

DIN EN 17138

ICS 97.195

Einsprüche bis 2017-08-23

Entwurf

**Erhaltung des kulturellen Erbes –
Verfahren und Materialien für die Reinigung von porösen inorganischen
Materialien;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17138:2017**

Conservation of cultural heritage –
Methods and materials for cleaning porous inorganic materials;
German and English version prEN 17138:2017

Conservation du patrimoine culturel –
Méthodes et matériaux pour le nettoyage des matériaux inorganiques poreux;
Version allemande et anglaise prEN 17138:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-06-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann
im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-
Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6,
10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 126 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17138:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 346 „Erhaltung des kulturellen Erbes“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI (Italien) gehalten wird.

Das zuständige Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-01-36 AA „Erhaltung des kulturellen Erbes (SpA zu CEN/TC 346)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Erhaltung des kulturellen Erbes — Verfahren und Materialien für die Reinigung von porösen inorganischen Materialien

Conservation du patrimoine culturel — Méthodes et matériaux pour le nettoyage des matériaux inorganiques poreux

Conservation of cultural heritage — Methods and materials for cleaning porous inorganic materials

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Anforderungen und allgemeine Überlegungen, welche die Reinigungsentscheidungen beeinflussen.....	10
5 Vorbereitende Untersuchung zur Optimierung des Reinigungsauswahlprozesses	11
5.1 Vorbereitende Zustandsaufnahme	11
5.2 Feststellung des Trägermaterials und Charakterisierung unerwünschter Materialien.....	12
6 Auswahl des Reinigungsverfahrens.....	13
7 Testreinigungsbereiche	13
8 Reinigungsverfahren.....	14
8.1 Reinigung mit Wasser	14
8.1.1 Allgemeines	14
8.1.2 Nebelartiges Sprühen oder pulsierendes Nebelsprühen.....	15
8.1.3 Wassersprühen bei niedrigem Druck	18
8.1.4 Die Injektion-Extraktions-Reinigung	19
8.1.5 Dampfreinigung	20
8.1.6 Wässrige Wicklungen oder Packungen mit saugfähigen Materialien.....	22
8.2 Mechanische Reinigung.....	25
8.2.1 Abschleifende Reinigung	25
8.2.2 Ablösesysteme	31
8.3 Chemische Reinigung	32
8.3.1 Allgemeines	32
8.3.2 Anwendung von organischen Lösungsmitteln.....	32
8.3.3 Anwendung saurer oder alkalischer Lösungen.....	34
8.3.4 Anwendung von Komplexbildnern	36
8.3.5 Anwendung von Tensiden	38
8.3.6 Anwendung von Ionenaustauschharzen	39
8.3.7 Biozidbehandlungen	41
8.3.8 Biologische Reinigung.....	43
8.4 Physikalische Reinigung	45
8.4.1 Laserstrahlreinigung.....	45
Anhang A (informativ) Wässrige Wicklungen	48
A.1 Allgemeines	48
A.2 Zusammensetzung der Materialien, die für Wicklungen verwendet werden.....	48
A.2.1 Allgemeines	48
A.2.2 Natürliche und synthetische Silikate	49
A.2.3 Cellulose- und Holz-Materialien.....	49
A.2.4 Gelbildungsmaterialien.....	49
Anhang B (informativ) Abschleifende Materialien	51

Anhang C (informativ) Löslichkeitsparameter von organischen Lösungsmitteln	52
Anhang D (informativ) Alkali- und Säuresubstanzen	57
D.1 Alkalibasierte Verbindungen.....	57
D.1.1 Ammoniumcarbonat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, Ammoniumbicarbonat NH_4HCO_3 und Ammoniumhydroxid NH_4OH	57
D.1.2 Natriumhydroxid NaOH , Kaliumhydroxid KOH	57
D.1.3 Ammoniumphosphat $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	57
D.2 Säurebasierte Verbindungen	58
D.2.1 Essigsäure (CH_3COOH)	58
D.2.2 Phosphorsäure (Orthophosphorsäure H_3PO_4)	58
D.2.3 Salzsäure.....	58
D.2.4 Flusssäure	58
D.2.5 Ammoniumbifluorid (Ammoniumwasserstofffluorid NH_4HF_2)	59
Anhang E (informativ) Komplexbildung und Komplexbildner	60
Anhang F (informativ) Tenside	62
Literaturhinweise.....	63

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17138:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 346 „Erhaltung des kulturellen Erbes“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Diese Norm verlangt die Anwendung von Substanzen und/oder Verfahren, die gesundheitsgefährdend sein können, wenn keine angemessenen Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden. Sie bezieht sich ausschließlich auf die technische Eignung und befreit den Anwender zu keinem Zeitpunkt von rechtlichen Verpflichtungen hinsichtlich Gesundheit und Sicherheit.

Einleitung

Reinigung ist die Entfernung unerwünschten Materials von einer Oberfläche oder oberflächennahen Bereichen eines Objekts.

Die Oberfläche eines Objekts wird entweder zur Konservierung und/oder Objektpflege gereinigt, oder um die Erscheinung zu verbessern.

Ein Objekt des kulturellen Erbes ist unersetzlich und die Auswirkungen einer Reinigung zur Konservierung des Objekts sind unumkehrbar. Wenn die technischen Probleme, die während einer Reinigung entstehen können, nicht berücksichtigt werden und sich mit diesen nicht befasst wird, kann eine unumkehrbare Beschädigung an einem Objekt verursacht werden. Kulturelles Erbe sollte unter Verwendung des Verfahrens gereinigt werden, das am wenigsten zerstörend/invasiv ist, damit es am besten erhalten wird.

Ferner kann eine unangemessene oder ungeeignete Behandlung Zerstörungsprozesse in der Zukunft verursachen oder verstärken oder Materialien eliminieren, die nicht dokumentiert sind oder die ein besseres Verständnis der Geschichte des Objekts ermöglichen würden.

Die Materialien, die entfernt werden sollen, können Änderungsprodukte der eingesetzten Materialien, Partikelverunreinigungen aus der Luft, Staub, Salzausblühung, teilweise oder vollständig lösliche Oberflächenablagerungen, Schichten aus absichtlich aufgetragenen Materialien, die entweder ungeeignet oder nicht mehr funktionell sind, Biofilme, Flechten, Moose enthalten.

Die Auswirkungen der Reinigungsarbeit sollten hinsichtlich einer wahrscheinlichen Wirksamkeit und potenziellen Beschädigung (Schädlichkeit) bewertet werden; diese Bewertung sollte während der Reinigungsvorgänge und auch langfristig ausgeführt werden, um die Reinigungsauswirkungen zu überwachen.

Eine Reinigung als Teil des Konservierungsplans beruht auf der Definition, welche Materialien entfernt und welche erhalten werden sollen. Zur Erfüllung dieser Aufgabe sollte unter den folgenden Anforderungen das geeignete Gleichgewicht gefunden werden: Selektivität, Wirksamkeit und Beherrschbarkeit.

Dieses Rahmendokument beschreibt die Reinigungssysteme anhand einer Liste technischer Daten, die für ihre Auswahl, Bewertung und Optimierung hilfreich sind, um eine korrekte und systematische Bewertung zu ermöglichen.

Die Reinigungsverfahren werden nach einer gemeinsamen Struktur beschrieben:

- a) Beschreibung;
- b) technische Daten (Faktoren, die das System definieren, das verwendet werden soll);
- c) Variablen (Faktoren, die von den Endanwendern angepasst, gesteuert oder geändert werden können, um den Prozess je nach Oberflächenzustand, Art und Stärke des Schmutzes usw. zu optimieren);
- d) Vorteile;
- e) Nachteile;
- f) Anwendungsbeispiele (indikative Situationen, in denen sich die Reinigungsverfahren als wirksam erwiesen haben).

Diese Norm erläutert die Verfahren und Anforderungen für eine Reinigung, die besonders für Naturstein, Keramik und Mörtel anwendbar sind. Das Vorhandensein empfindlicher Komponenten, die z.B. Stein-Lithologien oder gemalte Kunstwerke umfassen können, schließt die Anwendung einiger der Verfahren, die in diesem Dokument erläutert werden, aus. Die in der Norm angegebenen Anwendungsbeispiele sind solche aus der Praxis und sind nicht erschöpfend.

Die Norm soll allen Konservierungsfachleuten (Architekten, Sachverständige, Konservatoren/Restauratoren, Konservierungswissenschaftler usw.), die sich mit der Konservierung von Objekten beschäftigen, als Anleitung dienen. Diese Norm soll ein Referenzwerk für Organisationen sein, einschließlich Regierungsstellen und Behörden für kulturelles Erbe, die die Pflicht haben, Objekte des kulturellen Erbes zu erhalten.

1 Anwendungsbereich

Diese europäische Norm stellt die Leitlinien zur Auswahl der technischen Daten der Reinigung bereit, um das Reinigungsverfahren zu optimieren. Die grundlegenden Anforderungen für jedes spezifische Reinigungsverfahren werden vermittelt, um die Reinigungsarbeiten an spezifische Einzelfälle anpassen zu können.

Die Zielsetzung der Reinigung kann die Entfernung von allen Kombinationen unerwünschter Materialien sein, wie beispielsweise: Oberflächen- oder oberflächennahen Materialien, die eine gegenwärtige oder zukünftige Bedrohung für die Konservierung darstellen, Materialien, die eine Wahrnehmbarkeit des Objekts verhindern oder ihrer Art nach entstellend sind, Ablagerungen, die als unvereinbar mit dem historischen Wesen des Objekts einzustufen sind.

2 Normative Verweisungen

Es gibt in diesem Dokument keine normativen Verweisungen.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

poröses anorganisches Material

Naturstein, wie z. B. Sandstein, Kalkstein, Marmor, ebenso wie künstliche Materialien wie Mörtel, Putz, Ziegelstein und andere

[QUELLE: EN 15801:2010, 3.1]

3.2

Objekt

einzelne Ausdrucksform des materiellen Kulturerbes

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Norm wird die Bezeichnung „Objekt“ für bewegliches und ortsfestes Kulturerbe verwendet. In bestimmten fachlichen Zusammenhängen werden andere Bezeichnungen benutzt: z. B. „Artefakt“, „Kulturgut“, „Gegenstand“ (en: „item“), „Ensemble“, „Stätte“/„Flächendenkmal“ (en: „site“), „Gebäude“, „Erzeugnis“/„Stoffaufbau“ (en: „fabric“).

[QUELLE: EN 15898:2011, 3.1.3]

3.3

Probekörper

Teil des Materials eines Objekts, das als repräsentativ angesehen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Probekörper kann unterschiedlicher Herkunft und Folgendem entnommen sein:

- Materialien, die jenen ähnlich sind, aus denen der zu prüfende Gegenstand besteht (z. B. aus Steinbrüchen);
- speziell hergestellte Vergleichsmaterialien, z. B. Referenzmaterialien;
- verfügbare Materialien vom Objekt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anzahl und Maße der Probekörper können unterschiedlich sein, bedingt durch Schwierigkeiten bei der Entnahme der erforderlichen Materialmenge.

[QUELLE: EN 16302:2013, 3.3]

3.4

Reinigung

Entfernung unerwünschten Materials von einem Objekt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kriterien dafür, was „unerwünschtes Material“ ist, sind stets festzulegen, z. B. potentiell schädigendes Material, Detail verdeckendes Material, unästhetisches Material usw.

[QUELLE: EN 15898:2011, 3.5.3]

3.5

Reinigung mit Wasser

Reinigung, die eine Reihe verschiedener Systeme umfasst, die Wasser in flüssigem oder dampfförmigem Zustand verwenden

3.6

Nebelsprühen

Entwicklung einer Niederdruckwäsche mit Wasser, die durch einen Sprühnebel gekennzeichnet ist, der in Kontakt mit der Oberfläche des Objekts gelangt

3.7

Wassersprühen bei niedrigem Druck

Spray, das auf der Verwendung von Wasser mit niedrigem Druck beruht

3.8

abschleifende Reinigung

Reinigung, die alle Verfahren umfasst, die die Oberfläche des Objekts physikalisch abschleifen, um unerwünschte Materialien zu entfernen

3.9

Trockensandstrahlen oder Sandstrahlen

Trockenstrahlvorgang, bei dem ein Strom schleifender Partikel auf die Oberfläche eines Objekts abgegeben wird

3.10

Mikrostrahlen

Trockenstrahlvorgang, bei dem ein dünner Strom feiner schleifender Partikel auf die Oberfläche eines Objekts abgegeben wird

3.11

Nasssandstrahlen oder Hydrosandstrahlen

Blasen eines Gemischs aus Wasser und Strahlgut auf die Oberfläche des Objekts

3.12

Ablösesystem

Reinigungsverfahren bestehend aus der Anwendung eines filmbildenden Produkts, das nach einer Polymerisation abgezogen werden kann, um anhaftende Partikelmaterialien zu entfernen

3.13

Dampfreinigung

Reinigungsverfahren, bei dem Wasserdampf zur Reinigung eines Objekts verwendet wird

3.14

wässrige Wicklungen

Packungen

absorbierende Materialien (nicht-reaktive Packungen), die mit Wasser gemischt sind, um eine Paste zu bilden, die auf die Oberfläche des Objekts aufgetragen wird

3.15

Biozide

Substanzen, die Mikroorganismen, Tiere und Pflanzen abtöten können, die poröse Trägermaterialien besiedeln

3.16

biologische Reinigung

Reinigung unter Verwendung nicht pathogener Mikroorganismen zur Entfernung unerwünschter Substanzen (Sulfate, Nitrate, organische Stoffe usw.) von einer Oberfläche

3.17

Komplexbildner

Chelatbildner

organische Substanzen, die koordinative Bindungen mit Metallionen eingehen und eine stabile cyclische Struktur erzeugen

3.18

kryogene Reinigung

Trockeneisstrahlen

schleifende Reinigung, bei der Trockeneis, die Feststoffform von Kohlendioxid (stabil unter -78 °C), in einem Druckluftstrom beschleunigt und auf die Oberfläche des Objekts gerichtet wird

3.19

Ionenaustauschharze

im Wesentlichen Polymere, die Ionengruppen enthalten, die über eine schwache Bindung an ihre Makromoleküle gebunden sind und folglich die Möglichkeit haben, die Ionengruppen mit den vorhandenen Ionen im umgebenden Medium auszutauschen

3.20

Laserstrahlreinigung

Reinigung, die in der Entfernung unerwünschter Oberflächenmaterialien von einem Trägermaterial unter Verwendung von Laserbestrahlung besteht

3.21

Tensid

Substanz, die die Oberflächenspannung des Mediums, in dem sie aufgelöst ist, und/oder die Grenzflächenspannung mit anderen Phasen verringert und die dementsprechend positiv in Flüssigkeit/Dampf und/oder an anderen Grenzflächen adsorbiert wird

3.22

toxisch

Substanzen und Zubereitungen, die, wenn sie inhaliert oder eingenommen werden oder wenn sie in die Haut penetrieren, eine schwere, akute oder chronische Gefahr für die Gesundheit, sogar mit Lebensgefahr, darstellen können

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Richtlinie 67/548/EWG.

3.23

Toxizität

Grad, mit dem eine Substanz toxisch ist

4 Anforderungen und allgemeine Überlegungen, welche die Reinigungsentscheidungen beeinflussen

Die Reinigungsbehandlung sollte sowohl unerwünschte Materialien von der Oberfläche als auch im Volumen des Trägermaterials wirksam entfernen (Wirksamkeit) und sollte die Wahrscheinlichkeit einer zukünftigen Zustandsverschlechterung (Schädlichkeit) nicht erhöhen.

Daher muss ein Reinigungsverfahren die folgenden Kriterien erfüllen, um eine „konservierende Behandlung“ zu sein:

- a) es sollte nicht die Möglichkeit vergrößern, dass reaktive chemische Verbindungen nachteilige Reaktionen mit den Materialien haben, die konserviert werden sollen;
- b) es sollte keine dauerhaften oder flüchtigen Reste am oder im Objekt hinterlassen, die schädlich sein könnten oder in der Lage sind, die Morphologie oder die Farbe der Oberfläche zu verändern (z. B. Ausblühungen, Flecken, Halos);
- c) es sollte keine physikalisch-mechanische Beschädigung am Objekt verursachen (einschließlich Erosion, Kohäsionsverlust, Ablösung oder Bildung von Mikrorissen, Erhöhung der Porosität);
- d) es sollte die Deckschichten der Oberfläche berücksichtigen, einschließlich der ursprünglichen Oberfläche und aller nachfolgenden Hinzufügungen von künstlerischem oder historischem Wert (Lackierung, Patina usw.) oder ursprünglichen Werkzeugspuren auf der Oberfläche;
- e) es sollte ein Niveau an Oberflächentopografie vergleichbar mit der ursprünglichen Oberfläche beibehalten oder, wenn möglich, wiederherstellen;
- f) es sollte nicht auf eine Weise durchgeführt werden, dass die Gesundheit von Bewohnern des Gebäudes oder Arbeitern gefährdet wird; die mögliche Toxizität der Produkte muss berücksichtigt werden;
- g) es sollte das Risiko eines Schadens an persönlichem oder öffentlichem Eigentum minimieren;
- h) es sollte erfordern, dass die praktischen Aspekte der Behandlung gebührend bedacht werden, um potenzielle Probleme bei Wirksamkeit und Anwendung zu minimieren.

Da kein Gebäude, keine Umgebung, kein Objekt, keine Verfallsgeschichte notwendigerweise identisch ist, ist zu erwarten, dass sich die Lösungen unterscheiden werden. An einem Objekt kann eine Reihe von verschiedenen Zersetzungsmerkmalen auftreten, die den Einsatz verschiedener Verfahren notwendig machen.

Jedes Konservierungsprojekt sollte sorgfältig überdacht werden, wobei die vorherigen Erfahrungen mit dem Objekt (oder ähnlichen Objekten) und die verfügbaren Materialien und Verfahren, die hilfreich sein könnten, berücksichtigt werden sollten. Es sollte aber nicht davon ausgegangen werden, dass sie in jedem Fall vollständig anwendbar sind.

Einige Ablagerungen lassen sich nicht vollständig von Oberflächen entfernen, ohne eine übermäßige Beschädigung zu verursachen. In diesem Fall können restliche oder ungleichmäßige Spuren zurückbleiben, die nicht unbedingt auf eine qualitativ schlechte Reinigung hinweisen.

Bevorzugt werden Verfahren, die eine sorgfältige Kontrolle und Bewertung ermöglichen, und die vom Anwender unterbrochen werden können.

Die Wirksamkeit jedes Verfahrens sollte für jede spezifische Situation bewertet werden. Vorherige Labortests sollen dazu dienen, die potenzielle Gefahr sowie die wahrscheinliche Wirksamkeit des Verfahrens für jede Art poröser Materialien zu definieren. Besondere Beachtung sollte der chemischen Natur des verwendeten Produkts, dem Reinigungsprozess, der Vorgehensweise und der Dauer der Anwendung

gewidmet werden. Verfahren und Produkte, die in anderen Fällen harmlos sind, können eine Beschädigung verursachen, wenn sie falsch angewendet werden.

Im Fall gut verfestigter Materialien ist eine Reinigung normalerweise der erste Vorgang, der auszuführen ist. Wenn sich Objekte in einem fortgeschrittenen Zersetzungszustand befinden oder ihnen eine natürliche Kohäsion fehlt, sollte eine vorherige Verfestigung und ein Schutz der Oberfläche mit Seidenpapier vor einer Reinigung in Betracht gezogen werden. Es sollte beachtet werden, dass eine solche Behandlung die eventuelle Auswahl des Reinigungsverfahrens beeinflussen und es erschweren kann, biologische Zersetzungsstoffe, wie z. B. Cyanobakterien, Algen, Flechten und Moose und andere unerwünschte Materialien, die tief in das Trägermaterial eingedrungen sind, zu eliminieren.

Im Fall geschnittener Oberflächen oder aller anderen Oberflächen von besonderer historischer und/oder künstlerischer Bedeutung, sollten abgeplatzte Teile und Bruchstücke wo immer möglich beibehalten und nicht absichtlich entfernt werden.

Es sollte auch beachtet werden, dass das Endergebnis der Reinigung vom Wissen und der Fähigkeit des Konservators/Restaurators, der Güte der Materialien und den angewendeten Verfahren abhängt.

5 Vorbereitende Untersuchung zur Optimierung des Reinigungsauswahlprozesses

5.1 Vorbereitende Zustandsaufnahme

5.1.1 Es sollte eine vorbereitende Zustandsaufnahme nach EN 16095 und EN 16096 durchgeführt und dabei besonders die folgenden Elemente berücksichtigt werden:

- a) historische Informationen über vorherige Konservierungsarbeiten (Reinigung/Behandlung);
- b) Beschreibung der Art der einzelnen konstituierenden Materialien und deren Zuordnung am Objekt durch Sichtkontrolle;
- c) Beschreibung und Zuordnung der verschiedenen Verfallsarten durch Sichtkontrolle;
- d) Beschreibung und Verortung von Spuren vorheriger Reinigungsvorgänge, wenn sie durch eine Sichtkontrolle festzustellen sind;
- e) Untersuchung des Umweltkontexts. Ein volles Verständnis des Kontexts des Standorts sollte erlangt werden, um Umweltzersetzungsfaktoren, die sich aus dem Reinigungsprozess ergeben können, zu minimieren;
- f) Feststellung möglicher Testbereiche;
- g) Hintergrundinformationen zur Empfindlichkeit von Trägermaterialien als Anleitung im Vorfeld zur Auswahl der Reinigungsverfahren.

5.1.2 Es sollten Aufzeichnungen über vorbereitende Arbeiten von Bedeutung am Objekt geführt werden, einschließlich:

- a) Fotos des Objekts, die den Zustand und die Erscheinung zeigen, bevor eine Reinigung durchgeführt wird;
- b) Zeichnungen der verschiedenen Materialien, aus denen das Objekt des kulturellen Erbes besteht;
- c) Zeichnungen, welche die Beschaffenheit unerwünschter Materialien (Stärke und Art) und den Zustand des Objekts zeigen.

Es ist immer ratsam, für Labortests Proben des Trägermaterials und von unerwünschten Materialien zu nehmen, damit die Materialien und ihre Verfallsprodukte genau identifiziert werden können und folglich das am besten geeignete Reinigungsverfahren ausgewählt werden kann.

5.2 Feststellung des Trägermaterials und Charakterisierung unerwünschter Materialien

5.2.1 Nach dieser vorbereitenden Zustandsaufnahme sollten die zu reinigenden Objekte sorgfältig untersucht werden, und es sollte eine Analyse/Test unter Verwendung des folgenden Ablaufs durchgeführt werden:

- a) jedes einzelne konstituierende Material sollte mit ausreichendem Detail identifiziert werden, damit eine Reinigung mit minimalem Risiko für das Objekt vorgenommen werden kann. Es ist wichtig, dass die chemischen, mineralogischen und strukturellen Eigenschaften des Materials, aus dem das Objekt besteht, und die Eigenschaften des Trägermaterials nahe der äußeren Oberfläche bekannt sind. Dies ist eine genauere Bewertung von 5.1.1 b);
- b) der Zustand des Objekts und der verbundenen Materialien sollte bewertet und erfasst werden (digitale Aufzeichnung), dies gilt auch für die Art und Auswirkungen früherer Behandlungsvorgänge, siehe 5.1.1 c) und d);
- c) der Umfang, die Art, Stärke und Verteilung der Materialien, die zu entfernen sind, sollte identifiziert werden. Die Schicht der unerwünschten Materialien und die veränderte Oberfläche des Trägermaterials sollten während der Untersuchungsphase voneinander unterschieden werden, sodass das Niveau der Reinigung ausgewählt werden kann;
- d) das Vorhandensein von Oberflächenarbeiten und/oder absichtlicher Schichtung, wie z. B. Deck-, Farb- und polychrome Schichten, sollte identifiziert werden;
- e) Bewertung der mittel- und langfristigen Wirksamkeit und Schädlichkeit der zu verwendenden Reinigungsprodukte und -verfahren mittels vorherigen Labortests.

5.2.2 Die Dicke von unerwünschten Materialien auf Oberflächen eines Objekts kann von wenigen Mikrometern bis zu einigen Millimetern variieren, und eine Reinigung kann eine Entfernung von einem oder mehreren der folgenden Materialien umfassen, die als am weitesten verbreitet gelten:

- a) atmosphärische Partikel, die oftmals aneinander gebunden sind, sowie die Mauerwerkoberfläche, entweder Calciumsulfat, Calciumcarbonat oder Silica, je nach Trägermaterial;
- b) Biofilme, die aus heterotrophen Bakterien, Cyanobakterien, Algen, Pilzen, Flechten bestehen;
- c) Mörtelspritzer und verlaufener Mörtel;
- d) Ablagerungen von Calciumcarbonat aus kalkreichem Mauerwerk;
- e) ausgeblühte Salze;
- f) Vogelkot;
- g) Farbe und Graffiti;
- h) Vögel verscheuchendes Gel;
- i) Öle und Wachse;
- j) Flecken;

k) vorherige Behandlungen oder von vorherigen Behandlungen herrührende Reaktionsprodukte.

5.2.3 Es sollten Aufzeichnungen über vorherige Arbeiten von Bedeutung am Objekt geführt werden, einschließlich Zeichnungen (Fotos oder Analysen) von:

- i) den verschiedenen Materialien, aus denen das Objekt des kulturellen Erbes besteht, wenn abweichend von 5.1.1 b),
- ii) Umfang, Art, Stärke und Verteilung der Materialien, die zu entfernen sind, und vom Zustand des Objekts, wenn abweichend von 5.1.1 c) und d),
- iii) den Oberflächenarbeiten und Deck-, Farb- und polychrome Schichten,
- iv) der Stelle der Probenentnahme.

Technische Daten und andere Dokumente, die für ein Reinigungsprojekt erforderlich sein können, sollten in ausreichendem Detail vorbereitet werden, um bei der Erstellung der Kostenvoranschläge und bei der Ausführung der Arbeiten als geeignete Anleitung zu dienen. Kopien aller relevanten Dokumente sollten allen betroffenen Parteien verfügbar sein, auch dem Personal vor Ort, das für die Überwachung verantwortlich ist. Die Dokumente sollten aufbewahrt werden, um vor weiteren Bewertungen oder Arbeiten Hintergrundinformationen bereitzustellen. Nach diesen Aufnahmen sollte die Entscheidung darüber getroffen werden, welche Reinigungsverfahren ggf. geeignet sind.

6 Auswahl des Reinigungsverfahrens

Nach der vorbereitenden Zustandsaufnahme und Identifizierung des Trägermaterials und unerwünschter Materialien (siehe 5.2) sollte unter den in Abschnitt 8 angeführten Reinigungsverfahren ein geeignetes ausgewählt werden.

Da ein Reinigungsprozess vielfache Anwendungen eines Systems oder mehrere Entfernungssysteme umfassen kann, sollten Tests vor Ort durchgeführt werden.

Wirksamkeit und Eignung der getesteten Produkte und Verfahren (siehe Abschnitt 7) müssen einer vorherigen Bewertung unterzogen werden.

Da ein einzelnes Objekt aus einer komplexen Vereinigung von Merkmalen bestehen kann, die sich durch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften unterscheiden, kann die Expertise eines Teams aus Fachleuten, die jeweils auf einem definierten Wissensgebiet spezialisiert sind, notwendig sein, um einen Konservierungsplan zu erstellen, der mehrere verschiedene Produkte und Verfahren verwendet.

7 Testreinigungsbereiche

Das Ziel einer Reinigung eines Testbereichs sollte sein, Folgendes zu bestimmen:

- a) die Eignung des Reinigungsverfahrens für das Objekt, seinen Zustand und die Oberflächenablagerungen;
- b) den Grad der Reinigung, der erreicht werden kann, und seine Angemessenheit.

Reinigungsprozesse sollten vorher an Oberflächen des Objekts getestet werden, die stellvertretend für alle Oberflächen sind, auf denen die Reinigung ausgeführt werden soll. Wenn möglich, sollten sich die Testbereiche an unauffälligen Stellen befinden, und sie sollten in jedem Fall klein sein, für den Fall, dass entschieden wird, mit der Reinigung nach dem Test nicht fortzufahren.

Wenn verschiedene Reinigungsverfahren getestet werden, müssen jene, die am wenigsten schädlich sind (als schädlich erachtet/angenommen werden), zuerst getestet werden. Schädlichere Verfahren sollten nur bei Bedarf getestet und angewendet werden.

Über die Testreinigung und die Stellen der Testbereiche sollte eine detaillierte Aufzeichnung geführt werden.

Diese sollte zur Bezugnahme über die Dauer des Reinigungsablaufs aufbewahrt werden.

Die Testreinigung sollte von Personen beobachtet und bewertet werden, die für die Erstellung der technischen Daten der Reinigung verantwortlich sind. Die Testbereiche sollten für eine Inspektion durch die zuständigen Behörden verfügbar sein.

Die Testreinigung sollte im Vorfeld vereinbart und von geschulten und erfahrenen Fachleuten ausgeführt werden, die mit einer Vielfalt an Reinigungssystemen vertraut sind.

Die Testbereiche sollten, wenn dies hilfreich ist, in nassem und trockenem Zustand bewertet werden.

Eine umfassende Bewertung sollte enthalten:

- a) potenzielle Beschädigung des Objekts als Resultat der Reinigung;
- b) aus dem Reinigungsprozess resultierende Farbänderungen;
- c) die allgemeinen Veränderungen am Aussehen der Oberfläche des Objekts nach der Reinigung;
- d) die Wirksamkeit der Entfernung der unerwünschten Materialien.

8 Reinigungsverfahren

8.1 Reinigung mit Wasser

8.1.1 Allgemeines

Eine Reinigung mit Wasser umfasst eine Reihe verschiedener Systeme unter Verwendung von Wasser in flüssigem oder dampfförmigem Zustand.

Wasser kann auf verschiedene Arten zugeführt werden – als Nebel aus Tröpfchen, Sprühnebel, Dampf usw. – oder in einem Gel oder Packungsmedium enthalten sein.

Die Lösungsmittelwirkung von Wasser wird hauptsächlich von der Temperatur und der spezifischen Oberfläche der Tröpfchen beeinflusst, die mit der Oberfläche des Objekts in Kontakt treten. Zusätzlich zur Lösungsmittelwirkung gibt es aufgrund des Wasserkontaktdrucks eine mechanische Wirkung.

Wenn es der Zustand der Oberfläche erlaubt, kann die Wirkung des gesprühten Wassers durch eine sanfte mechanische Einwirkung, z B. unter Verwendung von weichen Nylonbürsten, verstärkt werden.

Vor Auswahl eines dieser Verfahren muss die Porosität des Materials bewertet werden, um die erforderliche Wassermenge und Dauer abzustimmen.

Die Leitfähigkeit des verwendeten Wassers muss generell weniger als 400 µS/cm betragen.

Im Fall historischer Gebäude sollten einige vorbereitende Arbeiten vor einer Reinigung in Betracht gezogen werden, wie z. B. ein vorübergehendes Ausfüllen oder Füllen von Rissen, durch die Reinigungsflüssigkeiten in die Wand oder in das Gebäude eindringen könnten. Verglasung und Fensterrahmen müssen mit

Kunststoffolie und Klebeband geschützt werden. Anfällige Elemente oder Materialien innerhalb des Bereichs müssen ggf. im Reinigungsbereich geschützt werden.

Vor einer Reinigung der Außenseite eines Gebäudes muss das Regenwasserableitsystem des Gebäudes überprüft werden, um sicherzustellen, dass seine Kapazität ausreichend, es in gutem Zustand und frei von Verstopfungen ist. Wasserbasierte Verfahren dürfen nicht verwendet werden, wenn ein Risiko besteht, dass die Außentemperatur während und ein paar Tage nach der Reinigung unter 5 °C fällt.

8.1.2 Nebelartiges Sprühen oder pulsierendes Nebelsprühen

8.1.2.1 Beschreibung

Nebelartiges Sprühen, auch bekannt als pulsierendes Nebelsprühen, ist eine Entwicklung einer Niederdruckwäsche mit Wasser, die häufig als die am wenigsten aggressive Form der Reinigung betrachtet wird.

Das System des nebelartigen Sprühens beruht auf dem Prinzip, Wasser durch ein sehr feines Sieb oder einen Filter zu leiten, um einen Nebel zu erzeugen, der dann durch feine Düsen geleitet wird. Die Einwirkung des Nebels, der über die Oberfläche des Objekts wirbelt, befeuchtet die Schmutzschichten und weicht sie auf. Die Einwirkung des Nebels aktiviert auch die Mobilisierung der Schmutzpartikel und hebt damit die Kohäsion der Schmutzschicht und die Adhäsion am Trägermaterial darunter auf.

Das Ziel des nebelartigen Sprühens ist es, die geringste Wassermenge über die minimale Dauer anzuwenden, um den Schmutz aufzuweichen, und dadurch seine Entfernung durch Bürsten oder eine andere vergleichsweise sanfte mechanische Reinigung zu ermöglichen.

Die Position der Düse in Bezug auf die Oberfläche, die gereinigt werden soll, sollte sorgfältig kontrolliert werden, um jegliche mechanische Wirkung von den Wassertröpfchen zu vermeiden, da das Reinigungsverfahren nur durch den Prozess der Solubilisierung wirken sollte. Zum Erreichen dieser Zielsetzung sollte der Strahl aus zerstäubtem Wasser nicht direkt auf die zu reinigende Oberfläche prallen, sondern sollte diese erreichen, wenn er herabzufallen beginnt.

Eine Reihe von Sprühköpfen oder Düsen werden an einem Auslegerarm vor dem Bereich montiert, der gereinigt werden soll. Diese werden über einen Schlauch mit der Wasserversorgung verbunden.

Das Anbringen der Düsenköpfe an Auslegern ermöglicht die Flexibilität, den Nebel zur Reinigung dort zu erzeugen, wo er benötigt wird. Eine Umhüllung mit einer schützenden, wasserdichten Abdeckung unterstützt den Reinigungsprozess, da sie eine Beeinträchtigung durch externe Witterungsbedingungen verhindert.

Um jegliche Migration von kontaminiertem Wasser in untere Ebenen zu vermeiden, muss ein geeignetes Auffangsystem installiert werden.

Das Wasser muss bei Umgebungstemperatur unter Verwendung hydraulischer Zerstäubungsdüsen zerstäubt werden, die einen feinen Sprühnebel in der Form eines Hohlkegels erzeugen. Der empfohlene Durchmesser der Öffnung ist kleiner als 1 mm, was das Erzeugen von Tröpfchen mit einem variierenden Durchmesser von 80 bis zur maximal empfohlenen Größe von 120 µm ermöglicht. Die Abmessungen und die Verteilung der Tröpfchen können unter Verwendung des geeigneten wasserempfindlichen Papiers bestimmt werden.

Etwa alle 15 min – 20 min sollte der Reinigungsfortschritt kontrolliert werden, um eine gleichförmige Anwendung zu gewährleisten, die für die spezifische Behandlung des Materials, das entfernt werden soll, geeignet ist.

Die Wassermenge kann elektronisch oder durch Zeitschalter geregelt werden, was ein Impuls- oder intermittierendes Sprühen ermöglicht, um zu vermeiden, dass Wasser über die Oberfläche des Objekts läuft.

Das System sollte so konstruiert sein, dass es hoch flexibel ist und den Sprühnebel nur dorthin richtet, wo es notwendig ist.

Die nachfolgenden Beispiele sind indikativ für einige Methoden, mit denen das System angepasst werden kann:

- a) die Düsen des Schlauchs können je nach Schwere des Schmutzes oder der Ablagerungen, die behandelt werden, gruppiert oder mit Abstand zueinander angebracht sein;
- b) flache Oberflächen erfordern weniger Wasser als ein geschnittes, stark verschmutztes Detail, was eine Gruppe von Düsen erfordern kann, die an einem gelenkigen Schlauch zum Profil der Schnitzerei gerichtet sind;
- c) die Sprühdüsen werden auch mit einem elektronischen Abschaltssystem betrieben. Dieses arbeitet in Verbindung mit Sensoren, die sich unterhalb des jeweils gereinigten Bereichs befinden. Wenn die erforderliche Wassermenge auf der Wand aufgebracht wurde, wird die Wasserzufuhr zu den Düsenarmen mittels dieser Sensoren abgeschaltet;
- d) ein periodisch arbeitendes Sprühsystem, wobei auf eine kurze Sprühdauer eine längere Zeitdauer ohne Sprühen folgt, um die Wirkung des Sprühnebels auf die äußeren Schichten zu begrenzen.

Der angewendete Zyklus hängt weitgehend von den physikalischen Eigenschaften des Trägermaterial des Objekts und seinem Zustand ab.

8.1.2.2 Technische Daten

- a) Öffnungsdurchmesser hydraulisch zerstäubender Düsen: 0,4 mm – 0,8 mm
- b) mittlerer Tröpfchendurchmesser: 80 µm – 120 µm

8.1.2.3 Variablen

Je nach Art der Oberfläche müssen die unten aufgeführten Variablen nach der Art und Stärke des zu entfernenden Schmutzes und nach dem Oberflächenzustand festgelegt werden.

- a) spezifische Leitfähigkeit des Wassers (für einige Anwendungen wird entionisiertes Wasser mit weniger als 50 mS/cm empfohlen);
- b) Wasserverbrauch (l/h);
- c) Tröpfchenverteilung (visuelle Bewertung);
- d) Abstand zwischen der Düse und der Oberfläche (cm);
- e) räumliche Anordnung (Ausrichtung und Dichte der Düsenzahl/m²);
- f) Dauer (min) jeder Befeuchtungs- und Trocknungsphase und Anzahl der Zyklen (nass und trocken).

8.1.2.4 Vorteile

- a) Der Aufprall des Nebels auf die Oberfläche ist nur äußerst gering, was das Risiko einer mechanischen Beschädigung reduziert, es sei denn, die Oberfläche ist extrem brüchig.
- b) Dickere Ablagerungen von Verschmutzung, die sich in geschützten Bereichen eines Objekts bilden können, die nicht regelmäßig durch Regenwasser gereinigt werden, können durch das Wasser aufgeweicht und anschließend mechanisch entfernt werden.

- c) Ablagerungen und Verschmutzung werden progressiv aufgeweicht, was eine kontrollierte Entfernung ermöglicht, so dass das Risiko einer übermäßigen Reinigung verringert wird.
- d) Im Vergleich zu anderen wasserbasierten Waschsystemen verwendet ein Sprühnebel weniger Wasser und vermeidet damit das übermäßige Abfließen zu anliegenden Bereichen der Oberfläche.
- e) Entfernen aufgeweichten Materials durch Abbürsten zwischen Sprühzyklen kann den Reinigungsprozess beschleunigen und hat den zusätzlichen Vorteil, dass eine Überwachung des Fortschritts möglich ist.
- f) Das Wasser weist weniger Gefahren für die Öffentlichkeit und die Anwender auf als einige der anderen Verfahren.

8.1.2.5 Nachteile

- a) Dieses Verfahren ist nicht wirksam zum Entfernen von Verschmutzungen oder Flecken, die nicht wasserlöslich sind.
- b) Die Wasserreinigung durch nebelartiges Sprühen oder periodisches Nebelsprühen wird nicht für Stein mit einer hohen, offenen integralen Porosität, für verwitterte Oberflächen und für salzreiches Trägermaterial empfohlen. Wasserreinigungsverfahren können einen Abbau verstärken, wenn sie auf einer schwer zersetzten Oberfläche verwendet werden, und sie können gefährliche Auflösungs-/Rekristallisierungsvorgänge auslösen, wenn salzreiches Trägermaterial vorhanden ist.
- c) Ein häufiges Problem bei vielen Kalksteinen und einigen Sandsteinen ist die Bildung brauner oder orangefarbener Flecken, verursacht durch natürlich vorkommendes freies Eisen im Stein, das mobilisiert und zur Oberfläche getragen wird.
- d) Das Risiko von durch nicht-dichte Fugen oder Risse eindringendem Wasser ist auch beim nebelartigen Sprühsystem weiter vorhanden, was die Notwendigkeit verdeutlicht, eine sorgfältige Zustandsaufnahme der Außenseite und während des Fortgangs der Reinigung eine kontinuierliche Überwachung der Innenseite durchzuführen. Trotz des relativ niedrigen Wasservolumens ist es gelegentlich vorgekommen, dass Wasser zur Innenseite des Gebäudes eingedrungen ist.
- e) Das Verfahren kann nicht verwendet werden, wenn wasserempfindliche Ursprungsmaterialien vorhanden sind.

8.1.2.6 Anwendungsbeispiele

Die Anwendung ist besonders nützlich an Gebäudefassaden, an den unerwünschte wasserlösliche Materialien bestehen.

Dieses Verfahren funktioniert gut auf dünnen Verschmutzungsschichten, die empfindlich gegen Wasser sind. Die Wasserreinigung durch nebelartiges Sprühen war in der Vergangenheit weitverbreitet zur Reinigung von Marmor und Kalkstein mit niedriger Porosität, da die Verschmutzung generell an relativ lösliche Verbindungen gebunden ist.

In einigen Fällen kann eine Reinigung weniger effizient auf kieselhaltigen Steinen, wie z. B. Granit oder Sandstein, sein, wo die Verschmutzung als unlösliche Verbindungen an die Silikatoberfläche gebunden ist.

Wo invasivere Reinigungsverfahren unvermeidbar sind, wäre eine vorherige Reinigung mit dem nebelartigen Sprühsystem vorteilhaft.

8.1.3 Wassersprühen bei niedrigem Druck

8.1.3.1 Beschreibung

Das Verfahren beruht auf der Verwendung eines Wassersprühsystems mit dem Prinzip, Wasser durch Düsen zu leiten und damit Tröpfchen zu erzeugen, die auf die Oberfläche des Objekts aufprallen. Verwendet wird Wasser mit einem niedrigen Druck von 2 bar – 3 bar.

Zum Niederdruckwaschen (heißes oder kaltes Wasser) sollten normalerweise Fächer- oder Kegelstrahldüsen mit mindestens 25 verwendet werden. Wasserdruck und Art der Düsen sollten dem Zustand des Trägermaterials angepasst werden.

Zum Spülen in Aussparungen komplexer Oberflächen (z. B. Schnitzereien) sollten rotierende Düsen verwendet werden.

Druck, Winkel und Düsenabstand von der Oberfläche sollten sorgfältig kontrolliert werden.

Reinigung sollte durch Befeuchten und Aufweichen (anstelle eines Schneidens mit dem Wasser) durchgeführt werden.

Druckreinigungssysteme, die Geräte verwenden, die einen mechanischen Sprühstrahl mit mittlerem bis hohem Druck erzeugen, werden verwendet, um lose Farbe, Schimmel, Ruß, Staub, Schlamm und Schmutz von Gebäudeoberflächen zu entfernen.

Das Waschen mit mittlerem und hohem Druck und Wasserstrahlen (Waschen mit sehr hohem Druck) werden absolut nicht zur Reinigung von Objekten des kulturellen Erbes empfohlen.

8.1.3.2 Technische Daten

- a) Düsenöffnungsdurchmesser: 10 mm – 50 mm
- b) Wasserdruck: 2 bar – 3 bar max.

8.1.3.3 Variablen

- a) Abstand zwischen dem Wasserauslass und der Oberfläche;
- b) Winkelrichtung der Düse;
- c) Wasserverbrauch.

8.1.3.4 Vorteile

Niedrige Kosten – erfordert keine hochspezialisierte Ausrüstung.

Das Verfahren ist wirksam beim Entfernen wasserlöslichen Schmutzes von Materialien mit niedriger Porosität (z. B. Beton, zementbasierte Putze, einige Ziegelsteinarten).

8.1.3.5 Nachteile

Zusätzlich zu den angeführten Nachteilen in 8.1.1.5 a), b), c), d), e) müssen die folgenden berücksichtigt werden:

- a) große Wassermengen, d. h. größere Mengen als sie beim nebelartigen Sprühen angewendet werden, sind potenziell schädlich für Gebäude und es sollten geeignete Vorsichts- und Überwachungsmaßnahmen vorgesehen werden, damit kein Wasser in das Kernmaterial vordringt;

- b) provisorische Reservoirs und Rinnen sollten vorgesehen werden, um Wasser effizient von den Gebäudewänden zu entfernen und um eine Übersättigung auf unteren Ebenen zu vermeiden;
- c) die Einwirkung dieser Techniken auf brüchige Oberflächen verursacht einen Materialabbau.

8.1.3.6 Anwendungsbeispiele

Diese Technik kann nur auf Oberflächen in sehr gutem Zustand angewendet werden (z. B. monolithischer Beton).

8.1.4 Die Injektion-Extraktions-Reinigung

8.1.4.1 Beschreibung

Das Injektion-Extraktions-Verfahren beruht auf einer spezifischen Vakuum-Waschtechnologie. Wasser wird auf die verschmutzte Oberfläche durch einen Saugkopf gesprüht, der auch das schmutzige Wasser durch eine Saugwirkung rückgewinnt. Die Düse des Reinigers verfügt über eine Bürste mit weichen Borsten und ein Gelenk aus weichem Kunststoff zum Bewegen über die Oberfläche, ohne diese zu beschädigen. Ein Tensid könnte in niedriger Dosierung hinzugefügt werden, um die Benetzbarkeit zu verbessern.

8.1.4.2 Technische Daten

- a) Wasserdruck: 2 bar bis 20 bar
- b) Saugvakuum: 34 kPa $\pm$ 4 kPa

8.1.4.3 Variablen

- a) Wasserverbrauch (l/h);
- b) Hinzugefügtes Tensid (%).

8.1.4.4 Vorteile

Das Verfahren beruht auf Wasserwirkung (Auflösung und Auswaschen), aber die Oberfläche wird sehr leicht befeuchtet und fast sofort getrocknet. Speziell konstruierte Vorrichtungen ermöglichen die Anwendung auf einer sehr großen Vielzahl von Oberflächenkonstruktionen. Werkzeugköpfe verschiedener Breiten und Formen sind verfügbar, um die Anwendung auf mehr oder weniger regelmäßigen, relativ flachen Oberflächen zu ermöglichen.

Das Wasser ist eingedämmt; die Lösung und der Schmutz werden in einen Behälter abgesaugt, kein Abwasser läuft an den Wänden und Decken herunter.

Die Umgebung erfordert keine größeren Schutzmaßnahmen gegen Wasser, Staub, Lärm, und der Ort kann kontinuierlich benutzt werden (z. B. Kirche, Büro, Treppen usw.).

8.1.4.5 Nachteile

- a) Das System wurde zur Verwendung auf einer flachen Oberfläche entwickelt, weshalb es extrem schwer ist, es auf sehr konturenreichen Oberflächen zu verwenden.
- b) Es besteht das Risiko eindringenden Wassers durch defekte Fugen oder Risse.
- c) Ein häufiges Problem bei vielen Kalksteinen und einigen Sandsteinen ist die mögliche Bildung brauner oder orangefarbener Flecken, verursacht durch natürlich vorkommende Eisenverbindungen im Stein, die mobilisiert und zur Oberfläche getragen werden.

Dieses Verfahren wird nicht empfohlen für:

- d) anfällige Oberflächen wegen des Risikos von Materialverlust;
- e) Entfernung von Verschmutzung oder Flecken, die nicht wasserlöslich sind;
- f) Steine mit einer hohen, offenen integralen Porosität und für verwitterte Oberflächen;
- g) salzreiches Trägermaterial wegen des Auftretens gefährlicher Auflösungs-Rekristallisierungsprozesse.

8.1.4.6 Anwendungsbeispiele

Geeignet zum Entfernen lockerer Ablagerungen (z. B. Rußablagerungen), die häufig an Innenwänden vorhanden sind (Beton-, Ziegel und Steinwandmauern, Putze usw.).

8.1.5 Dampfreinigung

8.1.5.1 Beschreibung

Das Dampfreinigungsgerät erzeugt ein 2-Phasen-System, in dem die Dampfphase in einem dynamischen Gleichgewicht mit der flüssigen Phase ist.

Das Gleichgewicht wird hauptsächlich von Temperatur und Druck beeinflusst.

Die meisten Dampfreinigungsgeräte erzeugen nassen Dampf, in dem sich auch wenige heiße Wassertropfchen befinden. Der Druck entsteht durch den Dampferzeugungsprozess an sich. Mit der Erzeugung des Dampfes steigt der Druck im Behälter; Dampf bleibt bei über 150 °C in flüssiger Phase, solange der Druck im Behälter über ca. 4 bar liegt. Durch Freisetzen des Drucks bei Öffnung der Düse verdampft das flüssige Wasser und kühlt sich bei Luftdruck auf den Siedepunkt von Wasser (100 °C) ab. Dabei dehnt es sich um das ca. 1,5fache aus. Diese Ausdehnung erfolgt in der Düse und unterstützt dabei, den Dampfdruck bereitzustellen. Die Dampftemperatur neigt dazu, nach Austreten des Dampfes aus der Düse schnell zu fallen, und Anteile des Dampfes kondensieren zu Wassertropfchen. Dampfreinigung unter Verwendung kleiner Geräte wird effektiv durch eine Kombination aus Dampf und der wenigen Tropfchen aus heißem Wasser durchgeführt.

Solange die Temperatur im System hoch ist, ist der Druck auf die zu reinigende Oberfläche sehr sanft und das Wasservolumen ist niedrig. Die Oberfläche wird daher nicht gesättigt und trocknet innerhalb von Minuten.

Auf dem Markt sind viele verschiedene Arten von Dampfreinigern verfügbar, und sie sind klar von Heißwasserwaschgeräten zu unterscheiden.

Die kleinen industriellen Dampfreinigungsmaschinen, die in der Konservierung verwendet werden, geben sehr kleine Wassermengen aus; normalerweise 2 l bis 4 l H₂O/h bei einem Betriebsdruck von 2 bar bis 6 bar durch eine in der Hand gehaltene Düse. Diese Art Dampfreinigungsgerät bietet den Vorteil der Verwendung von weniger Wasser als bei den meisten anderen Reinigungsprozessen unter Verwendung von Wasser, was wegen der Art des Trägermaterials oder der Stelle oder des Standorts von Vorteil sein kann.

Größere Systeme sind verfügbar, die einen höheren Betriebsdruck haben. Allerdings wird ihre Verwendung an kulturellem Erbe nicht empfohlen.

Der Anwender muss im Vorfeld Tests durchführen, um die optimalen technischen Daten und Variablen (Auswahl von Gerät, Druckpegel, Temperatur, Düsentyp und Reinigungsprozess) zu ermitteln, die am besten zum Zustand des Trägermaterials und der spezifischen Art der Verschmutzung passen.

Je breiter der Sprühwinkel ist, umso niedriger ist generell der Druck an der Oberfläche des Trägermaterials. Ein Sprühwinkel von 40° ist normalerweise die Standardkonfiguration. Ein engerer Winkel kann in einem höheren Druck resultieren, der ausreichend sein kann, um eine Beschädigung an weichem oder verfallenem Kalkstein und Sandstein zu verursachen.

Die Düsenauswahl spielt eine wichtige Rolle beim Planen des Reinigungsprozesses und der Wirkungsweise der Dampfreinigung. Eine Vielzahl von Sprühformen und -winkeln sind verfügbar. Am meisten werden der solide Kegel (geeignet für geschnittene Oberflächen) und die Fächerform (geeignet zur Reinigung größerer Flächen von flachen Quadersteinen) verwendet. Diese verschiedenen Düsentypen haben auch verschiedene Eigenschaften in Bezug auf die Diffusionstemperatur des Dampfstrahls; eine Standarddüse kann z. B. bei Temperaturen über 140 °C an Schärfe verlieren. Diese Variable kann verwendet werden, um die Präzision und Wirksamkeit des Strahls zu steuern.

Es wird nicht empfohlen, die Düse zu nahe an der Oberfläche des Objekts zu platzieren. Dies kann zu einer Beschädigung an der Oberfläche und zu einer ungleichmäßigen Reinigung führen.

In vielen Fällen wird die beste Reinigung unter Verwendung einer 2-Schritt-Technik erreicht. Der erste Schritt wird mit einem niedrigeren Druck ausgeführt und weicht die Verschmutzung auf. Nach einer Weile (von Minuten bis zu ein paar Stunden) ist das Aufweichen erfolgt und ein zweiter Schritt ermöglicht nun das vollständige Entfernen der Verschmutzung, ohne dass die Düse zu nahe an die Oberfläche gehalten werden muss.

8.1.5.2 Technische Daten

- a) Sprühwinkel: ca. 40°;
- b) Betriebsdruck: 2 bar bis 6 bar.

8.1.5.3 Variablen

- a) Düsentyp;
- b) Wasserverbrauch (l/h);
- c) Arbeitsabstand (cm);
- d) Dauer des Kontakts.

8.1.5.4 Vorteile

Im Vergleich zu Heißwaschgeräten verwendet die Dampfreinigung sehr viel weniger Wasser, weshalb der Prozess sehr viel leichter zu kontrollieren ist und Sekundärschäden sich leichter vermeiden lassen. Allerdings ermöglichen jüngste technische Entwicklungen in der Anwendung von Vakuumköpfen, die sowohl den Dampf auf die Oberfläche führen als auch Rückstände aufnehmen, die Verwendung auch in empfindlichen Umgebungen, wobei der Anwender den vollen Überblick über den Prozess hat.

Die Art und Weise, wie ein Dampfreiniger vom Anwender eingesetzt wird, kann einen bedeutenden Unterschied in der Reinigungswirksamkeit ausmachen.

8.1.5.5 Nachteile

- a) Da viele Trägermaterialien sehr empfindlich gegen die relativ hohe Temperatur des Dampfes sind, ist seine Anwendung auf wenige Materialien und auf das Entfernen spezifischer unerwünschter Materialien beschränkt.

- b) Das Verfahren ist generell nicht geeignet für spröde Verschmutzungen, wie z. B. Calciumsulfat, die in jedem Fall in heißem Wasser weniger löslich als in kaltem Wasser sind.
- c) Der erzeugte Dampf erlaubt dem Anwender nicht sofort, das Resultat der Materialentfernung zu sehen.
- d) In geschlossenen Räumen kann die gesteigerte Feuchtigkeit eine erhöhte Ventilation erfordern.
- e) Normalerweise entsteht etwas ablaufendes Wasser, das für gewöhnlich mit einem Schwamm gesammelt wird, der neben die Düse gehalten wird.
- f) Das Verfahren ist nicht zur Reinigung brüchiger Oberflächen geeignet, weil die hohe Temperatur des Dampfes eine Beschädigung des Steins verursachen kann und die Auswirkungen nicht kontrolliert werden können.

8.1.5.6 Anwendungsbeispiele

Diese Art der Reinigung kann an Marmor, Kalkstein, Granit, Gneis verwendet werden.

Generell wird sie verwendet, um Verschmutzung, Ruß, mikrobiologisches Wachstum (z. B. Algen, Flechten und Moos) und unerwünschte Schichten, einschließlich Wachs und fettige Materialien, Farben in Räumen zu entfernen.

8.1.6 Wässrige Wicklungen oder Packungen mit saugfähigen Materialien

8.1.6.1 Beschreibung

Wässrige Wicklungen oder Packungen mit saugfähigen Materialien (nicht-reaktive Packungen) enthalten nur Wasser und das Medium, und vertrauen auf diese Zutaten, um die Mobilisierung und Entfernung der unerwünschten Materialien zu erreichen. Sie werden oftmals als echte oder volle Wicklungen bezeichnet.

Das Wicklungsmedium oder die Packungen werden in Anhang A beschrieben.

Die Eigenschaften der endgültigen Wicklung/Packung können auch durch Kombinieren von Materialien erreicht werden.

Beachtet werden sollten die chemische Zusammensetzung und Mikrostruktur (beispielsweise Größe der Partikel oder der Fasern) der Materialien, die in der Feststoffmatrix verwendet werden. In allen Fällen müssen die Materialien frei von löslichen Salzen sein.

Unabhängig vom Medium wird die Wicklung mit Wasser gemischt, um ein Material zu bilden, das am Trägermaterial anhaftet. Lehm bildet eine klebrige Masse, die gut an den Oberflächen eines Objekts anhaftet. Diese vollen Wicklungen können nach Bedarf leicht vor Ort von Hand gemischt werden, wobei Wasser zum Wicklungsmedium hinzugegeben wird.

Da Lehm eine klebrige Masse bildet, kann seine Verwendung ungeeignet sein, wo die Oberfläche offene Poren hat oder stark verfallen ist (was oft bei Skulpturen aus Kalkstein oder Sandstein der Fall ist), und Papier- oder Baumwollfasern können bevorzugt sein und lassen sich einfacher entfernen. Ein Gemisch aus Lehm und Papierfasern erzeugt ein saugfähiges und plastisches Gemisch, das oftmals von Konservatoren bevorzugt wird.

Die Wicklung wird mit der Hilfe eines Spachtels in dicken und gleichförmigen Schichten auf die Oberfläche aufgetragen und sanft darauf gepresst; Ziel dieser Phase ist es, eine komplette und perfekte Adhäsion zwischen dem Pad und der Oberfläche, die gereinigt werden soll, sicherzustellen. Flüssigkeitstransportphänomene funktionieren nur dann, wenn während der gesamten Anwendungszeit ein perfekter Kontakt gewährleistet ist.

Durch Verdampfungsphänomene können einige Pads (z.B. natürliche und künstliche Silikate oder Zellulose- und Holzmaterialien, siehe unten) mit der Zeit progressiv schrumpfen und sich folglich von der Oberfläche ablösen, die gereinigt werden soll. Um dieses Phänomen zu vermeiden, ist die Außenseite des Pads normalerweise mit einer impermeablen Folie gegen Verdampfung geschützt.

Die Wirksamkeit der Wicklung beim Entfernen unerwünschter Materialien wird durch Verlängern des Kontakts zwischen dem Trägermaterial und dem Wasser verbessert und indem gleichzeitig sein Eindringen in die Schicht unter der Oberfläche der porösen Materialien verhindert wird.

Die Wicklung sollte sorgfältig entfernt werden, um Beschädigungen an der Oberfläche zu vermeiden; dieser Vorgang kann durch Auflegen von Seidenpapier auf die Oberfläche vor Anwenden der Wicklung erleichtert werden.

Die volle Lehmwicklung kann durch Hinzufügen bestimmter Verbindungen modifiziert werden, um besondere Flecken oder Oberflächenbeschichtungen gezielt zu entfernen. Die ‚aktiven‘ oder ‚chemischen‘ Wicklungen wurden für die Entfernung mehrerer Arten unerwünschter Materialien entwickelt, die nicht wasserlöslich sind, und für solche, die tief in die Oberflächenporen eingedrungen sind. Diese ‚aktiven‘ oder ‚chemischen‘ Wicklungen werden in 8.3 beschrieben.

In der heutigen Praxis erstreckt sich der Begriff Wicklung auf einen großen Bereich von Reinigungsmaterialien und -techniken, die nicht alle eine echte Wicklungswirkung auf dem Trägermaterial erzielen.

8.1.6.2 Technische Daten

- a) Art des Wicklungsmediums oder der Packung.

8.1.6.3 Variablen

- a) Wassergehalt;
- b) Anwendungsverfahren;
- c) Dicke;
- d) Dauer jeder Anwendung;
- e) Zeitintervall zwischen Anwendungen;
- f) Verfahren und Abfolge der Waschvorgänge;
- g) Anzahl der Anwendungen;
- h) Raum-/Außentemperatur.

8.1.6.4 Vorteile/Nutzen

- a) In Bezug auf andere Wasserreinigungsverfahren begrenzen echte oder volle Wicklungen das eindringende Wasser in die Schicht unter der Trägermaterialoberfläche und verbessern die Lösungsmittelwirkung durch Verlängern der Kontaktzeit.
- b) Verschmutzung, die tief in das Trägermaterial eingedrungen ist, lässt sich oft einfacher durch eine Wicklung als durch andere Reinigungsverfahren entfernen.
- c) Dieses Verfahren ermöglicht eine präzise Festlegung der zu behandelnden Oberfläche.

- d) Wicklungen können in Kombination mit anderen Reinigungsverfahren verwendet werden. Diese Kombination von Reinigungsverfahren an einer Fassade kann oftmals eine bessere Kontrolle verschaffen, indem sie starke Verschmutzung an dekorativen Formteilen und Verzierungen mit weniger Risiko von Beschädigung oder einer übermäßigen Reinigung als unter Verwendung eines einzelnen Reinigungsverfahrens entfernen.
- e) Wicklungen werden normalerweise mit einer Reinigung von kleinem Umfang assoziiert, sie sind aber potenziell nützlich für die allgemeine Reinigung von Gebäudefassaden.

Der kommerzielle Bedarf, die Kosten der Wicklungsreinigung auf das Niveau weniger teurer Verfahren, wie z. B. einer herkömmlichen Wasserreinigung, anzugleichen, führten zur Entwicklung von unter Sprühen angewendeten Wicklungen. In bestimmten Fällen können lehm-basierte Wicklungen oder Packungen die beste Reinigungsoption sein.

8.1.6.5 Nachteile

Falsche Verwendung von chemischen Wicklungen kann Schäden verursachen, z. B. durch die Mobilisierung von neuem Fleckenbildungsmaterial im Trägermaterial. Jedem chemischen Reinigungsverfahren muss ein Spülen mit klarem Wasser folgen, um potenziell schädigende Reste zu entfernen.

Trockene Leimpulver sind potenzielle Gefahrstoffe und müssen mit geeigneter persönlicher Schutzausrüstung verwendet werden, hauptsächlich um ein Einatmen der feinen Partikel zu vermeiden.

Dieses Verfahren kann lange Zeit in Anspruch nehmen.

8.1.6.6 Anwendungsbeispiele

Dieses Verfahren wird auf Trägermaterialien verwendet, die auf Wasserreinigung ansprechen. Es ist besonders wirksam bei der Reinigung von Kalkstein und Marmor. Verschmutzung an Kalkstein ist generell an relativ lösliche chemische Verbindungen gebunden. Generell kann Wasserreinigung weniger effektiv auf kieselhaltigen Steinen sein, wie z. B. Granit und Quarzsandstein, wo die Verschmutzung fest an die Silikatoberfläche in unlöslichen Verbindungen gebunden ist.

Dieses Verfahren lässt sich einfach und fein kontrollieren, weshalb es besonders verwendet wird für:

- a) dekorierte Oberfläche;
- b) ungleichmäßige Ablagerungen oder Verkrustungen;
- c) stark verfallene Oberfläche;
- d) sehr poröse Materialien, die sich durch eine hohe Wasserabsorptionskapazität auszeichnen;
- e) komplex geschnittene Oberflächen, die eine gleichförmige Wasserverteilung unter Verwendung zerstäubten Wassers verhindern.

Wicklungsreinigung kann auch als eine Reinigungsnachbehandlung verwendet werden, um Flecken zu entfernen, die nach der allgemeinen Reinigung der Fassade aufgetreten sind. Volle Lehmwicklungen werden normalerweise wasserlösliche Flecken, wie z. B. die bräunlichen Flecken oder Entfärbungen, die manchmal auf Portland und anderen blass-gefärbten Kalksteinfassaden durch Wasserreinigungsverfahren verbleiben, mobilisieren und entfernen.

8.2 Mechanische Reinigung

In der Praxis gehören zu den mechanischen Prozessen, die diese Anforderungen erfüllen: Präzisionsmikrostrahlen, Mikroschleifen mit Bohrern, Ultraschallreinigung und Handwerkzeuge, wie z. B. Gummi, Bürsten, Schwamm und Skalpelle.

Mikroschleifen, Ultraschallreinigung und Verwendung von Skalpellen sind hochspezialisiert und sollten im Ermessen eines geschulten Konservators verwendet werden. Diese Verfahren werden in dieser Norm nicht weiter beschrieben.

8.2.1 Abschleifende Reinigung

8.2.1.1 Beschreibung

Abschleifende Reinigungsverfahren umfassen alle Techniken, die die Oberfläche des Objekts physikalisch abreiben, um unerwünschte Materialien zu entfernen. Einige abschleifende Techniken beinhalten die Verwendung bestimmter Materialien, die unter Druck auf die Oberfläche aufprallen oder diese abreiben, während andere Techniken abschleifende Werkzeuge und Geräte verwenden.

Es gibt mehrere Arten von abschleifender Reinigung:

- a) Mikrostrahlen;
- b) Trockensandstrahlen oder Sandstrahlen;
- c) Nasssandstrahlen oder Hydrosandstrahlen;
- d) Nassstrahl-Mikrostrahlen;
- e) abschleifende Schwämme.

Verschiedene Klassen abschleifender Materialien können verwendet werden:

- a) Abschleifende minerale Materialien:

Sand, Tonerde, Silica, Silicaflour, Calciumcarbonat, Dolomitpulver, gebrochene Eierschalen, gemahlene Schlacke oder Vulkanasche, Bronzepulver, Glaskugeln und Microballoons.

- b) Abschleifende vegetale Materialien:

gebrochene (pulverisierte) Walnuss- oder Mandelschalen, Reishülsen, gemahlene Maiskolben, gemahlene Kokosnussschalen, synthetische Partikel.

Weitere Einzelheit finden sich in Anhang B.

8.2.1.2 Mikrostrahlen

8.2.1.2.1 Beschreibung

Mikrostrahlen beruht auf einem trockenen abschleifenden Strahlprozess, der kleine Düsen bei niedrigem Druck verwendet, um einen feinen Strom feingekörnter abschleifender Partikel abzugeben. Mikrostrahlen, das auch als Schleifstiftstrahlen bekannt ist, ist in der Lage, kleine Flächen genau zu reinigen.

Einige Systeme sind Tischgeräte und bestehen aus einer Stromversorgung und einem Mischer, Abzugshaube, Düse und Gasversorgung.

Mobile Systeme werden zur Reinigung von Objekten des kulturellen Erbes vor Ort verwendet.

8.2.1.2.2 Technische Daten

- a) Betriebsdruck: 0,1 bar bis 2,0 bar
- b) Düsengrößendurchmesser: 0,25 mm bis 1,5 mm

8.2.1.2.3 Variablen

- a) Schleifmittelhärte: von 2,5 bis 9,0 (Mohs-Skala – siehe Anhang B)
- b) Schleifpartikeldurchmesser: 5 µm bis 50 µm
- c) Verhältnis Schleifpartikel/Luft
- d) Morphologie der Schleifpartikel: rund oder scharfkantig
- e) Arbeitsabstand zwischen der Düse und der Oberfläche

8.2.1.2.4 Vorteile

Dieses Verfahren ist besser zu kontrollieren als das einfache Kiesstrahlen (unten beschrieben), wegen der kleineren Größe der Schleifpartikel, dem niedrigeren Betriebsdruck.

Die Möglichkeit, Druck, Schleifpartikelgröße und Härte variieren zu können, ermöglicht eine gute Kontrolle der Reinigung.

Der zu strahlende Bereich hat eine Größe von 1 mm² bis höchstens ein paar cm².

Die kleine Größe der Düsen ermöglicht, dass das Strahlgut alle geschützten Teile von geschnitzten Oberflächen erreicht, sodass es möglich ist, an feinen Ornamenten zu arbeiten, ohne Beschädigung zu verursachen.

Da außerdem der Pulversprühstrahl schmal ist, ist eine geeignete Kontrolle der Reinigungsbewegung möglich.

8.2.1.2.5 Nachteile

Das abschleifende System ist nicht selektiv und je nach Geschicklichkeit des Anwenders besteht ein Risiko, dass Trägermaterial entfernt wird, wenn die Entfernung des unerwünschten Materials fast vollständig ist.

Das System verursacht Abfallstaubmaterial; es sollte eine geeignete Ausrüstung zum Schutz des Anwenders verwendet werden, und das Abfallpulver sollte gesammelt werden.

8.2.1.2.6 Anwendungsbeispiele

Dieses Verfahren wurde häufig auf geschnitzten oder geformten Oberflächen verwendet, wo schwarze Krusten vorhanden waren. Es wird auch verwendet, um unerwünschte Materialien von einem Objekt kleiner Abmessungen zu entfernen, wie Skulpturen und archäologische Elemente.

8.2.1.3 Trockensandstrahlen oder Sandstrahlen

8.2.1.3.1 Beschreibung

Kiesstrahlen ist eine Technik der abschleifenden Reinigung oder Oberflächenvorbereitung unter Verwendung scharfkantiger Partikel. Bei dieser Technik treffen harte, winkelförmige Partikel mit hoher Geschwindigkeit in einem solchen Ausmaß auf die Oberfläche, dass unerwünschtes Material auf der Oberfläche entfernt wird.

8.2.1.3.2 Technische Daten

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| a) Schleifmittelhärte: | Sand (Mohs-Skala – siehe Anhang B) |
| b) Schleifpartikeldurchmesser: | 100 µm bis 150 µm |
| c) Düsendruck: | bis 8 bar |
| d) Düsengröße: | bis 20 mm |

8.2.1.3.3 Variablen

- a) Morphologie der Schleifpartikel: Grad der Schärfe;
- b) Abstand zwischen der Düse und der Oberfläche.

8.2.1.3.4 Vorteile

Schnelligkeit, niedrige Kosten, leichte Verfügbarkeit.

8.2.1.3.5 Nachteile

Der Haken des Problems ist, dass abschleifende Verfahren durch Erodieren von Schmutz oder Farbe „reinigen“, gleichzeitig neigen sie aber auch dazu, die Oberfläche des Materials des Objekts zu erodieren. Auf diese Weise ist abschleifende Reinigung zerstörerisch und eine abschleifend gereinigte historische Struktur kann physikalisch beschädigt werden, was der historischen Bausubstanz bleibenden Schaden zufügt. Wenn der Bau aus Ziegeln ist, entfernen abschleifende Verfahren die harte, äußere Schutzfläche und machen damit den Ziegel empfindlich gegen schnelle Verwitterung und Verfall. Kiesstrahlen kann auch die Wasserdurchlässigkeit einer Ziegelwand erhöhen. Der Aufprall der Strahlgutpartikel neigt dazu, die Bindung zwischen dem Mörtel und dem Ziegel zu erodieren, was Risse hinterlässt oder vorhandene Risse vergrößert, in die Wasser eindringen kann. Einige Steinarten entwickeln eine Schutzpatina parallel zur bearbeiteten Oberfläche (erzeugt durch die Feuchtigkeitsbewegung hin zum äußeren Rand), die auch durch abschleifende Reinigung beschädigt werden kann. Die Geschwindigkeit, mit der das Material anschließend verwittert, hängt von der Qualität der bewitterten Innenfläche ab.

Abschleifende Reinigung kann besonders dekorative Verzierungen an Gebäuden zerstören oder wesentlich verschlechtern, wie z. B. geformtes Ziegelwerk oder architektonisches Terrakotta, ornamentale Schnitzereien in Holz oder Stein und Belege für historische Handwerkstechniken, wie z. B. Werkzeugspuren und andere Oberflächentexturen. Zusätzlich können perfekt intakte und/oder „verzierte“ Mörtelfugen durch abschleifende Techniken abgetragen werden. Dies führt nicht nur zum Verlust historischer handwerklicher Verzierungen, sondern erfordert auch ein Neuverfugen, ein Schritt, der zeitaufwendig, kostspielig ist und Geschicklichkeit erfordert und der nicht notwendig geworden wäre, hätte man ein sanfteres Verfahren gewählt.

Erosion und Lochkorrosion des Gebäudematerials durch abschleifende Reinigung schafft eine größere Oberfläche, auf der sich Schmutz und Verunreinigungen sammeln. In dieser Hinsicht zieht die Bausubstanz mehr Schmutz an und erfordert eine häufigere Reinigung in der Zukunft.

Zusätzlich zum verursachten physikalischen und ästhetischen Schaden an der historischen Bausubstanz, gibt es auch mehrere nachteilige Umweltauswirkungen von trocken abschleifenden Reinigungsverfahren. Wegen der verursachten Reibung des abschleifenden Mediums, das auf die Bausubstanz auftritt, verursachen diese Techniken normalerweise eine bedeutende Menge an Staub, der eine Gefahr für die Gesundheit der Anwender des Schleifgeräts darstellen kann. Der Staub verunreinigt ferner die Umgebung um die Arbeitsstätte und kann sich auf Nachbargebäuden, geparkten Fahrzeugen und Bäumen und Gebüsch in der Nähe absetzen. Einige anliegende Materialien, die nicht für eine abschleifende Behandlung vorgesehen sind, wie z. B. Holz oder Glas, können auch beschädigt werden, weil sich das Gerät schwer regulieren lässt.

Kiesstrahlen vergrößert den Flächeninhalt durch Erzeugen einer Oberfläche, die mit kleinen Spitzen und Tälern überzogen ist.

Die Verwendung dieses Verfahrens wird generell nicht für Objekte des kulturellen Erbes empfohlen.

8.2.1.3.6 Anwendungsbeispiele

Ein abschleifendes Reinigungsverfahren wird normalerweise als schnell durchführbares Mittel zum schnellen Entfernen jahrelanger Schmutzansammlungen, hässlicher Flecken oder verfallener Bausubstanz oder Oberflächen, wie z. B. Stuck oder Farbe, gewählt. Der Umstand, dass das Sandstrahlen eine der am besten bekannten und am schnellsten verfügbaren Gebäudereinigungsbehandlungen ist, ist wahrscheinlich der Hauptgrund für seine häufige Verwendung.

Während es eindeutig wichtig ist, hässliche Flecken, starke Schmutzablagerungen, sich ablösende Farbe oder andere Oberflächenbeschichtungen zu entfernen, kann es nicht wünschenswert sein, Farbe von einem Gebäude zu entfernen, das ursprünglich gestrichen war.

Abschleifende Reinigung wird in der Praxis zur Reinigung großer Gebäudefassaden verwendet, wo es keine Schnitzereien gibt. Abschleifende Reinigung wird auch auf kleinen Flächen mit großer Sorgfalt angewendet, wobei der Anwender die komplette Kontrolle über den Reinigungsprozess hat.

8.2.1.4 Nasskiesstrahlen oder Hydrosandstrahlen

8.2.1.4.1 Beschreibung

Das Verfahren ähnelt dem Trockenluftabrieb, wobei aber über eine separate Zuführleitung Wasser in die Luft und den Strahlgutstrom an der Düse eingeleitet wird, um Staub zu binden. Dabei wird ein Gemisch aus Wasser und Strahlgut auf die Oberfläche des Objekts geblasen.

8.2.1.4.2 Technische Daten

- a) Verhältnis Strahlgut/Wasser;
- b) Druckluft.

8.2.1.4.3 Variablen

- a) Strahlgut-Granulometrie und Härte;
- b) Abstand zwischen der Lanze und der Oberfläche des Objekts.

Mehrere Faktoren wirken zusammen und müssen überwacht werden.

8.2.1.4.4 Vorteile

Keine.

8.2.1.4.5 Nachteile

Dieses Verfahren erlaubt keine Kontrolle der Reinigungsaktion. Es wird nicht für Objekte von historischem und künstlerischem Interesses empfohlen, weil die verwendeten großen Mengen Wassers lösliche Salze im Objekt mobilisieren und eine anschließende Kristallisierung während Verdampfungsprozessen auslösen. In der kalten Jahreszeit ist es nicht effektiv. Es kann nicht unter 5 °C verwendet werden.

8.2.1.4.6 Anwendungsbeispiele

Die Verwendung dieses Verfahrens wird generell nicht für Objekte des kulturellen Erbes empfohlen.

8.2.1.5 Nassstrahl-Mikrostrahlen

8.2.1.5.1 Beschreibung

Es handelt sich um einen Niederdruck-Vortexprozess, bei dem ein Gemisch aus Luft, Wasser und feinem abschleifenden Mikropulver nahezu parallel zur Oberfläche des Objekts verwirbelt wird. Dieser Prozess wandelt die mechanische Energie aus dem senkrechten Aufprall der nassen Strahlpartikel mittels einer speziell konstruierten Düse in eine mechanische Energie durch tangentialen Aufprall um.

8.2.1.5.2 Technische Daten

- a) Luftdruck an der Düse: von 0,7 bar bis 3,8 bar gemischt mit Wasser;
- b) Wassermenge: 3,8 l/h bis 57 l/h.

Druckluft wird verwendet, um einen rotierenden Strudel aus Luft, Wasser und abschleifendem Mikropulver zu erzeugen. Das alleinstellende Merkmal dieser Technik ist, dass der aus der Düse austretende Strudel sich schnell ausbreitet und daraufhin der Druck der Druckluft im Verhältnis zum Quadrat des Abstands abnimmt, während die Rotation des Strudels unvermindert fortgesetzt wird.

8.2.1.5.3 Variablen

- a) abschleifendes Mikropulver: als genau geeignet für die Niederdrucktechnik ausgewählt;
- b) Abstand von der Oberfläche: 30 cm bis 60 cm.

8.2.1.5.4 Vorteile

Tangentialer und weicherer Aufprall.

Binden des Staubs.

8.2.1.5.5 Nachteile

Nicht empfohlen auf feinen und geschnitzten Oberflächen.

8.2.1.5.6 Anwendungsbeispiele

Das Verfahren ist besonders geeignet für die sichere Entfernung von kohlenstoffhaltigen Partikeln, Schmutz, Zunder und jeder Art von atmosphärischer Verunreinigung an Ziegeln, Holz und Stein.

8.2.1.6 Kryogene Reinigung oder Trockeneisstrahlen

8.2.1.6.1 Beschreibung

Die kryogene Reinigung ist eine Form von abschleifender Reinigung, bei der Trockeneis, die Feststoffform von Kohlendioxid (stabil unter -78 °C), in einem Druckluftstrom beschleunigt und auf die Oberfläche gerichtet wird, um sie zu reinigen.

Einige komplexe thermische Interaktionen tragen auch zur Reinigungseffizienz bei. Bei Aufprall sublimiert der Pellet nahezu sofort. Der Sublimationsprozess nimmt ein großes Wärmevolumen von der Oberfläche auf und erzeugt Scherlasten durch thermischen Schock. Es wird angenommen, dass dies die Reinigung verbessert. Die schnelle Zustandsänderung von Feststoff zu Gas verursacht auch mikroskopische Schockwellen, von denen auch angenommen wird, dass sie beim Entfernen der Verunreinigung unterstützen.

8.2.1.6.2 Technische Daten

- a) Konfiguration und Größe der Düse;
- b) Eis: in Feststoffpelletform von ein paar Millimetern oder abgeschabt von einem Eisblock. Die Partikelgröße ist konstant, aber am Düsenauslass kann ein Metallgitter hinzugefügt werden, um die Partikel zu brechen und ihre Größe zu verringern.

8.2.1.6.3 Variablen

- a) Druck an der Düse;
- b) Austrittsgeschwindigkeit;
- c) Konzentration von Reinigungspartikeln;
- d) Abstand zwischen der Düse und der Oberfläche;
- e) Winkel des Schleifmittelaufpralls.

8.2.1.6.4 Vorteile

Die Weichheit und niedrige Dichte von Trockeneispartikeln ermöglicht generell eine sanfte Reinigung.

Trockeneisstrahlen hinterlassen nur wenige Reste, da Trockeneis bei Raumtemperatur sublimiert. Die Umgebung erfordert keine größeren Schutzmaßnahmen gegen Wasser und Staub.

8.2.1.6.5 Nachteile

Kryogene Reinigung ist nicht in der Lage, harte Krusten und kohärente Ablagerungen zu entfernen, und auf weichen Trägermaterialien hat sie denselben Nachteil wie andere abschleifende Strahltechniken, z. B. Erosionsgefahr.

Kryogene Reinigung kann nicht auf brüchigen Oberflächen mit niedriger Kohäsion oder mit Ablösungen angewendet werden.

Aus Sicherheitsgründen erfordert kryogene Reinigung einen belüfteten Bereich. Zusätzlich zu Augen- und Ohrenschutz sind auch Isolierhandschuhe erforderlich.

8.2.1.6.6 Anwendungsbeispiele

Das Verfahren ist zum Entfernen loser oder schlecht konsolidierter Ablagerungen geeignet, die häufig an Innenwänden vorhanden sind, und Graffiti im Freien.

8.2.2 Ablösesysteme

8.2.2.1 Beschreibung

Ablösereinigungsverfahren bestehen aus der Anwendung eines filmbildenden Produkts, das nach Polymerisation abgelöst werden kann. Die Reinigung ist zuerst auf die mechanische Wirkung zurückzuführen, wenn der Film entfernt wird und die Staubpartikel mitnimmt, sie kann auch eine chemische Wirkung aufweisen, wenn sie mit Additiven ergänzt wird.

8.2.2.2 Technische Daten

Produkte: Polyvinylalkohol oder reines Latex oder mit erhöhter Menge an EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure, en: ethylene diamine tetra acetic acid)

8.2.2.3 Variablen

- a) Bürsten oder Sprühen;
- b) Anzahl der Anwendungen;
- c) EDTA-Konzentration;
- d) Kontaktdauer;
- e) Umgebungsbedingungen (T °C, RH %).

8.2.2.4 Vorteile

Das Verfahren kann auf eine große Oberfläche in minimaler Zeit angewendet werden. Nach einer minimalen Polymerisationszeit von 24 h wird der elastische Film von Hand von der Oberfläche abgelöst. Die Anwendung ist auf einer großen Vielzahl von Oberflächenkonstruktionen möglich (Stein, Beton, Putz und Gips, Farbglas usw.). Die Umgebung erfordert keine größeren Schutzmaßnahmen gegen Wasser, Staub, Lärm, und der Ort kann während der Reinigung kontinuierlich benutzt werden.

8.2.2.5 Nachteile

Ablösesysteme können nicht auf brüchigen Oberflächen mit niedriger Kohäsion oder mit Ablösungen angewendet werden (Abplatzer, Abblätterung, granulare Zersetzung...), wegen des Risikos, diese abzuziehen.

In Fällen, wo EDTA verwendet wird, sollte nach der Reinigung ein Spülen mit Wasser erfolgen, um das Risiko von Salzkristallisation zu vermeiden.

8.2.2.6 Anwendungsbeispiele

Diese Verfahren werden vorzugsweise auf dünner Verschmutzung sowie zur Reinigung von Raumbooberflächen mit lockeren Oberflächenablagerungen verwendet.

8.3 Chemische Reinigung

8.3.1 Allgemeines

Reinigung mithilfe von Chemikalien kann in der folgenden Form durchgeführt werden:

- I) Reine Flüssigkeiten (Beispiele: Wasser und organische Lösungsmittel).
- II) Durch Solubilisieren eines Solut in einem Lösungsmittel zubereitete Lösungen. Solute können gasförmig (z. B. NH_3 in Wasser), flüssig (z. B. Ethylalkohol in Wasser) oder fest (z. B. Ammoniumcarbonat in Wasser) sein. Bei Verwendung von Wasser als Lösungsmittel wird die Lösung als „wässrige Lösung“ bezeichnet. Bei Verwendung einer Lösung muss die Konzentration des Solut in der Lösung angegeben werden; mit Massen- und Mol-Konzentration als häufigsten mathematischen Beschreibungen.
- III) Formulierungen, die mehrere Chemikalien enthalten und unter Verwendung eines spezifischen Verfahrens hergestellt wurden, dass eindeutig angegeben werden muss. Im Rezept verwendete Chemikalien werden abhängig von spezifischen Leistungen ausgewählt, wie z. B. Komplexbildner, Tenside, Biozide, pH-Modifikatoren usw.

Chemische Eigenschaften von aktiven Verbindungen müssen bekannt sein, um alle schädlichen Wirkungen der aktiven Substanz zu vermeiden, die nach dem Reinigungsvorgang im Trägermaterial verbleibt. Substanzen, die am Ende der Anwendung die Bildung gefährlicher Nebenprodukte verursachen (z. B. lösliche Salzurückstände, saure Substanz usw.), müssen möglichst vermieden werden. Wo eine Verwendung dieser Substanzen als absolut notwendig erachtet wird, um ein Reinigungsproblem zu lösen, muss die komplette Entfernung der Substanz am Ende der Behandlung sichergestellt werden.

In einigen Fällen ist eine vorherige Konsolidierung erforderlich oder sie kann vor der vorgenommenen Reinigung ausgeführt worden sein. Idealerweise ist das Konsolidierungsmittel ein Mittel, das die Wirkung der Reinigungschemikalien nicht hemmt. Allerdings kann ein Teil des Konsolidierungsmittels von der Außenfläche mit einem organischen Lösungsmittel entfernt werden, bevor die Reinigungschemikalien angewendet werden, damit diese effektiv wirken.

Chemikalien werden generell als eine Wicklung oder selten als eine freie Flüssigkeit angewendet (in den meisten Fällen mit einer Bürste).

Die Anwendungsverfahren (einschließlich ggf. Entfernen/Neutralisieren der Formulierung, abschließendes Waschen mit entionisiertem Wasser) dürfen keine Beschädigung an der Oberfläche des porösen Materials verursachen; daher sollten sie vorher entweder vor Ort oder im Labor getestet werden.

Die Beschreibung der Wicklungszubereitung und der am häufigsten verwendeten Materialien zur Schaffung von Wicklungen werden in Anhang A beschrieben.

8.3.2 Anwendung von organischen Lösungsmitteln

8.3.2.1 Allgemeines

Organische Lösungsmittel können zum Entfernen von organischen Materialien, wie z. B. natürliche und synthetische Polymere, sowie bei wasserempfindlichem Trägermaterial verwendet werden. Die Auswahl des am besten geeigneten organischen Lösungsmittels hängt strikt von dem Material ab, das entfernt werden soll, und von allen Gesundheits- und Sicherheitsaspekten.

8.3.2.2 Beschreibung

Die Fähigkeit des Lösungsmittels wird durch eine vorbereitende Einstufung von polaren und nicht-polaren Eigenschaften bewertet. Innerhalb dieser Kategorien könnte es hilfreich sein, eine Messung der Werte der

Hansen-Löslichkeitsparameter des einzelnen Lösungsmittels oder des Lösungsmittelgemischs zu haben (Fd-Dispersionskräfte; Fp-Polarkräfte; Fh-Wasserstoffbindekräfte). Organische Lösungsmittel und Gemische können mit verschiedenen Modalitäten wie folgt angewendet werden:

- a) Verwendung von Wattestäbchen und Wicklungen basierend auf Zellulose oder Lehmmaterial;
- b) Verwendung verdickter Lösungen, die unter Verwendung kommerzieller Verdickungsmittel zubereitet werden;
- c) Verwendung von Spezialblättern aus Papiergewebe, die eine Ablösung von bröckeligen Materialien während der Konservierungsvorgänge verhindern.

Manchmal ermöglichen die Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemische nur ein teilweises Solubilisieren und Quellen von Materialien. In diesem Fall können nach der teilweisen Solubilisierungswirkung des Lösungsmittels mechanische Systeme verwendet werden.

8.3.2.3 Technische Daten (siehe auch Anhang C)

- a) CAS RN (en: chemical abstracts service registry number);
- b) Siedepunkt (°C), der einen Hinweis auf die Flüchtigkeitsdifferenzen nur zwischen solchen Lösungsmitteln gibt, die zu selben Klasse gehören;
- c) Dampfdruck (bei 25 °C);
- d) Explosionsbereich in Luft in % Volumenanteil;
- e) TLV (Schwellenwert für zulässige Konzentration in der Luft, en: threshold limit value).

8.3.2.4 Variablen

- a) Relative Prozentsätze des Lösungsmittels bzw. der Lösungsmittel im Fall eines Gemischs. Im Fall der Verwendung eines Gemischs aus Lösungsmitteln, das von einem Lieferanten vorgemischt wurde, muss das Produkt mit einem technischen Datenblatt (TDB) und einem Sicherheitsdatenblatt (SDB) geliefert werden.
- b) Kontaktzeit, die von den zu entfernenden Materialien (Stärke, Typologie) und dem Zustand des Objekts abhängt. Die Zeit sollte für jede Fallstudie getestet und überprüft werden.

8.3.2.5 Vorteile

Wenn das Lösungsmittel richtig gewählt wird, könnte die Entfernung des unerwünschten Materials selektiv – je nach Zusammensetzung der Oberflächenstratigraphie – durchgeführt werden.

8.3.2.6 Nachteile

Das Verfahren wird in beschränkten Bereichen angewendet und erfordert qualifiziertes und erfahrenes Personal sowie Kontrolltests während der Anwendung.

Es gibt schwerwiegende Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften, die zu berücksichtigen sind. Aus diesem Grund sollte die endgültige Auswahl das Material und die Anwendungsmodalitäten bevorzugen, die für den Anwender und die Umgebung in Bezug auf die Verwendung des effizientesten Lösungsmittels am wenigsten schädlich sind.

Chemikalien erfordern eine Entsorgung (einschließlich Abfallentsorgung) nach den geltenden Vorschriften.

8.3.2.7 Anwendungsbeispiele

Organische Lösungsmittel werden normalerweise verwendet, um natürliche und synthetische Materialien, wie z. B. Polymere, die im Restaurationsvorgang angewendet werden (d. h. Schutz, Konsolidierung usw.), zu lösen und zu entfernen.

8.3.2.8 Gesundheit und Sicherheit

Die Verwendung von Lösungsmitteln, die als toxisch oder nicht toxisch eingestuft sind, erfordert spezielle Vorsichtsmaßnahmen, wie z. B. die Verwendung persönlicher Schutzausrüstung.

Es ist immer notwendig, sich auf das Sicherheitsdatenblatt zu beziehen und alle notwendigen Sicherheitsmaßnahmen anzuwenden. Besonders zu beachten sind die Handhabung, Lagerung, Entsorgung von gebrauchtem Lösungsmittel oder von mit gebrauchtem Lösungsmittel kontaminierten Materialien.

ANMERKUNG Siehe Dienst für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit oder die Sicherheits- und Gesundheitsvorschriften der Europäischen Union.

8.3.3 Anwendung saurer oder alkalischer Lösungen

8.3.3.1 Allgemeines

Die Verwendung saurer oder alkalischer Wasserlösungen für Konservierungsbehandlungen, einschließlich Reinigungsprozesse, ist sehr selten. Wenn nötig, werden sie normalerweise in einem pH-Bereich zwischen 5,5 und 8,0 verwendet, was starke Säure- oder Alkalilösungen ausschließt. Eine Ausnahme hiervon ist die Verwendung von alkalischen Substanzen wie Ammoniumcarbonat und -bicarbonat, die mit einem pH-Wert über 8 verwendet werden können.

Verfahren können nur auf Trägermaterialien verwendet werden, die nicht empfindlich gegen Alkali- und Säureangriff sind.

Der Verwendung von Säure und Alkali wohnt das allgemeine Risiko einer Oberflächenfleckenbildung durch Mobilisierung gefärbter Substanzen im Trägermaterial (z. B. Eisenverbindungen) inne.

8.3.3.2 Beschreibung

Die Verwendung von sauren oder alkalischen Lösungen zur Reinigung beruht auf einer chemischen Behandlung, die hauptsächlich auf die unerwünschte Schicht wirkt. Der Reinigungsmechanismus dieser Lösungen umfasst in den meisten Fällen die Bildung löslicher Salze, die leicht zu entfernen sind, wie bei Angriff einer karbonisierten Schicht durch Verwendung einer säurebasierten Verbindung und bei Angriff von Schichten aus unerwünschten Sulfat-Verbindungen durch alkalibasierte Verbindungen.

Da in der Vergangenheit einige starke Säuren und alkalische Substanzen verwendet wurden, ist es wichtig, die Schädlichkeit und Nebenwirkungen zu kennen, die bei Verwendung bestimmter Chemikalien auftreten. Heute darf die Verwendung aggressiver Chemikalien wie Säure oder stark alkalischer Produkte zur Reinigungsbehandlung nur im Fall außergewöhnlicher Umstände erfolgen, wenn keine geeigneten Alternativen verfügbar sind, und alle Nachteile müssen berücksichtigt werden.

Alkali-Lösungen sind wirksam in der Entfernung von öligen oder fettigen Ablagerungen.

Saure Lösungen werden im Ausnahmefall verwendet, um Verwaschungen zu entfernen, oder sind auf die Entfernung von Mörtelrückständen auf Mauerwerkstrukturen beschränkt.

In beiden Fällen sollten sie bei einer Verwendung mit reichlichen Mengen klaren Wassers abgespült werden.

Es gibt mehrere Arten von sauren Lösungen, die in der Vergangenheit für einige Reinigungsbehandlungen verwendet wurden. Eine detaillierte Liste alkalischer und saurer Lösungen, die in spezifischen Anwendungen verwendet werden, und verwandte Nachteile sind in Anhang D enthalten.

Die Verwendung starker Säure- und Alkali-Substanzen wird für die Reinigung von Objekten des kulturellen Erbes nicht empfohlen.

8.3.3.3 Technische Daten

- a) Zusammensetzung der sauren bzw. alkalischen Lösung.

8.3.3.4 Variablen

- a) Konzentration (%);
- b) pH-Wert;
- c) Anwendungsverfahren;
- d) Kontaktzeit in min;
- e) abschließendes Spülverfahren.

8.3.3.5 Vorteile

Sehr schneller Reinigungsprozess.

8.3.3.6 Nachteile

Insbesondere sind dies schädigende Effekte und Nebenwirkungen, die bei Verwendung saurer oder alkalischer Chemikalien auftreten:

- a) sie sind nicht zur Verwendung auf verfallenen Oberflächen geeignet;
- b) sie können eine hohe Rückhaltung von Chemikalienionen im Trägermaterial aufweisen;
- c) sie können schädliche Produkte oder Flecken erzeugen;
- d) sie können Nebenwirkungen hervorrufen, die nicht vollständig kontrolliert werden können;
- e) ausgesetzte Metalle sollten geschützt werden.

Nähere Einzelheiten

Säurebasierte Verbindungen sind:

- f) aggressiv: der spezifischen chemischen Aktion wird Selektivität verliehen, aber es könnte schwierig sein, die Aktion nur auf das unerwünschte Material zu begrenzen, das entfernt werden soll;
- g) nicht geeignet für kalkhaltige Steine, kalkbasierte Mörtel, gestrichene Oberflächen;
- h) nicht geeignet für sehr poröse anorganische Trägermaterialien (wegen der möglichen hohen Rückhaltung von Ionen (H^+) im Trägermaterial);
- i) nach Anwendung schwierig zu neutralisieren und unmöglich aus dem Trägermaterial zu entfernen (was in der Folge zu schwerem Verfall führen kann).

Alkalibasierte Verbindungen sind:

- j) nicht zur Reinigung von dekorierten Oberflächen und Wandmalereien geeignet (einige alkali- oder ammoniumempfindliche Pigmente können beschädigt werden);
- k) im Fall der Verwendung einer starken alkalischen Lösung schwierig zu entfernen (d. h. natrium- oder kaliumbasierte Verbindungen können Formen sehr mobiler löslicher Salze bilden);
- l) können braun-gelbliche Flecken verursachen.

8.3.3.7 Anwendungsbeispiele

Schwache Säureverbindungen wurden zur Verwendung mit einer sehr niedrigen Konzentration auf Granit oder ähnlichen siliziklastischen Steinmaterialien zugelassen.

Obwohl einige stark saure Verbindungen unter gewissen Umständen als Reinigungsmittel verwendet wurden, dürfen diese Produkte nicht für Objekte des kulturellen Erbes verwendet werden.

Unter den alkalibasierten Verbindungen, die generell nicht für Objekte des kulturellen Erbes empfohlen werden, stellen das Ammoniumbicarbonat und das Ammoniumcarbonat eine Ausnahme dar, die seit vielen Jahren erfolgreich besonders auf kalkhaltigen Steinen, die von der Bildung von Calciumsulfat-Krusten betroffen sind, und auf Oberflächen, die von proteinartigen Rückständen und öligen und fettigen Materialien betroffen sind, verwendet werden.

8.3.3.8 Gesundheit und Sicherheit

Säurelösungen sind korrosiv; Alkali und alkalische Lösungen sind kaustisch. Daher wird die Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung, wie z. B. Schutzhandschuhe, Schutzschürze, Säureanzüge, Sicherheitsbrille und Gesichtsschutz, beim Umgang mit diesen aggressiven Substanzen eindringlich empfohlen.

Während der Anwendung des Verfahrens werden zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Öffentlichkeit und der Umgebung erforderlich.

8.3.4 Anwendung von Komplexbildnern

8.3.4.1 Beschreibung

Komplexbildner bilden eine wichtige Klasse von Verbindungen, die zur chemischen Reinigung verwendet werden.

Unter den verschiedenen möglichen Komplexbildnern auf dem Gebiet der Konservierung werden am meisten die folgenden verwendet:

- a) Aminocarboxylsäuren (z. B. Salze von EDTA-Ethylendiamintetraessigsäure, DTPA-Diethylentriamin-pentaessigsäure, NTA-Nitriltriessigsäure);
- b) Aminoalkohole (z. B. TEA Triethanolamin);
- c) Hydroxycarboxylsäuren (z. B. Zitronensäure, Oxalsäure, Tartarsäure).

Komplexbildner sind durch ihre Affinitäten für verschiedene Metallionen gekennzeichnet, und der pH-Wert ist der Hauptparameter, der zu berücksichtigen ist. Durch die Anwendung von Komplexbildnern können unlösliche oder teilweise lösliche Verbindungen, die für metallische Flecken, schwarze Krusten, Oxalatfilme usw. verantwortlich sind, von der Oberfläche entfernt werden (siehe auch Anhang E).