

nicht hydraulisches Bindemittel Luftkalk

Normen: DIN 1060 Baukalk
 DIN EN 459 Baukalk

Potala-Palast in Lhasa

Wintersemester 2011/2012

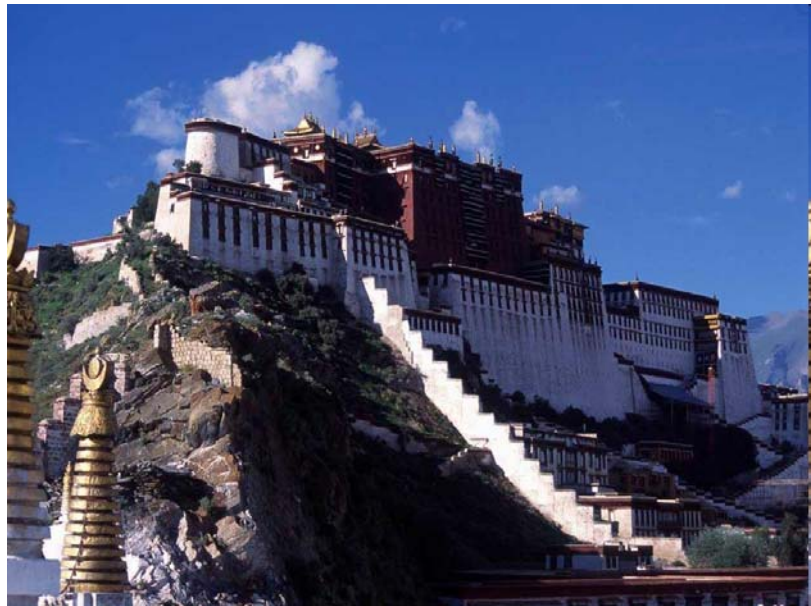


Baujahr: 637

Grundfläche: 350 x 300 Meter

13 Stockwerke

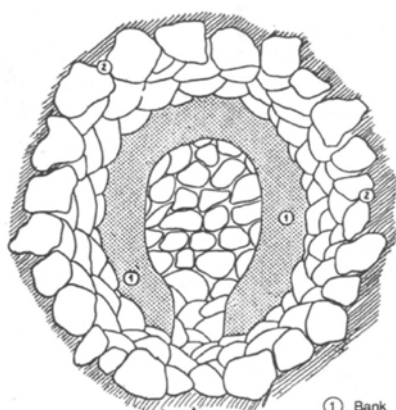
999 Räume



Kalkherstellung

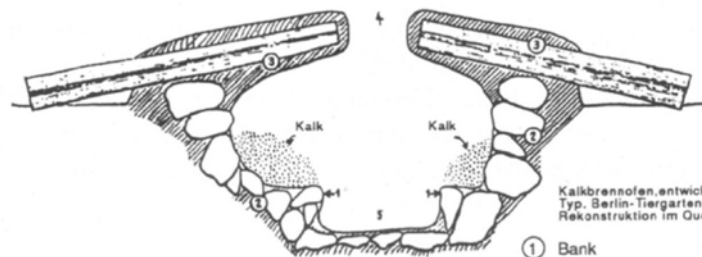
Wintersemester 2011/2012

Historischer Brennofen



- ① Bank
- ② Steinmantel
- ③ Loch für Beschickung

0 50 cm



- Kalkbrennofen, entwickelter
Typ, Berlin-Tiergarten,
Rekonstruktion im Querschnitt
- ① Bank
 - ② Steinmantel
 - ③ Decke aus Holz und Lehm
 - ④ Rauchabzug
 - ⑤ Feuerungsraum

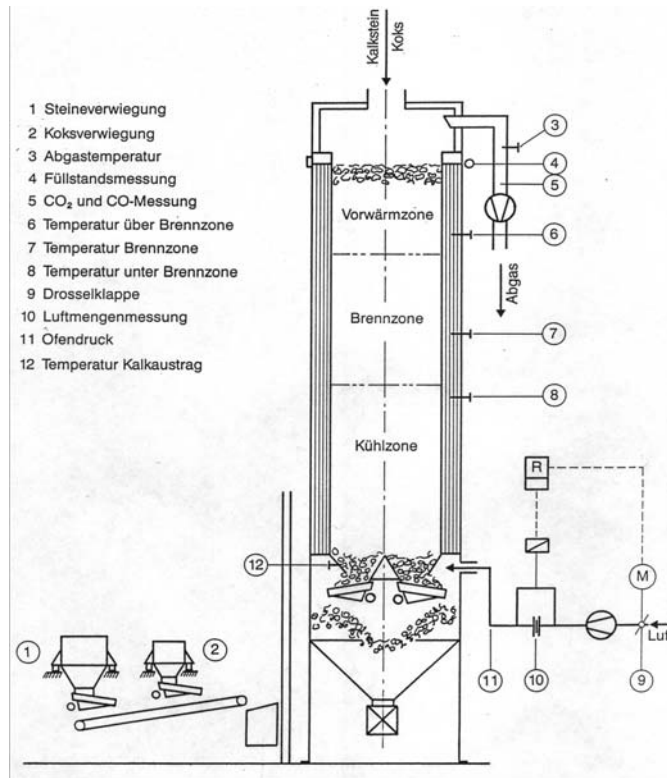
0 50 100 cm





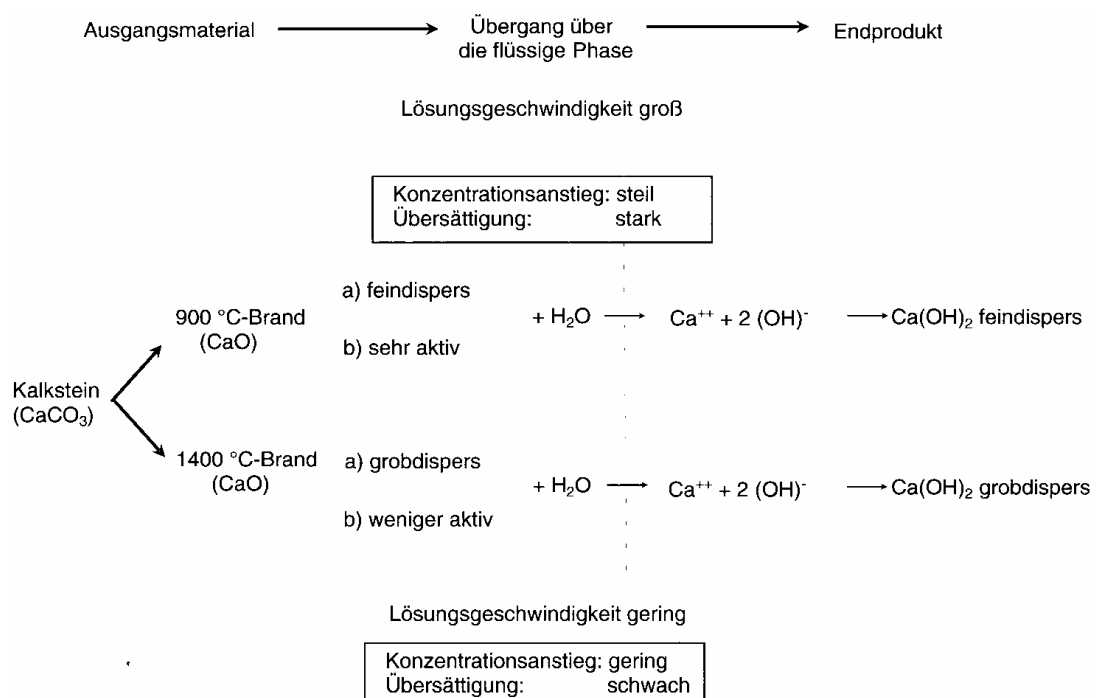


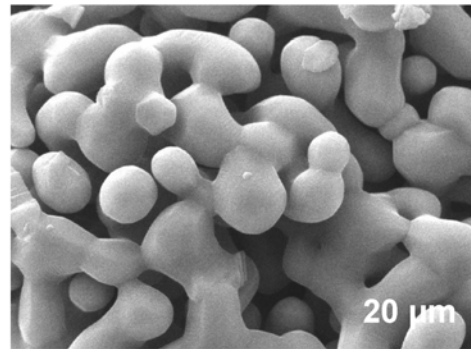
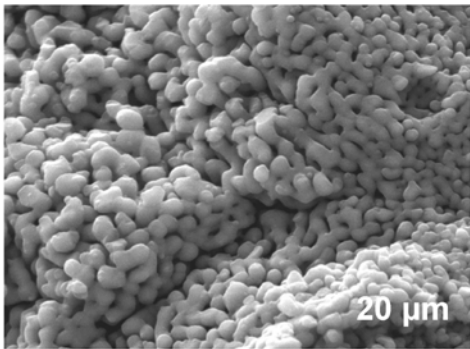
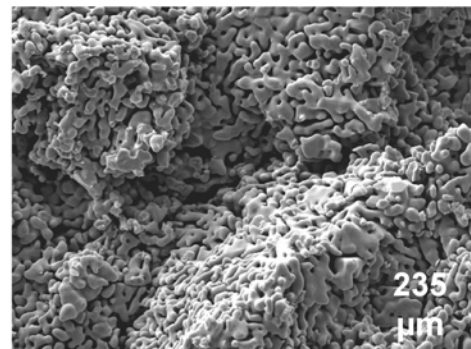
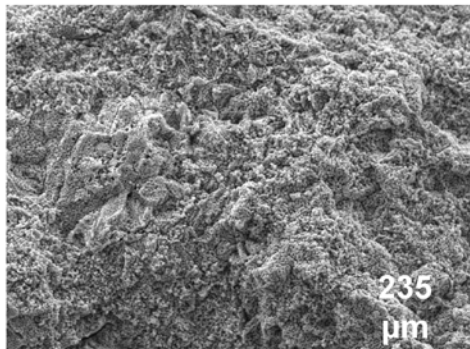
Schachtofen



Reaktionsablauf

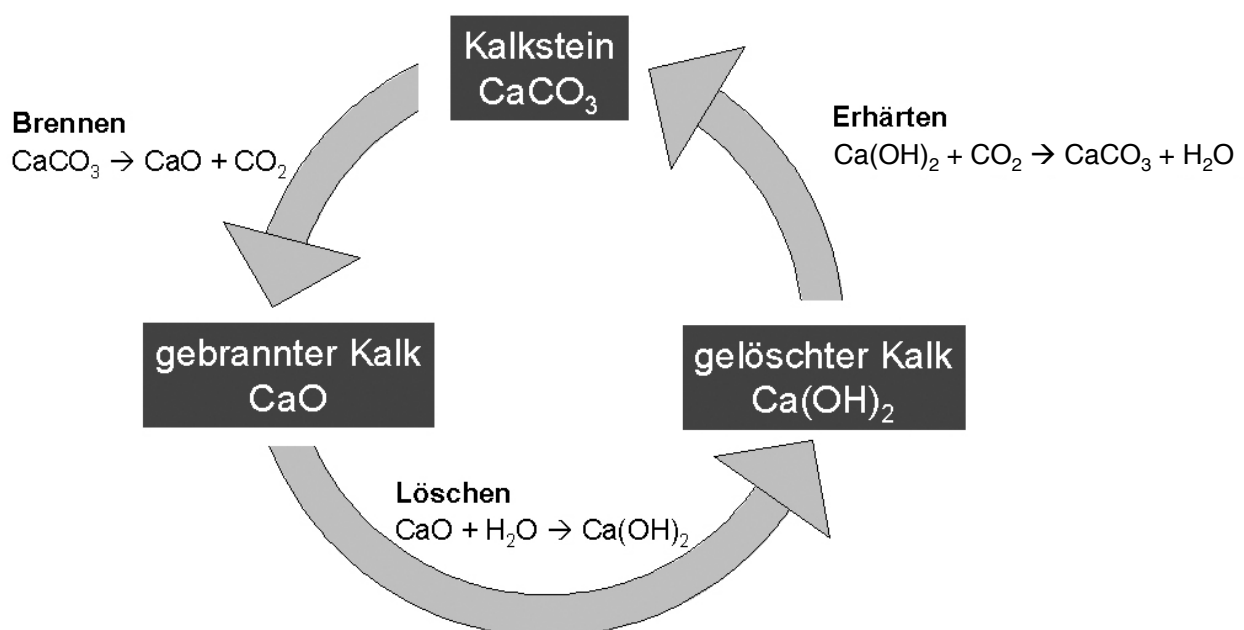
Kalkstein – Branntkalk - Kalkhydrat

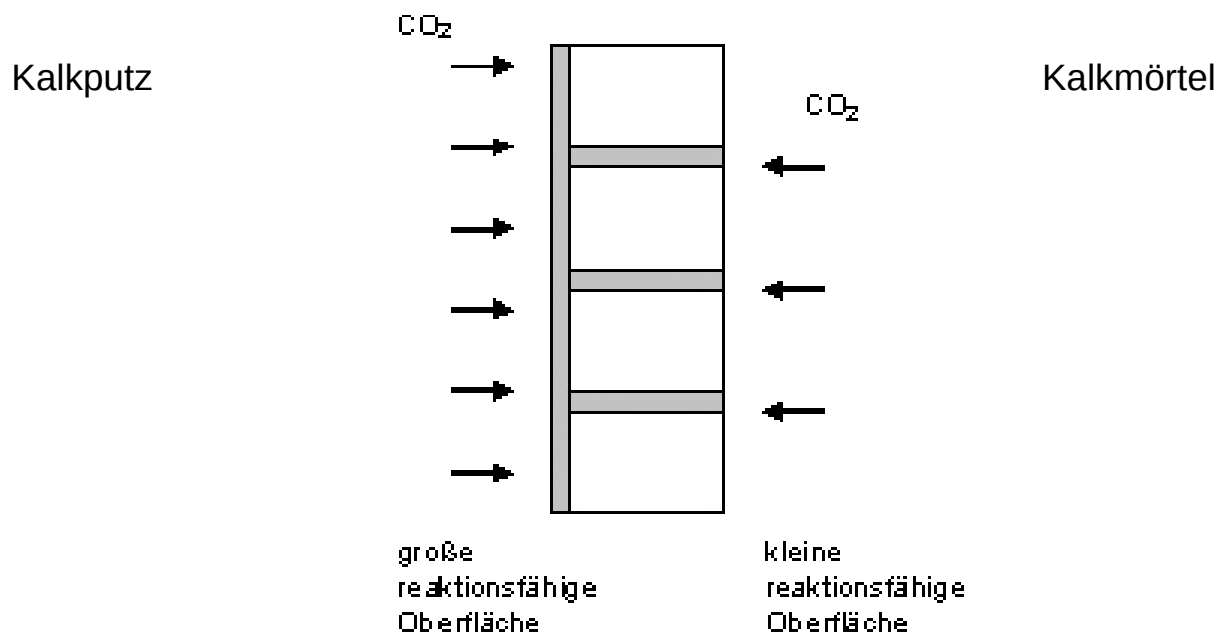




Weichbrand

Hartbrand





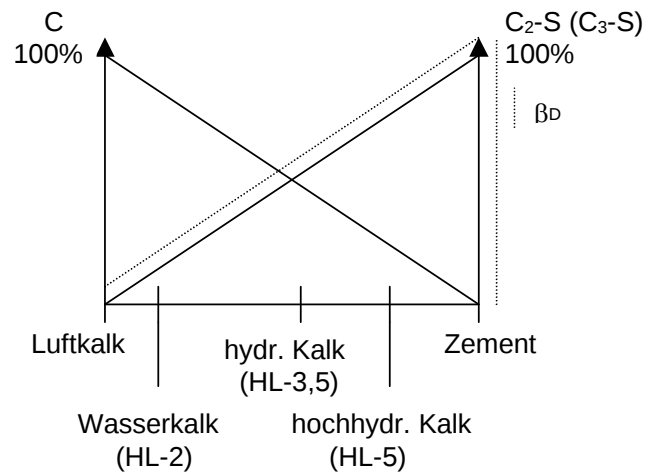
Hydraulischer Kalk

Normen: DIN 1060 Baukalk
 DIN EN 459 Baukalk

Herstellung erfolgt prinzipiell wie bei Luftkalk

Ausgangsstoffe: Kalkstein CaCO_3 (C)
Sand SiO_2 (S)

Beim Brand entsteht neben CaO auch eine weitere *hydraulische Phase* → Dicalciumsilikat $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S)



Rohstoffe und Zusammensetzung

Bindemittel	Rohstoffe		Zusammensetzung		
	Kalkstein	Ton	CaO	C ₂ S (CaO·2SiO ₂)	β _D [N/mm ²]
Luftkalk	100%	-	X	-	<2
HL 2	≈ 90%	≈ 10%	X	X	2 - 7
HL 3,5	≈ 80%	≈ 20%	X	X	3,5 - 10
HL 5	≈ 70%	≈ 30%	X	X	5 - 15

Schematische Übersicht der Kalk-Ton-Gesteine und ihrer industriellen Verwendung

95		85		75		65% Kalk		35		25		15		5	
Hochprozentiger Kalkstein	Mergeliger Kalk	Mergelkalk	Kalkmergel	Mergel	Tonmergel	Mergelton	Mergeliger Ton	Hochprozentiger Ton (Kaolin)							
5		15		25		35		65		75		85		95	
% "Ton" (= Nichtcarbonat)															
10		25		30		40		75		90					
Weißkalk	Wasserkalk	Zementkalk	Romankalk	Portlandzement				Ziegelton	Feuerfester Ton						
90		75		70		60		% CaCO ₃		25		10			

Bezeichnung Kalke

Gruppen der Kalkarten	Ungelöscht (Vor der Verarbeitung nach den Vorschriften des Lieferwerkes zu löschen)		Gelöscht (Ohne Löschen nach den Vorschriften des Lieferwerkes zu verarbeiten)	
	ungemahlen stückig	pulverförmig	breiig, teigig	pulverförmig
Luftkalke	Weißstückkalk — —	Weißfeinkalk — Dolomitfeinkalk	Weißkalkteig Carbidkalkteig —	Weißkalkhydrat Carbidkalkhydrat Dolomitkalkhydrat
Hydraulisch erhärtende Kalke	— — —	Wasserfeinkalk — —	— — —	Wasserkalkhydrat Hydraulischer Kalk Hochhydraul. Kalk

DIN 1060 (alt)	DIN 1060 (neu)	
Weißfeinkalk		
Weißstückkalk	Weißkalk 90	CL 90
Weißkalkhydrat		
Weißkalkteig		
Carbidkalkteig	Weißkalk 80	CL 80
Carbidkalkhydrat		
Wasserfeinkalk	Weißkalk 70	CL 70
Wasserkalkhydrat		
Dolomitfeinkalk	Dolomitmalk 85	DL 85
Dolomitmalkhydrat		
	Dolomitmalk 80	DL 80
Hydraulischer Kalk	Hydraulischer Kalk 2	HL 2
Hochhydraulischer	Hydraulischer Kalk 3,5	HL 3,5
Kalk	Hydraulischer Kalk 5	HL 5

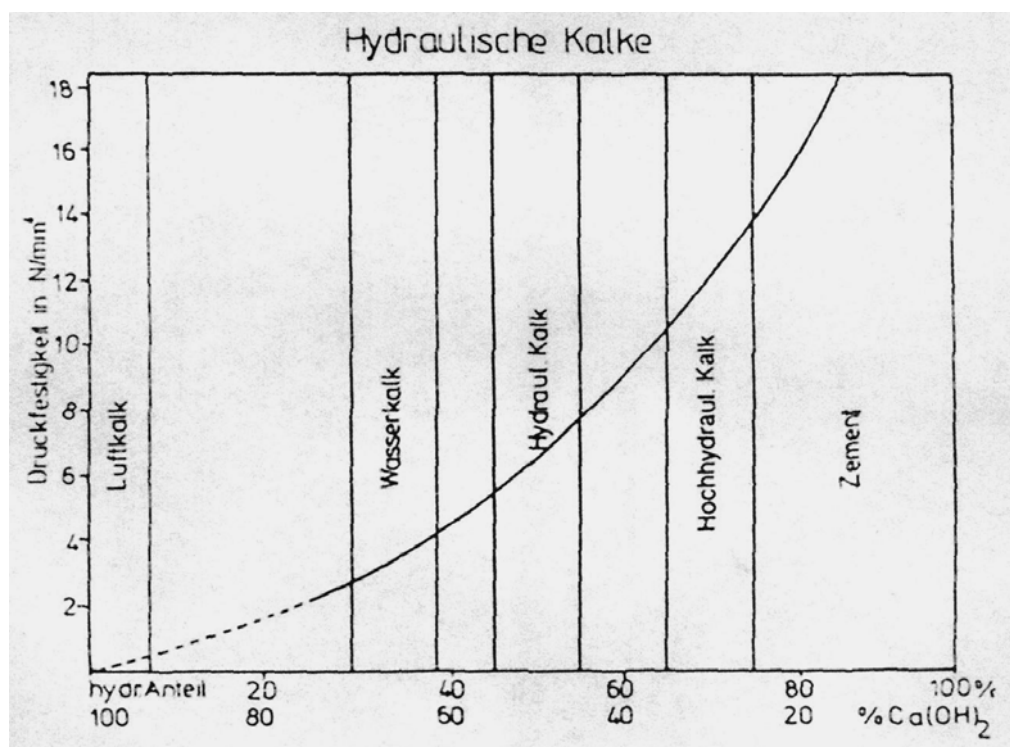
Benennung	Kurzzeichen
1 Weißkalk 90	CL 90
2 Weißkalk 80	CL 80
3 Weißkalk 70	CL 70
4 Dolomitmalk 85	DL 85
5 Dolomitmalk 80	DL 80
6 Hydraulischer Kalk 2	HL 2
7 Hydraulischer Kalk 3,5	HL 3,5
8 Hydraulischer Kalk 5	HL 5

Baukalkart	CaO + MgO	MgO	CO ₂	SO ₃	freier Kalk
CL 90	≥ 90	≤ 5 ²⁾	≤ 4	≤ 2	-
CL 80	≥ 80	≤ 5 ²⁾	≤ 7	≤ 2	-
CL 70	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2	-
HL 2	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 8
HL 3,5	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 6
HL 5	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 3
NHL 2	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 15
NHL 3,5	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 9
NHL 5	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 3
DL 85	≥ 85	≥ 30	≤ 7	≤ 2	-
DL 80	≥ 80	≥ 5	≤ 7	≤ 2	-

- 1) SO₃-Anteil höher als 3% und bis zu 7% ist zulässig, wenn die Raumbeständigkeit nach 28 Tagen Wasserlagerung nachgewiesen wurde.
- 2) MgO-Anteil bis 7% ist zulässig, sofern die Prüfung der Raumbeständigkeit nach EN 459-2 bestanden wurde.

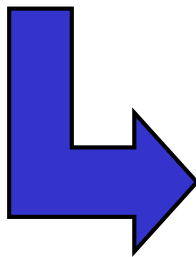
Druckfestigkeiten verschiedener Kalke

Wintersemester 2011/2012



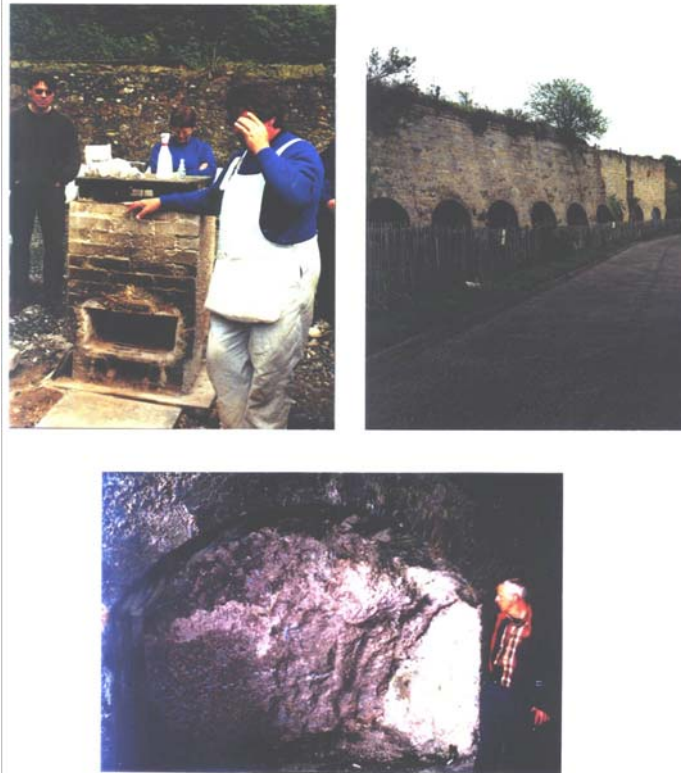
Unter Berücksichtigung von:

- Erhaltungszustand
- Erhaltungswürdigkeit
- Nutzungsmöglichkeiten
- Kosten der Sanierungsmaßnahmen



Denkmalpflege und Kosten

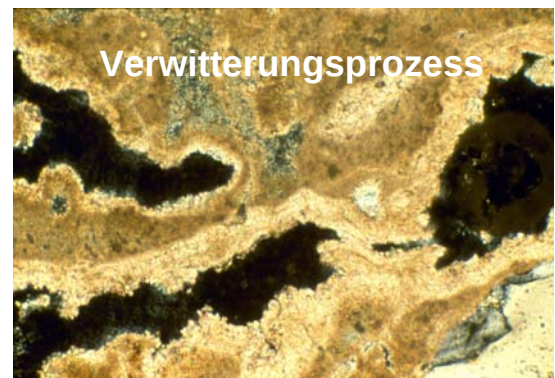






Kalkmörtel: mikroskopische Ergebnisse

Wintersemester 2011/2012



Die **Mörtelgruppe I** umfaßt die Mörtel auf der Basis von Luftkalk und Hydraulischem Kalk ohne Zementzusatz. Dementsprechend sind keine Festigkeiten gefordert.

Die Mörtel der **Mörtelgruppe II** enthalten hydraulische Kalke mit höheren Hydrauleanteilen (HL5) oder Gemische aus Kalk und Zement als Bindemittel, wobei der Kalkanteil (in Raumanteilen) den Zementanteilen überwiegt.

Mörtelgruppe II und **Ila** unterscheiden sich im Zementanteil (**MG Ila** enthält mehr Zement) und damit auch in der Festigkeit.

Mörtelgruppe III und auch **Illa** basieren auf Zement als Bindemittel, wobei die höheren Festigkeiten der **MG Illa** vorzugsweise durch Auswahl geeigneter Sande erreicht werden soll.

Mörtelgruppe I : keine Festigkeitsanforderungen; nicht geeignet für:

- Gewölbe
- bewehrtes Mauerwerk
- Kellermauerwerk
- Mauerwerk mit >240 mm Dicke bzw. > 2 Vollgeschosse,
- für Außenschalen zweischaliger Mauerwerke,

Mörtelgruppe II :

- Druckfestigkeit nach 28 d $\geq 2,5 \text{ N/mm}^2$,
- Mindesthaftscherfestigkeit von $0,1 \text{ N/mm}^2$,

Mörtelgruppe Ila :

- Druckfestigkeit nach 28 d $\geq 5 \text{ N/mm}^2$,
- Mindesthaftscherfestigkeit von $0,2 \text{ N/mm}^2$,

Mörtelgruppe III :

- Druckfestigkeit nach 28 d $\geq 10 \text{ N/mm}^2$,
- Mindesthaftscherfestigkeit von $0,25 \text{ N/mm}^2$

Mischungsverhältnisse in Raumteilen für Normalmörtel nach DIN 1053

Mörtel- gruppe	Luftkalk		Hydr. Kalk (HL2)	Hydr. Kalk (HL5), Putz-, Mauerbinder (MC5)	Zement	Sand aus natürl. Gestein
	Kalkteig	Kalkhydrat				
I	1	–	–	–	–	4
	–	1	–	–	–	3
	–	–	1	–	–	3
	–	–	–	1	–	4,5
II	1,5	–	–	–	1	8
	–	2	–	–	1	8
	–	–	2	–	1	8
	–	–	–	1	–	3
IIa	–	1	–	–	1	6
	–	–	–	2	1	8
III	–	–	–	–	1	4
IIIa	–	–	–	–	1	4

Putzmörtel

Mischungsverhältnisse in Raumteilen für Putzmörtel nach DIN 18550

Mörtel- gruppe	Mörtelart	Luftkalk Wasserkalk		Hydr. Kalk	Hoch hydr. Kalk	Putz-, Mauer- binder	Zement	Baugipse Stuck-, Putzgips	Anhydrit- binder	Sand
		Teig	KH							
P I	a Luftkalkmörtel	1	1							3,5 – 4,5
	b Wasserkalkmörtel	1	1							3 – 4
	c Mörtel mit hydr. Kalk			1						3,5 – 4,5
P II	a Mörtel mit Hochhydr. Kalk oder Mörtel mit Putz- u. Mauerbinder					1 oder 1				3 – 4
	b Kalkzementmörtel	1,5 oder 2					1			9 – 11
P III	a Zementmörtel mit Kalkhydrat		< 0,5				2			6 – 8
	b Zementmörtel						1			3 – 4
P IV	a Gipsmörtel							1		–
	b Gipssandmörtel							1 oder 1		1 – 3
	c Gipskalkmörtel	1 oder 1						0,5-1 oder 1-2		3 – 4
	d Kalkgipsmörtel	1 oder 1						0,1-0,2 o. 0,2-0,5		3 – 4
P V	a Anhydritmörtel								1	≤ 2,5
	b Anhydritkalkmörtel	1 oder 1,5							3	12

Ausgewählte mechanische Kennwerte von Putzen

	Druckfestigkeit	Zugfestigkeit	E-Modul	Temperaturdehnzahl	Schwindmaß	Rißsicherheitskennwert K_R *)	Längenänderung durch Wasseraufnahme (Quellen)
	in N/mm ²	in N/mm ²	in N/mm ²	in 1/K	ε_S in mm/m		ε_q in mm/m
Kalkputz P I	1,5	0,1	5000	$12 \cdot 10^{-6}$	-0,8	$\approx 0,02$	0,4
Kalkzementputz P II	4	0,3	6000	$12 \cdot 10^{-6}$	-0,8	$\approx 0,04$	0,3
Zementputz P III	15	1,5	15000	$10 \cdot 10^{-6}$	-0,7	$\approx 0,10$	0,2
Gipsputz P IV	3	0,3	5000	$12 \cdot 10^{-6}$	+1,0	-	-

*) Rißsicherheitskennwert: $K_R = \frac{\beta_Z}{E_Z \cdot (\varepsilon_S + \varepsilon_T) \cdot \psi}$

mit

β_Z Zugfestigkeit

ψ Relaxationszahl (ist grundsätzlich < 1)

E_Z E-Modul bei Zugbeanspruchung

ε_S Schwindmaß

ε_T Längenänderung durch Temperatureinfluß