel, Fasern (z.B. Cellulosefasern) oder andere sind nur in begründeten Ausnahmefällen und bei Vorliegen entsprechend dokumentierter langfristiger Erfahrungswerte zulässig. Das Gleiche gilt für Stoffe mit Einfluss auf die Verarbeitungseigenschaften (Dispergiermittel, Netzmittel und Tenside).

#### Wasser

Siehe Kapitel 3.5.

Die Konsistenz der Schlämme wird ausschließlich über den W/Z-Wert gesteuert.

#### Rezepturen, Anmischung und Applikation:

Alle Romanzemente sind Schnellbinder, die daher für die meisten Anwendungen kontrolliert verzögert werden müssen. Eine Verzögerung erfolgt entweder mit Zitronensäure, oder in Form einer Deaktivierung durch Feuchteeinwirkung vor der Anmischung, und zwar durch ca. 1-wöchige Lagerung im nicht beheizten Innenraum an Luft, oder durch zumindest mehrstündige Einwirkung des kontrolliert befeuchteten Zuschlags auf das zugemischte Bindemittel, wodurch ein Verarbeitungszeitraum von bis zu drei Stunden erzielbar ist. Die derart verzögerte Mischung kann über lange Zeiträume trocken gelagert werden.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Restauro 4/2013, S. 24 ff

In jedem Fall sind die genauen Zugabemengen der Zitronensäure - üblicherweise im Bereich von 0,33 M% bezogen auf das Zementgewicht - bzw. die Rahmenbedingungen der Deaktivierung in Vorversuchen zu ermitteln und zu dokumentieren.

Die Festigkeitsentwicklung wird durch Feuchthalten bzw. Nachfeuchten über einen Zeitraum von zumindest einer Woche optimiert. Ein Verdursten droht jedoch bei Romanzementschlämmen nicht.

#### Möglichkeiten und Grenzen von Romanzementschlämmen:

Grundsätzlich können Romanzementschlämmen aufgrund der kapillaraktiven Bindemittelstruktur als Systeme gelten, die zu vielen historischen Untergründen technisch kompatibel sind. Selbstverständlich wird, wie bei Portlandzement, diese Porosität innerhalb gewisser Grenzen vom W/Z-Wert und von der Dauer der Nachsorge beeinflusst.

Nach einer Unterbrechung von etwa einem Jahrhundert sind Romanzemente erst wieder im Zuge jüngster wissenschaftlicher Auseinandersetzungen mit dem Bindemittel für die Praxis zugänglich gemacht worden. Dementsprechend liegen zwar zahlreiche historische Anschauungsbeispiele neben modernen materialwissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen vor, jedoch nur wenige praktische Erfahrungsberichte aus heutiger Zeit.<sup>39</sup>

## 9.4. Zementschlämmen

### Einleitung:

Dem üblichen Sprachgebrauch folgend wird in diesem Dokument unter dem Begriff Zementschlämme eine Schlämme auf Basis von Portlandzement verstanden. In der älteren Denkmalpflege wurden Zementschlämmen als Schutz- und Opferschicht für Natur- und Kunststein genannt (z.B. 1950 Alois Kieslinger<sup>40</sup>).

#### Anmerkung:

*Durch zahlreiche Materialbefunde ist die rege Verwendung von Zementschlämmen bzw. Mischformen (Kalkschlämmen mit hohem Zementanteil) für die Zeit zwischen 1950 und 1990 belegt. Da es sich zumeist um dichte und harte Beschichtungen handelt, die nicht auf den oftmals porösen Untergrund abgestimmt worden sind, können oft Folgeschäden beobachtet werden. Heute ist die schädigende Wirkung durch die Scherspannungen an der Oberfläche und durch die Behinderung des*

<sup>39</sup> Eine ausgiebige Sammlung von Information zu historischen und rezenten Romanzementen mit Literatur und Anwendungsbeispielen aus der modernen Restaurierung findet sich unter [www.rocure.eu](http://www.rocure.eu). Besonders empfehlenswert ist der Leitfaden in englischer Sprache (ROCARE Manual on Best Practice in the Application of Roman Cements), der heruntergeladen werden kann.

<sup>40</sup> Unveröffentlichte Stellungnahme zu den Schadensbildern der Sandsteinzwerge vom Schloss Neuwaldegg in Wien, sowie ein dazugehöriger Restaurierungsvorschlag um 1955.



*Austrocknungsvermögens auf porösem Naturstein bekannt und Zementschlämmen finden keine Anwendung mehr.<sup>41</sup> Aus Sicht der aktuellen Denkmalpflege beschränkt sich der Einsatz von Zementschlämmen auf zementhaltige Untergründe (Beton, Kunststein, Zementputze). Da jedoch bei derartigen Objekten in der Regel entstehungszeitlich auf Materialsichtbarkeit bzw. Materialästhetik abgestellt wurde (Sichtbeton, Steinputz etc.), wird der Anwendungsbereich in der Denkmalpflege nur sehr schmal sein.*

#### Materialkomponenten:

##### Bindemittel:

Das Bindemittel einer Zementschlämme ist grundsätzlich Portlandzement mit oder ohne Anteilen an diversen Zuschlagstoffen, die bezüglich Zusammensetzung und Festigkeitsklasse durch Normen geregelt sind (ÖNORM EN 197-1). Einen Sonderfall stellt der Weißzement als helle Portlandzementsorte mit geringem Eisengehalt dar, der in der Steinkonservierung öfter zu Kalkbindemittel als mineralisches Bindemitteladditiv beigemischt wird.

##### Hinweis:

*Die verwendete Zementsorte wirkt sich auf die Eigenschaften der Schlämme im frischen und ausgehärteten Zustand aus, insbesondere was Wasserbedarf, Wasserrückhaltevermögen, Hydratationsgrad bzw. physikalisch-mechanische Eigenschaften betrifft. Da industrielle Zuschlagstoffe und Festigkeitsklassen des verwendeten Zementes ebenso wie die gewählte Wassermenge von Relevanz für die Eigenschaften der ausgehärteten Schlämme sind, müssen Zementart und Wassermenge, auf das Bindemittelgewicht bezogen, angegeben werden.*

##### Zuschläge:

Siehe Kapitel 3.

##### Füllstoffe:

Für allgemeine Hinweise siehe Kapitel 3.

Die gewünschte Farbwirkung sollte wenn möglich durch Wahl der entsprechenden Zementsorte erzielt werden, beziehungsweise - bei Weißzementschlämmen - am besten über die Zuschlags- und Füllstoffe. Alternativ können alkalibeständige Pigmente zugesetzt werden, wobei jedoch mit farblich inhomogenen Erscheinungsbildern zu rechnen ist.

##### Additive, Zusatzstoffe und Hilfsstoffe:

Zur Optimierung der Materialeigenschaften im frischen oder festen Zustand können Zusatzstoffe und Zusatzmittel (< 3% der Zementmasse) hinzugefügt werden. Eine Reihe verfügbarer Additive für Zemente entstammen der Betonindustrie und sind für Schlämmenanwendungen unnötig bzw. zu hinterfragen. Acrylate oder Puzzolane allerdings können zur Verbesserung der Eigenschaften führen. Allfällig verwendete Zusatzstoffe sind zu dokumentieren.

---

<sup>41</sup>Ausgenommen hiervon sind Kalkschlämmen mit Zement (üw. Weißzement) als zweite Bindemittelkomponente siehe hierzu Kapitel 9.1 Kalkschlämmen

Wasser:

Siehe Kapitel 3.5.

Rezepturen, Anmischung und Applikation:

Grundsätzlich gelten ähnliche Materialparameter und Voraussetzungen für die Applikation von Zement- und Kalkschlämmen.

Anmerkung:

*Die Wasserzugabe erfolgt bis zur gewünschten Konsistenz. Je mehr Wasser hinzugesetzt wird, umso poröser wird die Beschichtung. Durch ein maschinelles Rühren und die gleichzeitige Homogenisierung kann die gewünschte flüssige bis cremige Beschaffenheit laufend beibehalten werden, bevor ein Auftrag erfolgt.*

Hinweis:

*Es sollten große Flächen ohne Unterbrechungen angetragen werden. Falls ein mehrschichtiger Antrag erfolgt, muss dieser immer Nass in Nass gearbeitet werden. Die Oberfläche muss nach der Applikation ausreichend befeuchtet oder mittels Folien abgedeckt werden.*

*Um einen optimalen Verbund mit dem Untergrund erzielen zu können, muss dieser eine ausreichende Festigkeit aufweisen. Der gereinigte Untergrund muss gründlich vorgehängt werden. Wenn kein stehendes Wasser zu beobachten ist, aber die Oberfläche feucht ist, erfolgt ein Einreiben beziehungsweise Streichen der Zementschlämme, die zuvor mechanisch gerührt und dann sofort auf die Oberfläche appliziert wird, um eine Sedimentation einzelner Bestandteile zu vermeiden.*

Möglichkeiten und Grenzen von Zementschlämmen:

Portlandzementschlämmen eignen sich nicht als Schutz- und Opferschicht für Natur- und Kunststein, sofern dieser porös oder gefüegegeschwächt ist. Wenn der Untergrund hingegen dicht ist, dann erübrigt sich die Schutzfunktion. Wenn Betonbewehrungen bereits korrodiert sind, reicht eine Zementschlämme als Oberflächenschutz nicht aus. Das gleiche gilt bei einem kritischen Chloridgehalt im bewehrten Beton. Damit reduziert sich der Einsatz solcher Schlämmen weitgehend auf eine ästhetisch egalisierende Funktion, wobei hier zu beachten ist, dass Sichtbeton- und Steinputzoberflächen ihr strukturiertes Erscheinungsbild und ihre Materialästhetik einbüßen können. Grundsätzlich ist das Anlegen einer Musterfläche unerlässlich, unter anderem um Tendenzen zur Kalkschleierbildung abschätzen zu können.

## 9.5. Silikatschlämmen

### Einleitung:

Schlämmen auf der Bindemittelbasis von Wassergläsern oder Kieselsol-Silikatgemischen zeichnen sich, ähnlich wie Schlämmen auf Silikonharzbasis, durch ihren anstrichartigen Charakter aus, d.h. sie werden in eher geringen Schichtdicken aufgetragen. Wünschenswerte Kennwerte für dieses Anstrichsystem im weiteren Sinne werden durch das WTA Merkblatt 2-12-13 spezifiziert. Die unterschiedlichen Schlämmtypen der silikatischen Bindemittelgruppe können grundsätzlich sowohl in hydrophiler wie auch hydrophober Form eingestellt werden. Im Vergleich mit mineralischen Schlämmen auf Kalk- bzw. Romanzementbasis besitzen silikatische Schlämmen infolge ihres Mikrogefüges im Allgemeinen eine geringere Saugfähigkeit.

### Materialkomponenten:

Die wesentlichen Materialkomponenten für eine silikatische, wasserglasbasierte Schlämme sind anorganische Pigmente, mineralische Füllstoffe und das flüssige Bindemittel Kaliwasserglas. Im Falle einer SolSilikat-Rezeptierung besteht das Bindemittel aus einer Mischung von wasserlöslichem Silikat (d.h. Wasserglas) und Kieselsol. Um eine verbesserte Verarbeitung und Lagerfähigkeit zu erreichen, wird in beiden Fällen bis max. 5 M% (Festkörper bezogen auf den Anlieferungszustand) organische Bestandteile zugegeben.<sup>42</sup> In Abhängigkeit vom Anforderungsprofil kann die Schlämme hydrophob eingestellt werden.

Eine lichtbeständige Farbgebung wird ausschließlich durch anorganische, alkalistabile Pigmente erreicht. Das Anstrichsystem (hier in schlämmartiger Konsistenz) bindet durch Eindringen des Bindemittels Kaliwasserglas in den Untergrund und dem Eingehen einer chemischen Verbindung mit diesem beim Trockenvorgang ab („Verkieseln“).<sup>43</sup> Die Bindung wird durch den Zusatz von Kunstharzdispersion, die zur Anbindung eine physikalische Komponente beitragen, unterstützt. Im Falle der SolSilikat-Schlämme wird der Vorgang des Verkieselns durch den Aufbau physikalischer Wechselwirkungen zwischen Kieselsol und dem Untergrund, auch wenn dieser hydrophobe Eigenschaften aufweist, unterstützt.

### Rezepturen, Anmischung und Applikation:

Während die Bindemittelkomponenten eines Silikat- oder SolSilikatsystems durch den Hersteller erzeugt werden, bleibt den AnwenderInnen über die Zugabe von Wasser, Füllstoffen und Zuschlägen die Möglichkeit einer weitgehenden Anpassung offen. Das vorwiegende Risiko einer unsachgemäßen Rezeptur liegt in Witterungsanfälligkeit bzw. in ungenügender Haftung der Schlämme. Wenn diesbezügliche Zweifel bestehen, empfiehlt sich die Rücksprache mit Hersteller oder Fachlabor.

---

<sup>42</sup> nach DIN 18 363

<sup>43</sup> Siehe WTA Merkblatt 2-12-13

Ähnlich wie die Silikonharzschlämme sollte auf Grund der Komplexität der Rezeptur das Anmischen dieses Schlämmtypus einer industriellen Produktion vorbehalten sein. Wenn handelsübliche Produkte zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis führen, wird empfohlen, die notwendigen Modifizierungen durch einen materialtechnologisch versierten (Fach-)Planer in der Phase der Konzeptfindung erarbeiten zu lassen. Neben Definierung der objektspezifisch notwendigen materialtechnischen Eigenschaften der Schlämme, deren entsprechende Einstellung werksseitig erfolgt, kann die Optik der Schlämme durch gezielte Variierung der Pigmentierung (mit/ohne  $\text{TiO}_2$ ) und den zielgerichteten Einsatz farb- und strukturgebender Zuschläge beeinflusst werden.

Für Silikatschlämmen werden zumeist in den Produktbeschreibungen vorausgehende Grundierungen vorgesehen. Dabei handelt es sich zumeist um verdeckte Konservierungsschritte, die entweder eine zu rigore Festigung oder Hydrophobierung mit sich bringen. Um Schadensrisiken zu vermeiden, sollten derartige Vorgangsweisen für wertvolle historische Oberflächen unterlassen werden. Falls der Einsatz von Silikon- oder Silikatschlämmen zu vertreten ist, sind die erforderlichen Konservierungs- und Restaurierungsschritte gemäß Schadensbild nach den Grundsätzen der Steinrestaurierung vor dem Auftrag einer Schlämme zu setzen.

#### Möglichkeiten und Grenzen von Silikatschlämmen:

Aus aktueller Sicht können Silikatschlämmen für silikatische Gesteinsarten (Quarzsandstein o.ä.) sowie für Untergründe in Betracht gezogen werden, die aufgrund älterer Festigungsbehandlungen wenig wasseraufnahmefähig sind. Bei zementhaltigen Materialien (Beton, Kunststein) kann eine Anwendung zwar technisch in Betracht kommen, wird aber in der Regel der denkmalpflegerischen Zielstellung der Erhaltung der Materialästhetik widersprechen. Die üblicherweise empfohlenen Vorbehandlungen des Untergrunds (Absäuern, Fixieren) sollten im Allgemeinen vermieden werden, Ausnahmen sind zu begründen. Grundsätzlich neigt jedes silikatische Beschichtungssystem zu einer Festigung des saugfähigen Untergrundes, die insbesondere bei wiederholter Anwendung zu einer Überfestigung und damit zur Schalenbildung führen kann. Für entfestigte Steine ist eine gesonderte Festigungsbehandlung in Erwägung zu ziehen.

Sollte die zu schlämmende Steinoberfläche nennenswerte Vergipsungen oder andere Salzbelastungen aufweisen, ist sowohl mit ungenügender Anbindung, als auch mit der Möglichkeit von sekundärer Schadsalzbildung zu rechnen. Für explizit hydrophobe oder kunstharzhaltige Untergründe dürften sich SolSilikatsysteme besser eignen.

Der besondere Vorteil silikatischer Schlämmsysteme besteht in der Möglichkeit eines witterungsstabilen, dünn-schichtigen Aufbaus bei gleichzeitig erheblicher Variabilität in ihrem optischen Erscheinungsbild. SolSilikatsysteme heben sich überdies durch den Umstand ab, dass sie spannungsärmer als reine Silikatschlämmen ausreagieren und die Oberfläche vergleichsweise weniger überfestigen.

Für alle Varianten des Silikatsystems ist eine hohe Alkalität der eingesetzten Materialien charakteristisch. Diese kann zur Mobilisierung löslicher Verbindungen im Untergrund und damit zu einer ungewollten optischen Veränderung der Oberfläche führen (z.B. Fleckenbildung in Folge von

historischen Ölbehandlungen). Die ist insbesondere bei der Ausführung heller Farbtöne von hoher Relevanz.

Die Applikation einer Silikatschlämme ist bisher in der österreichischen Denkmalpflege seltene Praxis, während Silikatanstriche häufiger zur Anwendung gelangen.

## 10. Dokumentation

Die Anwendung einer Schlämme ist aufgrund ihrer konservatorischen und ästhetischen Auswirkungen stets nachvollziehbar zu begründen:

- Generell ist die Abwägung darzulegen, weshalb eine Schlämme zum Einsatz kommt, dies auch im Vergleich zu anderen Optionen der Oberflächenbehandlung (z.B. Anstrich, Tünche).
- Die Kriterien für die Wahl des Schlammensystems sind zu dokumentieren.
- Die Rezeptur der Schlämme ist festzuhalten und die Hauptbestandteile (Bindemittel/Füllstoffe/Zuschläge und ggf. Wasser) in Raumteilen (RT) sind anzugeben.
- Bei Einbeziehung von Additiven/Zusatzstoffen/Hilfsstoffen und/oder Pigmenten sind diese in Massenprozent (M%), bezogen auf den Bindemittelanteil, anzuführen.
- Die Vorbereitung für eine Applikation, die Applikationsart der gewählten Schlämme, verwendete Werkzeuge und die Anzahl der Schichten sind anzugeben.
- Witterungsbedingungen, relative Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur, welche während und bis 28 Tage nach Abschluss der Arbeiten vorlagen, sind zu dokumentieren.
- Form und Intensität der Nachsorge sind festzuhalten.

### Beispiel für die Angaben zur Rezeptur:

a) RT Bindemittel (Fa. Musterfirma / Produktname samt Datenblätter im Anhang)

b) RT Zuschlag/Füllstoff (Korngröße: von bis in mm),

ggf. c) RT Wasser

d) M% (bezogen auf Bindemittel) Additive/Hilfsstoffe/Zusatzstoffe (Fa. Musterfirma / Produktname samt Datenblätter im Anhang)

e) M% (bezogen auf Bindemittel) Pigmente (Fa. Musterfirma / Produktname samt Datenblätter im Anhang)

## 11. Qualitätskontrolle

Als Qualitätskontrolle wird hier die Summe aller Prüfmaßnahmen verstanden, die unmittelbar nach Fertigstellung der Arbeiten erfolgen. Vorrangige Frage ist, ob das Restaurierziel technisch und ästhetisch erreicht wurde.

### 11.1. Technische Qualitätskontrolle

Um die gewünschten technischen Parameter nachweisen zu können, können folgende Tests hilfreich sein. Es handelt sich um Bausteine, die objekt- und anlassbezogen zum Einsatz kommen können:

- Wasseraufnahme der Oberfläche<sup>44</sup>, z.B. mittels Messung des Kontaktwinkels, Tropfentest, Contact Sponge Methode, Karsten'sches und/oder Mirowski Prüfröhrchen<sup>45</sup>
- Bei gewünschter Hydrophobizität ist der Abperleffekt mittels Wasser nachzuweisen.
- Abriebfestigkeit der geschlammten Oberfläche, z.B. mittels Wischtest, Pinseltest, Powerstripmethode<sup>46</sup>
- Oberflächenmessung des pH-Wertes, z.B. mittels Teststreifen, pH-Meter oder Phenophtalein zur Feststellung des Karbonatisierungsfortschritts bei Kalkschlämmen. Es ist zu beachten, dass die Karbonatisierung für sich alleine genommen kein Qualitätskriterium darstellt. Sie kann lediglich in Kombination mit anderen, vor allem mechanischen Parametern zur Qualitätsbewertung dienen.

### 11.2. Ästhetische Qualitätskontrolle

Um die ästhetischen Komponenten beurteilen zu können, sind folgende **Beobachtungen** notwendig:

- Visuelle Beurteilung der geschlammten Oberflächen (Oberflächenfarbe und -glanz, Oberflächenduktus und Auftragsstärke, Auftragstechnik, Haarrissbildungen und Luftporenansammlung)
- Beurteilung, ob die Oberfläche dem intendierten Erscheinungsbild entspricht.
- Farb- und Glanzmessungen

<sup>44</sup> Delphine Vandevoorde / Veerle Cnudde / Jan Dewanckele / Loes Brabant / Michael De Bouw / Vera Meynen / Eddy Verhaeven, Validation of in situ applicable measuring techniques for analysis of the water absorption by stone, *Youth in Conservation of Cultural Heritage, YOCOUCU 2012*, in: *Procedia Chemistry* 8 (2013), S. 317 - 327

<sup>45</sup> Delphine Vandevoorde / Veerle Cnudde / Jan Dewanckele / M.N. Boone / E. Verhaeven, Contact-Sponge Method: Performance Compared with Capillary Rise, Karsten Tube and Mirowski Pipe, in: *European Workshop on Cultural Heritage Preservation, EWCHP-2011*, Berlin 2011, S. 117-125

<sup>46</sup> Miloš Drdác / Jaroslav Lesák / Silvia Rescic / Zuzana Slížková / Piero Tiano / Jaroslav Valach, Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces, in: *Material and Structures*, April 2012, Volume 45, Issue 4, Springer, S. 505-520

## 12. Langzeitevaluierung

Als Langzeitevaluierung wird hier die Zustandsbewertung von Schlämme und Untergrund nach einem Zeitraum von mindestens einem Jahr nach dem Schlämmenauftrag bezeichnet. Wie bei der Qualitätskontrolle sind auch hier die im Auftrag definierten Parameter zu überprüfen. Als Hilfestellung für eine Evaluierung ist im Anhang ein Beurteilungsbogen zu finden. Neben den bereits im Kapitel 11 angeführten Punkten werden hier die Beschaffenheit des Untergrundes sowie die Verschmutzung, Verwitterung bzw. Veränderung der Schlämme mitberücksichtigt. Eine Probenentnahme für weiterführende Laboruntersuchungen kann in diesem Zusammenhang notwendig und gerechtfertigt sein.

Im Rahmen eines Monitoringprogramms sind Referenzkriterien festzulegen, die eine langfristige Zustandskontrolle gewährleisten.

### 13. Pflege und Wartung von geschlammten Oberflächen:

Als Pflege einer geschlammten Oberfläche sind all jene Maßnahmen zu verstehen, die zur Erhaltung der konservatorischen Funktion und des intendierten Erscheinungsbildes nötig sind. Eine Schlämme stellt selbst üblicherweise eine Pflegemaßnahme dar. Dieser funktionelle Aspekt ist bei der Erstellung eines Pflegekonzeptes stets zu berücksichtigen.

Abhängig vom Zustand der Schlämme kann die Pflege folgende Maßnahmen beinhalten:

- Reinigung:  
Bei fortgeschrittener Verschmutzung der Oberflächen kann je nach Art der Auflagerungen eine gezielte Reinigung durchgeführt werden.
- Partielle Ausbesserung der Schlämme:  
Wird lediglich ein bereichsweiser Verlust der Schlämme festgestellt, z.B. auf horizontalen Flächen oder in Sockelzonen, kann eine partielle Ausbesserung ausreichend sein. Hierbei ist zu beachten, dass der gleiche Schlämmertyp zur Anwendung kommt. Im günstigsten Fall wird diese Arbeit durch den/die Ausführenden der Erstschlämme durchgeführt.
- Neuschlämmen:  
Die Notwendigkeit der Wiederholung des flächigen Auftrags ist vor allem bei reinen Kalkschlämmen nach einigen Jahren zu erwarten und wird auch vorausgesetzt. Es handelt sich dabei nicht um ein Versagen der Schlämme, sondern entspricht ganz im Gegenteil der Opferfunktion der Beschichtung.

Generell weisen reine Kalkschlämmen eine kürzere Haltbarkeit auf als andere Schlämmenformen. Allerdings bestehen bei dieser aber auch geringere Risiken für die darunter befindliche Substanz.

Monitoring- und Pflegeintervalle sind, wenn möglich, in Form eines Wartungsvertrags zu definieren. Bei den mit Schmutzschlieren überzogenen Silikonschlämmen bzw. bei hydrophobierten Kalkschlämmen kann mit vorsichtigen Nachwaschungen mit reinem Wasser oft das Auslangen gefunden werden.

Als Nachweishilfen können wieder die gleichen Untersuchungsmethoden wie unter Kapitel 11 beschrieben herangezogen werden.



## 14. Literatúraauswahl

Ashurst, John

Limewashing, in: John Ashurst / Francis G. Dimes (Hg.), Conservation of Buildings and Decorative Stone, London 1991

Bayer, Karol | Slížková, Zuzana | Weber, Johannes (Hg),

Konservierung von Leithakalken auf Basis von Calciumhydroxid-Nanopartikel, Telč 2016

Bermoser, Iris

Kalkschlämme als Schutz – und Opferschicht auf Kalksandstein

Diplomarbeit, Universität für Angewandte Kunst Wien, Wien 2008

Blöchl-Wirts, Barbara

Kalkbeschichtungen in der Denkmalpflege. Untersuchungen zur Substratabhängigkeit feuchtetechnischer Eigenschaften von Anstrichen und Schlämmen in Mehrschichtsystemen, Dissertation, Universität Hannover, Hannover 2001

Brandes, Christian

Natursteinkonservierung durch Beschichtung. Untersuchungen zur Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Anstrichsystemen auf Natursteinen,  
Dissertation, Universität Hannover, Hannover 1995

Boué, Andreas

Farbe in der Steinrestaurierung. Fassung und Schutz, 2. Workshop des Institutes für Bauchemie Leipzig e.V., Kloster Nimbschen 11. und 12. Juni 1999, Stuttgart 2000

Bundesdenkmalamt

Leitfaden – Zustandserhebung und Monitoring an Wandmalerei und Architekturoberfläche, Wien 2012

Cechova, Eva

The Effects of Linseed Oil on the Properties of Lime-based Restoration Mortars, Dissertation, UNI Bologna, Bologna 2009

Drdácký, Miloš | Lesák, Jaroslav | Rescic, Silvia | Slížková, Zuzana | Tiano, Piero | Valach, Jaroslav  
Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces, in: Material and Structures, April 2012, Volume 45, Issue 4, Springer, S. 505-520

Drdácký, Miloš | Hasníkova, Hana | Lesák, Jaroslav | Zima, Pavel

Innovated water uptake measurements on historic stone surfaces, 12<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, New York 2012

Euler-Rolle, Bernd | Bundesdenkmalamt  
ABC Standards der Baudenkmalpflege  
Wien 2014

Ghaffari, Elisabeth  
Die historischen Farbfassungen der barocken Brunnenanlagen im Schlosspark Schönbrunn und die Möglichkeiten ihrer Rekonstruktion, Diplomarbeit, Universität für Angewandte Kunst Wien, Wien 2005

Gurtner, Christian | Hilbert, Georg | Hughes, Dave | Kozłowski, Roman | Weber, Johannes  
Manual on best Practice in the Application of Roman Cements, EU –Project No 226898, ROCARE FP7-ENV-2008-1, 2012

Hackel, Andrea  
Öl-Bleiweißfassung auf Stein im Außenbereich, Diplomarbeit, Universität für Angewandte Kunst Wien, Wien 2012

Herm, Christoph  
Anstriche auf Naturstein. Untersuchungen zur Zusammensetzung historischer Fassungen, Kolloidchemie von Kalkfarbe und Bauphysik, Dissertation, Ludwig-Maximilians Universität München, 1997

Herm, Christoph | Boué, Andreas (Hg.)  
Kalkfarben auf Naturstein, in: Farbe in der Steinrestaurierung. Fassung und Schutz, 2. Workshop des Institutes für Bauchemie Leipzig e.V., Kloster Nimbschen 11. und 12. Juni 1999, Stuttgart 2000, S. 73-81

Hilbert, Georg  
Farbfassungen von Natursteinen im Siliconfarbsystem, Zusammenhänge zwischen Rezeptierung und bauphysikalischen Eigenschaften, in: Andreas Boué (Hg.), Farbe in der Steinrestaurierung. Fassung und Schutz, 2. Workshop des Institutes für Bauchemie Leipzig e.V., Kloster Nimbschen 11. und 12. Juni 1999, Stuttgart 2000, S. 75 ff.

Koller, Manfred | Nimmrichter, Johann | Paschinger, Hubert | Richard, Helmut  
Opferschichten in der Steinkonservierung – Theorie und Praxis, in: Restauratorenblätter 17. 20 Jahre Steinkonservierung 1976 – 1996, Wien – Klosterneuburg 1997, S. 143 – 150

Koller, Manfred  
Denkmal-Pflege mit „Opferschichten“: in: ÖZKD XLIII, Wien 1989, S. 48 – 53

Koller, Manfred

„Steinfarbe“ und „Ziegelfarbe“ in der Architektur und Skulptur vom 13. – 19. Jahrhundert, Teil II, in: Restauro, Band 1 und Band 2, München 2003

Meyer, Udo

Schlämmen für Natursteinmauerwerk – Anforderungen, Eigenschaften, Prüfverfahren, Applikation, in: Werkstoffwissenschaften und Bausanierung, Teil II, WTA Esslingen 1993, S. 1025 – 1035

Nimmrichter, Johann

Evaluierung von Konservierungsmaßnahmen an steinernen Denkmälern in Österreich, in: Anja Diekamp (Hg.), Naturwissenschaft und Denkmalpflege, Innsbruck 2007, S. 245 – 262

Nimmrichter, Johann | Koller, Manfred

Opferschichten auf Kalksandstein und Kalkstein – Langzeitperspektiven einer präventiven Konservierungsmethode, in: Wilhelm Weidinger (Hg.), Turm-Fassade-Portal, Regensburg 2001, S. 121 ff.

Nimmrichter, Johann | Koller, Manfred | Paschinger, Hubert | Richard, Helmut

Sacrificial Layers for Conservation of Calcareous Stones in Austria – Theory, Practice and Evaluation, in: Vasco Fassina (Hg.), Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice 2000, S. 903-912

Pearson, Gordon T.

Conservation of Clay and Chalk Buildings, London 1992

Rohatsch, Andreas | Trauninger, Daniela

Beschichtungssysteme auf Natursteinoberflächen – Möglichkeiten und Grenzen, in: BuFAS e.V. (Hg.), 20. Hanseatische Sanierungstage, Heringdorf / Usedom 2009

Rohatsch, Andreas | Beseler, Susanne | Hodits, Barbara | Nimmrichter, Johann | Weber, Johannes

Beschichtungen auf Natursteinoberflächen, in: BuFAS e.V. (Hg.), 25 Jahre Feuchte und Altbausanierung 25. Hanseatischen Sanierungstage, Heringsdorf / Usedom 2014

Simon, Stefan | Snethlage, Rolf | Heinrich, Kurt

Illustriertes Glossar der Verwitterungsformen von Naturstein, ICOMOS / ISCS Monuments and Sites XV, Petersberg 2010

Stadlbauer, Erwin | Niemeyer, Rolf

Anstrichsysteme und Lasuren als Schutz- und Verschleißschichten, in: Rolf Snethlage / Michael Auras / Jeannine Meinhardt (Hg.), Leitfaden Naturstein-Monitoring, Nachkontrolle und Wartung als zukunftsweisende Erhaltungsstrategien, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2011, S.174 ff.

Teutonico, Jeanne Marie

The English Heritage Directory of Building Limes, Manufacturers and Suppliers of Building Limes in the United Kingdom and the Republic of Ireland, Cromwell Press Ltd., Shaftesbury 1997

Trauninger, Daniela  
Anstriche als Schutzschichten auf Natursteinoberflächen, Dissertation  
TU Wien, Wien 2012

Trauninger, Daniela  
Coatings on Natural Stone Surfaces, in: 2nd WTA-International – Building Materials and Building Technology to preserve the Built Heritage, Brno 2011

Vandevorde, Delphine | Cnudde, Veerle | Dewanckele, Jan | Verhaeven, E. | Boone, M.N.,  
Performance Compared with Capillary Rise, Karsten Tube and Mirowski Pipe, in: European Workshop on Cultural Heritage Preservation, EWCHP-2011, Berlin 2011, S. 117-125

Vandevorde, Delphine | Cnudde, Veerle | Dewanckele, Jan | Brabant, Loes | De Bouw, Michael | Meynen, Vera | Verhaeven, Eddy  
Validation of in situ applicable measuring techniques for analysis of the water absorption by stone, Youth in Conservation of Cultural Heritage, YOCOCU 2012, in: Procedia Chemistry 8 (2013), S. 317 - 327

Weber, Johannes  
Natural cements on the European market – their microstructural features and mortar properties, - Proc. 16th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Les Diablerets, 14 - 17 May 2017

Weber, Johannes | Gurtner, Christian  
Romanzement. Das wiederentdeckte Bindeglied zwischen hydraulischem Kalk und Portlandzement, in: Restauro Band 4, München 2013

## **Normen**

ÖNORM EN 1925  
Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten infolge Kapillarwirkung, 1999 nach DIN 18 363, WTA Merkblatt 2-12-13

ÖNORM EN 1062-3  
Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich - Teil 3: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit, 2008

ÖNORM EN ISO 15148  
Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen, 2016

ÖNORM EN 15801  
Erhaltung des kulturellen Erbes – Prüfverfahren – Bestimmung der Wasserabsorption durch Kapillarität, EN 15081, 2010

ÖNORM EN 197-1

Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement, 2014

ÖNORM EN 459-1

Baukalk - Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien, 2015

Ort:	
Objekt:	
Datum:	
BearbeiterIn:	
Genauere Lokalisierung:	FOTO (Gesamtaufnahme):
Orientierung (Himmelsrichtung, straßenseitig bzw. Innenhof, etc.):	

**ART UND BESCHAFFENHEIT DES UNTERGRUNDS**

Art des Untergrunds, z.B. Gesteinsbezeichnung oder Gesteinstypus (z.B. poröser Kalkstein/Sandstein etc.)
Vermutete wesentliche Risikofaktoren für das Objekt, z.B. Schlagregen/abrinrendes Wasser/Staubablagerung/etc.

**RESTAURIERGESCHICHTE AUF BASIS VON DOKUMENTATIONEN**

Zeitpunkt der letzten Schlämmung:	FOTO:
	(Detailaufnahme)
Ausführender:	
Schlämmerezeptur:	
Details zur Applikation:	

## ZUSTAND, BEURTEILUNG IN-SITU

Gesamterscheinung:

schlecht       mittel    sehr gut

Schlämme noch vorhanden:

zu 100%    zwischen 100 u. 50%    unter 50% bis nicht mehr vorhanden

Biogener Befall sichtbar:

stark    mittel       keiner

Verschmutzung:

stark    mittel       keine

Rissbildung

stark    mittel       keine

Verfärbungen / Fleckenbildung

stark    mittel       keine

Die Schlämme kreidet:

nicht    leicht    stark

Haftung am Gestein:

gut       mittel       schlecht

*Falls mittel oder schlecht: Angaben zu Art des Haftungsmangels, z.B. Schuppen, Schollen, Blasen, Sanden*

Falls die Haftung getestet wurde bitte Testart („Pinseltest“, Wishtest, Power Stripes...) und Ergebnisse eintragen:

Falls ursprünglich hydrophob eingestellt, Resthydrophobizität:

gut     mittel     nicht mehr erkennbar

Falls die Wasseraufnahmefähigkeit oder die hydrophoben Eigenschaften der Oberfläche getestet wurden, bitte Testart (Sprühflasche, Tropfentest, Karsten'sches oder Mirowski Prüfröhrchen, Contact Sponge...) und Ergebnisse eintragen:

Die Schlämme hat sich insgesamt bewährt:

ja     zum Teil     nein

Anmerkungen:

#### **ZUSTAND gem. LABORUNTERSUCHUNGEN nach PROBENAHEME**

Entnahmestelle:

FOTO

Art der Probe:

Präparationsart:

Untersuchungsmethode:

Datum der Probenübergabe:

Bearbeiter bzw. beauftragtes Labor:



## ERGEBNISSE

Kurzcharakterisierung der befundeten Schlämme im Hinblick auf Zusammensetzung, Gefüge und Erhaltungszustand:

Nachgewiesene Abweichungen von den im Bericht angegebenen Rezepturen:

Gips- bzw. Salzbelastung auf bzw. in der Schlämme

- keine Belastung       geringe Belastung    hohe Belastung  
 keine Angaben

Gips- bzw. Salzbelastung des Untergrundes

- keine Belastung       geringe Belastung    hohe Belastung  
 keine Angaben

Gefügezustand der Schlämme (mikroskopische Beurteilung):

- gut     mittel       schlecht

Ev. Beschreibung von Kornbindung, Porosität und Porenstruktur, Lagenbau, etc.

Gefügezustand des Gesteins unmittelbar unter der Schlämme:

- in Ordnung     teilgeschädigt    gänzlich geschädigt

Interpretation ev. befundeter Mängel oder Schäden