



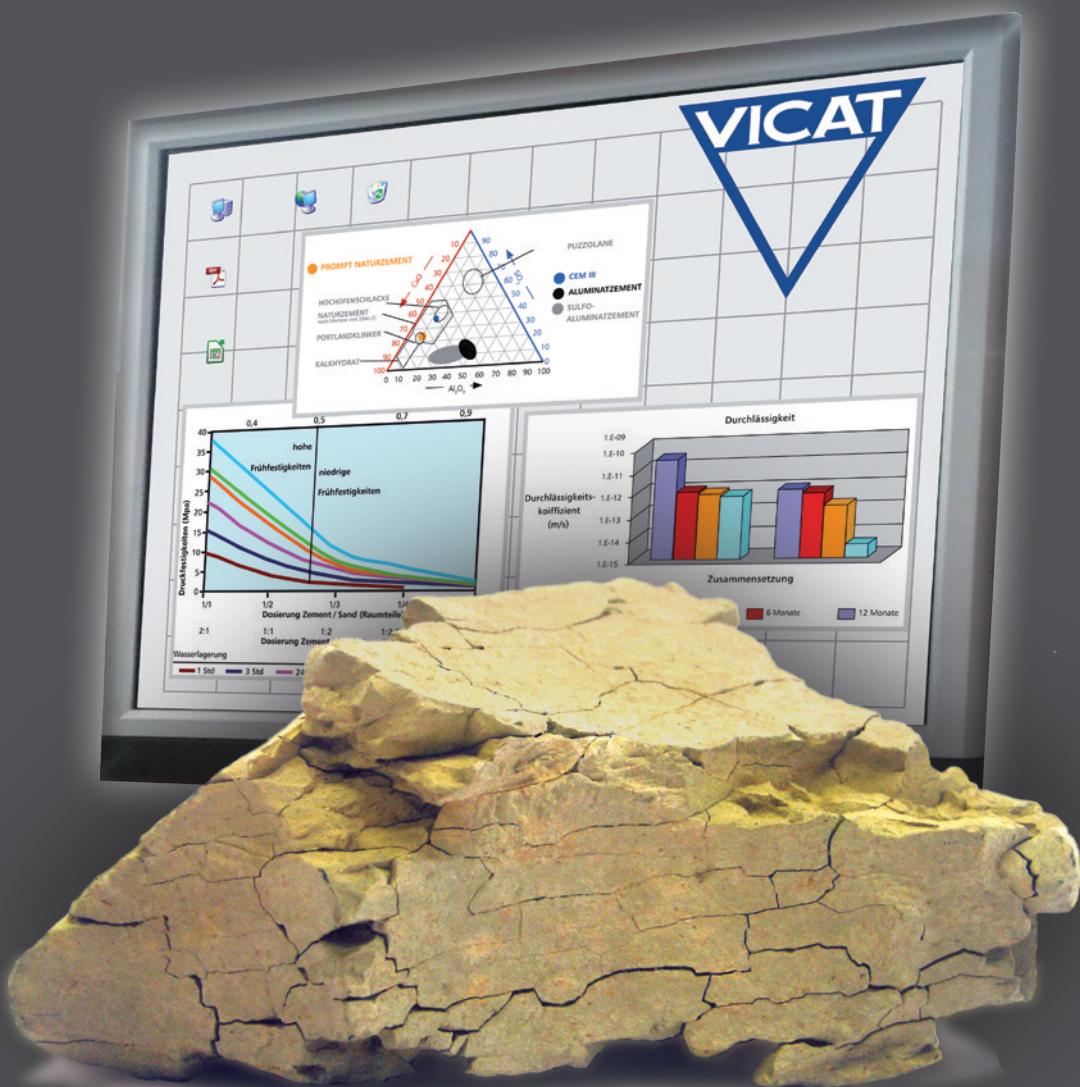
seit 1842

Der Romanzement aus Grenoble

**PROMPT
FIX-ZEMENT**

Der natürliche Schnellzement

Technische Dokumentation



ROMANZEMENT

Manuelles **Vicat-Nadelgerät**
(entwickelt von Louis Joseph Vicat
1786 - 1861)
zur Bestimmung der Konsistenz, des
Abbindeverhaltens und des optimalen
Zementpasten-Wassergehalt.



Romanzement – Entstehungsgeschichte	4
Natürlicher Zement oder Romanzement	4
Die Herstellung von Romanzement ist einfach	4
Der Romanzement aus Grenoble	6
Chemische und mineralische Zusammensetzung	6
Mörteleigenschaften	8
Hydraulische und karbonatische Festigkeitsentwicklung	8
Festigkeitsbildung in Abhängigkeit von der Dosierung und dem Wasser-Zementwert	8
Eigenschaften PROMPT FIX-ZEMENT Romanzement	9
Eigenschaften alter Romanzement-Mörtel	9
Mörteleigenschaften bei geringer Dosierung	9
Wasser-, Wasserdampfaufnahme und Porosität	9
Festigkeiten	10
Elastizitätsmodul	11
Schwindverhalten	11
PROMPT FIX-ZEMENT Magermörtel mit Kalksteinmehl	12
Hochdosierter PROMPT FIX-ZEMENT-Feinmörtel	13
Verarbeitung	14
Putz	14
Fassadenzug	14
Gussmörtel	15
Zweischichtguss	15
Einschichtguss	16
Zusammenfassung	17

Romanzement Entstehungsgeschichte

Natürlicher Zement oder Romanzement

Der schnell erstarrende natürliche Zement – auch als **Romanzement** oder **Romankalk** bezeichnet – ist der erste Zement in der heutigen Bedeutung dieses Begriffes. Er stellte zu seiner Zeit eine technische Revolution dar.

Die **natürlichen Zemente** oder **Romanzemente** waren die Grundlage für zahlreiche Bauwerke im 19. Jahrhundert. Er wurde geschätzt wegen seiner vier Haupteigenschaften: schnelles Erstarren, Mörtelfestigkeit, Dauerhaftigkeit und äußeres Erscheinungsbild.

Ausgehend von den damals bekannten römischen Mörteln, Sand-, Kalk- und Puzzolangemischen fand bis zum Ende des 18. Jahrhundert im Bereich der hydraulischen Bindemittel keine Weiterentwicklung statt.

In England gab es die ersten Fortschritte zu verzeichnen. James Parker meldete 1796 ein Patent für das Brennen von Mergelklumpen (Septarienton) an. Eine Erfindung von sehr großer Bedeutung. Parker hat aufgezeigt, dass durch einfaches Brennen eines Kalksteins, mit höherem Tongehalt, ohne anschließendes Löschen und einfaches Vermahlen, ein hochhydraulisches Bindemittel entsteht.

Im frühen 19. Jahrhundert breitete sich dieses Verfahren in ganz Kontinentaleuropa aus.

Der so gefertigte Zement wurde **Romanzement** genannt. Die Bezeichnung „ROMAN“ ist allerdings irreführend, denn es handelt sich nicht um die Wiederentdeckung der Mörtel aus der Römerzeit.

Im 19. Jahrhundert kursierten verschiedene Bezeichnungen wie natürlicher Zement, schneller Zement, Promptzement, Romanzement und Romankalk für ein und dasselbe Produkt gleicher Herkunft. Zum Teil wurde er fälschlicherweise sogar als Zementgips bezeichnet.

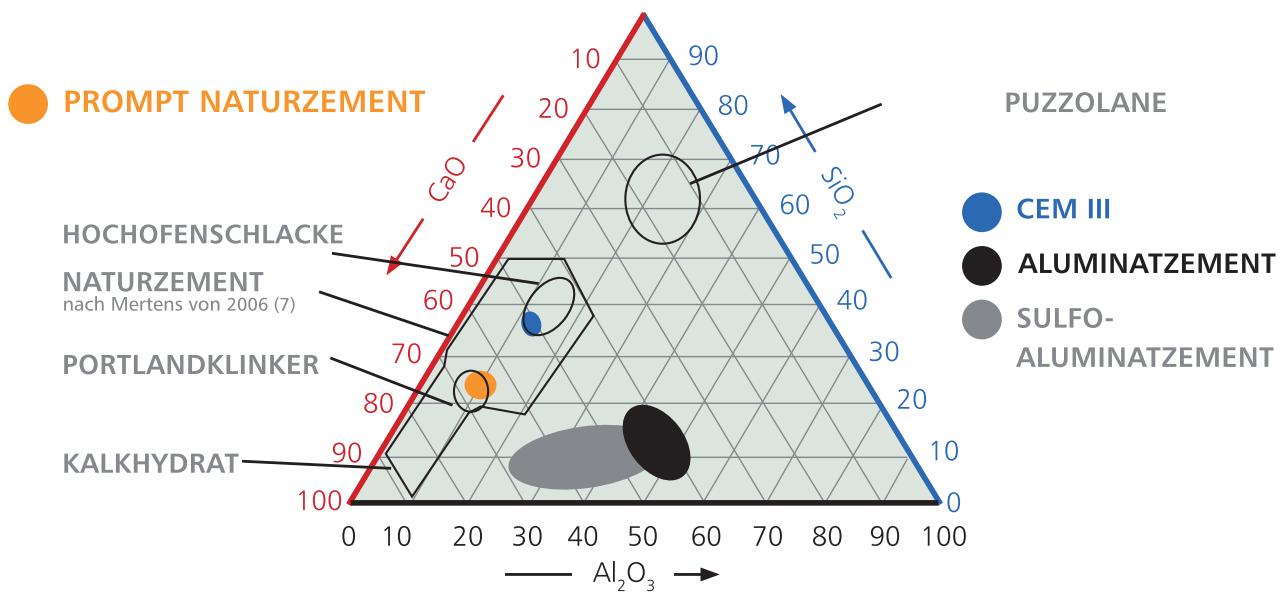
Die korrekte Bezeichnung lautet **schneller Naturzement** oder **natürlicher Schnellzement**.

Sein, von Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts, stetig wachsender Erfolg erklärt sich folgendermaßen:

- Für die Fassadengestaltung bietet er eine wirtschaftliche und dauerhafte Lösung. Mit geringem Aufwand wird ein Stein perfekt nachgebildet und erhält seinen typischen warmen ockergelben bis braunen Farbton. Er wird in Elementen (Gesimsen etc.) direkt auf dem Ziegelgrund aufgebracht oder als Gussfertigteil und Steinimitation eingesetzt. Mit seiner schnellen hydraulischen Wirkung wurden effiziente Lösungen für Bauwerke im Ingenieur- und Tiefbau möglich, besonders wenn diese in unmittelbarem Wasserkontakt standen.
- Die aufstrebende Fertigteilindustrie nutzte Romanzement zur Herstellung von Trinkwasserleitungen. Im Vergleich zu den seinerzeit aus den ersten künstlichen Portlandzementen hergestellten Rohren wiesen die mit natürlichem Zement gefertigten Rohre eine höhere Beständigkeit gegenüber aggressiven Wässern auf.

Die Herstellung von Romanzement ist einfach:

- Der Rohstoff ist verfügbar. Das Niedertemperaturbrennen unterhalb der Sintergrenze erlaubt den Einsatz eines Mergels oder Kalktonsteins mit einem Tonanteil von 22% bis 35%. Unterschiedliche, fast überall zu findende Gesteinsvorkommen können genutzt werden. Wenn auch Louis Vicat 1817 nachgewiesen hat, dass die Herstellung eines gleichwertigen Zements mit einer künstlichen Mischung aus Ton und Kalkstein gelingt, war es mit den damaligen Mahlwerkzeugen und Energiepreisen kaum möglich, diese Ton-Kalkstein-Mischung kostengünstig herzustellen. Aus diesem Grund wurde das „natürliche“ Gemisch der beiden Kalkmergel-Bestandteile bevorzugt.
- Für das Brennen fand die einfache, bereits bestehende Technologie in traditionellen Kalköfen Anwendung. Im Gegensatz zu Kalk wird Romanzement nicht gelöscht, sondern einfach vermahlen, da kaum Brandkalk anfällt.



Chemische Zusammensetzung europäischer Naturzemente im Diagramm $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$



Stückkalk - **PROMPT FIX-ZEMENT** Romanzement

Der Romanzement aus Grenoble

PROMPT FIX-ZEMENT ist ein „originaler Romanzement“, der Romanzement aus Grenoble. Er erfüllt alle Voraussetzungen und Eigenschaften dieses natürlichen Bindemittels:

- ein einziger natürlicher Rohstoff - Kalksteinmergel
- Brennen in Schachtöfen bei Temperaturen unterhalb der Sintergrenze
- geringes Abschrecken
- kein Löschen, einfache Mahlung
- hoch hydraulisch
- der hohe Belit-Anteil garantiert die extrem hohe Dauerhaftigkeit
- schnelles Erstarren und schnelle Erhärtung
- ockergelb bis haselnussbrauner Farbton

Seit über 170 Jahren wird dieser Romanzement in den Originalöfen aus dem 19. Jahrhundert gebrannt.

Chemische und mineralogische Zusammensetzung

Die im Untertage-Steinbruch abgebaute geologische Schicht weist eine sehr konstante chemische Zusammensetzung mit einem Carbonatanteil von 72% auf (Gehalt an Calciumcarbonat und Magnesium in CaCO_3 ausgedrückt). Der Vergleichswert für Portlandklinker beträgt 78 %. In ihrer Zusammensetzung ähnelt sie sowohl dem klassischen Portlandklinker als auch den natürlichen hydraulischen Kalken (NHL). Im Vergleich mit Romanzementen aus früheren Zeiten weist sie im Grenzbereich einen geringeren Tongehalt und einen relativ starken CaO-Gehalt auf.

Glühverlust 975°C	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	So_3	K_2O	Na_2O
9,28%	18,9%	7,24%	3,2%	53,07%	3,87%	3,24%	1,16%	0,28%

C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	C_{12}A_7	$\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$	Periklas	freier Kalk	Calcit	Sulfate	andere, inkl. amorpher Phasen
5 - 15%	40 - 60%	6 ± 2%	9 ± 2%	3 ± 1%	3 ± 1%	4 ± 1%	2 ± 2%	10 - 15%	3 ± 1%	10 - 15%

Typische chemische und mineralogische Zusammensetzung von PROMPT FIX-ZEMENT Romanzement

Die Originalität des Romanzements ergibt sich nicht aus einer besonderen chemischen Zusammensetzung, sondern vielmehr aus dem Niedertemperaturbrennverfahren über einem breiten Temperaturbereich von 600°C-1200°C – der nur knapp über den Brenntemperaturen für natürlich hydraulische Kalke liegt – und aus der natürlichen homogenen Mischung von Kalk- und Tonstein. Diese Mischung ist für die Bildung neuer Mineralien während des Brennvorgangs erforderlich, im Festzustand ist die Diffusion atomarer Teilchen gering. Es kommt zur Bildung einer Vielzahl unterschiedlicher Mineralien, die sich von denen der modernen künstlichen Portlandzemente merklich unterscheiden. Wenngleich sie – in unterschiedlichen Positionen – identisch mit den Mineralien der natürlichen hydraulischen Kalke sind.

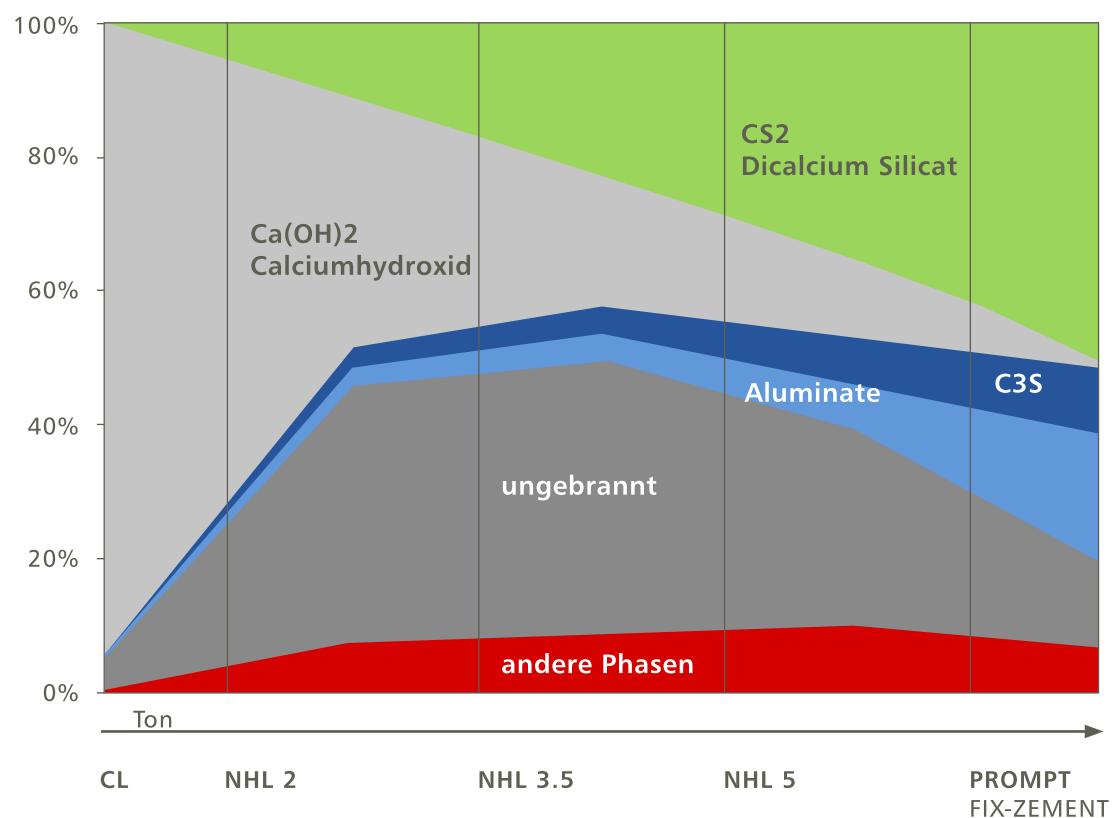
- **Unterbrand** – nicht ausreichend für eine Umwandlung erhitzte, lediglich dehydrierte Gesteinsteile.
- **Mittelbrand** – bei der Umwandlung sowohl amorph oder schlecht auskristallierter Phasen. Darunter eine Gruppe von Aluminaten (C_4AF , C_3A , C_{12}A_7 , $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ und C_2AS), die das Erstarren und schnelle Erhärteten in den ersten Stunden der Hydratation bewirken, als auch Silikate in Form von Belit (C_2S) bekannt, die den Festigkeitsanstieg über Monate zur Folge haben. Alit (C_3S) ist nur in geringsten Mengen vorhanden; dieses Mineral entsteht erst bei einer Temperatur über 1200°C

- Überbrand - in örtlich begrenzten Zonen entsteht eine sehr partielle Schmelzung (Klinkerisation) die zur Bildung einer geringen Menge Alit führt. Das eingesetzte Rohgestein ähnelt in der chemischen Zusammensetzung dem eines Portlandklinkers und ermöglicht die Bildung dieses bekannten Calciumsilikats. Stark hydraulisch wirkend trägt es zur Festigkeitserhöhung bei.

Dieser letzte Punkt ist von großer Bedeutung, denn lokale Materialverschmelzungen sind beim Brennverfahren im Schachtofen unvermeidlich. Die in dieser flüssigen Phase gebildeten Minerale dürfen während ihrer Hydratation den natürlichen Zement nicht verändern. Bei einem tonreichen Rohmaterial werden z.B. in dieser flüssigen Phase mehr Aluminate gebildet. Deren Hydratation können im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit ernsthafte Probleme zur Folge haben.

Erst die Mischung dieses in unterschiedlichen Temperaturzonen gebrannten Gesteins ergibt die typischen Eigenschaften des traditionellen Romanzements.

Beim Brennen im Schachtofen werden nur geringe thermische Emissionen freigesetzt. Im direkten Vergleich zu einem Portlandzement CEM I liegt dieser Wert bei 70%. Die durch die Dekarbonatisierung frei werdende CO₂-Emissionswerte betragen beim PROMPT FIX-ZEMENT lediglich 80% gegenüber einem CEM I. Für eine Öko-Bilanzierung und Anerkennung beim ökologischen Bauen sind diese Werte besonders ausschlaggebend.



Mineralogische Zusammensetzung von Kalk (CL), natürlich hydraulischem Kalk (NHL) und Romanzement PROMPT FIX-ZEMENT

Mörteleigenschaften

Hydraulische und karbonatische Festigkeitsbildung

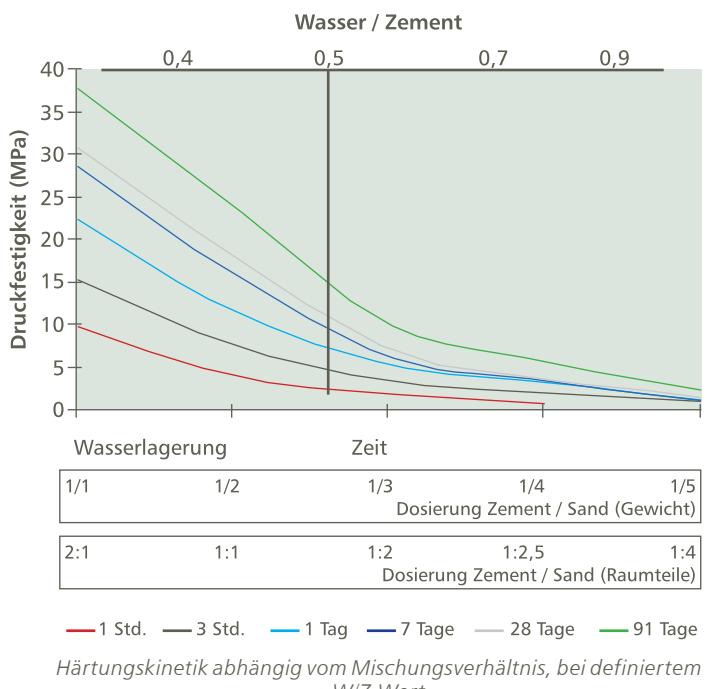
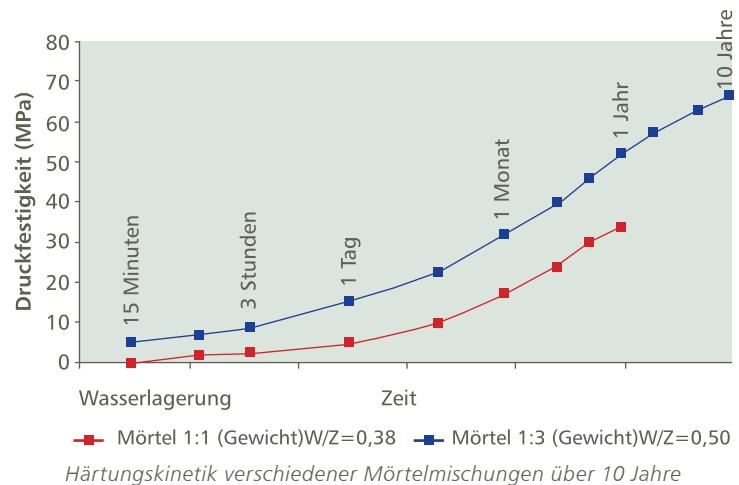
Die beiden niedrigen Brenntemperaturen gebildeten Aluminate sind für das schnelle Erstarren, innerhalb von zwei bis drei Minuten und für die hydraulische Festigkeitsentwicklung der ersten Stunden, verantwortlich.

Die anschließende, mehrere Monate und Jahre dauernde, Festigkeitsbildung und Aushärtung erfolgt über die Belit-Hydratation (Karbonisation).

Festigkeiten, abhängig von der Dosierung und dem Wasser-Zementwert

Je nach Einsatzgebiet und Materialanspruch wird PROMPT FIX-ZEMENT in einem breiten Dosierungsbereich von 10% bis 50% (Gewicht auf Trockenmischung) eingesetzt, bis zu 100% bei Feinschlämmen und Injektionsleimen. Die Werte in der Härtungskinetik-Grafik beziehen sich auf wassergelagerte Proben. Zwei Einsatzgebiete sind besonders erwähnenswert.

- Die sofortigen, hohen Festigkeiten für Ankermörtel, beschleunigtes Mauern und Abdichtungsarbeiten, werden mit einer hohen Zementdosierung erreicht. Diese Mörtel sind nur gering porös und erreichen vergleichbare Werte wie Portlandzementmörtel.
- Niedriger fester Mörtel sind geringer dosiert. Sie zeigen gleiche oder ähnliche Leistungsmerkmale und Eigenschaften wie natürlich hydraulische Kalkmörtel. Wasseraufnahme und Porosität sind vergleichbar mit Romanzementmörteln aus dem 19. Jahrhundert.



Eigenschaften PROMPT FIX-ZEMENT Romanzement

Eigenschaften historischer Romanzement-Mörtel

Alte, mit Romanzement hergestellte Mörtelbauteile müssen materialgerecht instandgesetzt werden. Mit chemisch-mineralogischen Untersuchungen wird nachgewiesen, dass es sich bei den bis zu mehr als 100 Jahre alten Mörtelproben eindeutig um Romanzementmischungen handelt. In der Regel erhält man folgende Erkenntnisse:

- Rohdichte zwischen 1,4 und 2,0 kg/l. Als Folge von klimatischen Einwirkungen, Exposition (geographische Ausrichtung und Witterungseinfluss) sowie unterschiedlicher Regenwasserauslösung ist die ursprüngliche Dichte schwierig festzustellen. Es kann sich dabei nur um Richtwerte handeln, denn Zementdosierung und Zuschlagsqualität sind sehr variabel. Je nach Verarbeitung zeigen einige der Proben eine hohe Makroporosität (z.B. Gesimse, Fassadenzug).
- Mit der Kieselsäuremethode erhält man eine ungefähre Vorstellung über den Bindemittelgehalt von 14% bis 45%. Diese Methode berücksichtigt jedoch nicht den Aluminatgehalt des Originalmörtels. Zuschläge können bestimmte lösliche Kieselsäuren enthalten und somit die Einschätzung des Bindemittelgehalts verfälschen.
- Die Gesamtwasserporosität ist mit Werten von 23% bis 40% recht hoch.
- Die Wasseraufnahme schwankt von 9% bis 30%. Besonders jüngere Mörtel dieser Epoche zeigen geringere Porositäts- und Wasseraufnahmewerte. Mit dem zuvor erwähnten Faktor des Löslichkeitsphänomens spiegelt dies die Vielfältigkeit der Alterungsprozesse über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren wieder.

Von höchster Bedeutung sind die Porosität und das Wasseraufnahmeverhalten. Sie bestimmen die Dauerhaftigkeit des aufgetragenen Mörtels. Dies betrifft insbesondere den problematischen Bereich der Wasserdampfdiffusion von der Mörtelunter- zur Außenseite. Die nachfolgend beschriebenen, niedrig dosierten PROMPT FIX-ZEMENT-Mörtel ermöglichen hier interessante Eigenschaften.

Romanzemente wurden häufig hoch dosiert als dünnsschichtige Mörtel eingesetzt. Am Beispiel von PROMPT FIX-ZEMENT wird verdeutlicht, wie diese außergewöhnliche Haltbarkeit zu verstehen ist.

Mörteleigenschaften bei geringer Dosierung

Geprüft wurden Mörtelmischungen von 1:2 bis 1:4 (Volumenteile). Mit 0,6% TARDA Zitronensäure/Romanzement wird die Verarbeitungszeit auf weniger als 40 Minuten bei 20°C eingestellt. Als Zuschlag wird ein rundkörniger Quarz-Kalksteinsand eingesetzt.

Putztypisch wird die Verarbeitbarkeit über die Wassermenge eingestellt. Je niedriger der Feinanteil (Zement), umso höher ist der Wasseranteil. Folglich erhöht sich das Wasser/Zement-Verhältnis.

Wasser-, Wasserdampfaufnahme und Porosität

Nachstehende Tabelle zeigt das Wasseraufnahmeverhalten sowie die Porosität und das Dampfdiffusionsverhalten nach sechsmonatiger Feuchtlagerung und anschließender Trocknung während sieben Tagen bei 50% rel. Luftfeuchtigkeit. Die Ergebnisse liegen sehr nahe an der Maximalhydratation. Weitere Langzeitprüfungen werden diese Datenserie vervollständigen.

Zusammensetzung in Vol.	1:2	1:2,5	1:3	1:4	Prüfmethode
% PROMPT FIX-ZEMENT in Gewicht	19,85	16,58	14,30	11,30	
Wasser/Zement	0,67	0,825	0,95	1,12	
Rohdichte (kg/m ³)	1941	1908	1923	1945	AFREM
Wasseraufnahme nach 3 Std. C(kg/(m ² .min ^{0,5}))	0,76	0,88	1,4	1,67	EN1015
Wasseraufnahme nach 24 Std. C(kg/m ²)	16,56	17,44	17,54	15,88	EN1015
Wasseraufnahme (%) bis zum Konstantgewicht	12	12,5	13	11,8	CERIB DQI/DEE FG-02./12/02
Wasseraufnahme (%) bis zum Konstantgewicht	25,67	25,88	23	22,89	AFREM
Dampfdiffusion(g/m ² .h.mmHg)	0,42	0,43	0,46	0,45	Cahier CSTB 08/1993

Mischungsverhältnis abhängige Wasseraufnahme, Porosität und Dampfdiffusionswerte bei niedrig dosierten Romanzementmörteln

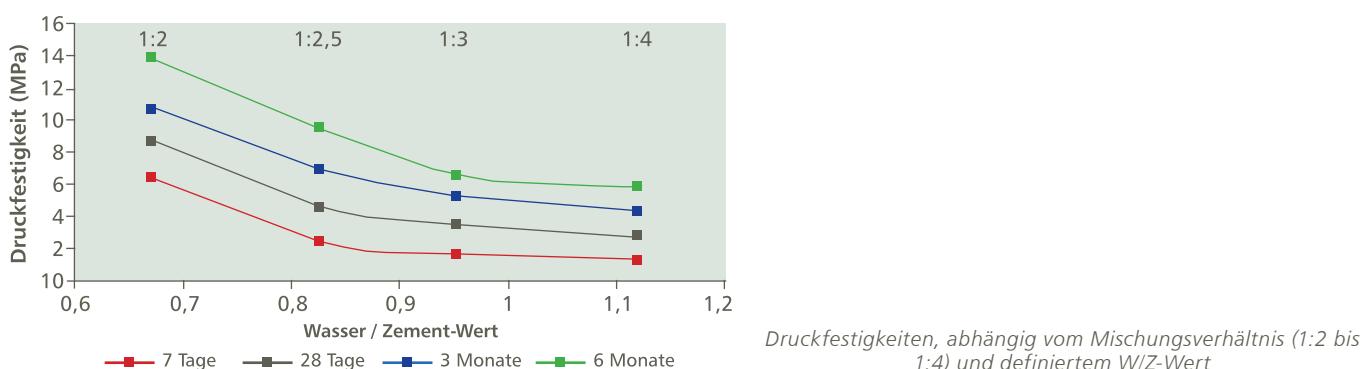
Mit Werten 0,4 von 0,5 liegt die Wasserdampfdurchlässigkeit nur geringfügig unter der von NHL (natürlichem hydraulischen Kalk). Die Werte für Vergleichsmörtel mit NHL 5 variieren zwischen 0,5 und 0,6. Die Wasseraufnahmeprüfung nach 3 Stunden korreliert am besten mit dem Wasser/Zement-Faktor. Dieselbe Prüfung liefert nach 24 Stunden ähnliche Werte, was bedeutet: je höher der Wasser/Zement-Wert, desto höher die Wasseraufnahme. Diffusions- und Wasseraufnahmewerte wurden unter Laborbedingungen bei idealer Feuchtlagerung > 90% rel. Luftfeuchtigkeit ermittelt.

Unter Realbedingung können diese Werte sehr unterschiedlich ausfallen. Einflussfaktoren sind Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Mikroklima und Exposition. Als Allgemeinregel gilt: mehr oder weniger intensiv trocknende Mörtel hydratisieren langsamer. Auf Grund seiner höheren Porosität wird ein historischer Fassadenmörtel eine höhere Wasserdurchlässigkeit aufweisen als ein unter Laborbedingungen gelagerter Vergleichsmörtel. Die vorliegenden, unter optimalen Hydratationsbedingungen ermittelten, Laborwerte kommen historischen Romanzementmörteln sehr nahe.

Festigkeiten

Wie im Diagramm dargestellt, erfolgt die Festigkeitsentwicklung unter Wasserlagerung über einen Zeitraum von mehreren Monaten. Auffällig ist, dass Mörtel im Mischungsverhältnis 1:3 und 1:4 eine ähnlich geringe Druckfestigkeitssteigerung zeigen.

Druckfestigkeiten



Biegezugfestigkeiten nach 8 Tagen

Mörtel in Raumteilen /Volumen.	1:2	1:2,5	1:3	1:4
Biegezugfestigkeiten an 3 Punkten (MPa)	5,4	3,4	3,1	2,5

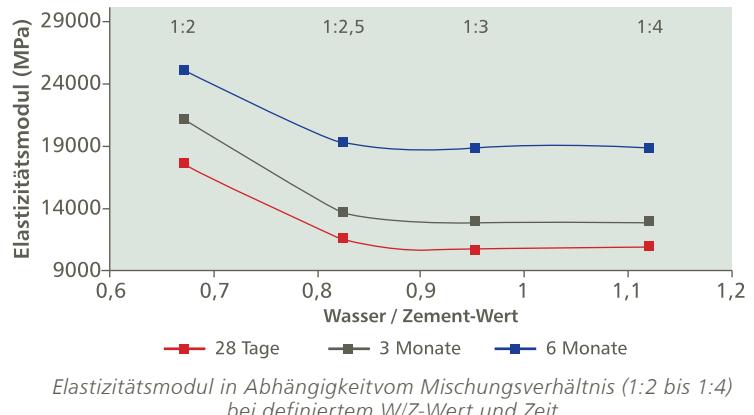
Elastizitätsmodul

Die Prüfung wassergelagerter Mörtelproben erfolgte über einen Zeitraum von 6 Monaten. Bei Mörtelproben mit einem PROMPT FIX-ZEMENT/Sand Verhältnis < 1:2,5 steigt das Elastizitätsmodul deutlich an. Geringer dosierte Mörtel weisen niedrigere und nahezu identische Werte auf.

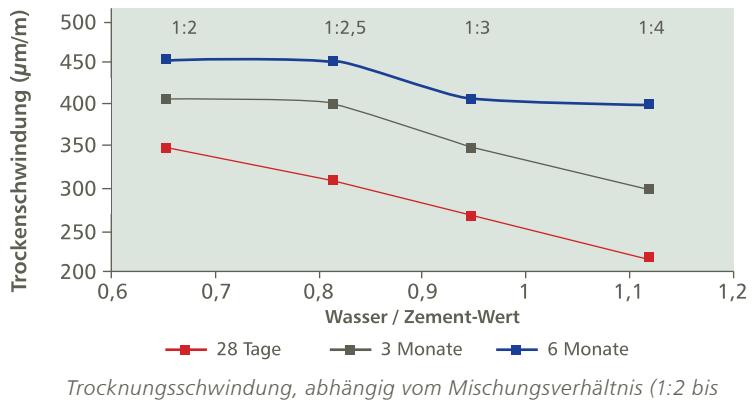
NHL 5-Mörtel weisen ebenfalls vergleichbar niedrige E-Modulwerte auf. Bei Lagerung in 50% rel. Luftfeuchtigkeit verringern sich diese Werte ungefähr um ein Drittel.

Schwindverhalten

Die Messung erfolgt, sobald die Mörtelproben eine ausreichende Festigkeit aufweisen und ausgeschalt werden können. Vordem Ausschalen kann keine Schwindung ermittelt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass auch bei höherer Bindemitteldosierung das Schwindverhalten von PROMPT FIX-ZEMENT generell gering ausfällt. Als positive Folge dieser günstigen Schwindwerte können einlagig- dickschichtige Mörtelaufträge ausgeführt werden.



Elastizitätsmodul in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis (1:2 bis 1:4) bei definiertem W/Z-Wert und Zeit



Trocknungsschwindung, abhängig vom Mischungsverhältnis (1:2 bis 1:4) bei definiertem W/Z-Wert

PROMPT FIX-ZEMENT Magermörtel mit Kalksteinmehl

PROMPT FIX-ZEMENT kann anteilig durch Zugabe von Kalksteinmehl ersetzt werden. Der ausgetauschte Feinanteil gewährleistet ausreichende Verarbeitungseigenschaften.

Für diese Versuche wurden 30% Romanzement (Volumen) durch 30% Kalksteinfüller mit ähnlicher Korngröße ersetzt. Dabei wurden Mischungen 1:2 und 1:2,5 (Volumen) mit demselben Sand (0/4 R), wie zuvor beschrieben, vorgemischt. Durch Zugabe von 0,6% TARDA (Zitronensäure) wurde die Verarbeitungszeit bei 20°C auf mehr als eine Stunde eingestellt. Prüfungen der Wasseraufnahme-, Wasserporosität- und Dampfdiffusionseigenschaften wurden nach 6 Monaten Wasserlagerung und anschließend 7-tägiger Trocknung bei 50% rel. Luftfeuchtigkeit durchgeführt.

Zusammensetzung in Volumen PROMPT FIX-ZEMENT : Füller : Sand	0,7:0,3:2	0,7:0,3:2,5	Prüfmethode
% PROMPT FIX-ZEMENT in Gewicht	13,39		
Wasser/Zement-Verhältnis	1,02	1,27	
Rohdichte (kg/m ³)	1931	1867	AFREM
	Porosität	Aufnahme	Durchlässigkeit
Kapillaraufnahme nach 3 Std. C(kg/(m ² x min ^{0,5}))	1,39	1,76	EN1015
Kapillaraufnahme nach 24 Std. C(kg/(m ²))	16,13	17,63	EN1015
Wasseraufnahme (%) bis zum Konstantgewicht	12,10	13,10	CERIB DQI/DEE FG-02/12/02
Gesamt Wasserporosität (%)	23,83	26,08	AFREM
Dampfdiffusion (g/m ² .h.mmHg)	0,61	0,64	CSTB Specification 08/1993
	Druckfestigkeit (MPa) Lagerung bei 20°C, > 90% rel. Luftfeuchtigkeit		
7 Tage	2	0,9	
28 Tage	3,3	1,9	
3 Monate	4,7	3	
6 Monate	5,3	3,4	
	Biegezugfestigkeit (MPa) Lagerung bei 20°C, > 90% rel. Luftfeuchtigkeit		
6 Monate	3	1,9	
	Elastizitätsmodul (MPa) Lagerung bei 20°C, > 90% rel. Luftfeuchtigkeit		
28 Monate	11 400	7 500	
6 Monate	12 100	9 900	
3 Monate	15 800	12 400	
	Trockenschwindung (µm/m)		
28 Tage	290	280	
3 Monate	340	320	
6 Monate	380	360	

Eigenschaften PROMPT FIX-ZEMENT Magermörtel mit Kalksteinmehl

Die Werte für die Dampfdurchlässigkeit ähneln, bei identischer Dosierung sehr denen von Mörteln auf Basis NHL 3,5. Gleichermaßen gilt für die Festigkeiten und Elastizitätsmodul. Ein entscheidender Vorteil von PROMPT FIX-ZEMENT gegenüber NHL 3,5 ist seine deutlich geringere Schwindung nach 28 Tagen. Diese Eigenschaft erlaubt zügig fortschreitende, mehrlagige Arbeiten. Auch Arbeiten unter ungünstigen Witterungsbedingungen sind damit möglich. An Stelle von Kalksteinmehl kann vorzugsweise auch Luftkalk oder NHL 2 eingesetzt werden.

Die Ergebnisse der Wasseraufnahme- und Porositätsprüfungen gleichen den Eigenschaften von PROMPT FIX-ZEMENT Magermörtel, wie in o.a. Tabelle beschrieben. Die Ergebnisse für die Dampfdiffusion fallen höher und damit noch günstiger aus. Eine eindeutige Korrelation zwischen den Messungen der kapillaren Wasseraufnahme und der Durchlässigkeit von Wasserdampf ist nicht erkennbar.

Liegen ein niedriges E-Modul und eine hohes Dampfdiffusionsverhalten vor, zeigen die Messwerte von historischen Romanzementmörteln die entsprechenden gleichen Eigenschaften wie PROMPT FIX-ZEMENT-Mörtel mit geringem Zementanteil.

Hochdosierter PROMPT FIX-ZEMENT Feinmörtel

Untersuchungen alter Romanzement-Mörtel haben gezeigt, dass einige Proben trotz hoher Festigkeiten und guter Durchlässigkeit einen hohen Feinanteil enthalten.

Ein PROMPT FIX-ZEMENT Spachtelmörtel soll diese besondere Beständigkeit besser verständlich machen. Für diesen Mörtel wurden PROMPT FIX-ZEMENT und Kalksteinmehl mit gleicher Korngröße verwendet. Der Erstarrungsbeginn wurde mit 0,6% TARDA-Verzögerer/Zement auf ca. 30 Minuten bei 20°C eingestellt. Prüfungen der Wasseraufnahme-, Wasserporosität- und Dampfdiffusionseigenschaften wurden nach 6 Monaten Wasserlagerung und anschließender 7-tägiger Trocknung bei 50% rel. Luftfeuchtigkeit durchgeführt.

Zusammensetzung in Volumen	1:1		Prüfmethode
% PROMPT FIX-ZEMENT in Gewicht	34,6		
Wasser/Zement Verhältnis	0,524		
Rohdichte (kg/m ³)	1807		AFREM
	Porosität	Aufnahme	Durchlässigkeit
Kapillaraufnahme nach 3 Std. C(kg/(m ² x min ^{0,5}))	0,33		EN1015
Kapillaraufnahme nach 24 Std. C(kg/(m ²))	6,88		EN1015
Wasseraufnahme (%) bis zum Konstantgewicht	16,7		CERIB DQI/DEE FG-02/12/02
Gesamt Wasserporosität (%)	30,32		AFREM
Dampfdiffusion (g/m ² .h.mmHg)	0,52		CSTB Specification 08/1993
	Druckfestigkeit (MPa) Lagerung bei 20°C, > 90% rel. Luftfeuchtigkeit		
7 Tage	11		
28 Tage	19		
3 Monate	23		
6 Monate	30		
	Biegezugfestigkeit (MPa) Lagerung bei 20°C, > 90% rel. Luftfeuchtigkeit		
6 Monate	5		
	Elastizitätsmodul (MPa) Lagerung bei 20°C, > 90% rel. Luftfeuchtigkeit		
28 Monate	19 200		
6 Monate	24 900		
3 Monate	27 400		
	Trockenschwindung (µm/m)		
28 Tage	610		
3 Monate	780		
6 Monate	870		

Eigenschaften eines feinen PROMPT FIX-ZEMENT Romanzement-Mörtel bei hoher Dosierung

Erwartungsgemäß sind Festigkeit, Elastizitätsmodul und Trockenschwindung hoch. Bezogen auf die Ergebnisse der vorgenannten Mörtelproben sind die Wasseraufnahme nach 3 und 24 Stunden recht gering. Überraschend sind die Werte der Wasseraufnahme bis zum Konstantgewicht der Porosität und der Dampfdiffusion, die in diesem Fall viel höher sind. Dies zeigt ein sehr entscheidendes Verhalten dieser Mörteltypen gegenüber Wasser: nach 24 Stunden absorbiert er 2-3 mal weniger Wasser als die vorgenannten Mörtel. Bei der Bestimmung der Wasseraufnahme müssen die Prüfkörper, bis zum Erreichen des Konstantgewichts, von allen Seiten mindestens 4 Tage durchnässt werden. Dies bedeutet, dass derartige Mörtel nur gering anfällig gegenüber kurzen Befeuchtungszyklen (Regenfall über einige Stunden) sind. Trotzdem besitzt der Mörtel eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit. Dies ist entscheidend für die Dauerhaftigkeit an der Fassade. Die hohe Dampfdurchlässigkeit erklärt eine gute Haltbarkeit der dünnenschichtigen mit Romanzement aufgebauten Feinmörtel. Festigkeit und Durchlässigkeit sind daher miteinander vereinbar. Dieses günstige Verhalten erklärt, warum trotz eines hohen Elastizitätsmoduls eine Endbeschichtung mit einer meist dünnenschichtig aufgetragenen Romanzement-Spachtel an den über 100 Jahre alten Fassaden überdauert haben.

Verarbeitung

Beachtet man die zuvor beschriebenen Grundlagen, können gleiche den alten Romanzementmörteln entsprechende Mischungen hergestellt werden. Altes Bestandsmauerwerk besteht zumeist aus Ziegelstein. Ein Fassadenputzmörtel hat hier die Aufgabe die Feuchtigkeit aus dem Ziegelmauerwerk nach außen abzuleiten.

Im 19. und frühen 20. Jahrhundert, wurden Romanzemente als Mörtel für Putze, Fassadenzug und den Formenguss eingesetzt. Für diese besonderen Mörtel-Applikationen, sollen in diesem Kapitel Richtlinien für das Rezeptieren und die Verarbeitung gegeben werden.

Putz

Fassadenputz hat nicht nur die Aufgabe altes und neues Mauerwerk zu schützen, er muss auch hohen ästhetischen Ansprüchen gerecht werden. Eigenschaften wie, niedriges Elastizitätsmodul, hohe Wasserdampfdurchlässigkeit und gute Untergrundhaftung sind gefordert. Der Anspritzmörtel sorgt für eine gute Haftung zum Untergrund. Die optimale Verbindung zwischen den verschiedenen Mörtellagen erzielt man im frisch-in-frisch-Verfahren.

Unterputz - Infolge seiner schnellen Erhärtung und niedrigen Schwindung kann der Unterputz dickschichtig, in Stärken bis zu 5 cm aufgetragen werden. Eine bindemittelarme Dosierung von 1:3 in Raumteilen garantiert ein niedriges E-Modul. Im Gegensatz zum Spritzbewurf ist der Unterputz unbedingt zu verzögern.

Oberputz - Eine gute Haftung zwischen Ober- und Unterputz erhält man im frisch-in-frisch-Verfahren. Über die Sandfarbe oder durch Beimischung von Farbpigmenten wird die Putzfarbe und Putzhabrik eingestellt. Mit einer Verlängerung der Topfzeit können ungleiche Ansatzübergänge vermieden und mehr Zeit für die Oberflächengestaltung realisiert werden. Dafür empfiehlt sich PROMPT FIX-ZEMENT mit Kalkhydrat oder natürlich hydraulischem Kalk (NHL) abzumischen.

	Mischung in Raumteilen	Sand - Korngrößenverteilung	Verzögerer (Zitronensäure)
Spritzbewurf	1:2	0/5 mm	keinen
Unterputz	1:3	0/3 mm oder 0/2 mm	0,5 bis 1 - TARDA-Verschlußkappe/Liter Zement
Oberputz	2:3	0/1 bis 0/2 mm	0,5 bis 1 - TARDA-Verschlußkappe/Liter Zement

Putzmörtel-Rezeptur

Muss innerhalb 40 Minuten bei 20°C im frisch-in-frisch-Verfahren gearbeitet werden, ist schnelles und erfahrenes Arbeiten gefordert. Es empfiehlt sich immer kleine Bedarfsmengen anzumischen.

In der Literatur finden sich Hinweise zur Arbeitsvorbereitung und Arbeitsteilung: Für das Mischen eines Kubikmeter Putzmörtel standen den 3-4 Stuckateuren 2 Helfer zur Seite. Ein solches Team erstellte pro Tag ungefähr 10 bis 20 m² Wandputz.

Fassadenzug

Der Fassadenzug wird im Mehrschichtverfahren ausgeführt. Als Haftbrücke wird ein Schlämstmörtel vorgelegt. Nach dem Anziehen dieser Grundierung wird die erste Profilschicht angeworfen. Dadurch erhält man eine gute Verbindung beider Lagen. Sofort nach dem Abziehen mit der Profilschablone und Ansteifen des Mörtels wird weiteres Material aufgetragen. Auf diese Weise können sehr hohe Profilstärken realisiert werden.

Ein Aufreißen des Zugmörtels mit der Profilschablone wird vermieden, indem die Frischmörteloberfläche vor jedem Abziehen mit Wasser besprüht wird.

Für den ersten Feinzug, zum Füllen größerer Hohlräume, wird ein Feinmörtel mit max. 1 mm Schichtstärke aufgebracht. Für eine vollflächige Auftragung sollte eine geschmeidige Mörtelkonsistenz eingestellt werden. Die gewünschte Farbigkeit erhält man durch Beimischung von Marmormehl sowie erdigen Eisenoxyd-Pigmentfarben. Im letzten

Arbeitsgang, zum Füllen kleinsten Fehlstellen, wird ein feiner Mörtel in Schlämmkonsistenz verarbeitet. Es empfiehlt sich ein Gemisch aus **PROMPT FIX-ZEMENT**, sehr feinem Sand und Kalksteinmehl. Für die Farbigkeit können farbige Sande und Farbpigmente, anstelle von Kalksteinmehl eingesetzt werden.

	Mischung in Raumteilen	Sand - Korngrößenverteilung	Verzögerer (Zitronensäure)
Haftsicht	Schlämme	/	keinen
Formkörper (Grobzug)	1:2	0/4 mm	0,25 bis 0,5 - TARDA-Verschlußkappe/ Liter Zement
1. Feinschicht (Feinzug)	1:1	0/0,5 oder 0/1 mm	0 bis 0,5 - TARDA-Verschlußkappe/ Liter Zement
2. Endschicht (Feinzug oder Schlämme)	1:1	0/0,1 bis 0/0,5 mm	keinen

Zugmörtel-Rezeptur

Für eine optimale Ausführung dieser Fassadenzugarbeiten werden 2 Personen benötigt: eine Person zum Anmachen kleiner Bedarfsmengen sowie ein erfahrener Stuckateur.

Gussmörtel

Das Herstellen von Gussteilen ist eine besondere Kunst. Das endgültige Ergebnis eines Gussteils wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Die Wahl der Bindemittel/Sand-Dosierung, Sandart, Korngröße und Wasser/Bindemittelverhältnis zeigen sich verantwortlich für das Endbild des Formstücks. Nachfolgend werden zwei Verfahren beschrieben.

- Zweischichtverfahren - im 19. Jahrhundert häufig bei der Gussteilherstellung eingesetzt
- Einschichtverfahren - Bindemittelreiche und flüssige Gussmörtel für komplexe und schwierige Formen

Zweischichtguss

In der ersten Schicht wird eine Feinschlämme verwendet. Dafür werden **PROMPT FIX-ZEMENT** und feiner Sand 0,5 mm 1:1 in Raumteilen gemischt. Es kann auch farbiges Kalksteinmehl und Farbpigmente verwendet werden. Die Feinschlämme wird an der Forminnenwand aufgezogen oder aufgeschlämmt. Dafür muss die Mörtelkonsistenz ausreichend geschmeidig sein, so dass alle Formendetails ohne Luftblasenbildung überzogen sind. Die Eigenschaften dieses Mörtels und seine ausgezeichnete Dauerhaftigkeit wurden zuvor schon beschrieben. Wegen des hohen Elastizitätsmodul und Trockenschwindung sollte die Materialstärke der ersten Schicht so gering wie möglich gehalten werden. Sie bildet eine Mörtelhaut mit schützender Eigenschaft und steinähnlicher Oberflächenstruktur. Für eine gute Verbindung der zwei Schichten wird der Grobmörtel (Dosierung 1:2/Raumteile), auch Gusskörper genannt, frisch-in-frisch eingefüllt. Beide Mörtel sind hochgradig dampfdiffusionsoffen, mit Durchgangswerten von 0,52 bis 0,42.

	Mischung in Raumteilen	Sand - Korngrößenverteilung	Verzögerer (Zitronensäure)
Außenschicht	1:1	0/0,5 mm Füller oder Pigment	0 bis 0,5 - TARDA-Verschlußkappe/Liter Zement je nach Temperatur
Innenschicht	1:2	0/4 mm	0 bis 0,5 - TARDA-Verschlußkappe/Liter Zement je nach Temperatur
Einzelmörtel	2:1 bis 1:1	0/1 bis 0/3 mm	0,5 bis 1 - TARDA-Verschlußkappe/Liter

Gussmörtel-Rezeptur

Einschichtguss

Für komplexe, schwer zu gießende Formen sind für das Entfernen der Form hohe Festigkeiten gefordert. Dabei kommt in der Regel ein bindemittelreicher und flüssiger Mörtel zum Einsatz. In diesem Fall wird die ausreichende Gießfähigkeit nicht über eine Erhöhung der Wassermenge, sondern durch Zugabe eines geeigneten Verflüssigers eingestellt. Die Oberflächen solcher Abgüsse überzeugen durch ein optimales und glattes Finish.

Achtung: nicht alle Verflüssigertypen sind für PROMPT FIX-ZEMENT geeignet. Mögliche Produkte sind Kasein oder Polycarboxylatverflüssiger.

Wenngleich sehr hohe Frühfestigkeiten anfallen, wird dringend eine zweiwöchige Reifung in Wasserlagerung empfohlen. Dadurch kann die Mörteloberfläche ausreichend hydratisieren. Dies verhindert ein Abputzern der Oberfläche und mögliche Rissbildungen.

Die unter diesem Verfahren gefertigten Gusskörper zeichnen sich durch eine außergewöhnlich hohe Dauerhaftigkeit und Umweltresistenz aus.

Zusammenfassung

PROMPT FIX-ZEMENT Naturzement/Romanzement hat eine lange, mehr als 170 Jahre alte Geschichte und Tradition. Er gehört zu der Familie der ersten und zugleich schnellen Naturzemente. Als Vorläufer der heutigen modernen, künstlichen Portlandzemente, bereitete Romanzement den Übergang zur massiven Steinbauweise bis hin zum Beton. Dank seinem natürlichen hydraulischen Erstarren und seiner schnellen Festigkeitsbildung wurde es möglich, bei niedrigeren Kosten, eine unbegrenzte Vielfalt gegliederter Architekturoberflächen zu schaffen. Dafür kam Romanzement in Fassadenputzen, Fassadenzugprofilen und gegossenen Steinimitationen zum Einsatz.

Technologien und Mörtelrezepte dieser historischen Anwendungen werden derzeit wieder entdeckt. Mit den uns heute zur Verfügung stehenden Mitteln und Wissen wurde die vorliegende Anleitungshilfe zusammengestellt. Für eine sichere und komfortable Verarbeitung haben wir die verschiedenen Romanzement-Mischungen auf einen Erstarrungsbeginn von 40 bis 60 Minuten eingestellt. Als geeigneter Erstarrungsverzögerer wird **TARDA** (Zitronensäure) eingesetzt.

Leistungsmerkmale, die die Dauerhaftigkeit von **PROMPT FIX-ZEMENT** unter Beweis stellen sind:

hohe Porosität / hohe Dampfdurchlässigkeit / geringes Schwindverhalten / niedriger E-Modul

Sie sind Garant dafür, dass mager dosierte **PROMPT FIX-ZEMENT**-Mörtel (ähnlich wie NHL) ein perfektes Endergebnis liefern. Dazu tragen maßgeblich seine physikalischen Eigenschaften und seine mineralogische Zusammensetzung bei. Dies erklärt eindrucksvoll die Dauerhaftigkeit dieses schnellen Naturzements.

Speziell gegründete Handwerkerschaften haben sich im 19. Jahrhundert die Schnelligkeit von Romanzement zu Nutzen gemacht und mit Ideenreichtum neue Arbeitsmöglichkeiten geschaffen. Mit angepassten Arbeitsmethoden und Abmischungen mit Kalk oder anderer Abbindeverzögerer konnten sie die Kontrolle der Abbindezeit vorteilhaft nutzen. Noch heute beeinflusst der Einsatz dieser Verzögerer günstig das Arbeiten im Sommer und Winter.

Natürlich, dauerhaft und schnell sind die wichtigsten Eckdaten für **PROMPT FIX-ZEMENT**. Unverändert seit 1842 hat er sich diese Eigenschaften bewahrt. Heute ist er der einzige noch industriell hergestellte Romanzement. Diesen Fortbestand verdankt er seinem außergewöhnlichen Gesteinsvorkommen.

PROMPT FIX-ZEMENT wird in Mörteln und Putzen für die materialgerechte Restaurierung von Fassaden und anderen Bauwerken aus dem 19. und frühen 20. Jahrhundert eingesetzt. Wegen seiner Schnelligkeit und Dauerhaftigkeit überdauerte **PROMPT FIX-ZEMENT** bis in 21. Jahrhundert. Er wird sowohl für schnelle Verankerungs-, Mauer- und Abdichtungsarbeiten, wie auch für Arbeiten im Frischwasser- Abwasser- und Seewasserbereich sicher und zuverlässig verarbeitet.

PROMPT FIX-ZEMENT entspricht folgenden Normen und Zulassungen:



Französische Norm für natürliche schnelle Zemente
Zulassungsnummer NF P 15-314



CE-Kennzeichnung
Zulassungsnummer 0679-CPR-0227



ETA Europäische technische Zulassung
Zulassungsnummer ETA-07/0019



Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
des Deutschen Institut für Bautechnik
Zulassungsnummer Z-3.12-1119



Mit einer Jahresproduktionskapazität von ca. 100.000 Tonnen und einem lückenlosen Vertriebs- und Logistiknetz ist der Romanzement aus Grenoble jederzeit und europaweit verfügbar.

Generalvertrieb für Deutschland und Österreich:

FASZINATION KALK ...



... SEIT JAHRTAUSENDEN BEWÄHRT®

Zement- und Kalkwerke Otterbein GmbH & Co. KG

Hauptstraße 50
D-36137 Großenlüder-Müs

Telefon +49 (0) 66 48 68-0
Telefax +49 (0) 66 48 68-400
info@zkw-otterbein.de
www.zkw-otterbein.de
www.cimentetarchitecture.com/de

In Deutschland und Österreich wird der Romanzement PROMPT FIX-ZEMENT in folgenden praktischen Verpackungseinheiten über den Baufachhandel vertrieben:

PROMPT FIX-ZEMENT
Eimer 15 kg und 7,5 kg
Sack 25 kg

TARDA
Karton 20 Fläschchen á 80 g

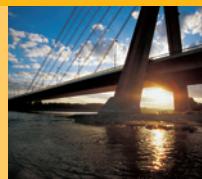


Systemlösungen von OTTERBEIN natürlich – vielseitig – beständig



System OTTERBEIN Zemente

- Moderne Bindemittel für den Bau- und Betonbereich, die durch Beständigkeit und Ästhetik überzeugen
- Produktsicherheit durch moderne Technologie und hohe Qualitätsstandards
- Innovative Zementprodukte für unerschöpfliche Gestaltungsvielfalt



Alles aus einer Hand – unsere einzigartige Produktvielfalt.

- Portland- Komposit- und Kalksteinzemente
- Trass- Hochofenzemente
- Romanzement
- Bindemittelgemische
- Kalke für Bau und Umweltschutz
- Naturkalke für Land- und Forstwirtschaft
- Kalkbrechsande und Kalksteinmehl
- Innen- und Außenputze
- Mineralische und natürliche Dämmstoffe
- Mauer- und Klebemörtel
- Estriche auf Zement- und Anhydritbasis



System OTTERBEIN Kalke

- Baukalke in den unterschiedlichsten Zusammensetzungen und Eigenschaften
- Zukunftweisende Industrie- und Umweltschutzkalke für saubere Luft und reines Wasser
- Vielseitig verwendbare Branntkalke und kohlen-saure Kalke für Land- und Forstwirtschaft



System OTTERBEIN Putze / Mörtel

- Putz- und Mörtellösungen für den Baubereich, die Denkmalpflege und die Sanierung
- Baubiologisch sinnvolle Innen- und Außenputze für mehr Lebensqualität
- Gesundes Bauen mit natürlich mineralischen Mörteln



WIR BRINGEN STEINE
ZUM LEBEN

Zement- und Kalkwerke Otterbein | Hauptstraße 50 | 36137 Großenlüder-Müs
Telefon (0 66 48) 68-0 | Telefax (0 66 48) 68-400 | info@zkw-otterbein.de | www.zkw-otterbein.de



gedruckt auf 100% Altpapier

Stand: 21.06.2017