

DIN EN 17891



ICS 71.060.01; 97.195

**Erhaltung des kulturellen Erbes –
Entsalzung poröser anorganischer Materialien durch den Einsatz von
Kompressen;
Deutsche Fassung EN 17891:2023**

Conservation of cultural heritage –
Desalination of porous inorganic materials by poultices;
German version EN 17891:2023

Conservation du patrimoine culturel –
Dessalement des matériaux inorganiques poreux par application de compresses;
Version allemande EN 17891:2023

Gesamtumfang 32 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 17891:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 346 „Erhaltung des kulturellen Erbes“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI (Italien) gehalten wird.

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Deutsche Fassung

Erhaltung des kulturellen Erbes —
Entsalzung poröser anorganischer Materialien durch den
Einsatz von Kompressen

Conservation of cultural heritage —
Desalination of porous inorganic materials by poultices

Conservation du patrimoine culturel —
Dessalement des matériaux inorganiques poreux par
application de compresses

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Juli 2023 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Grundsätze der Entsalzung durch den Einsatz von Kompressen	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Advektionsbasierte Verfahren der Kompressenentsalzung	10
5.3 Diffusionsbasierte Verfahren der Kompressenentsalzung	10
6 Prüfeinrichtung	11
7 Methodik für die Bestimmung der Betriebsparameter	11
7.1 Allgemeines	11
7.2 Auswahl des Bestandteils/der Bestandteile der Kompresse(n)	11
7.3 Formulierung und erforderliche Eigenschaften von Kompressen	12
7.4 Zubereitung von Kompressen durch Zugabe von Wasser	12
7.5 Beurteilung der Schädlichkeit und Wirksamkeit anhand von Versuchen	13
7.5.1 Allgemeines	13
7.5.2 Messung der Ionenmenge, die vom Untergrund auf die Kompressen übertragen wurde	14
7.5.3 Messung des Ionengehalts im Untergrund vor und nach der Entsalzung	14
8 Entsalzungsprozess	14
8.1 Umgebungsbedingungen bei der Anwendung	14
8.2 Vorbereitung des Untergrunds	14
8.3 Aufbringen der Kompresse	15
8.3.1 Allgemeines	15
8.3.2 Dicke der Kompresse	15
8.3.3 Dauer des Aufbringens	15
8.3.4 Entfernen der Kompresse	16
8.4 Anzahl der Anwendungen	16
9 Prüfbericht	16
Anhang A (informativ) Entsalzungskompressen	18
A.1 Lehmmaterialien	18
A.2 Cellulose- und Holz-Materialien	18
A.3 Gelbildungsmaterialien, wässrig, nicht-wässrig, und gemischte Gele	18
Anhang B (informativ) Advektions- und Diffusionsprozess	20
B.1 Advektion	20
B.2 Diffusion	20
Anhang C (informativ) Verarbeitbarkeit und Beschaffenheit: Ausbreitversuch (EN 459-2) und Kegeleindringversuch (EN 413-2) von Kompressen	22
Anhang D (informativ) Identifizierung von Salzspezies oder -Ionen nach EN 16455	23
Anhang E (informativ) Anzahl der Anwendungen	24
E.1 Allgemeines	24
E.2 Versuchsprüfung zur Entfernung von Ionen aus einer Ziegelmauerwerkswand	24
E.3 Versuchsprüfung: Fallstudie an der Oberfläche eines Wandgemäldes	25
Literaturhinweise	27

Bilder

Bild 1 — Entsalzung durch den Einsatz von Kompressen	10
--	----

Bild 2 — Schematische Darstellung der Transportmechanismen (d. h. Diffusion und Advektion), durch die Ionen in wässriger Lösung von einem Untergrund in eine Kompresse wandern können, bezogen auf den Porengrößenbereich des Untergrunds (aus Pel, Heritage und Voronina [5])	11
Bild E.1 — Menge der Chloride, die nach jeder Anwendung in der Fläche P entfernt wurde [10]	25
Bild E.2 — Spezifische Leitfähigkeit und Menge der Salzionen, die nach jeder Kompressenanwendung entfernt wurde [9]	26

Tabellen

Tabelle C.1 — Bereich der Übereinstimmung zwischen der Verarbeitbarkeit und dem Wassergehalt für die Hauptverbindungen von Kompressen	22
--	-----------

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 17891:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 346 „Erhaltung des kulturellen Erbes“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2024, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2024 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Salze treten in Gesteinen und anderen porösen Untergründen häufig als zersetzende Stoffe chemischen, biologischen oder anthropogenen Ursprungs auf. Sie können ihren Ursprung in Oberflächenablagerungen von Umweltschadstoffen, im kapillaren Wassertransport haben, oder aus externen Quellen wie beispielsweise windgetriebenen Meeres aerosolen und dem Material selbst stammen, und können aufgrund früherer, ungeeigneter Restaurierungseingriffe vorhanden sein.

Die am häufigsten in Baustoffen vorkommenden Salze sind Sulfate, Chloride, Nitrate und Carbonate von Natrium, Kalium, Ammonium, Calcium und Magnesium. Häufig kommen die Sulfate Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) und Thenardit (Na_2SO_4), Epsomit ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) vor, sowie andere Hydrate, die Chloride Halit (NaCl) und Sylvit (KCl), die Nitrate Salpeter (KNO_3) und Natronsalpeter (NaNO_3) und die Carbonate Thermonatrit ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) und Trona [$\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$]. Weniger häufig können Doppelsalze beobachtet werden, z. B. Aphthitalit [$\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$], Carnallit ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). In geringem Maße können Phosphate und Nitrite festgestellt werden.

Im Allgemeinen sind mehrere Arten löslicher Salze nebeneinander vorhanden, und die vorliegenden ionischen Spezies können in Abhängigkeit von den Bedingungen miteinander reagieren, so dass komplexe Salze gebildet werden, oder können zu Kristallisationserscheinungen innerhalb und/oder auf der Oberfläche des Objekts führen.

Die Löslichkeit jedes einzelnen Salzes in einem bestimmten System schwankt erheblich und wird von der Konzentration und Art anderer Salze im System sowie von der Temperatur beeinflusst. Im Allgemeinen ist die Konzentration löslicher Salze im Untergrund nahe der Oberfläche am höchsten, wenngleich erhöhte Salzgehalte auch im Inneren bis in beträchtliche Tiefen vorkommen können.

Salze können den Stoffaufbau poröser anorganischer Materialien schädigen und zu verschiedenen Zersetzungsmorphologien führen, die mitunter einen erheblichen Materialverlust an dem Objekt verursachen. Darüber hinaus haben wasserlösliche Salze einen Einfluss auf Konservierungsmaßnahmen wie z. B. Reinigung, Konsolidierung, Behandlung mit hydrophoben Materialien und Anstreichen oder Verputzen, die sie oftmals behindern. Das Ausmaß des Verfalls und dessen Erscheinungsbild hängen für ein bestimmtes Material von der Art des/der kristallisierenden Salze(s), der Menge des/der vorhandenen Salze(s) und von den Umgebungsbedingungen ab, sowie von der auftretenden Feuchte, die zu Kristallisierungszyklen führt.

Eine Verringerung des Salzgehalts (Entsalzung) ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verringerung der Verfallsgeschwindigkeit des Objekts und für den Erfolg und die Dauerhaftigkeit von Konservierungsmaßnahmen. Es wird jedoch auch anerkannt, dass bei einigen Systemen eine Entsalzung bestenfalls lediglich teilweise erfolgreich sein kann.

Entsalzung durch den Einsatz von Kompressen ist eines der gebräuchlichsten Verfahren, die zur Verringerung des Salzgehalts von Objekten angewendet werden.

Der Begriff Entsalzung wird verwendet, um eine Verringerung des Ionengehalts wasserlöslicher Salze vorzugsweise in den oberflächennahen Schichten des Untergrunds zu bezeichnen, statt einer Entfernung aller Salze aus dem Untergrund in der Tiefe.

Vor einem Eingriff/einer Anwendung zur Verringerung von Salzen und der durch diese hervorgerufenen Schäden ist es ratsam, eine Untersuchung und maßgebende Eingriffe in Betracht zu ziehen, um das Eindringen von übermäßiger Feuchte als Teil eines ganzheitlichen Konservierungsansatzes zu verhindern.

Entsalzung ist eine Entscheidung, die erst getroffen werden sollte, nachdem gründliche Untersuchungen durchgeführt wurden, die alle Aspekte im Zusammenhang mit der Schädigung durch Salze, wie z. B. die Art der vorhandenen Salze, deren Ursprung, deren Menge und Verteilung sowie die Umgebungsbedingungen berücksichtigen. Angaben zu früher erfolgten Behandlungen können erforderlich sein.

Für die Entsalzung beschichteter Untergründe sind zusätzliche Betrachtungen erforderlich, um die Durchführbarkeit einer Entsalzung durch den Einsatz von Kompressen zu beurteilen. Bei mangelnder Kohäsion

könnte während der Behandlung Beschichtungsstoff verloren gehen und einige Pigmente oder unterstützende Compounds können während der Behandlung mit Kompressen ungünstig reagieren.

Um im Falle einer Innenraumumgebung das Auftreten von Auflösungs-Kristallisierungs-Zyklen aufgrund von Änderungen der relativen Luftfeuchte zu verhindern, wird empfohlen, das Innenraumklima möglichst zu stabilisieren [1].

Wenn alle möglichen Eingriffe zur Verhinderung der anhaltenden Verunreinigung durch Salze in Betracht gezogen und vorgenommen wurden, dürfen Maßnahmen zur Verringerung der Menge des Salzes/der Salze durch einen Prozess der Salzionenextraktion, der auch als „Entsalzung“ bezeichnet wird, ergriffen werden.

ANMERKUNG Um das Vorhandensein von Salzen zu begrenzen, können neben dem Einsatz von Kompressen auch noch weitere Maßnahmen vorgeschlagen werden, wie z. B. die Anwendung von Wasserbädern oder porösem Opferputz oder die Bepflanzung mit halophiler Vegetation, oder die Anwendung sulfatreduzierender Bakterien oder von Kristallisationshemmern oder elektrochemischen Verfahren. Diese Verfahren liegen nicht im Anwendungsbereich dieses Dokuments.

Ausgehend von der vorstehenden Betrachtung legt dieses Dokument ein Verfahren zur Verringerung der Menge löslicher Salze/Ionen fest, die in einem porösen anorganischen Material vorkommen, durch einen Prozess der Entsalzung mittels Einsatz von Kompressen, und behandelt die Anforderungen für die Auswahl der Kompressenbestandteile sowie das Verfahren zur Anwendung und Überwachung der Entsalzung.

Entsalzung durch den Einsatz von Kompressen bezieht sich auf die Entfernung löslicher Salze, d. h. deren Ionen, aus dem Porensystem poröser anorganischer Materialien, wie z. B. Natursteinen, Ziegelsteinen, Terrakotta, Außen-/Innenputzmörtel und Wandmalereien. Behandlungen können *in situ* oder bei beweglichen Objekten in einer Konservierungs-/Restaurierungswerkstatt erfolgen.

Derzeit wird eine große Vielzahl von Kompressen in Form von Einzelprodukten und gemischt mit tonhaltigen Materialien (Lehmkompressen, Diatomeenerde, Bentonit, Attapulgit, Sepiolith) verwendet, bei denen schnelle Anwendungsverfahren genutzt werden.

Entsalzung durch den Einsatz von Kompressen beruht auf dem Grundsatz, dass in Wasser gelöste Salze aus den durch Salz verunreinigten porösen Materialien in die Kompressen transportiert werden. Der Transport von Salzlösungen kann sowohl durch Ionendiffusion als auch durch die Bewegung des Fluids stattfinden.

Es ist erforderlich, sehr früh auf das Risiko hinzuweisen, das mit der Entfernung der am besten löslichen Salze und dem Zurücklassen der weniger löslichen Salze (und dem daraus folgenden Risiko einer noch größeren Schädigung) einhergeht.

Idealerweise sollten Kompressen gewählt werden, die insbesondere auf empfindlichen Oberflächen keinerlei Rückstände hinterlassen. Es ist erforderlich, alle Rückstände, die entstehen, zu identifizieren und möglichst zu entfernen, um eine Schädigung des Untergrunds zu verhindern. Wenn Zweifel bestehen, dass die Entfernung von Rückständen nicht erfolgreich durchgeführt werden könnte, sollte eine Trennschicht, wie beispielsweise Japanpapier, angewendet werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt eine Methodik für den Einsatz von Kompressen zur Entsalzung poröser Untergründe, die kulturelles Erbe darstellen, fest. Die Methodik der Entsalzung kann angewendet werden:

- bei salzbelasteten porösen anorganischen Materialien, die von Salzverwitterung betroffen sind, und/oder
- um Konservierungsbehandlungen zu ermöglichen, die mit einer Verunreinigung durch lösliches Salz/lösliche Salze unverträglich sind, oder
- um bei bekannter Verunreinigung Salzschäden zu verhindern.

In allen Fällen ist das Ziel der Entsalzung die Verringerung des Salzgehalts.

Darüber hinaus enthält dieses Dokument die grundlegenden Anforderungen an den Entsalzungsvorgang sowie Leitlinien für die Wahl der am besten geeigneten Kompressenbestandteile entsprechend den Eigenschaften des Untergrunds und den Arten/Mengen des/der vorhandenen Salze(s), um den Entsalzungsprozess zu optimieren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 15898, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Allgemeine Begriffe*

EN 16085, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Verfahren der Probenahme an Materialien des kulturellen Erbes — Allgemeine Regeln*

EN 16455, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Auflösung und Bestimmung von löslichen Salzen in Naturstein und artverwandten Materialien des kulturellen Erbes*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 15898 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp/>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Advektion

Transport eines Stoffes (gelösten Stoffes) oder einer Menge durch den Massenstrom des Wassers, üblicherweise durch Kapillarkräfte

Anmerkung 1 zum Begriff: Advektion schließt nicht den Transport von Stoffen durch molekulare Diffusion ein.

3.2

Leitfähigkeit

Maß der Fähigkeit von Wasser, elektrischen Strom zu leiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie hängt von der Menge und den Arten der aufgelösten Salze (oder anderer Verbindungen) im Wasser ab.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der zweite Teil des Satzes wurde aufgrund seiner Redundanz gestrichen.

[QUELLE: EN 16455:2014, 3.2, modifiziert — Anmerkung 2 zum Begriff wurde hinzugefügt]

3.3

Entsalzung

Verringerung des Gehalts der Salzionen in einem Material oder Untergrund, um deren Konzentration zu verringern (sodass sie weniger schädigend wirken)

3.4

Entsalzungskompressse

geeignete wasserhaltige Materialien, die auf poröses Material aufgebracht werden, um dessen Gehalt löslicher Salze zu verringern

Anmerkung 1 zum Begriff: Lehmmineralien, Cellulosefasern, Feinsand, Gele usw. sind übliche Verbindungen, die in einer bestimmten Rezeptur mit entionisiertem Wasser gemischt werden, um wirksame Entsalzungskompressen zuzubereiten, die an die Eigenschaften des Untergrunds angepasst sind.

[QUELLE: EN 17138:2018, Anhang A für die Festlegung der Verbindungen]

3.5

Diffusion

Prozess, der sich aus der zufälligen Bewegung von Molekülen oder Ionen ergibt, welche einen Nettostofffluss von einem Bereich hoher Konzentration zu einem Bereich niedriger Konzentration hervorruft

3.6

Feuchtegehalt

Wassermenge im Material, wie nach einem in EN 16682 festgelegten gravimetrischen Verfahren bestimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Feuchtegehalt wird als Massenanteil in Prozent (%) angegeben.

3.7

lösliches Salz

Salz, das sich leicht in einem Lösemittel wie beispielsweise Wasser auflöst, um eine Lösung zu bilden

Anmerkung 1 zum Begriff: Innerhalb dieses Dokuments bezieht sich die Benennung Salz auf lösliche Salze.

3.8

spezifische Leitfähigkeit

Leitfähigkeit einer Lösung, gemessen zwischen zwei Elektroden mit einer Fläche von 1 cm^2 und im Abstand von 1 cm zueinander

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit ist $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Anmerkung 2 zum Begriff: In der englischen Fassung wurde „apart“ durch die Benennung „distant“ ersetzt, die genauer ist.

[QUELLE: EN 16455:2014, 3.3, modifiziert — Anmerkung 2 zum Begriff wurde hinzugefügt]