Definition: Mörtel

Der Mörtel ist ein Baustoff, der aus einem Bindemittel (+ ggf. Zusatzstoffen-Zusatzmitteln) und Zuschlag besteht und unter Luftzufuhr und/oder unter Wasser erhärtet.

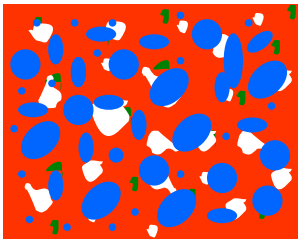
1: Kalk, hydraulischer Kalk, Zement, Gips, etc.

2: Sand, Kies, Gesteinsfragmente, etc. („inerte" Phasen)

3a: puzzolanische, latent hydraulische Zusatzstoffe (Trass, Hüttensand, Schlacke, etc.)

3b: Pflanzenreste, Casein, etc.

4: Poren

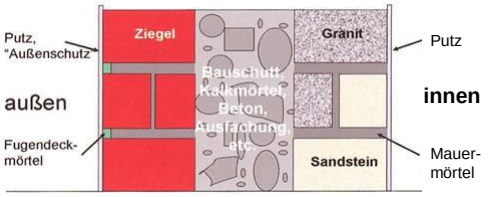


Klassifizierung der Bindemittel

Bindemittel											
nicht-hydraulische Bindemittel							*hydraulische Bindemittel*				
Kalk				Gips/Anhydrit			silikatische Bindemittel				Aluminat Binde-mittel
ungelöschter Kalk		gelöschter Kalk							PC-Klinker Bindemittel		
Stückkalk	gemahlener Kalk	Weißkalkhydrat	Löschkalk	Gipsbindemittel	Anhydritbindemittel	Magnesiazement (Sorelzement)	hydraulischer Kalk (NHL)	Naturzement (Romanzement)	homogene Portlandzemente (CEM I)	heterogene Portlandzemente (CEM II-V)	Aluminatzemente

Typen und Funktionen des Mörtels

1. Mauermörtel (Fugen-, Fugendeckmörtel)
2. Putzmörtel (Innen-, Außenbereich)
3. Estrichmörtel (Platten-, Mosaikbelege)
4. Steinergänzungsmörtel
5. Injektionsmörtel



Middendorf, 2007

1. Guter Haftverbund, angepasste Festigkeits- und Verformungseigenschaften
2. Feuchtigkeitsschutz, Wasserdampfdurchlässigkeit, Optik, Träger für Anstriche
3. Verschließfeste Materiale
4. Ähnliche Eigenschaften wie bei Steinen
5. Angepasste (physische, chemische) Eigenschaften

Historische Mörtel:

Funktionale Baustoffe zum Verbinden von Mauersteinen die auch gleichzeitig die Bausubstanz von der Witterung schützen

Historischer Überblick der Entwicklung
von mineralischen Bindemitteln (Neolithikum – 20 Jh.)

12000 v. Chr. – Spuren von Kalkbrennen aus Grotten in Kleinasien (erste bewusste Kalkanwendung?)

7000–6000 v. Chr. – Ältester Nachweis. Yiftah El , Israel: Estrich (180m^2)

7000–6000 v. Chr. – Lehmputze, verm. Spuren von Kalkputzen (Anatolien, Syrien, Sinai, etc.)

3500 v. Chr. – mehrschichtige Kalkputze in Anshan (Iran)

historischer Kalkofen in Jordanien

Altertum

1400-1200 v. Chr. – Kalkputze mit Quarzsandkörnung (1:1) (Timna, Egypten)

- Verbreitung der Gipsputze in Egypten
- Baumaterial der egyptischen Pyramiden - „Geopolimer Beton" (= alkaliaktiviertes Aluminiumsilikat-Bindemittel) Theorie

7. Jh. v. Chr. – Kalkmörtel mit hydraulischen Eigenschaften (Aquädukte, Zisternen, etc.) in Griechenland

4-3. Jh. v. Chr. – römischer Mörtel („Beton") mit hydraulischen Eigenschaften – *opus caementitium*

2. Jh. v. Chr. – breite Verbreitung puzzolanischer Zuschläge → schnelle Erhärtung auch unter Wasser (z. B. Hafenbau)

76. n. Chr. – Pantheon, Rom

Spätrömische – byzantinische Kultur – (hydraulischer) Ziegelsplittmörtel

Römischer Aquädukt, Segovia

Pantheon, Rom

Mittelalter – Renaissance – Barock

Die von den Römern benutzten hydraulischen Mörtelrezepturen vererben sich nicht in den Mittelalter (hydraulische Ziegelsplittmörtel nur bei den Osmanen)

Mittelalter: generelle Verbreitung der Luftkalkmörtel, in Deutschland vielerorts auch Gipsmörtel (jedoch verienzelt Kalkputze mit hydr. Eigenschaften)

Renaissance – Barock: italienische Meister (Alberti, Martini, Palladiao): Rückkehr zu den römischen Techniken (Puzzolane, Ziegelsplitt, etc.)

18 – 20 Jh.: hydraulischer Kalk, Naturzement, Portlandzement

1756 – John Smeaton – Eddystone lighthouse; Herstellung von hydraulischem Kalk aus tonigem Kalkstein

1796 – James Parker – Romanzement (Naturzement, aus Mergel gebrannt)

1756-1855 – hydraulische Bindemittel mit verbesserten Eigenschaften (Vicat, Descotils, John et al.), experimentelle Brände, chemische Analyse

1824 – Joseph Aspdin Patent no. 5022: „Portlandzement"

1843 – William Aspdin, I.C. Johnston – Herstellung von hochtemperatur Zement: drastische Verbesserung der physikalischen Parameter des Bindemittels

20. Jh. moderner Portlandzement (Grauzement)

1878 – Drehrohrofen – industrielle Zementherstellung auf hoher Temperatur

1890 – Gips als Verzögerer in den Zementen

ab 1920er Jahren rasche Verbreitung von PC-Bindemittel (Höhepunkt in der Nachkriegszeit)

aber

oft ungeeignetes Material bei historischen Objekten → ausgedehnte Schäden

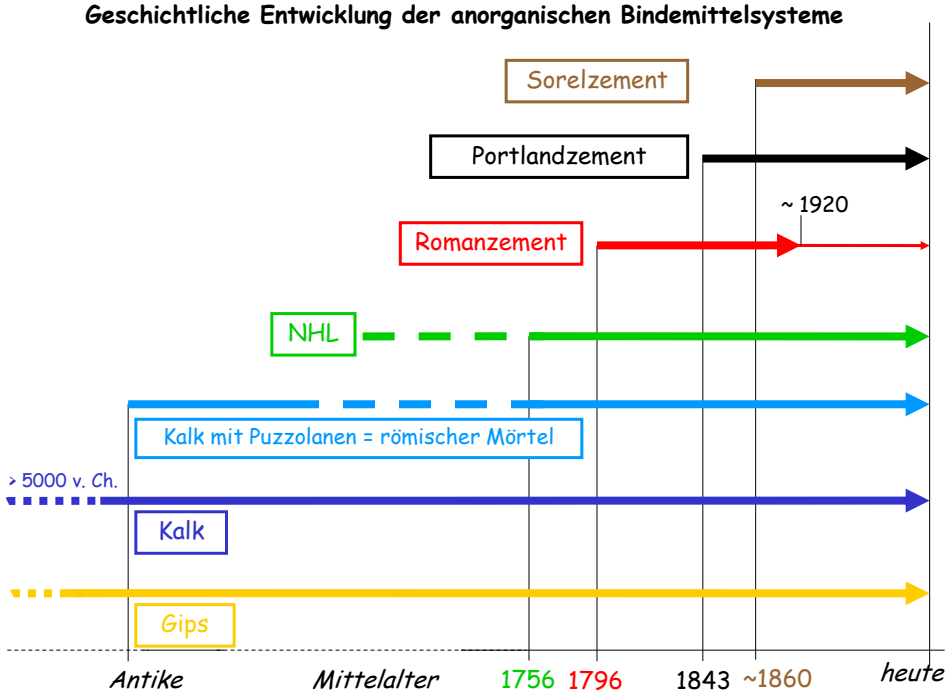
↓

Ende 20. Jh.:

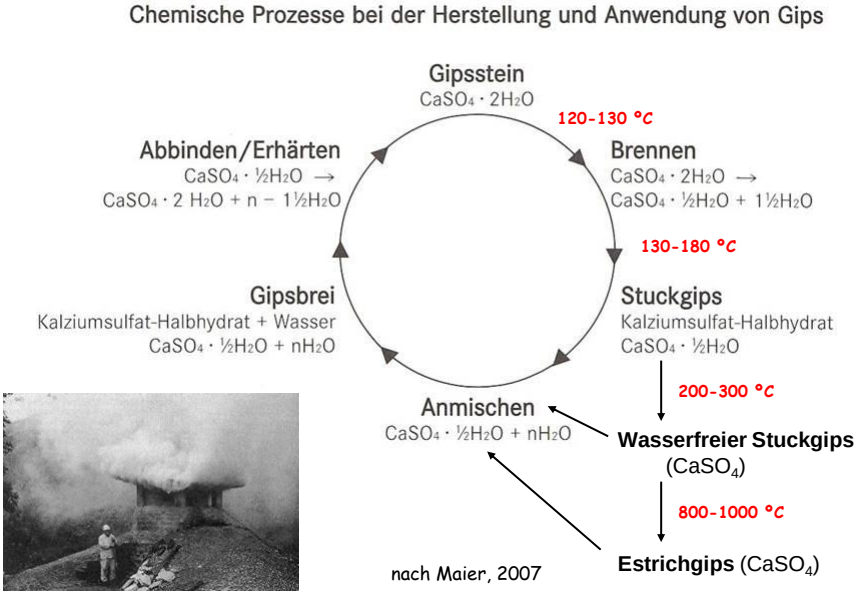
„ Neue Renaissance" der historischen Rezepturen und Materialien (NHL, Romanzement, Kalk) in der Denkmalpflege

Neue Herausforderungen in der Zementherstellung – ökologische Probleme, Wirtschaftlichkeit → neue Technologien, Spezialzemente, etc.

Geschichtliche Entwicklung der anorganischen Bindemittelsysteme



Gipsmörtel - Gipsputze



Historische Gipsmörtel

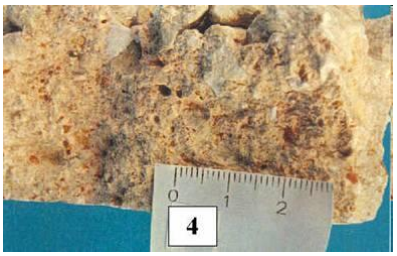
Altertum: in Kalk- u/o. Brennstoffarmen Gebieten (z.B. Egypten) weit verbreitet

Mittelalter- 19. Jh.: besonders in Deutschland beliebtes Baumaterial (grosse Lagerstätten)

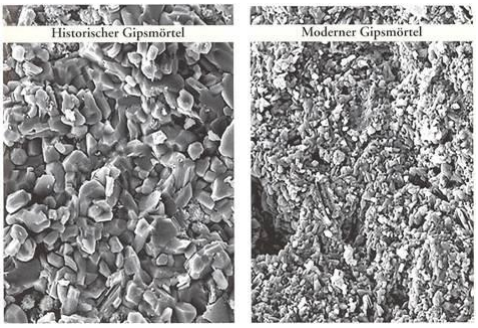
-> Hochbrandgips (bis zu 900 °C)

In Österreich haben Gipsmörtel und -putze untergeordnete Rolle in der Architektur

(außer Gipsstukko)



Fischer& Vtorov, 2002

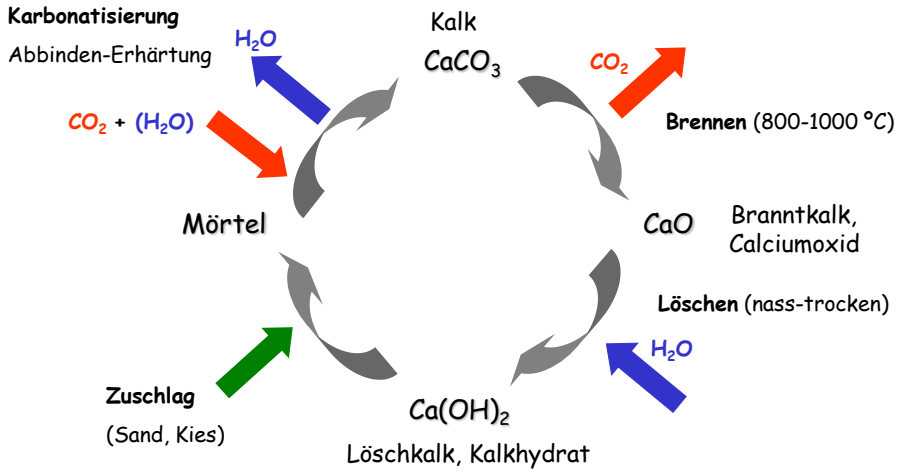


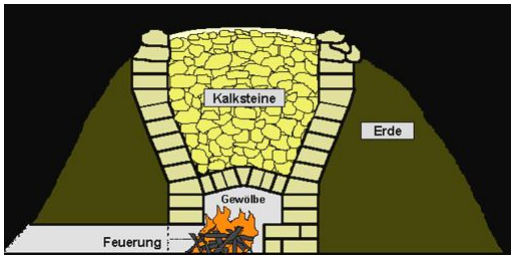
Middendorf, 2007

Luftkalke

Baukalke, die durch Aufnahme von CO_2 aus der Luft erhärten

Kalk-Zyklus





Fotos: BDA

Löschkalk – umgangsprachliche Bezeichnung für Kalkhydrat

Fettkalk (Speckkalk) – frühere Bezeichnung für „fetten" (plastischen) Kalkteig, aus wässriger Dispersion durch Sumpfen (Sumpfkalk) erzeugt (Wasseranteil ca. 30%); Qualitätsverbesserung durch längere Lagerungsdauer; für Kalkfarben, Kalktünchen, Kittungen, Mörtel

Kalkmilch – entsteht beim Sumpfen (dünnflüssige Suspension)

Magerkalk - umgangsprachliche Bezeichnung für mageren (wenig plastischen) Kalkteig, als grobteiliger Kalk-Wasser-Gemisch durch kurzzeitiges Löschen ohne Wasserüberschuss erzeugt (z.B. in Sandmischung „trocken" oder „direkt gelöschter" Kalk). Magerkalk wird in der Denkmalpflege wieder zunehmend für Fassadenputze verwendet

Magerkalk ist auch eine alte Bezeichnung für Dolomitkalk (Graukalk)

Weißkalkhydrat – durch industrielles Trockenlöschen (mit Wasserdampf) aus Branntkalk entstandener pulverförmiger Kalk

Moderne Baukalke (Luftkalke) – Nomenklatur nach ÖNORM EN 459-1

Kalksorte	Kurzbezeichnung	CaO +MgO	MgO	Rohstoff	Brennbedingungen
Weisskalk 90	CL 90	90%	< 5 %	i.a. Naturkalke	i.a. < 1000°C
Weisskalk 80	CL 80	80%			
Weisskalk 70	CL 70	70%			
Dolomitkalk 85	DL 85	85%	> 30 %		
Dolomitkalk 80	DL 80	80%	> 5 %		

historischer Mörtel: meist „trocken" oder direkt gelöschter Kalk

historischer Kalkanstrich: meist (nassgelöschter) Sumpfkalk

Prozesse bei Austrocknen und Erhärten von Kalkmörteln

1. Austrocknen des überschüssigen Wassers → Schwinden (hängt von der Menge des Wassers ab → je mehr, umso größer)
2. Erhärten: nicht zu früh, damit der Mörtel verarbeitbar bleibt; nicht zu spät → geringe Festigkeit → Schwinden

Anmachwasser soll frei von Salzen, Schadstoffen sein (z.B. kein Meer- o. Mineralwasser → Salzschäden!)

Merkmale eines guten Kalkmörtels:

- geeignete Wassermenge
- entsprechendes Bindemittel - Zuschlag Verhältnis (1 : 3-5)
- entsprechende Korngrößenverteilung des Zuschlages (Sieblinie)
- Entsprechender Zuschlag (mineralische Zusammensetzung, Form, Rundung, etc.)

Erhärten (Karbonatisierung) von Luftkalken

Dynamische Erhärtung über die gesamte Bauwerksstandzeit, ständiger Prozess (kann mehrere hundert Jahre lang dauern!)

Dynamisch → Umkristallisation infolge Witterungsbedingungen und des hygrischen Einflusses

$$Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

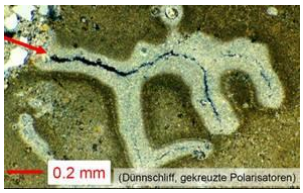
z.B. im Winter: im kalten Wasser erhöhte Löslichkeit von CO_2:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$Ca(HCO_3)_2$ → kapillarer Transport

Reversibler Prozess:

Lösen	kalt
Ausfallen (Karbonatisierung)	warm
Lösen	kalt
Ausfallen (Karbonatisierung)	warm



„Selbstheilungsprozesse"

Bild: F. Winnefeld, WTA-CH Seminar Kalkputze 21.04.2005

Zuschlagstoff

Aufgabe des Zuschlages:

- verhindern das Schwinden durch Abbinden des Bindemittels weitgehend, indem sie als passive Teile den größten Teil des Volumens einnehmen
- „Porenbildung - Atmungsaktivität" (Wasserdampf Ab- und Aufnahme, CO_2 Aufnahme)
- Füllmaterial („Gerüst" für Mörtelfestigkeit)

Sande und Kiese:

- Grubensand, -kies
- Flußsand, -kies
- Brechsand, -kies

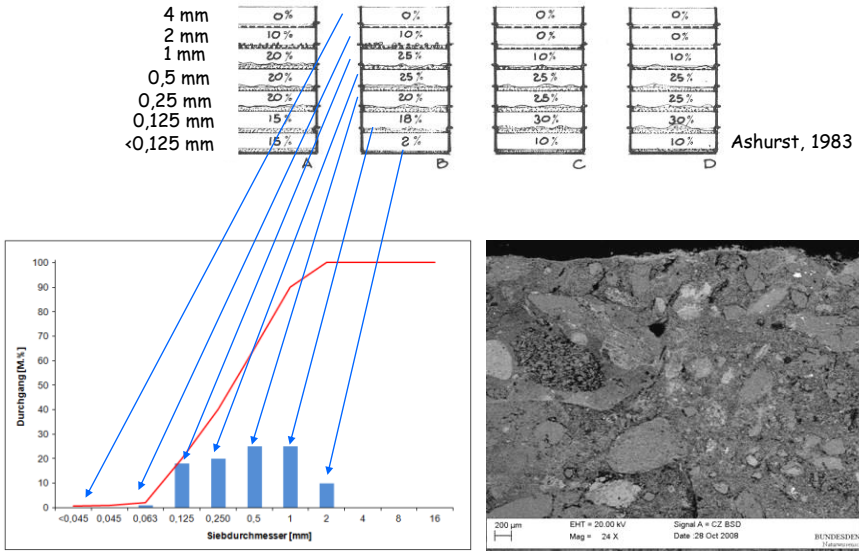
<u>Geeignet</u>:

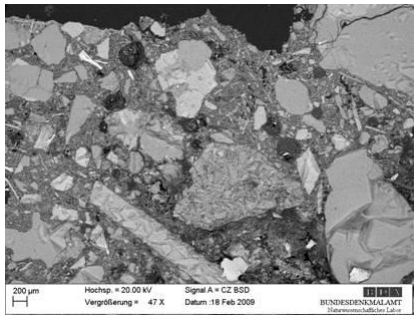
- reine, gesunde, harte, unverwitterte Körnung (silikatisch, carbonatisch, etc.)

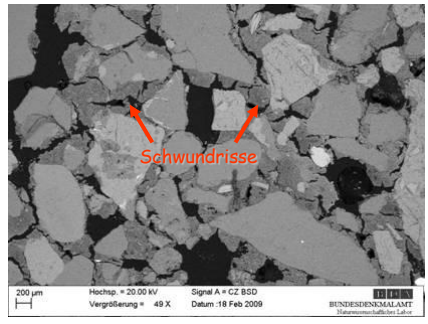
<u>Ungeeignet</u>:

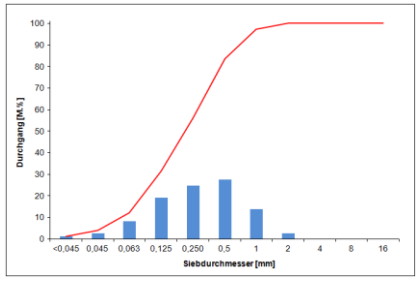
- verwitterte Steine (z.B. Metamorphite mit hohem Schichtsilikatanteil) oder tonige Steine (z.B. Mergel), Lehm
- instabile Minerale (Salze, Pyrit, etc.)
- organischer Anteil (z.B. Humus, etc.)

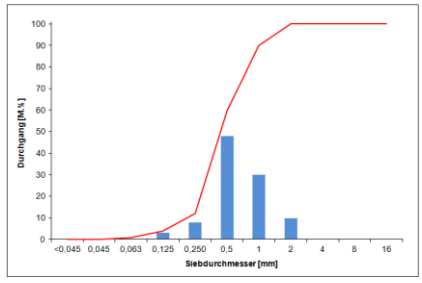
Erstellung einer Sieblinie





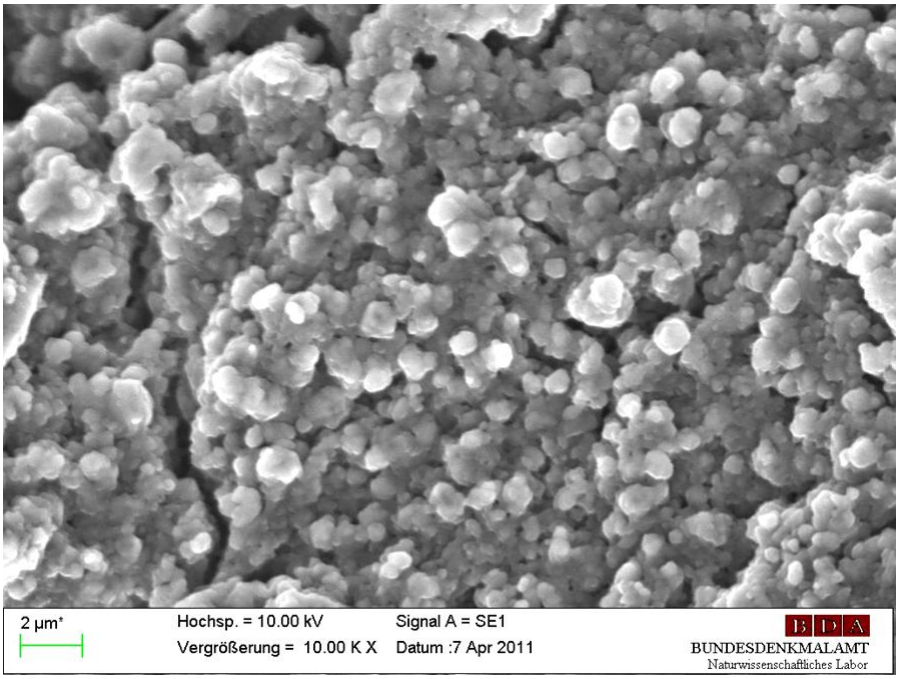






Originalmörtel (15. Jh.), Burgruine Prandegg OÖ

Restauriermörtel (1995), Burgruine Prandegg NÖ



Kalzitkristalle eines Luftkalkmörtels (REM-SE Aufnahme)

Hydraulische Kalke mit puzzolanischen Zusatzstoffen: Die römisch-antike Methode

Puzzolane (Pozzuloi, Ortschaft in der Nähe von Neapel) schon im Altertum bekannte Zusatzstoffe

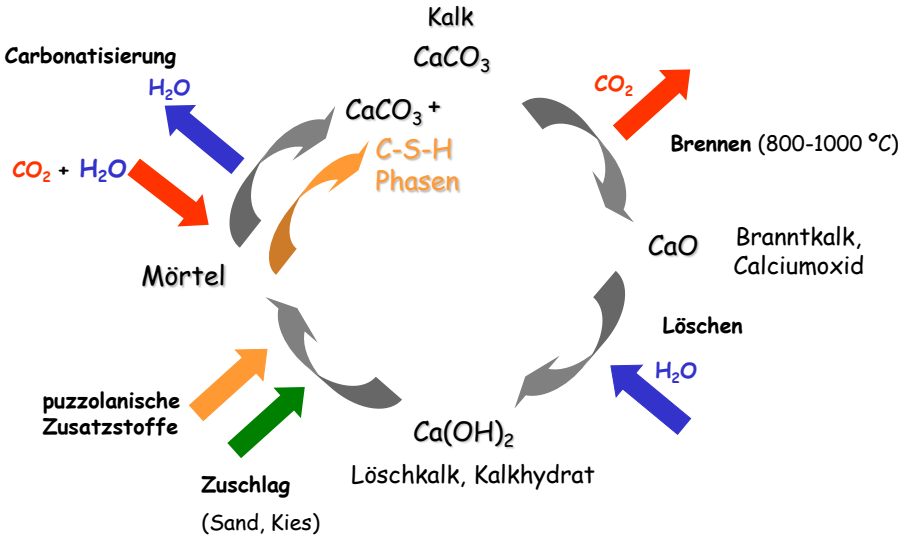
Künstliche oder natürliche Stoffe, die zumeist unter Hitzeeinwirkung entstanden sind und durch ihren Gehalt an reaktiven Kieselsäure (SiO_2) u/o. Aluminate (Tonerde, Al_2O_3) in Verbindung mit Löschkalk und Wasser bindefähig werden

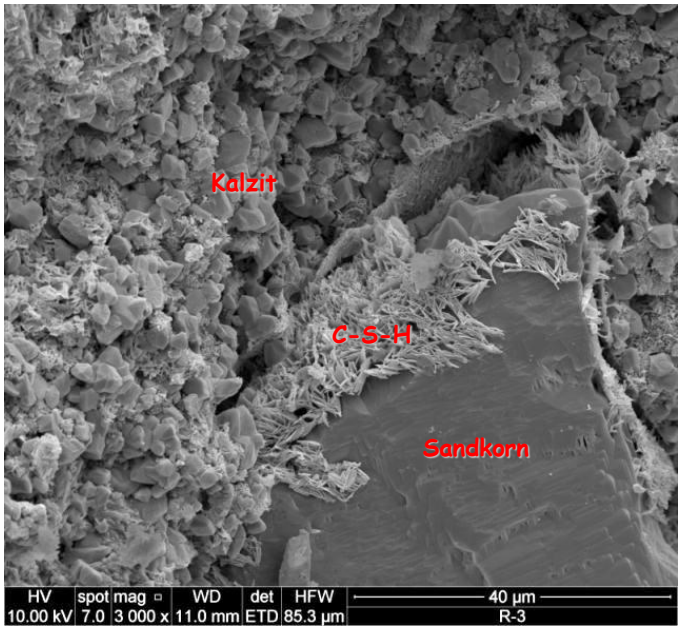
Natürliche ~: Tuffsteine (vulkanische Asche), rheinischer, steirischer Trass, etc.

Künstliche ~: Ziegelmehl, Flugasche, Silicastaub, etc.

Puzzolanische Kalke

Baukalke, die sowohl durch Aufnahme von CO_2 aus der Luft, als auch unter Wasser erhärten





Calzitkristalle und faserige CSH Phasen in einem historischen, hydraulischen Kalkmörtel (REM-SE Aufnahme)

Sorelzement – Magnesiazement

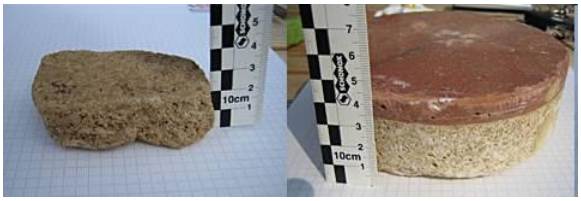
In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts vom Franzosen Stanislas Sorel entwickelter Säure-Base-Zement.

Säure: wässrige Magnesiumchloridlösung
Base: aus $MgCO_3$ gebrannter Magnesit (MgO)

Je nach Reaktivität des verwendeten Magnesiumoxids kommt es innerhalb von Minuten oder aber auch erst nach Stunden zu einem Erhärten des Gemisches:

$$5\ MgO + MgCl_2 + 13\ H_2O \rightarrow 5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$$

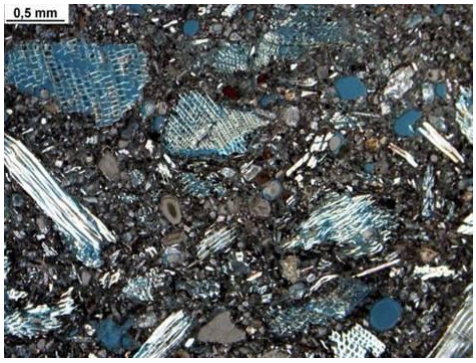
Verwendung: Industriefußböden (Estrich), Schleif- und Poliersteinen in der Marmorindustrie. Druckfestigkeit: 20-100 MPa!

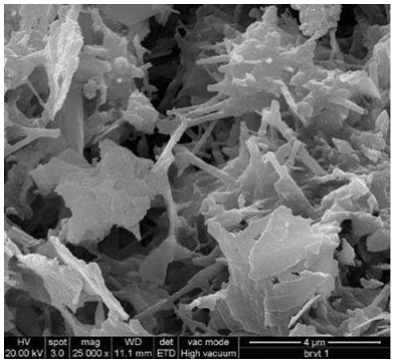


http://www.schoenox.de/

Vorteile: sehr schnelle Festigkeitsentwicklung, hohe Endfestigkeit, Zähigkeit
Nachteile: Auswaschbarkeit des Chlors (Mg-Salze) aus dem abgebundenen Bindemittel bei Wassereinwirkung, Quellung
Im deutschen Sprachraum: Magnesia- oder Magnesitbeläge. Vorteil: können vollkommen fugenlos verlegt werden
Steinholz / Xylolith: vor allem in der Nachkriegszeit im Wohnungsbau: Magnesitbinder/Sorelzement + erhebliche Mengen von Holzmehl (Sägemehl) als Füllstoff

Früher häufig in der Steinrestaurierung für Kittungen und Klebungen verwendet





Weber et al, 2010