Kalkputze in der Denkmalpflege

Merkblatt
E-2-7
Ausgabe: 10.2023/D
Einspruchsfrist: 31.04.2024

Lime-based plaster for architectural heritage

Les crépis de chaux dans la conservation architecturale

Deskriptoren
Putz, Kalkputz, Kalkarten, Verarbeitung, Schadensvermeidung

Key Words
plaster, rendering, building lime, application, prevention of damage

Mots-Clés
Crépis,crépis de chaux, types de chaux, mise en oeuvre, malfaçons

Erläuterungen zum Merkblatt

Ergänzend sind folgende WTA-Merkblätter in der jeweils aktuellen deutschen Fassung zu beachten:

2-4 »Beurteilung und Instandsetzung gerissener Putze an Fassaden«
2-9 »Sanierputzsysteme«
2-14 »Funktionsputze«
2-10 »Opferputze«
4-5 »Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik«
8-6 »Beschichtungen auf Sichtfachwerkfassaden – Ausfachungen/Putze«

Inhalt

		Seite
1	Zielsetzung	4
2	Historische und Denkmalpflegerische Grundlagen	4
3	Definition Baukalk	5
3.1	Luftkalk	6
3.2	Kalke mit hydraulischen Eigenschaften	6
3.3	Britische Klassifizierung nach Art des Bindemittels	7
3.4	Romankalk/-zement	7
4	Kalkmörtel/-putze	7
4.1	Gesteinskörnung	7
4.2	Zusatzmittel und Zusatzstoffe	8
4.3	Herstellungsarten	8
4.4	Festmörteleigenschaften von Kalkmörteln	9
5	Anwendungsgebiete	10
6	Verarbeitung	12
6.1	Zeitrahmen und Witterungsbedingungen	13
6.2	Putzgrundvorbereitung	13
6.3	Herstellen von Baustellenmörteln	14
6.4	Putzergänzung	14
6.5	Kalkputzauftrag und Oberflächenbearbeitung	14
6.6	Nachbehandlung	15
6.7	Farbanstriche	15
6.8	Wartung, Pflege und Monitoring	15
7	Literatur	16
7.1	Zitierte Literatur	16
7.2	Weiterführende Literatur	18

Freiexemplar

© Copyright by Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege International e.V.
Vertrieb: WTA Publications, Tel. +49-89-57 86 97 27, Fax +49-89-57 86 97 29, email: info@wta-international.org

Fraunhofer IRB | Verlag

Kalkputze in der Denkmalpflege
Deutsche Fassung vom September 2023

Referat 2 Oberflächentechnologie

Leiter des Referates
Tanja Dettmering

Leiter der Arbeitsgruppe
Tanja Dettmering

Mitglieder der Arbeitsgruppe
Michael Auras
Shibing Dai
Tanja Dettmering
Anja Diekamp
Anja Dötsch
Petra Egloffstein
Joachim Korndoerfer
Ralf Mallmann
Matthias Zötzl

Korrespondierend:
Stefanie Fuchs

Erarbeitung des Merkblattes

Beginn der Arbeiten: Juli 1998
Ende der Arbeiten: November 2001
Merkblattentwurf: Juni 2002
Endgültige Fassung: September 2002

1. Überarbeitung
Beginn der Arbeiten: Mai 2020
Ende der Arbeiten: Juni 2023
Merkblattentwurf: September 2023
Endgültige Fassung: –

ISBN (E-Book) 978-3-7388-0873-5

Freiexemplar

WTA-Merkblätter

Herausgeber
Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege International e.V.

Schriftleitung
Clemens Hecht, Tobias Steiner

Vertrieb
WTA Publications
Telefon +49-89-57 86 97 27, Fax +49-89-57 86 97 29, email: info@wta-international.org

Die WTA ist stets bemüht in ihren Merkblättern den jeweiligen aktuellen Stand des Wissens festzuhalten. Wenn Sie vor Ablauf der Einspruchsfrist Verbesserungen, Änderungen vorschlagen möchten, wenden Sie sich bitte direkt an den Leiter der Arbeitsgruppe.

© Alle Rechte bei der WTA International e.V.. Nachdruck und Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung gestattet.

Die Angaben in diesem Merkblatt stützen sich auf den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse. Die WTA International e.V. kann jedoch keinerlei Haftung übernehmen. Vorschläge oder Einwände, die gegebenenfalls bei einer Neuauflage berücksichtigt werden können, sind an die Geschäftsstelle der WTA International e.V. zu richten.

Bei Streitfällen ist die deutsche Fassung gültig.

Den auftragvergebenden Architekten, Denkmalpflegeämtern und den staatlichen, kommunalen und kirchlichen Bauämtern wird nahegelegt, auf dieses und die weiteren Merkblätter der WTA zum Bautenschutz und zur Bauwerksinstandsetzung in Ausschreibungen und Aufträgen Bezug zu nehmen und deren Kenntnisnahme allen Auftragnehmern zur Auflage zu machen.

Fraunhofer IRB Verlag, 2023
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon +49 7 11 9 70-25 00
Telefax +49 7 11 9 70-25 99
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
http://www.baufachinformation.de

Kurzfassung

Das WTA-Merkblatt »Kalkputze in der Denkmalpflege« stellt die grundlegenden Voraussetzungen für die Anwendung von Kalkputzen bei der Restaurierung historischer Bauwerke dar. Es wendet sich an Architekten, Planer, Denkmalpfleger und Handwerker. Ziel des Merkblattes ist die Vermeidung von Schäden durch Information über die spezifischen Eigenschaften von Kalkputzen und die daraus resultierenden Besonderheiten bei ihrer Verwendung.

Zunächst wird auf die verschiedenen Baukalke und ihre Erhärtungsmechanismen eingegangen. Die für die Auswahl eines geeigneten Kalkputzes wichtigen denkmalpflegerischen und physikalisch-technischen Aspekte werden erläutert. Es folgen Hinweise zur Rezeptur von Baustellenmischungen, zur Verarbeitung von Kalkputzen, zu entsprechenden Rahmenbedingungen und zu den Grenzen der Anwendbarkeit. Anforderungen an die Dokumentation der Maßnahme werden formuliert. Schließlich werden allgemeine Hinweise zur Schadensvermeidung gegeben. Im Anhang sind Definitionen und Erläuterungen zu grundsätzlichen Zusammenhängen zwischen der stofflichen Zusammensetzung von Kalkputzen und den daraus resultierenden Mörteleigenschaften zusammengestellt.

Deskriptoren: Putz, Kalkputz, Kalkarten, Verarbeitung, Schadensvermeidung

Abstract

The WTA-Recommendation “Lime-based plaster for architectural heritage” presents the fundamental requirements for the use of lime-based plaster and rendering for the conservation and restoration of historic buildings. It is directed to architects, planning engineers, conservators and craftsmen. The main objective of the recommendation is the prevention of damage by informing about the specific properties of lime plasters and the resulting peculiarities of their application.

First the different types of building limes and the fundamental hardening processes are explained. Physical parameters as well as aspects of building preservation are discussed in the context of selecting a suitable lime plaster or rendering. This is being followed by recommendations for the recipe of self-mixed mortars, for the application of lime plasters, for their appropriate conditions and for the limitations of these materials. Furthermore, the necessity and requirements concerning the documentation of the measures taken is pronounced. Finally general hints for the prevention of damage are given. In the appendix definitions and explanations about fundamental relations between the material composition and the resulting properties of lime-based mortars are compiled.

Key Words: hygrothermal simulation, heat and moisture transport, material properties, boundary conditions, sensitivity

Freiexemplar

Résumé

La notice WTA «Les crépis de chaux dans la conservation architecturale» traite le sujet des crépis à base de chaux et énonce les conditions fondamentales de leur application lors de travaux de restauration d’édifices historiques. Elle est destinée aux architectes, aux planificateurs, aux conservateurs ainsi qu’aux artisans concernés. Dans le but d’éviter d’éventuels dommages, la notice informe sur les caractéristiques spécifiques des crépis de chaux et sur les méthodes d’utilisation particulières qui en résultent.

Les différents types de chaux et leur mécanisme de durcissement sont explicités dans un premier chapitre, tout comme les aspects conservatoires et physicotechniques importants qui permettent d’opérer un choix. Suivent alors des indications sur la formulation des mortiers, sur leur mise en place et sur les conditions générales de mise en oeuvre. La nqotice émet également des recommandations sur le soin qui devrait être apporté à la documentation des travaux. Une dernière partie est consacrée à des remarques générales sur les moyens d’éviter les malfaçons les plus courantes. En annexe, le lecteur trouvera une compilation de définitions et d’explications à propos de la composition des matériaux à base de chaux et de leurs propriétés.

Mots-Clés: Crépis, crépis de chaux, types de chaux, mise en œuvre, malfaçons

Präambel

Historische Putze wurden traditionell bis Mitte des 20. Jahrhunderts in Form von Baustellenmischungen aus gebranntem Kalk und Gesteinskörnungen hergestellt.

In diesem Merkblatt werden ausschließlich Kalkputze behandelt.

Es bezieht sich nicht auf Denkmäler, die bereits mit Zementputzen errichtet wurden.

1 Zielsetzung

Ziel des Merkblattes ist die Bereitstellung von Informationen zum fachgerechten Einsatz von Kalkputzen, die in Eigenschaft und Ästhetik an den historischen Bestand angepasst werden. Putzergänzungen oder -reparaturen werden dabei gegenüber Neuverputz bevorzugt, aus denkmalpflegerischen Gründen und in Hinblick auf die Ressourcenschonung.

Die Konzeption und Ausführung restauratorischer Maßnahmen wie Hinterfüllung, Festigung, Anböschung sind nicht Gegenstand des Merkblatts.

Das WTA-Merkblatt basiert auf den anerkannten Regeln der Technik und soll die Normierungen im Putzbereich erweitern, die in der Regel auf den Neubau abzielen. Es kann Teil der Vertragsgrundlage zwischen Bauherrn und Ausführendem werden.

2 Historische und Denkmalpflegerische Grundlagen

Kulturdenkmäler sind Zeugnisse der Vergangenheit und damit in hohem Maße identitätsstiftend. Als authentische Quellen vermitteln sie Zeitgeschichte besonders anschaulich. Informationen über das Leben und Arbeiten der Menschen in den vorausgegangenen Epochen werden hier ebenso nachvollziehbar, wie die Prinzipien des historischen Planens und Bauens. Die Aufgabe der Denkmalpflege ist es, dieses kulturelle Erbe für die Nachwelt zu erhalten und der Öffentlichkeit zu vermitteln.

Der Denkmalwert eines Baudenkmals ist maßgeblich an seine authentische Substanz gebunden. Die Erhaltung der originalen Baumaterialien ist damit ein wesentlicher Aspekt denkmalpflegerischen Handelns. Die Forderung nach Authentizität bezieht sich sowohl auf das Material und die Technologie als auch auf das Erscheinungsbild.

Eine Grundvoraussetzung für die nachhaltige, substanzschonende und denkmalgerechte Erhaltung und Nutzung eines Baudenkmals ist die detaillierte Kenntnis seiner Geschichte, der Konstruktion und der verwendeten Materialien. Über Jahrhunderte hinweg wurden Prinzipien des Bauens entwickelt, die ihre Dauerhaftigkeit nachhaltig erwiesen haben. Die Verwendung von Baustoffen wie Naturstein, Holz, Ziegel, Kalk oder Eisen sichert eine hervorragende Reparaturfähigkeit und ist damit in höchstem Maße nachhaltig und umweltfreundlich.

Ein wesentliches Baumaterial in allen Epochen war das Bindemittel Kalk. Im Mörtel war er gemeinsam mit den Zuschlägen erforderlich, um einen konstruktiven Verband zu schaffen. Als Putz diente er dem Witterungsschutz und der Gestaltung. Dabei konnte er plastisch geformt werden oder beispielsweise mit Kalkfarbe farbig gestaltet werden.

Das Erscheinungsbild der Putze war und ist dabei von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Art, Reinheit und Mischung der verschiedenen Komponenten
- Beschaffenheit des Putzuntergrundes (Saugfähigkeit des Putzgrundes, Materialien wie Mauerwerk oder Fachwerk, etc.)
- Auftrag der Putze als Verstrich der Mörtelfuge (ggf. mit Fugenstrich) oder vollflächiger Verputz
- Anzahl der Putzlagen (einlagig oder mit Deckputz)
- Oberflächenbehandlung und Farbigkeit

Kalk weist sowohl in Bezug auf die Verträglichkeit mit anderen Baustoffen als auch hinsichtlich der Reparaturfähigkeit günstige Eigenschaften auf. Die anfänglich hohe Alkalität des Kalks trägt zur Vermeidung von Schimmelbildung und der Absorption von Gerüchen bei.

Durch seine geringe Festigkeit lässt er eher Verformungen zu, großflächige Putzablösungen durch hohe Spannungen treten hier, die richtige Nachbehandlung vorausgesetzt, selten auf. Die hohe Wasserdampfdiffusionsfähigkeitermöglicht im Zusammenhang mit der Kapillarität eines Kalkputzes eine gute Feuchtigkeitsregulation.

Die Erhaltung des Baudenkmals erfordert die Respektierung des jeweiligen historischen Materialsystems und Konstruktionsprinzips. Dies schließt auch bauphysikalische Aspekte ein. Die Verwendung ungeeigneter Mate-

Freiexemplar

rialien innerhalb eines seit Jahrhunderten bestehenden Gefüges kann zu irreparablen Schäden und letztlich zum Verlust des Denkmals führen.

Im Zuge der Industrialisierung wurden auch in der Bauwirtschaft zunehmend vorkonfektionierte und standardisierte Produkte entwickelt. Zu einem großen Verlust an originalem Putzbestand führte insbesondere die Verwendung von zementhaltigen Bindemitteln und Applikationstechnologien wie Spritzverfahren, die zum Teil zu einem flächenhaften Auftrag von zementreichen Putzen führten. Die dichte Oberfläche, die große Härte und die Salzbelastung aus den Zementen (z. B. Sulfat-/Alkaliionen) führten in der Folge zu einem erheblichen Verlust an historischen Putzen und Farbfassungen sowie zu großen Schäden an Werksteinen und Mauerwerk. Bauhistorische Befunde wurden verunklärt oder zerstört. Auch das Erscheinungsbild der historischen Architektur wird durch für den Neubau genormte Materialien, falsche Verarbeitung und ungenügende Endbehandlung im Ergebnis häufig verändert und oft verfälscht.

Daraus ergibt sich für Maßnahmen im denkmalgeschützten Bestand, dass Regelwerke, Gesetze und Normen, die für das moderne Bauen entwickelt wurden, häufig nicht angewendet werden können.

Dementsprechend wichtig ist es, dass Maßnahmen an Kulturdenkmälern durch denkmalfachlich qualifizierte Planer, wissenschaftliche Begleitung und mit auf historischen Bestand spezialisierten Firmen durchgeführt werden.

Für die Neukonzeption von Kalkputzen im historischen Bestand ist zunächst die sorgfältige bauhistorische, restauratorische und materialtechnische Analyse des vorgefundenen Zustands erforderlich. Zum Überblick über geläufige Methoden der Mörtelanalytik, siehe [1], [2]. Dabei müssen Informationen zu Farbigkeit, Oberflächengestaltung, Anzahl und Aufbau der Schichten, Bindemittel, Zuschlägen, Verarbeitungstechnik und Erhaltungszustand von Putzen und Farbfassungen erfasst werden. Ebenso sind die Beschaffenheit von Putzgründen und der Allgemeinzustand des Mauerwerks oder Fachwerks zu untersuchen.

In Abstimmung der Untersuchungsergebnisse mit den Anforderungen, die sich aus der Nutzung und den daraus folgenden Rahmenbedingungen ergeben, erfolgt dann die denkmalpflegerische und materialtechnische Konzeption für den Putz.

Für den Erfolg der Maßnahme und damit die Sicherstellung des dauerhaften Erhalts ist in der Folge die kontinuierliche Pflege des Denkmals zwingend erforderlich.

Freiexemplar

3 Definition Baukalk

Baukalke weisen aufgrund ihrer rohstoffbedingten Zusammensetzung historisch wie auch heute eine große Vielfalt auf. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Luftkalken und Kalken mit hydraulischen Eigenschaften.

Die Abbildung zeigt die Einteilung der Baukalke nach DIN-EN 459-1 [3] geringfügig abgeändert nach [4].

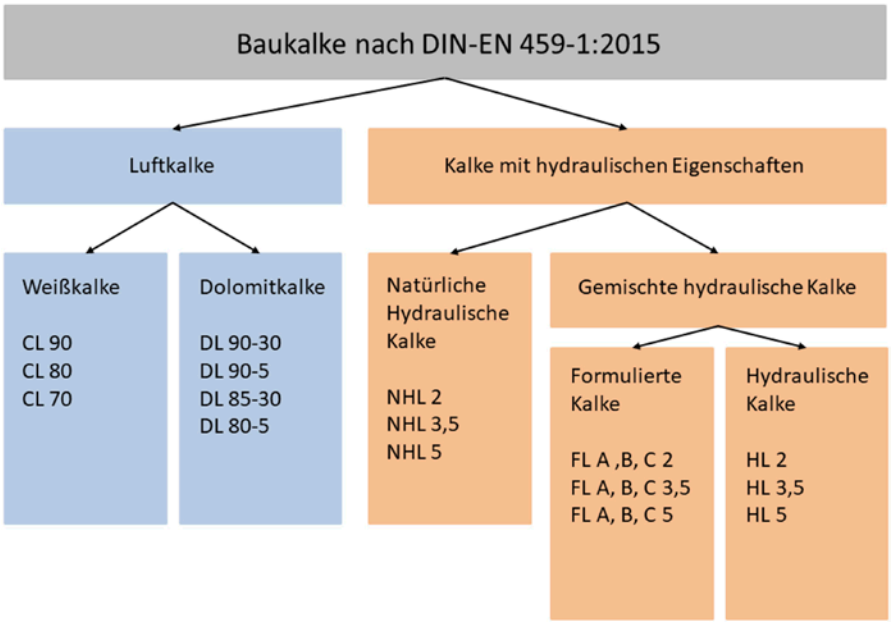


Bild 1 Baukalke nach DIN EN 459-1:2015 [3], geringfügig abgeändert [4]

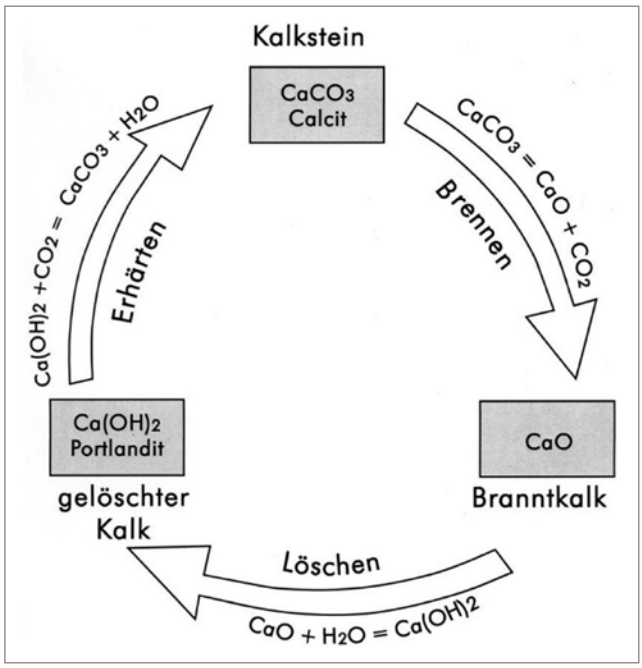


Bild 2 Kreislauf des Kalkes am Beispiel Weißkalk

3.1 Luftkalk

Luftkalk wird durch Brennen von Kalkstein (vorwiegend Calciumcarbonat, $CaCO_3$) zu Branntkalk (Calciumoxid, CaO) erzeugt. Der Branntkalk wird mit Wasser zu gelöschtem Kalk (Kalkhydrat, Calciumhydroxid, Portlandit, $Ca(OH)_2$) umgesetzt.

Beim Kalklöschen kommt es zu einer stark exothermen Reaktion. Dabei besteht die Gefahr starker Verätzungen. Entsprechende Vorsichtmaßnahmen (PSA, insbesondere Schutzbrille) sind zu ergreifen.

Die Erhärtung von Luftkalk erfolgt durch Reaktion mit Bestandteilen der Luft (CO_2), man spricht von carbonatischer Erhärtung.

Beim Löschen des Kalkes wird zwischen Nass- und Trockenlöschen unterschieden.

Beim Nasslöschen wird Wasser im Überschuss zugegeben und man erhält einen Kalkteig, den sogenannten Sumpfkalk, der unter Wasser längere Zeit gelagert werden kann (zur traditionellen Herstellung siehe [5]. Je länger die Lagerdauer ist, desto reiner wird der Kalk, da Fremdbestandteile durch die Sedimentation absinken.

Beim Trockenlöschen an der Baustelle wird Branntkalk entweder in Wasser getaucht, bis keine Luftblasen mehr aufsteigen oder durch wechselweises Übereinanderschichten von Branntkalk und genässtem Sand gelöscht. Bei diesen historischen Techniken des Trockenlöschens blieben Aggregate von Kalkhydrat erhalten, die heute in carbonatisierter Form als sog. Kalkspatzen in vielen historischen Mörteln und Putzen vorliegen [6].

Die gelöschten Kalke können in frischem Zustand zu Heißkalkmörteln verarbeitet werden, siehe hierzu 6.3 [7].

Im industriellen Trockenlöschverfahren wird genau die Wassermenge zugegeben, die durch die chemische Reaktion verbraucht wird und man erhält ein trockenes Pulver von Kalkhydrat.

Durch verschiedene Zusammensetzung des Kalksteins können abhängig vom prozentualen Anteil des Calciumoxids unterschiedliche Qualitäten von Weißkalken (90/80/70) erzeugt werden.

Dolomitkalke werden aus dolomitischen Kalksteinen hergestellt. Die Rohstoffe enthalten anstatt oder zusätzlich zu Calcit (Calciumcarbonat) das Mineral Dolomit, ein Calcium-Magnesium-Carbonat. Die mineralogischen Prozesse beim Brennen, Löschen und Erhärten sind wesentlich komplexer als bei Weißkalken [8], [9].

Freiexemplar

3.2 Kalke mit hydraulischen Eigenschaften

Bei den Kalken mit hydraulischen Eigenschaften werden ungemischte Kalke (NHL) und gemischte Kalkprodukte (FL, HL, siehe Bild 1 und Anhang, Tabelle A.1) unterschieden. Die Zahlen (2; 3,5; 5) bezeichnen dabei die Normfestigkeit (MPa) nach 28 Tagen.

Der natürliche hydraulische Kalk erhärtet carbonatisch und hydraulisch. Die »hydraulische Erhärtung« findet – im Gegensatz zur carbonatischen Erhärtung des Kalkes – auch unter Wasser statt.

Ungemischte Kalke sind natürliche **hydraulische Kalke (NHL 2, NHL 3,5, NHL 5)** und werden durch Brennen von mergeligen, d. h. tonhaltigen Kalksteinen hergestellt. Beim Brennen bis ca. 1 200 °C entstehen neben Branntkalk auch hydraulische Phasen [10].

Formulierte Kalke (FL 2, FL 3,5, FL 5/A, B, C) werden neben der Klassifizierung über die Festigkeit auch noch über den Gehalt an verfügbarem Kalkhydrat eingruppiert. Sie *können Mischungen aus Kalk, Puzzolanen,* latenthydraulischen Stoffen und Zement (Erläuterung der Begriffe s. Glossar) darstellen. Die in den Mischungen enthaltenen Komponenten müssen qualitativ und quantitativ deklariert werden. Zementbestandteile müssen auch bei geringen Anteilen explizit ausgewiesen werden. Die formulierten Kalke enthalten außerdem einen höheren Kalkhydratanteil als vergleichbar feste Hydraulische Kalke (siehe Anhang, Tabelle A.1 »Anforderungen an gelöschte Baukalke«).

Hydraulische Kalke (HL 2, HL 3,5, HL 5) können aus Mischungen mit Zement, Puzzolanen, latenthydraulische Stoffen und Kalk bestehen. Wird Trass als Puzzolan eingesetzt, werden sie als Trasskalke deklariert.

3.3 Britische Klassifizierung nach Art des Bindemittels

Die DIN EN 459-1 ist maßgeblich aus einer Klassifizierung des English Heritage [1] hervorgegangen, bei der Kalkmörtel und Kalkputze anhand der Bindemittel klassifiziert werden (siehe Anhang).

Typ A: Nicht-hydraulischer Mörtel auf der Basis von trocken gelöschtem Branntkalk und Sumpfkalk (engl. putty)

Typ B: Hydraulischer Mörtel auf der Basis von Sumpfkalk und Puzzolanen

Typ C: Hydraulischer Mörtel auf der Basis von natürlichem hydraulischem Kalk

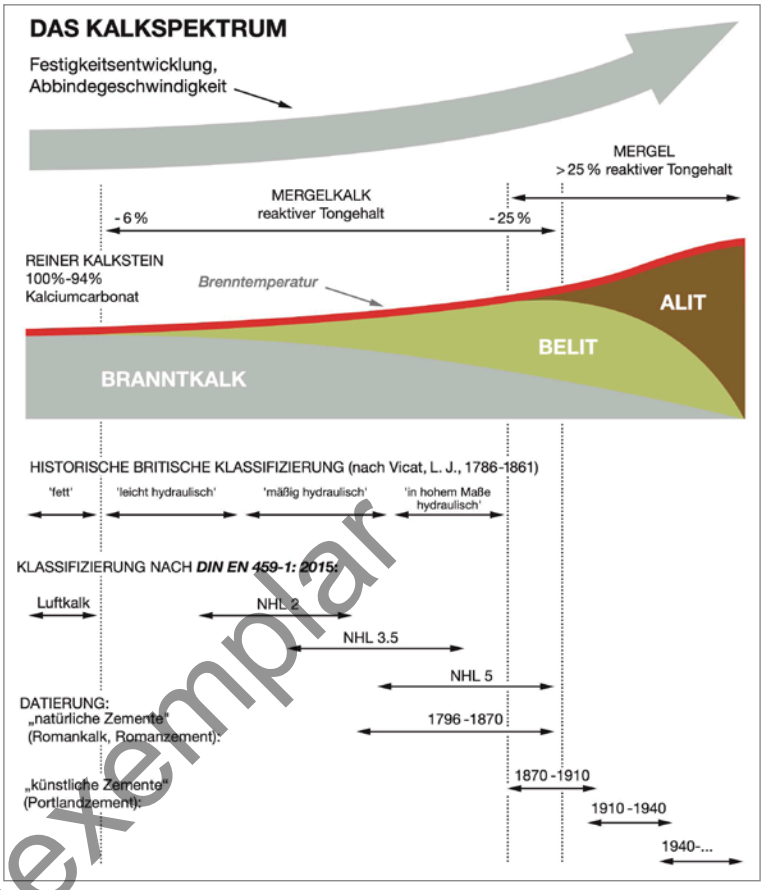


Bild 3 Kalkspektrum nach Vicat, Quelle: Kalkforum, geringfügig bearbeitet [1]

3.4 Romankalk/-zement

Romankalke zeichnen sich durch eine sehr tonreiche Rohstoffzusammensetzung aus. Sie sind durch eine ausschließlich überwiegend hydraulische Erhärtung gekennzeichnet und sind in der DIN EN 459-1 nicht genormt. Die Brenntemperaturen liegen zwischen ca. 800–1 100 °C.

Die Bezeichnung von Romankalk und Romanzement erfolgt synonym. Die Herstellung aus Kalkmergeln war seit dem ausgehenden 18. Jahrhundert möglich. Ihre Blütezeit erreichten sie zwischen 1820 und 1870. Eine der frühesten Klassifizierungen der Kalkbindemittel erfolgte nach Vicat [12].

Freiexemplar

4 Kalkmörtel/-putze

Kalkmörtel werden aus Bindemittel, Gesteinskörnung (»Zuschläge«), Anmachwasser sowie ggf. Zusatzstoffen und Zusatzmitteln hergestellt. Der Mörtel kann als Mauermörtel, Fugmörtel oder Putz verwendet werden. Das Anwendungsspektrum als Putz ist vielfältig. Hierbei spielen die Eigenschaften des Bindemittels Kalk und der weiteren Bestandteile die wesentliche Rolle.

4.1 Gesteinskörnung

Als Gesteinskörnung (Zuschlag) werden Gemenge von Körnern bezeichnet, die zur Mörtelherstellung mit Bindemittel und Wasser gemischt werden.

In den meisten Fällen handelt es sich um Sande, die als Verwitterungs- oder Zerkleinerungsprodukt von Natursteinen entstehen. Historisch wurden vor Ort anstehende Natursande (je nach Region auch Kalksplitt), Flusskies o. ä. verwendet, die maßgeblich Eigenschaften und Aussehen der Putze bestimmten. Teilweise finden sich in historischen Kalkputzen Anteile von **Holzkohle,** die teils aus dem Herstellungsprozess resultieren oder als Zusatz gezielt eingesetzt wurden.

Als künstliche Zuschlagsstoffe sind besonders Ziegelsplitt und -mehl zu nennen, die bereits seit der Antike manchen Kalkputzen zugesetzt werden. Heute werden bei der industriellen Herstellung Leichtzuschläge zur Steuerung der Mörteleigenschaften eingesetzt.

Neben der mineralogischen Zusammensetzung der Zuschlagskörner ist ihre Form und ihre Korngrößenverteilung wichtig. Letztere ist insbesondere bei der Herstellung von Baustellenmischungen zu beachten. Für die

Erzielung bestimmter Putzstrukturen, beispielsweise zur Anpassung an den historischen Bestand, können spezielle Sieblinien erforderlich sein.

Bei der Zugabe regionaler Sande ist die Menge des Feinkornanteils durch Tonminerale zu beachten, die zu vermehrtem Schwinden und Festigkeitsverlusten des Mörtels führen kann.

4.2 Zusatzmittel und Zusatzstoffe

Zusatzmittel sind Stoffe, die zur Beeinflussung der Frisch- oder Festmörteleigenschaften in geringen Mengen (<5 M.-%, bezogen auf das Bindemittel) zugegeben werden. In historischen Quellen werden eine Vielzahl solcher Substanzen genannt, wie z. B. Öl, Fett, Milch, Quark, Blut, Weinsäure oder Zucker, Überblick in [13].

Faserige Zusatzstoffe wie Tierhaare, Strohhäcksel, Holzspäne, Cellulose-, Kunststoff- oder Glasfasern werden zur Verbesserung der mechanischen Putzeigenschaften zugemischt. Eine weitere wichtige Gruppe der Zusatzstoffe sind latenthydraulische und puzzolanisch wirkende Substanzen (siehe Anhang).

Allgemein ist zu beachten, dass sich Zusätze in ihrer Wirkung gegenseitig beeinflussen. Hierauf ist insbesondere bei Zusatzmittelkombinationen zu achten. Exakte Dosierung und homogene Verteilung im Putzmörtel sind unabdingbare Voraussetzung für ihre Verwendung. Ihr Einsatz erfordert tiefgehende Stoffkenntnis, Eignungsversuche sind unbedingt notwendig. Einen Überblick über die Chemie der Zusatzmittel und ihre Wirkmechanismen gibt [13]. Im Anhang, Tabelle A.2, sind die wichtigsten Gruppen mit ihren Wirkungsweisen dargestellt.

4.3 Herstellungsarten

Bei der Herstellung von Kalkputzen muss unterschieden werden zwischen Baustellenmischungen, Werksmischungen (Werktrockenmörtel) und Halbfertigprodukten (Compound). Zur Verarbeitung siehe 6.3.

Baustellenmörtel werden am Objekt aus den Ausgangsstoffen gemischt. In der Phase der Musterlegung sind Rezepturmodifikationen zur Verbesserung von Erscheinungsbild, Verarbeitbarkeit und technischen Eigenschaften schnell und einfach möglich. Bei der Ausführung der Maßnahme ist die strikte Einhaltung der festgelegten Rezeptur zu gewährleisten.

Anhaltspunkte zum Verhältnis von Bindemittel und Zuschlag geben die DIN 18550-1 und -2:2018 »Planung, Zubereitung und Ausführung von Außen- und Innenputzen« [15].

Werkmörtel sind in einem Werk aus den Ausgangsstoffen zusammengesetzte und gemischte Mörtel. Durch die kontinuierliche werksseitige Rohstoffüberwachung und die Art der Herstellung ist die Einhaltung der Rezeptur gewährleistet. Manche Hersteller stimmen die Putzrezeptur auf die objektspezifische Befundsituation ab.

Die Kennzeichnung von Kalkputzen nach Mörtelart, Putzklassen und zugehöriger Druckfestigkeiten gemäß DIN EN 998-1 [16], DIN EN 13914 [17] und DIN 18550-1 [15] sind im Anhang, Tabelle A.3, dargestellt.

Die physikalischen Eigenschaften (Festigkeit, Saugfähigkeit, etc.) eines Kalkputzes werden von mehreren Faktoren beeinflusst:

- Art des Bindemittels
- Anteil von puzzolanischen und latenthydraulischen Zusatzstoffen
- Wassergehalt des Mörtels
- Art des Zuschlags
- Mischungsverhältnis von Bindemittel und Zuschlag
- Kornverteilung des Zuschlags (Sieblinie)
- Art und Menge von Zusatzmitteln
- Saugfähigkeit des Untergrundes
- Verarbeitungsweise
- Klimatische Bedingungen während der Erhärtung

Die Ausführungen dieses Merkblattes beziehen sich in erster Linie auf Kalkputzmörtel, deren Eigenschaften im Wesentlichen den Putzklassen (Druckfestigkeitskategorien) CS I bis max. CS II entsprechen.

Bei **Halbfertigprodukten (Compound)** handelt es sich um Grundmischungen, denen auf der Baustelle nach Vorgabe des Herstellers weitere Zusätze, Zuschläge und Bindemittel beigefügt werden. Ist die grundsätzliche Entscheidung über Werktrockenmörtel, Baustellenmischung oder Halbfertigprodukt gefallen, und sind die denkmalpflegerischen Anforderungen geklärt, so sind für die gezielte Auswahl eines Kalkputzes weitere Angaben notwendig. In jedem Fall sind schriftlich festzuhalten:

Freiexemplar

- Entweder die genaue Spezifikation von Bindemittel (Kalkvarietät, quantitative Angabe eventueller Zumischungen von Zement oder Puzzolanen), Zusatzmitteln, Art und Sieblinie des Zuschlags sowie des Mischungsverhältnisses von Bindemittel, Zusatzmitteln und Zuschlag (Nachweis der Rezeptur)
- und/oder der Nachweis physikalischer Eigenschaften, zumindest der Frischmörtelrohdichte, Druckfestigkeit, E-Modul, Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck und kapillaren Wasseraufnahme (Nachweis der Eignung). Fallweise ist festzulegen, ob der Nachweis weiterer Eigenschaften notwendig ist.

Die Festmörteleigenschaften sollten möglichst an durchcarbonatisierten Proben gemessen werden, alternativ können Prüfwerte nach mindestens 90- tägiger Lagerung ermittelt werden, wenn die Lagerungsbedingungen und die Carbonatisierungstiefe zum Zeitpunkt der Prüfung angegeben werden. Die üblicherweise in Normen festgeschriebene Prüfung nach 28 Tagen ist für Kalkmörtel aufgrund der langsamen carbonatischen Erhärtung nicht aussagekräftig. Entsprechend lange Vorlaufzeiten für die notwendigen Materialprüfungen sind einzukalkulieren.

Um das langsame Erhärtungsverhalten von Kalkmörteln zu veranschaulichen, werden die Druckfestigkeiten von Prüfkörpern nach 28 Tagen und im carbonatisierten Zustand im Folgenden einander gegenübergestellt und ausgewählte Festmörteleigenschaften genannt.

4.4 Festmörteleigenschaften von Kalkmörteln

Zum Vergleich sind Ergebnisse (anonymisiert) von Druckfestigkeitsprüfungen aus Kooperationsprojekten des Instituts für Steinkonservierung e.V. in den Jahren 1996 bis 2020[1)] in der folgenden Grafik dargestellt.

Es handelt sich um sehr bindemittelreichen Labormörtel mit Normsand. In der Praxis kommen abgemagerte Mörtel zum Einsatz, die i. d. R. weniger hohe Endfestigkeiten erreichen.

Freiexemplar

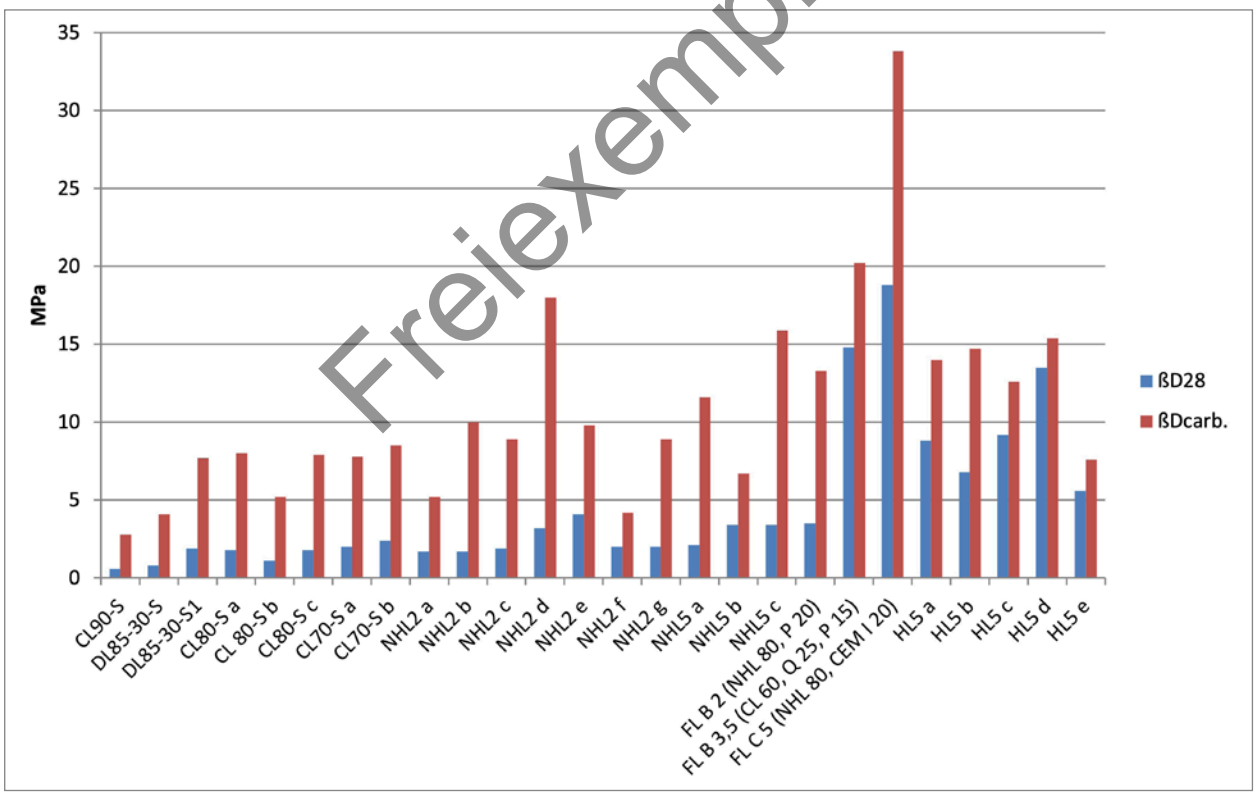


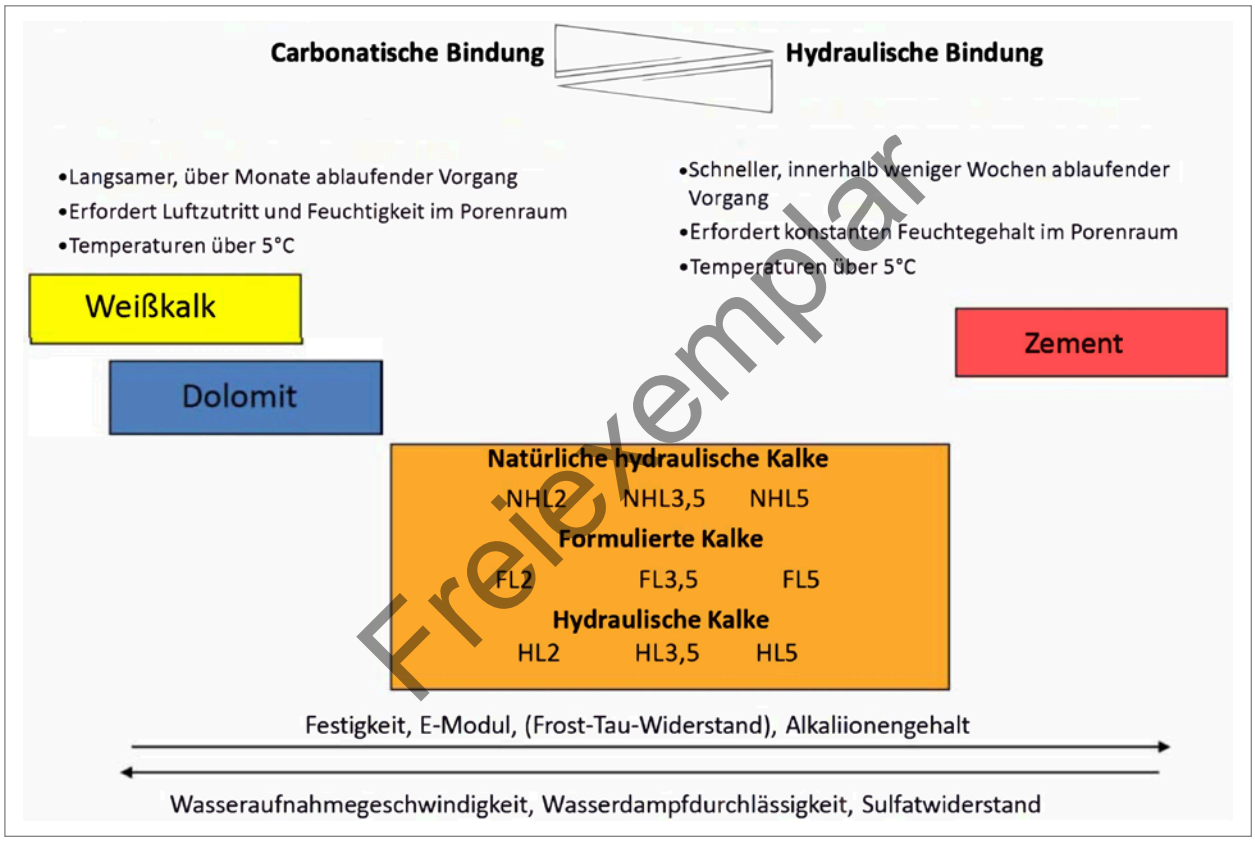
Bild 4 Druckfestigkeiten an Labormörteln mit Normsand B/Z 1 : 4 MT bzw. 1 : 3 MT, alle Kalkbindemittel nach aktueller Norm DIN EN 459-1 bezeichnet, gemessen nach 28 Tagen und an carbonatisierten Prüfkörpern

1) Literaturquellen: eine unveröffentlichte Studie [18], [19], [20], [21], [22]

Aus der Grafik lassen sich folgende Zusammenhänge ablesen:

- die geprüften Bindemittel zeigen eine hohe Spannbreite an Festigkeitswerten.
- die normgemäße Prüfung nach 28 Tagen sagt wenig über die Endfestigkeit der Kalkmörtel aus, insbesondere bei Mörteln mit geringen Hydrauleanteilen.
- Mörtel mit geringen Hydrauleanteilen weisen eine relativ geringe 28-Tage-Festigkeit und eine Festigkeitszunahme bis zur Carbonatisierung um mehr als 100 % auf.
- Es zeigt sich eine relativ höhere 28-Tage Festigkeit bei Bindemitteln mit Portlandzement oder hoch aktiven Puzzolanen, Festigkeitszunahme bis zur weitgehenden Carbonatisierung maximal 100 %.
- die Palette der Kalkbindemittel ist groß und bietet eine große Auswahl entsprechend der objektspezifischen Anforderungen.

Die folgende Abbildung illustriert die mit zunehmender hydraulischer Erhärtung in der Regel einhergehende schnellere und höhere Festigkeitsentwicklung von Kalkbindemitteln bei gleichzeitig abnehmender Wasseraufnahme von Kalkmörteln.



Freiexemplar

Bild 5 Ausgewählte Festmörteleigenschaften von Kalkmörteln mit überwiegend carbonatischer bzw. hydraulischer Bindung

5 Anwendungsgebiete

Welcher Kalkputz ist für welches Anwendungsgebiet geeignet?

Zur Beantwortung dieser Frage sind verschiedene Aspekte zu beachten:

- Handelt es sich um denkmalgeschützte Bauwerke, sind zunächst denkmalpflegerische Aspekte zu berücksichtigen.
- Zusätzlich müssen die gebäudespezifischen Belastungen und die nutzungsbedingten Anforderungen beachtet werden.

Denkmalpflegerische Anforderungen

Bei der Auswahl eines Kalkputzes für die Restaurierung oder Renovierung eines Baudenkmals stehen denkmalpflegerische Forderungen nach größtmöglicher Übereinstimmung mit der historischen Zusammen-

setzung des Bestandsputzes, Verträglichkeit mit der historischen Bausubstanz, sowie nach einem dem Objekt angepassten Erscheinungsbild im Vordergrund. Dies bedingt eine exakte Erfassung der Bausubstanz und ihres Zustandes. Hierzu sind restauratorische und bauhistorische Befunduntersuchungen notwendig, in denen Bauphasen, Farbigkeit, Oberflächengestaltung, Schichtaufbau, Verarbeitungstechnik und Erhaltungszustand von Putzen und Farbfassungen ebenso erfasst werden wie die Putzgründe und der Allgemeinzustand des Mauerwerks.

Ergänzung und Nachstellung historischer Putze

Historische Kalkputze weisen eine sehr gute Reparaturfähigkeit auf. Dies kann sich auf die Ausbesserung von Fehlstellen oder auf die Sicherung der Altputze und Ergänzung eines Oberputzes beziehen. Hierfür ist eine Abstimmung der Reparaturmaterialien auf den historischen Bestand erforderlich.

Auch wenn eine Nachstellung historischer Putze und ihrer speziellen Oberflächenstrukturen gefordert wird, kommen in erster Linie Kalkputze in Frage. Für die Nachstellung der Oberflächenstrukturen müssen die Mörtelrezepturen auf die jeweils notwendige Verarbeitungstechnik angepasst werden. Zu verschiedenen Techniken geben [23], [24], [25] einen Überblick. Die Nachstellung erfolgt in einfachster, authentischster und ökologischster Weise mit Baustellenmischungen.

Aus dem historischen Befund können sich wesentliche Anforderungen an das Erscheinungsbild ergeben. Als Beispiele seien genannt:

- Farbigkeit von Putz und Anstrich
- Verwendung bestimmter Zuschlagsarten, z. B. Basalt-, Kalkstein-, Ziegelsplitt
- Zugabe besonderer Zusatzstoffe, z. B. Tierhaare, Trassmehl
- Spezielle Mörtelzubereitung in Anlehnung an historische Techniken, z. B. zur Erzeugung von Kalkspatzen
- Anwendung bestimmter Verarbeitungstechniken und Schichtabfolgen.

Regionale und historische Besonderheiten bezüglich Verarbeitung und Material sind zu berücksichtigen.

Die Farbigkeit des Mörtels wird im Wesentlichen durch die Farbe des Bindemittels, der Gesteinskörnungen und anderer Zuschläge bestimmt. Die Zugabe von Zusatzstoffen oder alkalistabilen Pigmenten erlaubt eine weitergehende Farbanpassung. Gängige Zusätze sind z. B. Ziegelmehl, Holzkohle, mineralische Pigmente. Die Oberflächenstruktur wird durch spezielle Verarbeitungstechniken erzielt und bedarf in vielen Fällen spezieller Sieblinien, Körnungen oder Mischungsverhältnisse.

Ein besonderes Merkmal für das Bauen im Bestand ist die Reparaturfähigkeit der verwendeten Materialien (keine Verbundstoffe). Aus dieser Tradition heraus ist eine Reparaturfähigkeit auch für neu aufzubringende Putze zu fordern.

Eine weitere denkmalpflegerische Forderung umfasst die Dokumentation der Ergebnisse der Voruntersuchungen wie auch der durchgeführten Maßnahmen einschließlich der verwendeten Materialien. Art und Umfang der Dokumentation ist im Leistungsverzeichnis als eigene Position zu beschreiben.

Freiexemplar

Schlagregenbelastung

Mehrlagige kapillare historische Kalkputze haben sich in der Vergangenheit bewährt. Bei der Instandsetzung mit modernen Kalkputzen muss darauf geachtet werden, dass bei stärkerer Schlagregenbeanspruchen in Anlehnung an die DIN 18550-1 [15] der Neuauftrag von Kalkputzen mehrlagig erfolgen sollte. Dabei ist die jeweilige bauliche Situation zu beachten (Anschluss an Gewände und Bestandsputze), siehe hierzu Kapitel 6.

In Regionen mit starker Schlagregenbelastung (Beanspruchungsgruppe III) kann der Oberputz durch entsprechende Mörtelzusätze oder hydraulische Bindemittelanteile in seinem Saugverhalten reduziert werden. Alternativ kann der Schlagregenschutz, insbesondere bei Neuverputz, durch hydrophobe wasserdampfdurchlässige Farbsysteme eingestellt werden. Bei der Reparatur von historischen Bestandsputzen muss die Kapillarität der Schutzbeschichtung sorgfältig an den Bestand angepasst werden, siehe auch Kapitel 6.7 Farbfassung. Für Anforderungen an den Regenschutz von Außenputzen nach DIN 18550-1 [15] unterteilt die DIN 4108-3 [26] unterschiedliche Beanspruchungsgruppen (siehe Anhang, Tabelle A.4).

Feuchte- und Salzbelastungen des Mauerwerks

Viele Bauwerke bzw. Bauteile sind erhöhten Feuchte- und/oder Salzbelastungen ausgesetzt. Hierbei sind witterungsbedingte Belastungen und bauwerksbedingte Belastungen zu unterscheiden.

Historische Bauwerke sind oft – zumindest bereichsweise -in erhöhtem Maß von Feuchte- und Salzbelastungen betroffen. Insbesondere gilt dies für Sockelzonen, Stützmauern und wasserführende Flächen (Gesimse, Sohlbänke, geneigte Flächen, …).

Durch entsprechende Voruntersuchungen ist zu klären, welche Teile des Mauerwerks von solchen Belastungen betroffen sind. In vielen Fällen reicht es aus, diese Bereiche separat zu behandeln (z. B. Sockel) und in den unbelasteten Flächen mit Kalkputz zu arbeiten.

Nicht hydraulische Kalkbindemittel sind für die Anwendung auf feuchte- und salzbelastetem Mauerwerk nur eingeschränkt geeignet. Sie können auf salzbelastetem Mauerwerk mit geringer Feuchtebelastung für die Herstellung von Opferputzen eingesetzt werden, z. B. als temporäre Maßnahme mit dem Ziel der Reduktion von Salzbelastungen. Dazu siehe auch WTA-Merkblatt 2-10 »Opferputze« [27] und WTA-Merkblatt 2-14 »Funktionsputze« [28]. Allerdings ist die Dauerhaftigkeit solcher Putze bei entsprechend hohen Belastungen beschränkt, insbesondere wenn die Feuchtebelastung nicht durch konstruktive Maßnahmen wesentlich reduziert werden kann.

Bei hohen Feuchtebelastungen kann die carbonatische Erhärtung von Kalkputzen nicht stattfinden, deshalb sind sie für solche Situationen ungeeignet. Alternativ kommen u. U. zementgebundene, hochporöse und kapillaraktive Feuchteregulierungsputze in Frage, wie im WTA-Merkblatt 2-14 »Funktionsputze« [28] genannt. Nach Möglichkeit sind die Feuchte- und Salzbelastungen des Mauerwerks durch Begleitmaßnahmen (Regenrinnen, Vertikalabdichtungen, Minderung des Streusalzeinsatzes, etc.) zu reduzieren. Bei andauernd hohen Belastungen ist bei jedem Putzsystem mit Folgeschäden zu rechnen.

Es ist jeweils eine Abwägung im Einzelfall erforderlich. Bei denkmalgeschützten Gebäuden kann ggf. auch mit kalkgebundenen Putzen gearbeitet werden, allerdings ist dann ein erhöhter Unterhaltungsaufwand bei stark salzbelasteten Zonen (Sockel) in Kauf zu nehmen, um wertvollen Bestand zu sichern.

Hinweise für die Auswahl eines geeigneten Putzsystems finden sich in Abbildung 6. Ihre Anwendung muss im konkreten Einzelfall überprüft und an die objektspezifischen Erfordernisse angepasst werden.

Freiexemplar

Bild 6 Hinweise zur Auswahl von Kalkputzen in der Denkmalpflege

6 Verarbeitung

Die Verarbeitung und Anwendung der Putzmörtel haben unmittelbaren Einfluss auf die Putzeigenschaften.

An Baudenkmalen kommen aus Gründen der Authentizität und Verträglichkeit speziell rezeptierte Kalkputze zum Einsatz. Hierzu werden in der Denkmalpflege Werkmörtel wie auch Baustellenmischungen eingesetzt. Diese können mit der Hand oder mit Maschinen appliziert werden.

Ob Gesteinskörnungen mit einem bestimmten Größtkorn eingesetzt werden können, hängt von der Applikations- und der Maschinentechnik ab.

Oft sind regional vorkommende, farb- und strukturgebende Sande nicht oder nur eingeschränkt maschinengängig. Dies spielt vor allem beim ungefassten Putz eine Rolle.

Für Werkmörtel übernimmt der Hersteller die Gewährleistung für die Zusammensetzung. Bei Baustellenmischungen ist die Einhaltung der Rezeptur durch den Fachplaner und die ausführende Firma zu verantworten.

Kalkputze werden in der Regel mehrlagig aufgebracht. Zu große Schichtdicken beeinträchtigen das durchgängige Abbinden des Putzes.

Ein mehrlagiger Putzauftrag bietet zudem die Möglichkeit, Untergrundvertiefungen und Altrisse auszugleichen und Schwindrissen vorzubeugen.

Pro Lage sollte die Schichtdicken etwa das Vierfache der Korngröße betragen. Während dünnlagige Kalkputze zum Überziehen vorhandener Putze nur wenige Millimeter (ca. 5 mm) stark sind, können vor allem beim mehrlagigen Arbeiten auch Putzstärken von 2 cm und mehr erreicht werden.

Um die technische und ästhetische Eignung sowie die handwerkliche Applikation eines Putzsystems zu beurteilen, sollten Musterflächen angelegt werden.

Bei Baustellen- und Compound-Mischungen wird eben einer Qualitätskontrolle auch die Herstellung von Rückstellproben empfohlen.

6.1 Zeitrahmen und Witterungsbedingungen

Die Applikation von Kalkputzen ist zeitlich aufwändiger als die von zementhaltigen Putzen. Die Mindeststandzeiten der Putzlagen sind abhängig von der Mörtelzusammensetzung, der Putzdicke und Oberflächenstruktur sowie von Witterung und Untergrund.

- Das Aufbringen von Kalkputzen darf nur bei durchgängigen Temperaturen über 5 °C (Luft- und Oberflächentemperatur) erfolgen, die auch in den folgenden vier Wochen nicht unterschritten werden dürfen
- Liegen die Luft- und Oberflächentemperaturen beim Putzen über 30 °C oder bei starkem Wind besteht die Gefahr des Verbrennens, d. h. des zu schnellen Wasserentzuges.
- Die häufig angegebene Standzeit von mindestens 14 Tagen bzw. 1 Tag pro 1 Millimeter pro Putzschicht reicht häufig nicht aus, sie variiert nach Zusammensetzung, Umgebungsbedingungen und Verarbeitungstechnik. Im Extremfall, beispielsweise bei Dauerregen und Temperaturen unter + 10 °C, können sich die Standzeiten zwischen dem Auftrag einzelner Putzlagen erheblich verlängern.
- Bei der Putzstärke eines Kalkmörtels von ca. 15 mm sind drei Wochen keine Seltenheit.
- Regenexponierte und spritzwassergefährdete Flächen (Sockel, Gesimse, Gerüstebenen) sind für längere Zeiträume vor Durchfeuchtung zu schützen, damit die Carbonatisierung ungestört fortschreiten kann und Bindemittelauswaschungen vermieden werden. Dabei muss die Hinterlüftung des Regenschutzes gewährleistet sein.

Zudem ist in den ersten drei Wochen auf eine ausreichende aber nicht zu intensive Feuchthaltung zu achten, damit die Erhärtung des Kalks stattfinden kann. Bewährt hat sich das Abhängen mit feucht zu haltenden Jutebahnen oder ein regelmäßiges Benebeln (kein direkter Wasserstrahl).

Die Beschränkung der Applikation auf die frostfreien Monate kann den Bauablauf verzögern. Gegebenenfalls kommen eine Einhausung und moderate gleichmäßige Beheizung der frisch verputzten Bauteile in Frage.

6.2 Putzgrundvorbereitung

Der Untergrund muss sorgfältig vorbereitet, fest, trag- und saugfähig sein. Bei nichtsaugfähigen Untergründen (z. B. Basalt, Granit) muss ein Vorspritz appliziert werden. Haftmindernde Rückstände wie Bewuchs, Staub, Ausblühungen müssen entfernt werden. Zunächst sind nach den allgemein gültigen Regeln zur Beurteilung des Putzgrundes eingehend Saugvermögen, Rauigkeit und Feuchtigkeit des Putzgrundes zu prüfen, welche die Putzhaftung und die Ausbildung seiner Eigenschaften beeinflussen.

Rissen und Verformungen im Putzgrund muss mit besonderen Maßnahmen begegnet ebenso wie Salzgehalten im Untergrund. Hinweise für flankierende Maßnahmen liefern WTA-Merkblatt 7-1 »Erhaltung und Instandsetzung von Mauerwerk« [29], WTA-Merkblatt 3-5 »Reinigungsverfahren« [30].

Mürbe Fugenmörtel sind bis in die der jeweiligen Fugenbreite entsprechenden Tiefe zu entfernen. Bei tiefgründig geschädigten Fugen ist zu prüfen, ob Maßnahmen zur Mauerwerksstabilisierung notwendig sind. Tief ausgeräumte Fugen sind vor dem Putzauftrag mit Kalkmörtel zu schließen.

Trockene Untergründe sind vor Putzauftrag ausreichend, in Abhängig der äußeren Bedingungen, vorzunässen, stark saugende Untergründe eventuell zusätzlich am Vortag. Beim Beginn des nächsten Arbeitsschrittes darf kein Wasserfilm auf der Oberfläche sein.

Freiexemplar

6.2.1 Spritzbewurf

Bei schlecht saugendem Untergrund und/oder sehr heterogenem Untergrund kann ein Spritzbewurf notwendig sein.

Das Bindemittel des Spritzbewurfs sollte weitestgehend dem Bindemittel der aufzubringenden Kalkputze entsprechen. Der Spritzbewurf sollte möglichst grobe Zuschlagskörnungen enthalten.

Der Spritzbewurf sollte netzartig, nicht deckend aufgebracht werden. Standzeit und Nachbehandlung des Spritzbewurfes sind so einzuhalten, dass der Spritzbewurf vor Auftrag des Putzes eine ausreichende Tragfähigkeit erreicht hat.

6.3 Herstellen von Baustellenmörteln

Für die Zubereitung von Baustellenmörteln werden die einzelnen Komponenten (Bindemittel, Gesteinskörnung, eventuell Zusatzmittel) nach Volumen mit einem Litermaß (z. B. Eimer, Dose) abgemessen und mit einer entsprechenden Menge an Wasser versehen. Bei der Verwendung von Zusatzmitteln sind diese zweckmäßigerweise zuvor in flüssiger Form zu lösen oder zu dispergieren und dann mit den übrigen Mörtelbestandteilen zu mischen. Auf strikte Einhaltung der Rezeptur ist bei jeder Charge zu achten.

Der Frischmörtel wird gemischt bis ein knollenfreier, kellengerechter Mörtel entsteht, vorzugsweise mit einem Zwangsmischer, der eine optimale Mischung von Kalk und Sand garantiert und in dem die Wasserzugabe so gering wie möglich gehalten werden kann.

Bei Kalkputzmörteln, die schlecht durch die Maschine und den Schlauch gefördert werden, kann die Zugabe von geringer Menge an Sumpfkalk oder Mehlkorn zu einer verbesserten Maschinengängigkeit führen.

Heißkalkmörtel ist eine historische Arbeitstechnik, bei der Brandkalk auf der Baustelle mit nassem Sand gemischt und als Putz verarbeitet werden.

Aufgrund der stark exothermen Reaktion mit der Gefahr von Verbrennungen und Verätzungen ist die Verarbeitung auf der Baustelle arbeitsschutzrechtlich problematisch. Weitere Informationen zur Herstellung und Verarbeitung von Heißkalkmörteln siehe [31], [7], [32]

Freiexemplar

6.4 Putzergänzung

Historische Kalkputze lassen sich sehr gut mit Kalkputzen reparieren.

Bei Putzergänzungen sind hinsichtlich der Anschlüsse an den Altputzbestand oft geschwächte Abbruchkanten zu beobachten. Solche Kanten müssen stabilisiert werden. Anschließend können die Randzonen mit entsprechenden Kalkmörteln verkittet werden [33]. Die vorbereitenden und begleitenden Maßnahmen sind immer objektspezifisch zu prüfen. Weitere Hinweise hierzu gibt z. B. [34].

6.5 Kalkputzauftrag und Oberflächenbearbeitung

Die einzelnen Putzmörtellagen werden von Hand angeworfen oder mit einer für die vorgesehene Körnung geeigneten Putzmaschine aufgebracht. Pro Lage sollte die Dicke etwa das Vierfache der Kornstärke betragen. Zu große Schichtdicken in einer Lage führen bei schweren Putzen zu Sackrissen. Zudem können dadurch trocknungsbedingte Spannungen auftreten, die zu Rissen und Hohlstellen führen. Einzelne Lagen können mit mehreren Anwürfen frisch-in-frisch (frescal) hergestellt werden, sobald der vorherige Anwurf tragfähig ist. Die Beachtung der Standzeiten ist auch wichtig, damit der Mörtel ausreichend carbonatisieren kann.

Die einzelnen Putzlagen sollten vor dem Auftragen der nächsten Lage ausreichend aufgeraut werden (z. B. mittels Zahntraufel, Putzkamm oder Gitterrabbot), da hierdurch die Carbonatisierung und die Trocknung gefördert werden. Der Putz wird abgezogen, anziehen gelassen und aufgeraut (z. B. Aufreißen oder Aufkämmen). Vor Auftrag der nächsten Lage ist erneut vorzunässen. Gegebenenfalls kann auch vor Auftrag der nächsten Putzlage mit einer (z. B. kaseïnhaltigen) Aufbrennsperre gearbeitet werden, um die Haftfestigkeit zu verbessern. Hierbei ist darauf zu achten, dass diese nicht als Trennschicht dient.

Kalkputze sollten vorzugsweise, analog zur historischen Oberflächengestaltung bearbeitet werden, z. B. Beispiel abgekellte oder mit dem Brett gerieben Endbehandlung. Beim Bearbeiten mit dem Filzbrett steigt die Gefahr, dass zu viel Bindemittel an der Oberfläche angereichert wird. Dadurch können sich Sinterschichten an der Oberfläche bilden. Dadurch kann die für die Carbonatisierung notwendige CO_2-Zufuhr behindert und das hierbei freiwerdende Wasser nicht ausreichend abgeführt werden. Die obere Putzmörtellage ist entsprechend der am Objekt vorgefundenen Oberflächen zu gestalten. Einen Überblick über die verschiedenen Techniken liefern [24] und [35].

Bei der Nachstellung historischer Putzoberflächen wird auch für deren Gestaltung das zuvor empfohlene Anlegen von Musterflächen ggf. mit Beobachtung über eine Standzeit von einem Winter empfohlen.

6.6 Nachbehandlung

Nicht nur Wärme, sondern auch Wind oder geringe Luftfeuchtigkeit (< 40 % r. F.) kann ein zu rasches Trocknen verursachen. Darüber hinaus muss der frisch aufgetragene Mörtel gegen Frost, Schlagregen und mechanische Beschädigungen geschützt werden.

Besonders im Sommer ist das Gerüst zur Vermeidung zu rascher Austrocknung abzuhängen. Die Putzlagen sind bei Bedarf mittels Sprühnebel, nicht aber mit direktem Wasserstrahl anzufeuchten. Zu starke Befeuchtung behindert die Carbonatisierung und kann zu Auswaschungen des noch nicht abgebundenen Bindemittels und damit zur Minderung der Putzfestigkeit führen. Bewährt hat sich das Feuchthalten einer in einem Abstand von ca. 10-20 cm angebrachten Juteabhängung. Dies sorgt für die notwendige hohe Luftfeuchtigkeit, ermöglicht eine langsame Trocknung des Putzes und verhindert Bindemittelauswaschungen.

Häufig reicht dafür das Abhängen des Putzes mit Jutebahnen in ca. 10 bis 20 cm Abstand von der Wand aus. Dabei stellt der Gerüstbehang gleichzeitig auch einen Schutz vor Beregnung dar. Regenexponierte Flächen (z. B. Türme) sowie stark feuchtebelastete Zonen (z. B. Sockelbereiche) sind länger vor einer Durchfeuchtung zu schützen.

Eine sorgfältige Nachbehandlung reduziert die Gefahr der Rissbildung. Zu Ursachen und Vermeidung von Putzrissen, siehe auch WTA-Merkblatt 2-4 [36]. Bei Kalkputzen dauert die Nachbehandlung, in Abhängigkeit von der Witterung, bis zu 14 Tage.

6.7 Farbanstriche

Für Kalkputze eignen sich grundsätzlich reine und vergütete Kalkfarben. Kalkfarben können in Frescotechnik auf den frischen Putz oder in Seccotechnik auf den getrockneten Putz ausgeführt werden.

Sollte aufgrund der Exposition oder der gewünschten Farbigkeit (intensive oder dunkle Farbtöne) eine Verwendung von Kalkfarben ausscheiden, können auch zweikomponentige Silikatfarben verwendet werden, sofern eine ausreichende Druckfestigkeit des Putzes vorliegt.

Die Anwendung von Silikatfarben erfordert eine Carbonatisierung der Putzoberfläche (5 mm Tiefe, zu prüfen mit Thymolphthalein-Test).

Eine ausführliche Beschreibung und Anleitung zu diesem Thema findet sich im WTA-Merkblatt 2-12 »Fassadenanstriche für mineralische Untergründe in der Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege« [37].

Bei der Überarbeitung von Altfassungen ist die Eignung moderner Farbsysteme vorab zu prüfen.

6.8 Wartung, Pflege und Monitoring

Für den dauerhaften Erfolg ist die Wartung und Pflege von besonderer Bedeutung. Monitoring in sinnvollen, vertretbaren Abständen kann aufwändige Maßnahmen vermeiden. Dazu gehört auch die sofortige Behebung kleinerer Schäden.

Eine Dokumentation in textlicher und bildlicher Form ist die Nachvollziehbarkeit der Maßnahme zwingend erforderlich. In die Dokumentation sind genaue Angaben zur Zusammensetzung, Verarbeitung und zu eventuellen Abweichungen vom ursprünglichen Konzept aufzunehmen.

Freiexemplar

7 Literatur

7.1 Zitierte Literatur

[1]	Dettmering, T.; H. Kollmann	Putze in Bausanierung und Denkmalpflege, 3., überarbeitete Auflage; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2019
[2]	DIN EN 16096:2012-10	Erhaltung des kulturellen Erbes – Zustandserhebung und Bericht für das gebaute Kulturerbe; Deutsche Fassung EN 16096:2012, Beuth Verlag GmbH, Berlin
[3]	DIN EN 459	Baukalk; Beuth Verlag GmbH, Berlin
	DIN EN 459-1:2015-07	Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 459-1:2015
	DIN EN 459-2:2021-09	Teil 2: Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 459-2:2021
[4]	Kraus, K.	Kalk – Bindemittel für Farben und Mörtel, Teil 3: Kalkarten; Arbeitsblätter des Deutschen Zentrum für Handwerk und Denkmalpflege, Propstei Johannesberg, Fulda e.V., Fulda-Johannesberg, 2016
[5]	Stein, G.	Kalk – Bindemittel für Farben und Mörtel, Teil 1: Traditionelles Brennen und Löschen von Kalk Teil 2: Kalkfarbenanstriche Arbeitsblätter des Deutschen Zentrum für Handwerk und Denkmalpflege, Propstei Johannesberg, Fulda e.V., Fulda-Johannesberg, 1997 und 1998
[6]	Neuling, K.	Kalk – Bindemittel für Farben und Mörtel, Teil 5: Kalkknotenmörtel; Arbeitsblätter des Deutschen Zentrum für Handwerk und Denkmalpflege, Propstei Johannesberg, Fulda e.V., Fulda-Johannesberg, 2017
[7]	Köberle, T.; Siedel, H.; Fenzke, A.	Heißkalk – Neues aus Forschung und Praxis; IfS Bericht 62, Alles Kalk! S. 35–52, 2021
[8]	Diekamp, A.	Bindemitteluntersuchungen an historischen Putzen und Mörteln aus Tirol und Südtirol; PhD Diss., Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, 2014
[9]	Atzeni, C.; Massidda, L.; Sanna, U.	Magnesian limes. Experimental contribution to interpreting historical data; Science and Technology for Cultural Heritage, 5., No. 2, S. 29–36, 1996
[10]	Gödicke-Dettmering, T.	Mineralogische und technologische Eigenschaften von hydraulischem Kalk als Bindemittel von Restaurierungsmörteln für Baudenkmäler aus Naturstein; Institut für Steinkonservierung, Mainz, IFS-Bericht Nr. 6, 1997
[11]	English Heritage	Practical Building Conservation Stone; Historic England, p. 295–303, 2012
[12]	Vicat, L.-J.	Praktische Anweisung, den hydraulischen Kalk (Cement oder künstliche Puzzolane) zu bereiten und denselben bei Wasserbauten aller Art anzuwenden; Druck und Verlag von Gottfr. Basse, Quedlinburg, 1847
[13]	Rauschenbach, F.	Zur Wirkung und Bestimmung organischer Zusätze in Kalk- und Gipsmörteln – Analytische Untersuchungen –; Dissertation, HAB Weimar, 1994
[14]	Benedix, R.	Bauchemie – Einführung in die Chemie für Bauingenieure und Architekten, 7. Auflage; Springer Verlag, 2020
[15]	DIN 18550	Planung, Zubereitung und Ausführung von Außen- und Innenputzen; Beuth Verlag GmbH, Berlin
	DIN 18550-1:2018-01	Teil 1: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 13914-1:2016-09 für Außenputze
	DIN 18550-2: 2018-01	Teil 2: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 13914-2:2016-09 für Innenputze

Freiexemplar

[16]	DIN EN 998-1:2017-02	Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 1: Putzmörtel; Deutsche Fassung EN 998-1:2016, Beuth Verlag GmbH, Berlin
[17]	DIN EN 13914	Planung, Zubereitung und Ausführung von Außen- und Innenputzen; Beuth Verlag GmbH, Berlin
	DIN EN 13914-1:2016-09	Teil 1: Außenputze; Deutsche Fassung EN 13914-1:2016
	DIN EN 13914-2:2016-09	Teil 2: Innenputze; Deutsche Fassung EN 13914-2:2016
[18]	Kraus, K.	Eigenschaften von Prüfmörteln aus acht verschiedenen Kalken mit hydraulischen Eigenschaften; Kooperationsprojekt mit Universität Kassel, Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie (Professor Dr. Bernhard Middendorf), Interner, unveröffentlichter Projektbericht, 16 Seiten und 34 Seiten Anhang. Institut für Steinkonservierung e.V., Mainz, 15.04.2020
[19]	Zier, H.-W.; Seifert, F.; Kraus, K.	Kalkmörtel mit natürlichen hydraulischen Anteilen: Festmörteleigenschaften und Reaktionswärme während der frühen Erhärtung; IFS-Bericht Nr. 26, Institut für Steinkonservierung e.V., Mainz, S. 81–98, 2007
[20]	Melisa, G.	Eigenschaften moderner und historischer Dolomitkalkmörtel; Institut für Steinkonservierung, Mainz, IFS-Bericht Nr. 16, S. 21–29, 2003
[21]	Kraus, K.; Qu, A.; Strübel, H.	Eigenschaften moderner und historischer Dolomitkalkmörtel; Institut für Steinkonservierung, Mainz, IFS-Bericht Nr. 12, 2001
[22]	Gödicke-Dettmering, T.; Strübel, H.	Mineralogische und technologische Eigenschaften von hydraulischen Kalken als Bindemittel für Restaurierungsmörtel in der Denkmalpflege; Giessener Geologische Schriften, Nr. 56, Festschrift Prof. Knoblich, S. 131–154, 1996
[23]	Gasch, H. A.; Glaser, G.	Historische Putze – Materialien und Technologien; Sandstein Verlag Leipzig, 2011
[24]	Emmenegger, O.	Historische Putztechniken – Von der Architektur- zur Oberflächengestaltung; Triest Verlag für Architektur, Zürich, 2016
[25]	Spiro, A.; Göhler, H.; Gönül, P. (Hrsg.)	Über Putz – Oberflächen entwickeln und realisieren; Gta Verlag ETH Zürich, 2015
[26]	DIN 4108-3:2018-10	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung; Beuth Verlag GmbH, Berlin
[27]	WTA-Merkblatt 2-10-06/D	Opferputze; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 2, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2006
[28]	WTA-Merkblatt 2-14 Ausgabe: 07.2019/D	Funktionsputze; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 2, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
[29]	WTA-Merkblatt 7-1 Ausgabe: 12.2018/D	Erhaltung und Instandsetzung von Mauerwerk – Konstruktion und Tragfähigkeit; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 7, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
[30]	WTA-Merkblatt 3-5-98/D	Natursteinrestaurierung nach WTA I: Reinigung; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 3, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2018
[31]	Fenzke, A.	Kalk – Bindemittel für Farben und Mörtel, Teil 4: Heißkalkmörtel; Arbeitsblätter des Deutschen Zentrum für Handwerk und Denkmalpflege, Propstei Johannesberg, Fulda e.V., Fulda-Johannesberg, 2016

Freiexemplar

[32]	Köberle, T.; Zötzl, M.; Siedel, H.	Entwicklung eines Weiterqualifizierungsangebots zur Baustoffkenntnis und Anwendung von Heißkalkmörtel an umweltgeschädigtem Mauerwerk historischer Bauwerke; Abschlussbericht des DBU-geförderten Projektes, 2019 Az: 33 877, https://www.hornemann-institut.de/doi/2019koeb.pdf
[33]	Klotz-Warislohner, G.	Putzergänzung – Hinweise zur Ausführung am Beispiel der Südscheune in Thierhaupten; Arbeitsblätter des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München, 1998
[34]	Keller, K.	Konservierung von Kalkputzen – Wertvolle Putzbefunde auf Mauern mit freier Bewitterung oder besonderer Feuchtebelastung; Institut für Steinkonservierung, Mainz, IFS-Bericht Nr. 62, Alles Kalk! S. 15–22, 2021
[35]	Pursche, J.	Zur Erhaltung historischer Putzfassaden; Das Bauzentrum, 2/87, S. 15–21 und 3/87, S. 14–20, München, 1987
[36]	WTA-Merkblatt 2-4 Ausgabe: 08.2014/D	Beurteilung und Instandsetzung gerissener Putze an Fassaden; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 2, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
[37]	DIN EN 197-1:2011-11	Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1:2011 Beuth Verlag GmbH, Berlin
[38]	IFS-Mitteilung Nr. 17	Was ist ein Kalkmörtel? Was versteht man darunter? Was zeichnet ihn aus?; Institut für Steinkonservierung, Mainz, 04/2021

7.2 Weiterführende Literatur

Dai, S.	Preliminary study on wind slaked lime used before Qing Dynasty in China; Journal of Architectural Conservation, Vol. 24, 2, p. 91–104, 2018
Figueiredo, C.; Henry, A.; Holmes, S.	Hydraulic Lime Production coming full circle?, protection and remedial treatment 4.1, historic england, Cathedral Communications celbrating twenty five years of building conservation directory 1993–2018, https://historicengland.org.uk/content/docs/research/hydraulic-lime-production-bcd18pdf/
Middendorf, B.; Hughes, J. J.; Callebaut, K.; Barino, G.; Papayianni, I.	Investigative methods for the characterization of historic mortars; Materials and Structures 38, 2005, p. 761–769, 771–780 Part 1: Mineralogical characterization, Investigative methods for the characterization of historic mortars Part 2: Chemical characterization
Walker, E.	Hydraulicity revisited, protection and remedial treatment 4.1, historic england, Cathedral Communications, The building conservation directory, 2020
DIN EN 13139:2015-07 – Entwurf (zurückgezogen)	Gesteinskörnungen für Mörtel; Deutsche und Englische Fassung prEN 13139:2015, Beuth Verlag GmbH, Berlin

Freiexemplar

Anhang

Benennung gemäß DIN EN 459-1 »Baukalk«	Kurzzeichen[1]	CaO + MgO	MgO	CO_2	SO_3	verfügb. Kalk als $Ca(OH)_2$	Druckfestigkeit $ß_D$ (7 Tage)	Druckfestigkeit $ß_D$ (28 Tage)
		in Masse-%					in N/mm²	
Weißkalk 90	**CL 90**	≥90	≤5[2]	≤4	≤2	k. A.	k. A.	k. A.
Weißkalk 80	**CL 80**	≥80	≤5	≤7	≤2	k. A.	k. A.	k. A.
Weißkalk 70	**CL 70**	≥70	≤5	≤12	≤2	k. A.	k. A.	k. A.
Dolomitkalk 90-30	**DL 90-30**	≥90	≥30	≤6	≤2	k. A.	k. A.	k. A.
Dolomitkalk 90-5	**DL 90-5**	≥90	≥5	≤6	≤2	k. A.	k. A.	k. A.
Dolomitkalk 85-30	**DL 85-30**	≥85	≥30	≤9	≤2	k. A.	k. A.	k. A.
Dolomitkalk 80-5	**DL 80-30**	≥80	>5	≤9	≤2	k. A.	k. A.	k. A.
Natürlicher[4] Hydraulischer Kalk 2	**NHL 2**	k. A.	k. A.	k. A.	≤2	≥35	k. A.	2 bis 7
Natürlicher[4] Hydraulischer Kalk 3,5	**NHL 3,5**	k. A.	k. A.	k. A.	≤2	≥25	k. A.	3,5 bis 10
Natürlicher[4] Hydraulischer Kalk 5	**NHL 5**	k. A.	k. A.	k. A.	≤2	≥15	2	5 bis 15
Formulierter Kalk[5] A,B,C 2	**FL A,B,C 2**	k. A.	k. A.	k. A.	≤2[3]	s.[5]	k. A.	2 bis 7
Formulierter Kalk[5] A,B,C 3,5	**FL A,B,C 3,5**	k. A.	k. A.	k. A.	≤2[3]	s.[5]	k. A.	3,5 bis 10
Formulierter Kalk[5] A,B,C 5	**FL A,B,C 5**	k. A.	k. A.	k. A.	≤2[3]	s.[5]	≥2	5 bis 15
Hydraulischer Kalk[4] 2	**HL 2**	k. A.	k. A.	k. A.	≤3[3]	≥10	k. A.	2 bis 7
Hydraulischer Kalk[4] 3,5	**HL 3,5**	k. A.	k. A.	k. A.	≤3[3]	≥8	k. A.	3,5 bis 10
Hydraulischer Kalk[4] 5	**HL 5**	k. A.	k. A.	k. A.	≤3[3]	≥4	≥2	5 bis 15

k. A. = keine Anforderungen; die Angaben der chemischen Zusammensetzung beziehen sich auf die wasserfreien Produkte.

1) CL = Carbonatic Lime, DL = Dolomitic Lime, HL = Hydraulic Lime, NHL = Natural Hydraulic Lime

2) Ein MgO-Anteil bis 7 % ist zulässig, sofern die Prüfung der Raumbeständigkeit nach DIN EN 459-2 [3] bestanden wurde.

3) SO_3-Anteile größer als 3 % und bis 7 % sind zulässig, wenn die Raumbeständigkeit nach 28 Tagen Wasserlagerung nachgewiesen wurde.

4) Natürlicher Hydraulischer Kalk ist ein Kalk mit hydraulischen Eigenschaften, der durch Brennen von mehr oder weniger tonhaltigen oder kieselsäurehaltigen Kalksteinen (einschließlich Kreide) und anschließendes Löschen zu Pulver, mit oder ohne Mahlung, entsteht. Er erstarrt und erhärtet nach Mischen mit Wasser. Die Erhärtung erfolgt zusätzlich durch die Reaktion mit atmosphärischem Kohlenstoffdioxid (Carbonatisierung). Die hydraulischen Eigenschaften resultieren ausschließlich aus der besonderen chemischen Zusammensetzung des natürlichen Ausgangsmaterials. Mahlhilfsmittel bis höchstens 0,1 % sind zulässig.
Hydraulischer Kalk ist ein Bindemittel, das aus Kalk und anderen Materialien wie Zement, Hochofenschlacke, Flugasche, Kalksteinmehl und anderen geeigneten Materialien besteht. Hydraulischer Kalk erstarrt und erhärtet unter Wasser. Atmosphärisches Kohlenstoffdioxid trägt zum Erhärtungsprozess bei.
Die frühere Benennung Wasserkalk, die gemäß DIN 1060-1:1986-01 nach [4] einen hydraulischen Kalk mit geringen hydraulischen Anteilen bezeichnet, hat ihre Entsprechung unter Weißkalk CL 80 gemäß DIN EN 459-1 [3].

5) Formulierter Kalk ist ein Kalk mit hydraulischen Eigenschaften, der hauptsächlich aus Luftkalk (CL) und/oder Natürlichem Hydraulischem Kalk (NHL) mit Zusätzen aus anderem hydraulischem und/oder puzzolanischem Material besteht. Er erstarrt und erhärtet nach Mischen mit Wasser. Die Erhärtung erfolgt zusätzlich durch die Reaktion mit atmosphärischem Kohlenstoffdioxid (Carbonatisierung).
Unterschieden werden Formulierte Kalke FL A, FL B, FL C nach verfügbarem Kalk als $Ca(OH)_2$ (Prüfung nach DIN EN 459-2: FL 40 bis <80 Masse-%, FL B ≤ 2 ≥ 25 bis <50 Masse-% und FL C ≤ 2 ≥ 15 bis <40 Masse-%). Das Vorhandensein von Klinker und/oder Zement in Formuliertem Kalk ist vom Hersteller anzugeben.
Ein Beispiel zur Erläuterung der Bezeichnung der FL-Kalke (aus DIN EN 459-1 [3]) nach Kraus [4]: Für einen Formulierten Kalk mit einem Massenanteil an verfügbarem Kalk zwischen 25 % und 50 % und einer Druckfestigkeit von mehr als 3,5 MPa, bestehend aus 55 % Natürlichem Hydraulischem Kalk (NHL 55), 40 % Zement CEM II/B-L und 0,5 % Zusatz zur Hydrophobierung lautet die Normbezeichnung: EN 459-1 FL B 3,5, enthält Zement, NHL 55, CEM II/B-L 40, Zusatz zur Hydrophobierung: 0,5 %.

Tabelle A.1 Anforderungen an gelöschte Baukalke nach DIN EN 459-1 – aus [1]

Freiexemplar

Gruppe	Stoffe	Wirkungsweise	Zu beachten
Luftporenbildner (LP)	Synthetische und natürliche Schaumbildner, wie z. B. Tenside, Blut	Bilden kleine, stabile Luftporen durch Veränderung der Oberflächenspannung des Anmachwassers; LP erhöhen die Wasserdampfdiffusionsfähigkeit, reduzieren die Mörtelrohdichte, verbessern die Verarbeitungseigenschaften	Die Zugabemenge ist aufgrund der hohen Wirksamkeit extrem gering.
Mittel zur Wasserrückhaltung	Basis Cellulose, z. B. Methylcellulose	Durch Einlagerung von Wassermolekülen und Quellvorgänge dieser Stoffe wird die Wasserabgabe des frischen Mörtels vor allem an den Untergrund verlangsamt. Die Verarbeitungssicherheit wird dadurch bei ungünstiger Witterung und/oder stark saugenden Putzgründen erhöht.	Überdosierung führt zur Verschlechterung der Verarbeitungseigenschaften (Klebrigkeit) und zur Störung des Abbindeverhaltens
Verbesserung des Stehvermögens	Basis Stärke, z. B. Stärkeether oder mineralische Zusatzmittel wie Bentonit	Verhinderung des Abrutschens durch physikalische Bindung von Anmachwasser. Keine wesentliche Beeinflussung der Wasserrückhaltung	
Haftvermittler	Basis Dispersionspulver, organische Polymere (z. B. Polyvinylalkohol, Polyvinylacetat); Quark (Kasein); Blut	Verbessern die Haftung des Putzes am Untergrund	Beeinflussen auch die Wasserrückhaltung
Wasserabweisung	Tierische und pflanzliche Fette, Öle, Seifen, z. B. Calciumstearat, Leinöl, Olivenöl, Siliconharzpulver	Bewirken eine Erhöhung der Oberflächenspannung in den Kapillaren, so dass deren Saugfähigkeit reduziert wird. Durch die homogene Verteilung der Zusatzmittel wird der gesamte Putzquerschnitt erfasst. Die Wasserdampfdiffusion wird bei korrekter Dosierung nicht beeinflusst.	
Verzögerer	Fruchtsäuren, z. B. Wein- säure, Zitronensäure; Zucker; Gips	Verlängerung der Verarbeitungszeit von Mörteln durch Verlangsamung der Bindemittelreaktionen	Exakte Dosierung erforderlich, da sonst die gewünschte Wirkung zu stark oder ins Gegenteil verkehrt wird.

Freiexemplar

Tabelle A.2 Physikalisch und chemisch wirkende Zusatzmittel, gegliedert nach ihrer Wirkung. Historische Zusatzmittel in Kursivschrift.

Mörtelart	Putzklasse	Druckfestigkeit 28 Tage in N/mm²	Baukalke, Luftkalke, Weißkalkhydrat, Kalkhydrat nach DIN EN 459-1	Hydraulischer Kalk, natürlich hydraulischer Kalk nach DIN EN 459-1	Zement nach DIN EN 197-1	Sand nach DIN EN 12620	Ehemalige Putzmörtelgruppen nach DIN V 18550
Luftkalkmörtel	CS I	0,4–2,5	1,0			3,5–4,0	P I a
Mörtel mit hydraulischem Kalk				1,0		3,0–4,0	P I b
	CS II	1,5–5					P I c
Kalkzement-Mörtel			1,5–2,0		1,0	9,0–11,0	P II
Zementmörtel mit Zusatz von Kalkhydrat	CS III	3,5–7,5	<0,5		2,0	6,0–8,0	P III

Tabelle A.3 Putzmörtel. Zusammengestellt aus DIN EN 998-1 [16], DIN EN 13914 [17] und DIN 18550-1 [15], aus: IFS-Mitteilung Nr. 17 [38]. Zusammensetzung in Volumenteilen.

	Beanspruchungsgruppe		
	I **geringe Schlagregen-beanspruchung**	**II** **mittlere Schlagregen-beanspruchung**	**III** **starke Schlagregen-beanspruchung**
Bezeichnung nach DIN 4108-3	Außenputz ohne besondere Anforderung	mindestens wasser-hemmender Außenputz	mindestens wasser-abweisender Außenputz
Mindestens zu erfüllende Anforderungskategorien für die Wasseraufnahme der Putze nach DIN 4108-3 [26]*			
Putz nach DIN EN 998-1	W_Co, W_C1, W_C2	W_C1, W_C2	W_C2
* Die Kriterien gelten dann als erfüllt, wenn mindestens eine Putzlage des Außenputzsystems die Anforderungen erfüllt.			

Tabelle A.4 Anforderungen an den Regenschutz von Außenputzen nach DIN 18550-1 [15]

Puzzolane und latenthydraulische Stoffe

Unter puzzolanischen Zusätzen versteht man Stoffe, die reaktive Kieselsäure enthalten und mit Kalk und Wasser zu Calciumsilikathydratphasen reagieren, wodurch sie die Festigkeit eines Kalkmörtels steigern können. Wichtige puzzolanische Zusatzstoffe sind beispielsweise Trassmehl und Puzzolanerde, niedrig gebrannte Ziegelmehle, Silicafume oder auch Kieselerde. Der Name leitet sich vom italienischen Ort Pozzuoli ab, dessen Vulkanerde schon die Römer zur Modifizierung ihrer Kalkmörtel benutzten. Als latenthydraulische Bindemittel bezeichnet man Stoffe, die einen alkalischen oder sulfatischen Anreger benötigen, um technisch nutzbar hydraulisch erhärten zu können. Hüttensand ist der bekannteste latenthydraulische Zusatzstoff.

Die Erhärtungsreaktion der puzzolanischen und latenthydraulischen Stoffe läuft in der Regel recht langsam ab und darf nicht unterbrochen werden. Eine Minimaltemperatur von 5 °C ist ebenso Voraussetzung wie ein Mindestgehalt an Feuchte.

Zement

Seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erlaubt die technologische Entwicklung die Herstellung von Zementen. Dazu werden geeignete Mischungen von Kalk- und Tonstein bei Temperaturen von ca. 1 450 °C gebrannt.

Freiexemplar

Britische Klassifizierung nach Art des Bindemittels:

Charakteristisch für Typ A

- Seine Verarbeitbarkeit und potentielle Leistung verbessert sich bei **längerer Einsumpfung (Sumpfkalk = mehrere Jahre)** vor der Verwendung
- härtet langsam durch Carbonatisierung an der Luft aus, und die Aushärtung muss sorgfältig kontrolliert werden, um ein schnelles Austrocknen zu vermeiden
- Erhärtet weder unter Wasser noch unter nassen Bedingungen fest
- Äußerst verformbar mit guten Klebeeigenschaften und guter Biegefestigkeit und Durchlässigkeit im ausgehärteten Zustand
- Neue Mörtel sind sehr anfällig für Frost- und Salzschäden und benötigen mehrere Jahre, um ihre volle Festigkeit zu erreichen (die charakteristische Druckfestigkeit beträgt nach 28 Tagen nur etwa 0,4 N/mm^2)
- Bei externen Anwendungen, im Allgemeinen unter geschützten Bedingungen oder anderswo geeignet, wenn während und nach der Arbeit ein verstärkter Schutz gewährt wird.

Charakteristisch für Typ B

- Bessere Witterungsbeständigkeit als Mörtel vom Typ A, schnellere Festigkeitsentwicklung
- Unterstützt das Erhärten von Mörteln des Typs A in feuchtem Mauerwerk
- In vielen Fällen reduzierte Durchlässigkeit im Vergleich zu Mörteln vom Typ A
- Je nach Art und Menge des verwendeten Puzzolans können die Eigenschaften des Mörtels so ausgelegt werden, dass sie von schwach hydraulisch bis stark hydraulisch reichen
- Manchmal den hydraulischen Kalkmörteln vorgezogen, wenn die Mörtelfestigkeit niedrig gehalten werden muss (z. B. bei schwachem oder verwittertem Gestein)
- Im Allgemeinen nicht resistent gegen schwere Bedingungen, es sei denn, es werden große Mengen Puzzolan verwendet.

Charakteristisch für Typ C

- Erhältlich als gelöschtes, gemahlenes Pulver
- Es gibt eine gute Auswahl an kommerziell verfügbarem natürlichem hydraulischem Kalk, der für die Verwendung in einer Vielzahl von Situationen geeignet ist.
- Die Druckfestigkeit von natürlichem hydraulischem Kalk verschiedener Hersteller variiert selbst innerhalb von Kalken derselben Klasse. Die Produktdaten der Hersteller müssen vor der Spezifizierung eines bestimmten Kalks konsultiert werden.
- Um die Verarbeitbarkeit zu unterstützen, kann Kalkspachtel bis zu maximal 10 % des Volumens des Grobstoffs ohne Leistungsverlust NHL 3,5 oder NHL 5 Mörteln zugesetzt werden (mehr als 10 % sind der Haltbarkeit des Mörtels abträglich)
- Ermöglicht einen schnelleren Baufortschritt als nichthydraulischer Kalkmörtel
- Erfordert langsames Aushärten unter feuchten Bedingungen für mindestens eine Woche
- Die Geschwindigkeit der Einstellung ist temperaturabhängig
- Unter guten Aushärtungsbedingungen kann die Frostbeständigkeit innerhalb von 28 Tagen erreicht werden
- Höhere Druck- und Biegefestigkeiten als nichthydraulischer Kalkmörtel und geringere Porosität und Durchlässigkeit.

Freiexemplar