



Hot lime mortars in praxis - Experience reports from a craftsman's point of view

lecturer : Alexander Fenzke, restaurátor zedník

Lime workshop Fakulta restaurování

event location: Slavonice/cz

16.05.2019

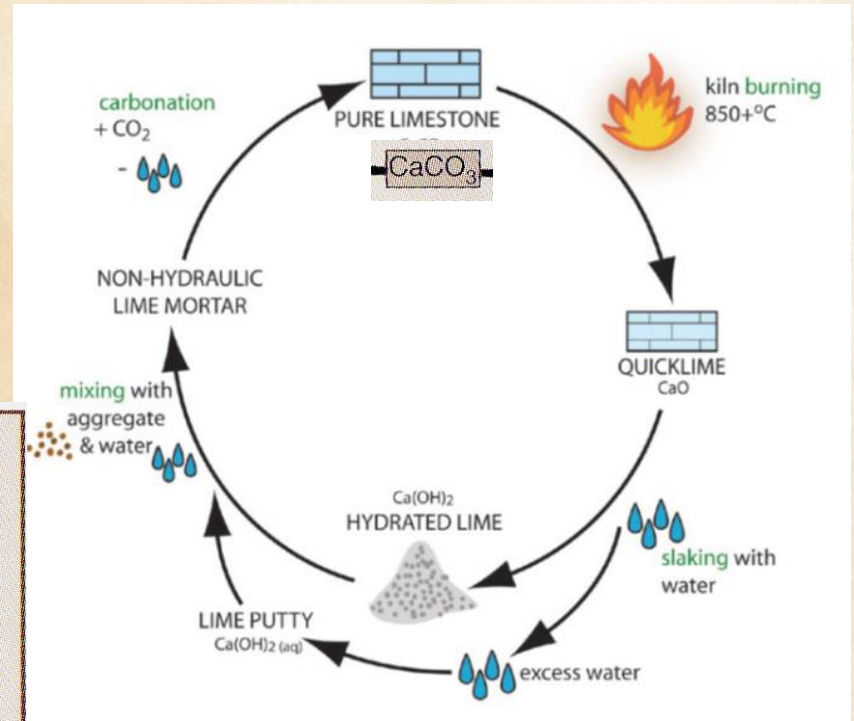
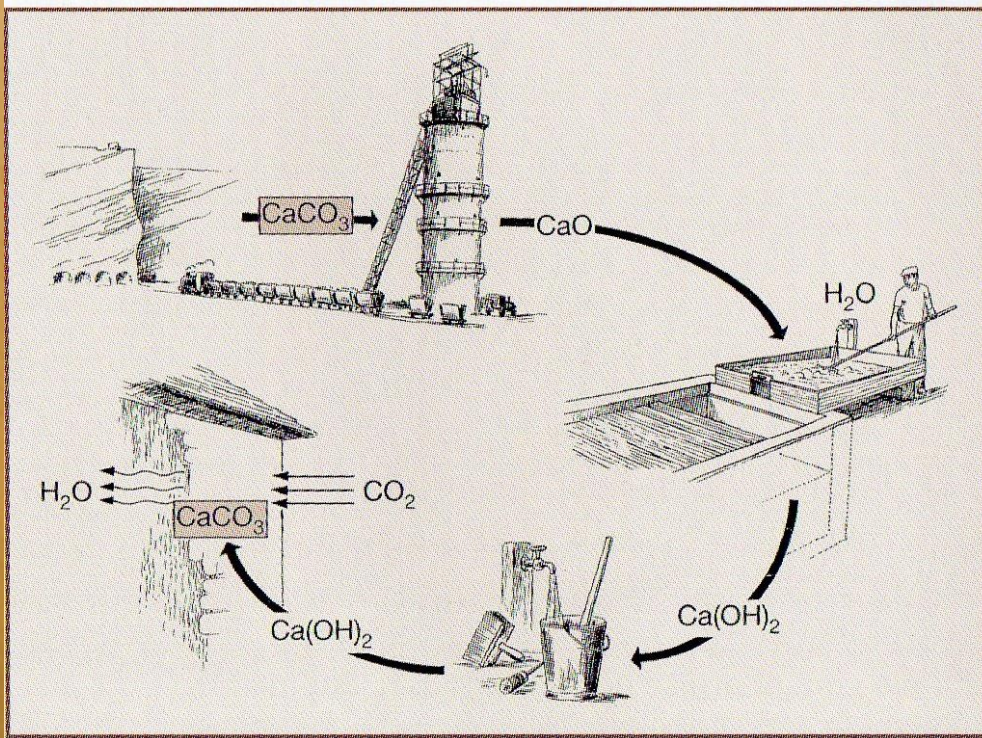
Introduction of the speaker:

Alexander Fenzke, from Bad Marienberg/ Germany, born 1973

- Mastermason and restaurator (Hlavní zedník a restaurátor zedník)
- one-man company, self-employed since 2004, working on sites since 1989
- *today:* mainly working on monument construction sites
- Specialized in "unconventional" construction site mortars made of lime and clay according to traditional methods of production and processing to hist. Objects
- Knowledge transfer from experience in further education and workshops
- Advice and support in the development of concepts and solutions for monument preservation

basics: the lime cycle

Pic.:Schönburg; lime circle



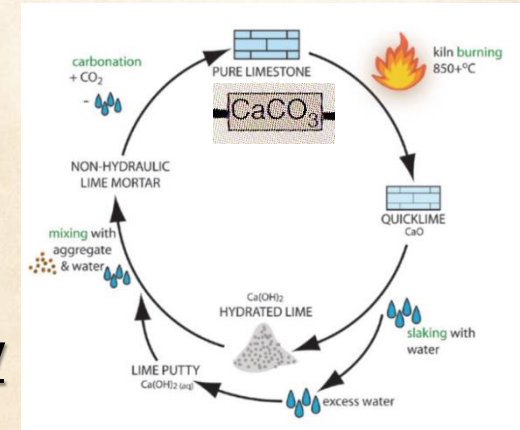
Pic: from Information for historic Building owners – Hot Lime Mortars, Historic Environment Scotland - Àrainneachd Eachdraidheil Alba, 2016 (Seite 2 Fig.1)

Caution!

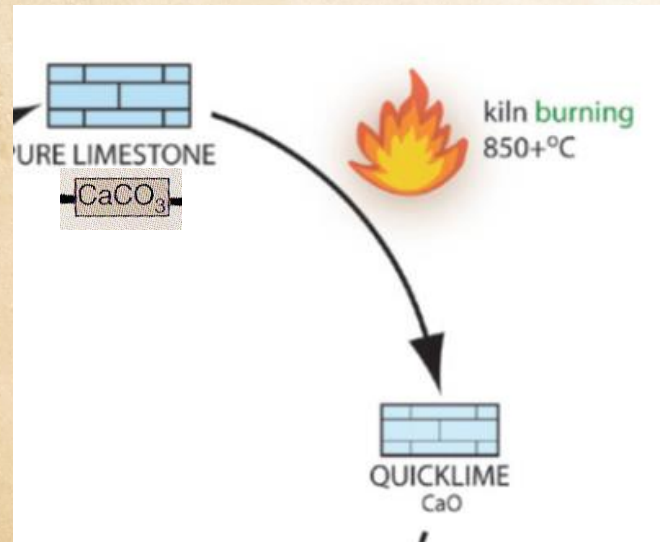
Security first!!!

Burnt lime (calcium oxide) is a very strongly alkaline substance, slaked lime (calcium hydroxide) also strongly corrosive:

- contact with the eyes can lead to blindness,
 - inhalation of lime hydrate dusts to respiratory problems,
 - and even unprotected skin is attacked.
 - Only the hardened lime, like limestone, is harmless in this respect.
- (hazard category)



basics: Quicklime

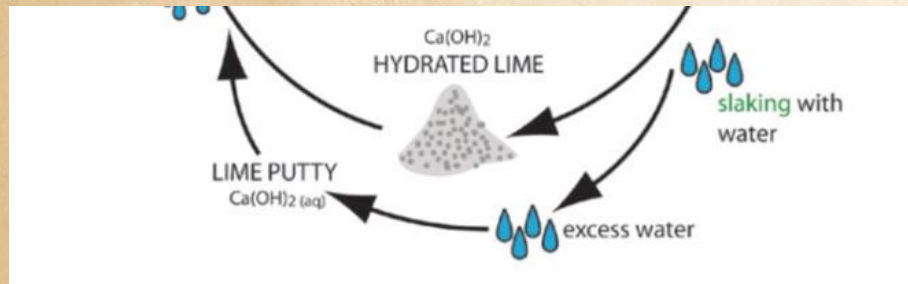


- Raw/ burned limestone is available as *lump quicklime* and as *powdered quicklime*.



basics:

working quicklime



- reacts exothermically /generating heat with water (termed ‘slaking’) to produce lime = calcium hydroxide



- can be slaked with an excess of water to produce a *lime putty* (then ca. 1 : 3 parts of water),

or

- by controlled addition of water (damp) to produce a *dry hydrate powder* (1 : 0,5 to 0,7 parts of volume).

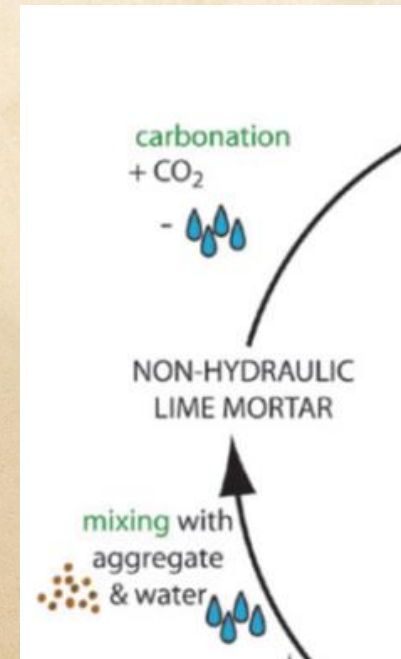


basics:

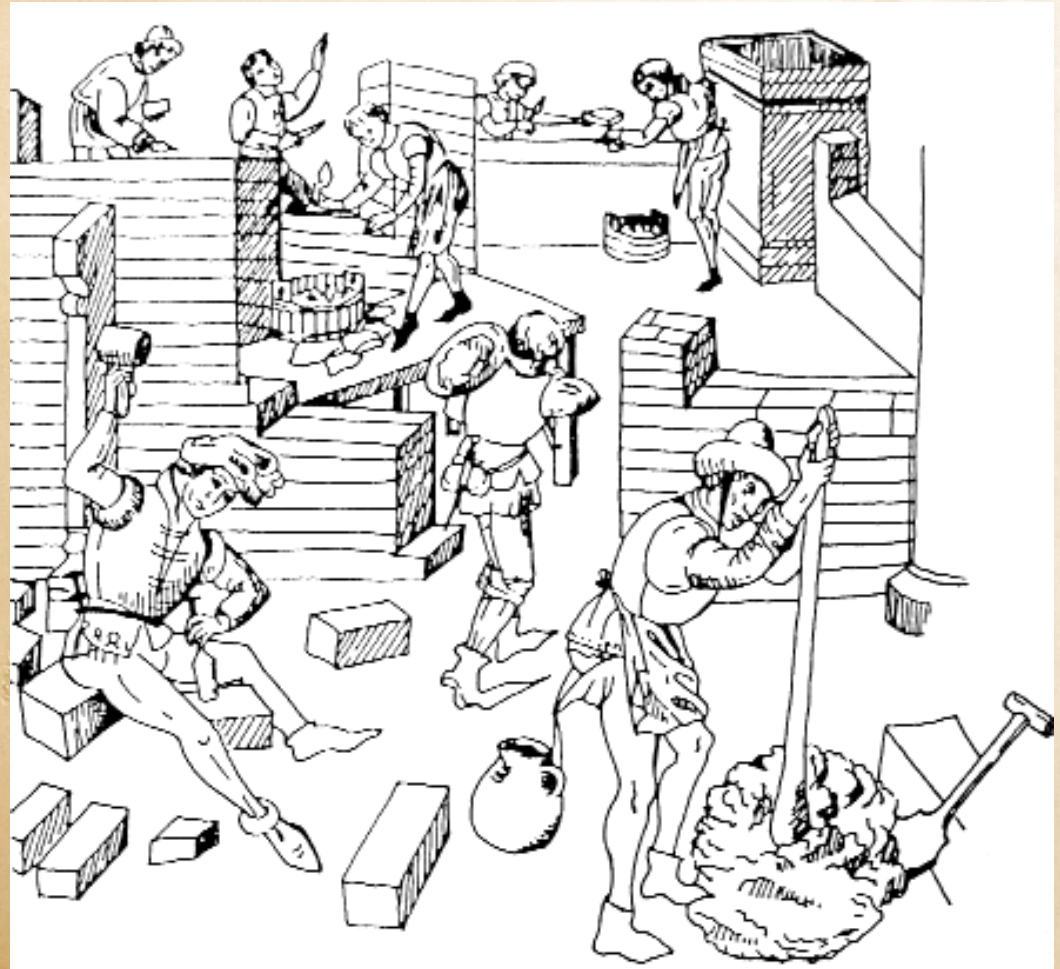
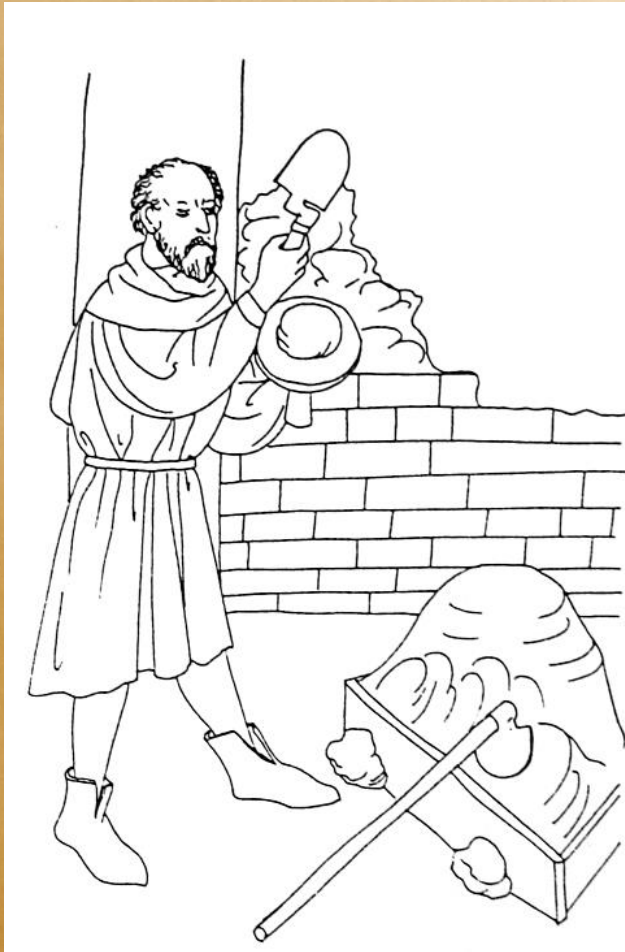
Lime made from pure quicklime (CaO -CL90) is non-hydraulic, known as an 'air' lime.

It hardens purely through a process of carbonation (reacting with carbon dioxide in the air) which needs a long time.

normally...



Historical sources of lime mortars - Pictorial material



Historical sources of lime mortars - Pictorial material

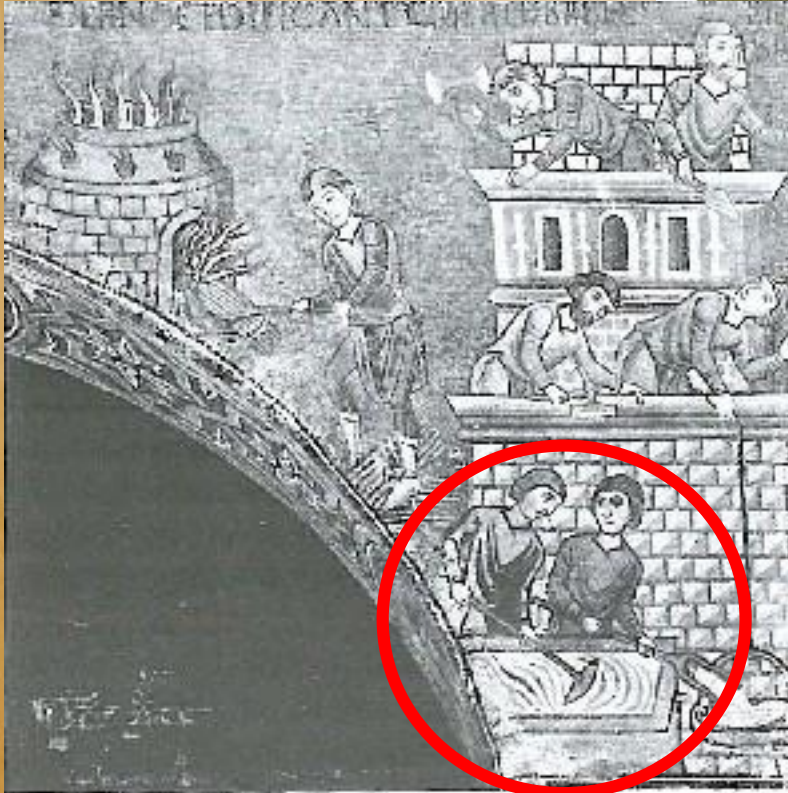
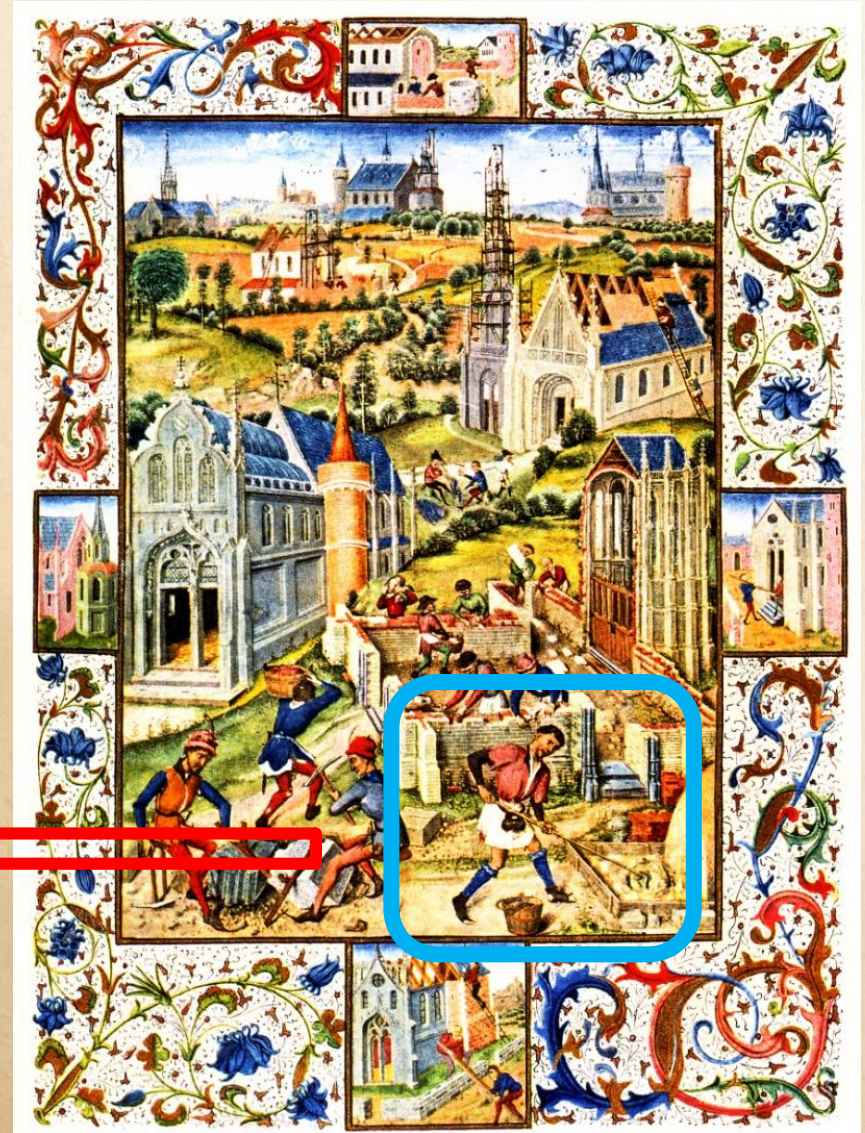


Abb 1: Trockenlöschern und Heißkalkverarbeitung: Il Sodoma (eigentl. Giovanni Antonio Bazzi), Fresken im Kloster Monte Oliveto Maggiore, um 1505, Siena

Historical sources of lime mortars - Pictorial material



dry - slaking lime in sand-bed – practicals today



a process of carbonation – but not just...



dry - slaked or sand-slaked mortars *(are also known or named as „hot-lime“ mortars)*



Lump quicklime is added to sand and water in the specified proportions and have to be later thoroughly mixed.

Care needs to be taken to ensure that sufficient / enough water is used, as the quicklime rapidly takes up the water and the mix can overheat (temperatures from 450 °C can normally happen).

Conversely, too much water reduces the heat of the reaction and can lead to the mortar being over-wetted, or ‘drowned’.

When the quicklime has largely slaked, but is still warm (or ‘hot’) and well mixed, the mortar can be used on site.

dry - slaked mortars

Those mortars are typically used for bricklaying/ masonry works.

We don't use them for plaster works because of the danger of damages in plaster later/ after hardening.

It's because of the small lime-lumps inside, who didn't get enough water/ time to be slaked when fresh-worked. These little corns of lime are still CaO, and if they will get moisture later, they will grow up inside the hardened mortar and crack it!

But if the lime gets his time to be slaked well (we wait up to one week), these are one of the best plaster-mortars I know!

dry - slaked mortars vs. hot lime

However, these mortars cannot achieve the properties of my *hot lime technique-mortars*, both in the application and in the result basic differences can be determined here.

The areas of application for mortars produced dry slaked with lump quicklime also differ greatly from those of *hot lime technique*, made with powder.

but: a combination of both techniques can be a solution for special tasks.

praxis: hot lime technique supports dry-slaked mortars



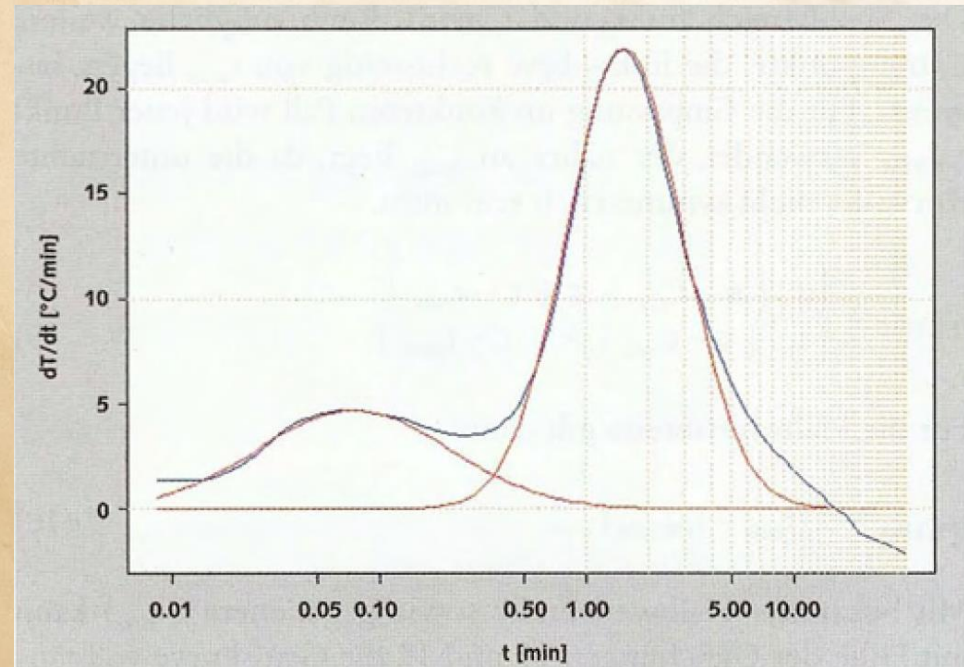
- heavy nature-stones normally „sweat“ water out of the joints while laying.
- hot or warm used, dry-slaked mortars can reduce water in mortars compared to lime-putty-mortars, so faster bricklaying is possible.
- And these bad, little free CaO-lumps are no problem at all for these heavy stones... quite the opposite: they help setting faster and compress the mortar between the stones

praxis: hot lime technique support dry-slaked mortars





FROM WARM TO HOT



definition of the hot lime mortars

Building limes are currently defined by European Standards, however there is no standard definition of a 'hot-lime mortar' and opinions differ on the precise usage of the term.

(Is it the mortar himself or the processing of these or the use?)

But the differences of the various mortars are too big to describe them all by the same term.

Terminology can be confusing, but it is important to understand the products and the processing available, also for scientific works.

definition of hot lime mortars

it was also difficult in science to distinguish the mortars on the basis of their designations (necessary during the examination)

in order to adapt the *working process* to the designation, Thomas Köberle of Technical University of Dresden, therefore created a new designation for these mortars during his investigation:

HAM - hot applied mortars

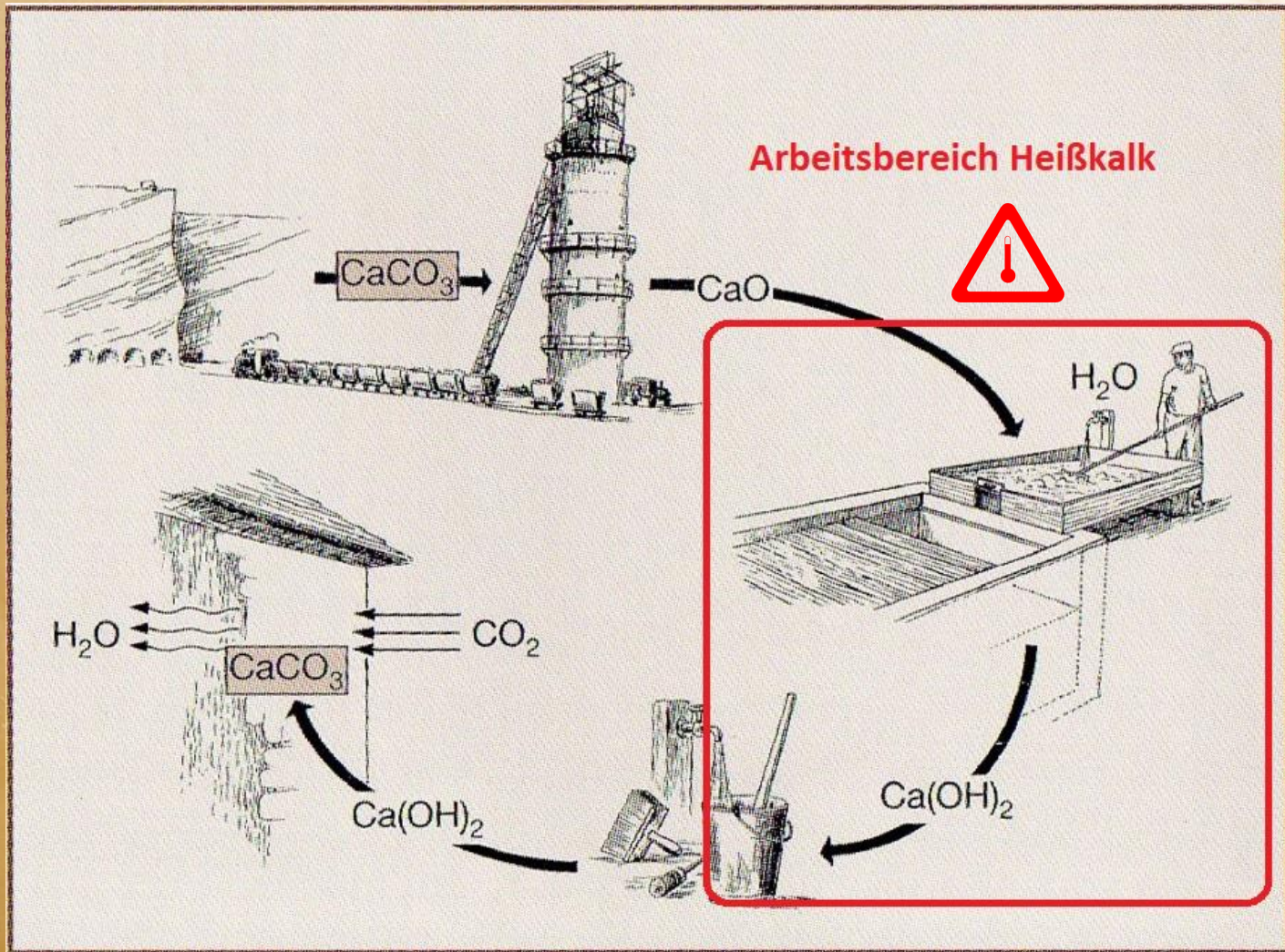
definition of hot lime mortars

For the purposes of *my* definition, ‘hot-lime mortars’ are defined as mortars prepared on building site by:

fresh mixing (mostly powdered) quicklime
with aggregate and water and use them directly!

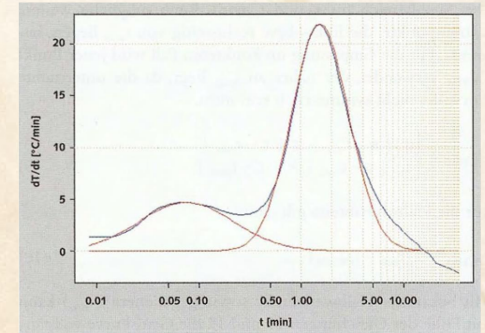
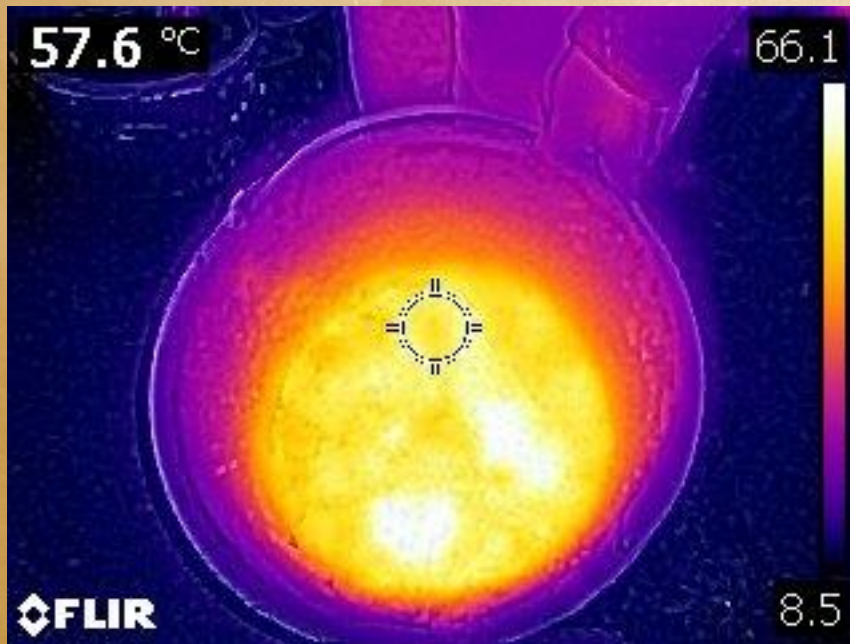
and because HAM describes very well what I do, I will use hereafter the definition of these as hot applied mortars to end the term-confusion

HAM: my definition: work-zone of HAM



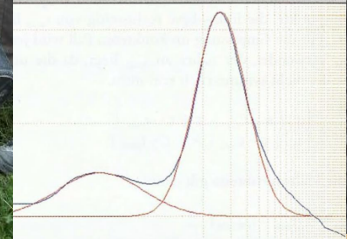
Once more: for your understanding

what I do is using mortars while slaking,
and finish work just before the top of heat is reached



my definition of HAM – hot applied mortars

mixing dry components - adding water - plaster - finished work



definition of HAM – hot applied mortars



**temperature of mortars between
40 and 80 °C ... while working !**

depending on

the quality and type of lime used

the quantity of mortar itself (10 or 80 litres),

the amount of water and water temperature

the speed/ duration of mixing itself

definition of HAM – hot applied mortars



Various factors and "adjusting wheels" allow a seamless transition between the warm mortars and (according to my definition) real "hot lime"- mortars/ HAM. The binder, the lime itself, is playing the main rule, but also the water.

definition of HAM – hot applied mortars



**And of course also the user (and the tools) himself,
because you can't be too slow while using HAM!**



Influence on properties and processing:

- 1) quality, sorte and age/ „freshness“ of the lime
- 2) mixing ratio (1 to 8 oder 1 to 5 oder 1 to 3 b/a -value)
- 3) mortar aggregate: hydraulic / latent / not hydraulic
- 4) amount of water (w/l-Wert), temperature of water
- 5) mortar aggregate (wet/dry)

Influence on properties and processing:

1) - quality, sorte and age/ „freshness“ of the lime

the fresher burned the lime is, the faster the lime „boils“, the reaktion of the lime himself is also depending

- **on his „cleanness“ (CL 90 or CL80);**
- **also the ingredients (pure CaO-lime or dolomitic lime CaO-MgO)**
- **and the art of producing the lime (soft- , middle or hardburned limestone).**

the reaction, temperature and also the speed of the mortars can be set upon this influences with choosing the right lime!

Sample: technical specification sheet of a sorte of quicklime



Weißfeinkalk CL 90-Q (R5, P1)

nach DIN EN 459 und DIN EN 12518

Kalke werden unterhalb der Sintergrenze weich gebrannt, anschließend fein gemahlen und gesichtet.

Anwendung: Bau, Industrie, Chemie, Umwelt

Normen: Weißfeinkalk nach DIN EN 459
Weißfeinkalk zur Wasseraufbereitung nach DIN EN 12518

Typanalyse:	CaO+MgO	93 %
	MgO	< 4 %
	CO ₂	3 %
	SiO ₂	2 %
	Fe ₂ O ₃	0,5 %
	Al ₂ O ₃	1 %
	SO ₃	0,4%

Gehalt an wasserlöslichem CaO nach DIN EN 12518	85 %
--	------

Physikalische Daten:	Schüttdichte	750-850 kg/m ³
	Siebanalyse (Rückstand) 0,09 mm Sieb	< 7 %
	Nasslöschkurve t ₆₀	< 3 min

(R5) fastest reactivity
(P1) finest partical

Soft burned (below sintering
limit), fine powderd quicklime

for Building, Industrial and
chemical use and environment

Minerals: typeanalyse in %

content of free CaO

bulk density

sieve analyse

wet fire curve /wet-slaking-curve

Influence on properties and processing:

2) - mixing ratio (1 to 8 parts or 1 to 5 or 1 to 3 b/a -value)

binder to aggregate/ sand

with the amount of binder in the mix the reaction and the result can be modified, more binder gets faster and harder mortars

Influence on properties and processing:

3) - mortar aggregate: hydraulic / latent / not hydraulic

Pozzolans are natural or man-made materials including brick sand or dust and pulverised vulcano ash (Santorin-earth, trass). Also pumice is a aggregate I use for that case. They make the HAM reacting faster and the finished mortars will be harder like pure (silica) sand-mixed mortars, even the romans used such mortars with hydraulics.

Also NHL can be used as hydraulic aggregate to modify the mortar (from *scottish lime center* called: gauged mixes).

no issue here for me are cement and HL – not for monument-work

Influence on properties and processing:

- 4) - amount of water (w/l-value), temperature of water and
- 5) - mortar aggregate (wet/dry)

These "adjusting wheels" are the easiest to check and to control during production. With the amount of water, depending on the inherent moisture of the aggregates, the fresh mortar can be well adjusted to the respective purpose and the processor. If a "standard mixture" sometimes does not work, the reason can be checked by increasing the w/l value. Mixes that are too slow can be "accelerated" by reducing the amount of water provided.

In principle, a value of 1.6 to 2,0 parts w/l can be used as a *guideline* for the first sample mixture. More water provides more time during processing, less accelerates the matter. The same is knowing by the temperature of water, cold=slow / warm=fast.

Also the aggregates are used can "control" time about their moisture.

start trying:

Sample recipe for approaching the mortar:

parts in volume units

1 part powdered lime CaO - CL 90 (fresh and clean)

5 parts washed sand (f.e. grain size 0-2mm)

1,8 – 2 parts of water (depends on aggregate-moisture)

as a plaster-sample-mix

start trying:

and the best thing about these mortars is:

you can't actually do anything wrong!

once a mixture has failed, it can be processed warm or later cold, just used like “normal” slaked lime mortars. But not for the same place/ reason like hot applied, use it on other site.

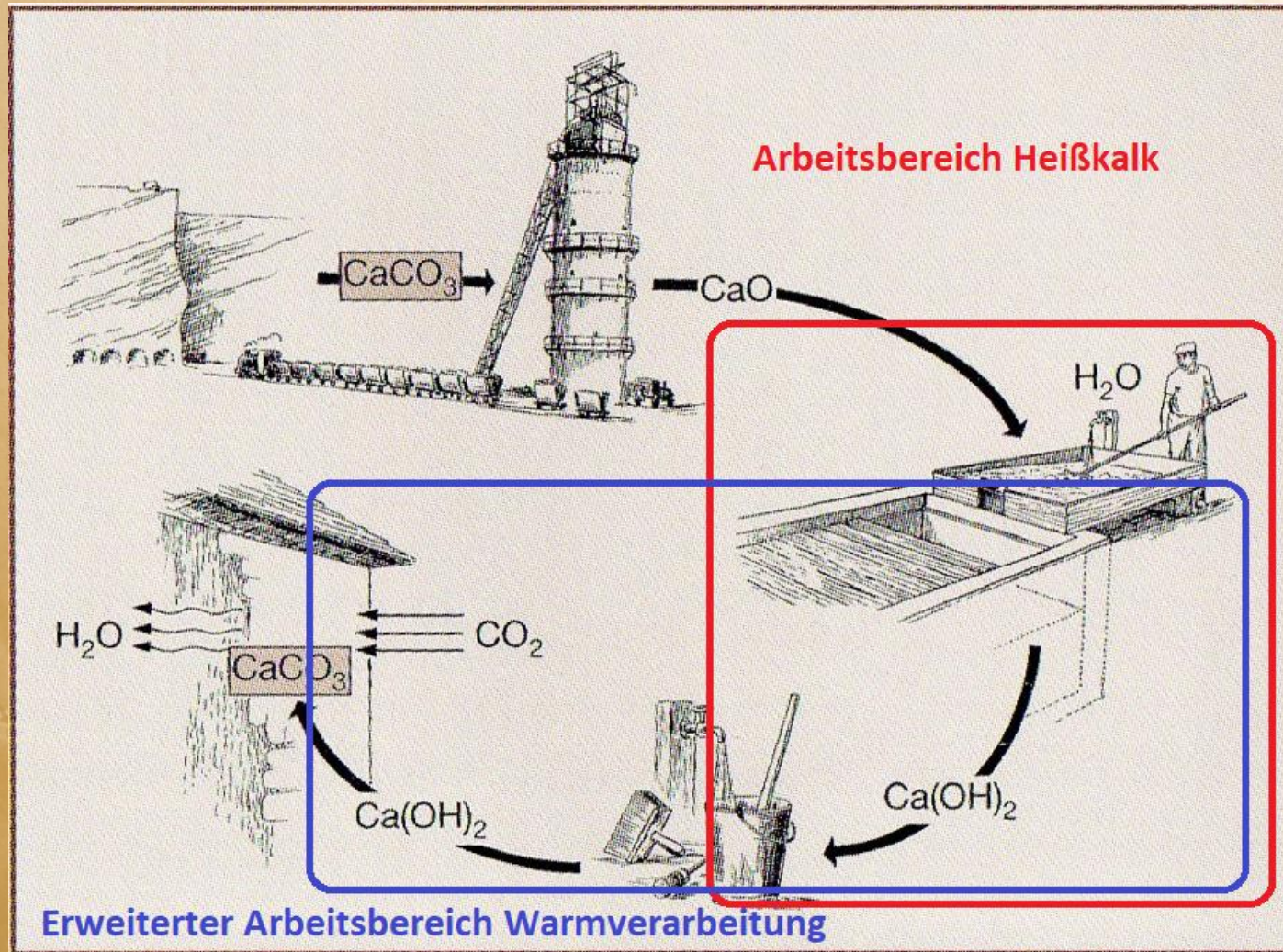
Add a little water, then it can go on for other uses!

Without producing waste, as it would be the case with all other mortars (gypsum/cement).

You even can store it (if there are no hydraulics inside), it´s air lime!

Is there any reason to try and use them not?

HAM: my definition workzone of HAM to warm



HAM: PRAXIS - SAMPLES

Hot lime mortar - application today

we use the technique and the several mortars for special work, mainly on old buildings/ monuments :

- Plaster mortar (spray plaster, thin layer plaster, etc.)
- bricklayer mortars - hot and warm used
- Special mortar such as hot lime screed for flooring
- filling mortars for joints and cracks
- Moisturizing plasters.

Even lime whitewash/paint, hot applied, has a great application potential!

but remember:

In order to avoid failures and embarrassing situations on construction sites, the application and use of such mortars and plasters requires a lot of practice, building material knowledge and trial work.

The following practical examples from my work show application areas and the broad spectrum of such mortars and should encourage you to work with this almost lost craft technique:

monument Sahmhaus, year of construction 1688

worked/ restored in 2005



monument Sahnhaus

worked/ restored in 2005

Details

HAM – concrete made hot with pumice (2-8mm)



monument Sahmhaus



Details

monument Sahmhaus



monument abbey Marienstadt – build 1735 to 1751
Restoration of the Mansard attic floor in the abbey : Inventory



monument abbey Marienstadt

Condition after clearing the attic and removing the loose plaster layers 2005



monument abbey Marienstadt

HAM : to secure window-bow



monument abbey Marienstadt

windows plastered in lime, walls in clay



monument abbey Marienstadt
finished work - spring 2006



monument „Alte Schule/ old school“,
build 1752 , restored 2006

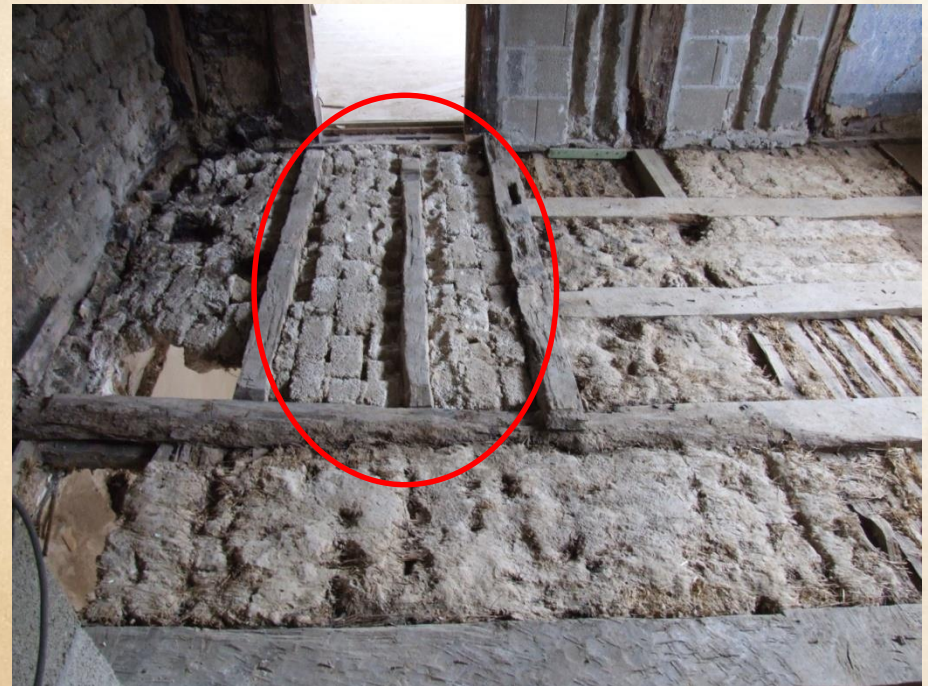
HAM-“concrete“ with coars pumice



monument „Alte Schule/ old school“
timber works and lime-plaster



Monument-ensemble farm St.Barbara built about 1700 restored 2007 - 2009



HAM- flooring in historical ceilings

Monument-ensemble farm St.Barbara restored 2007 - 2009

old stable:
deconstruction of „bad materials“ and
restore in lime-technique/ HAM



Monument-ensemble farm St.Barbara restored 2007 - 2009



Back side of the stable wall –
masonry work and joints

Monument-ensemble farm St.Barbara restored 2007 - 2009

Detail of joints in lime/ HAM



Monument-ensemble farm St.Barbara restored 2007 - 2009



living room finished: not bad for a salt-damaged stable wall!

1900 -cellar renovation Haus Waldeck, worked 2010

Inventory: Massive moisture damage, mould and salt efflorescence



cellar renovation Haus Waldeck, worked 2010

after deconstructing plaster



cellar renovation Haus Waldeck, worked 2010

... and removing joints up to 30mm deep



cellar renovation Haus Waldeck, worked 2010



first mix



cellar renovation Haus Waldeck, worked 2010

next mix: it´s getting hot in this little room!



cellar renovation Haus Waldeck, worked 2010

smoking walls!



cellar renovation Haus Waldeck, worked 2010

after one week: suction of the wall



and finished work



just for pro !

SPECIAL TASKS

Cathedral Magdeburg

2013 – workshop HAM for the cathedral building lodge



Abb. 11 Magdeburg, Dom, Ansicht von Westen

Cathedral Magdeburg

2013 – workshop HAM for the cathedral building lodge



School-seminar for restaurators, Herrstein vault, from 2009-2014



School-seminar for restaurators, Herrstein vault, from 2009-2014



School-seminar for restaurators, Herrstein vault, from 2009-2014



School-seminar for restaurators, Herrstein vault, from 2009-2014

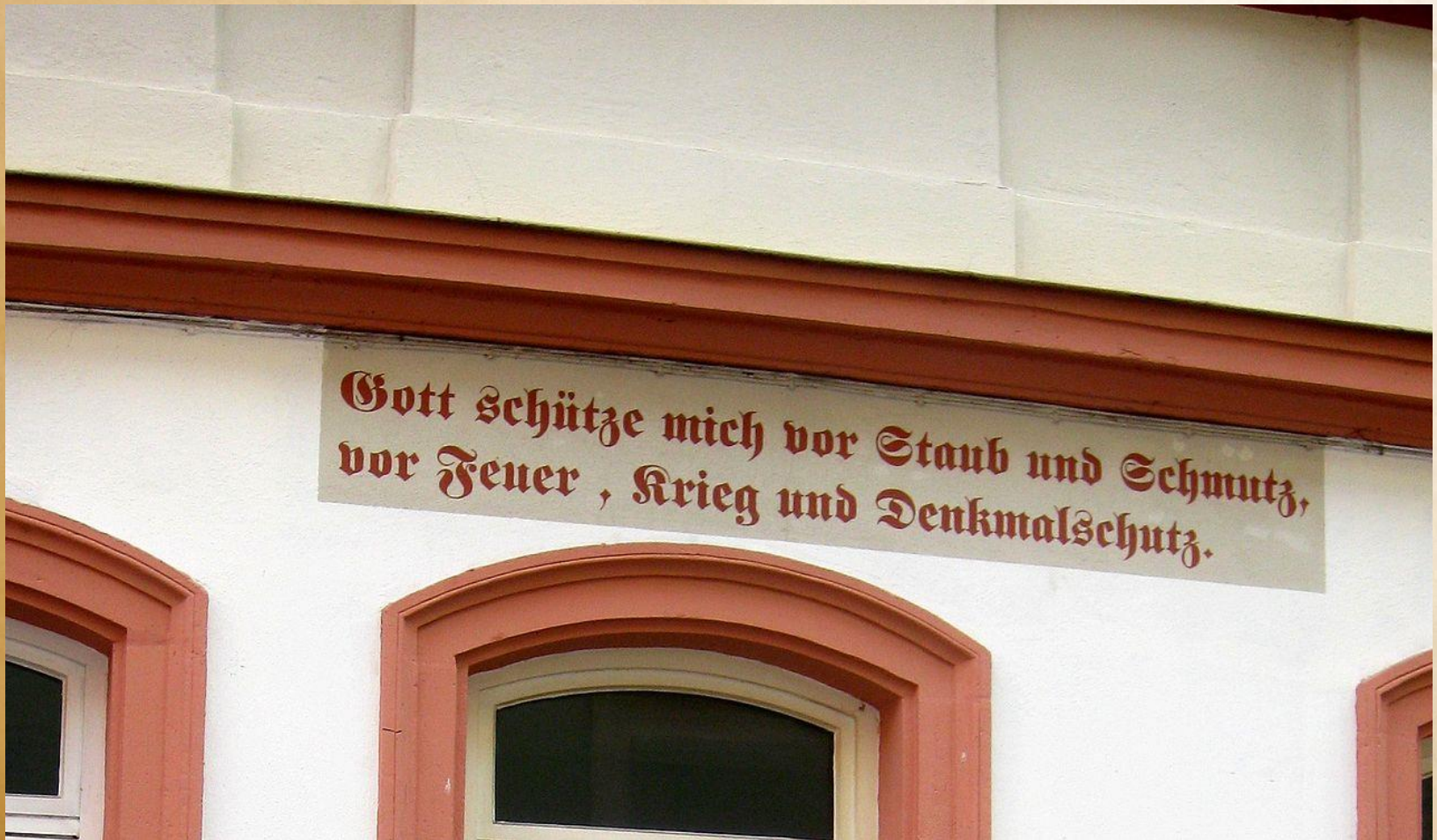


School-seminar for restaurators, Herrstein vault, from 2009-2014



DISCUSSION: WHY HAM?

**God protect me from dust and dirt,
from fire, war and (government) monument protection!**



but: receipt and passing on is also a kind of monument protection!



**Samples of workshops
for transfer knowledge!**

sample: *Kalktabelle* (= lime scale) download:

<https://www.denk-mal-fachwerk.de/workshops/bauen-mit-kalk.html> (only german)



Eignung der Kalksorten für Mauermörtel und sonstige Mörtelarten (aus denkmalpflegerischer Sicht)

TABELLE 1	SK	mod. SK	SKP	HK	TK k	TK w	NHL	HL*	Rom. C
Mauermörtel tragend	●/●	●	●	●●	●●	●●	●●	●	●
Mauermörtel nichttragend	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●
Versetzmörtel Böden	●/●	●/●	●/●	●/●	●	●	●●	●	●/●
Estrichmörtel	●	●	●	●/●	●	●	●●	●	●●
Terazzo	●	●	●	●/●	●	●	●●	●	●●
Mosaik	●	●	●	●/●	●	●	●●	●	●
Fugmörtel Naturstein	●	●	●●	●	●●	●●	●●	●	●
Fugmörtel Ziegel	●●	●	●●	●	●●	●●	●	●	●
Profilmörtel/ Zugmörtel	●	●	●	●	●	●	●/●	●	●●
Hinterfüllmörtel Putz	●	●/●	●/●	●	●/●	●/●	●/●	●	●
Injektion Mauerwerk	●	●/●	●/●	●	●●	●●	●/●	●	●
statische Sicherung / Risse	●/●	●●	●/●	●	●/●	●/●	●/●	●	●/●
Rissfüllung Putzschicht	●	●	●/●	●	●/●	●/●	●/●	●	●
Blitzmörtel/Schnell abbindend	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●

●● = wie dafür gemacht | ● = gut geeignet | ●/● = vom Untergrund abhängig | ●● = muss nicht/ gibt's besseres | ●● = ungeeignet

Abkürzungen Mörtelarten:

- SK Sumpfkalkmörtel (mit Kalkteig hergestellt)
- mod. SK modifizierte Sumpfkalk mit nat. Zuschlägen, zB. Leinöl, Casein, etc.
- SKP Sumpfkalkmörtel mit Puzzolanen (Ziegelmehl, Bims, Trass, etc.)
- HK Heißkalkmörtel (mit Pulver Brandkalk CL-Q; frisch verarbeitet)
- TK k im Sandbett hergestellt; Kalkspatzenmörtel, kalt verarbeitet
- TK w im Sandbett hergestellt; Kalkspatzenmörtel, warm/ heiß verarbeitet
- NHL mit Natürlichem hydraulischem Kalk erstellte Mörtel
- HL* mit Hydraulisch/hochhydraulischem Kalk hergestellte Mörtel
- Rom. C mit Roman-Kalk / - Zement erstellte Mörtel

Notizen: * generell ist bei denkmalgeschützten Objekten auf HL (hydraulischer Kalk) zu verzichten (wg. Zement), weiterhin besteht Schadenspotential (Trass/ HS)
 ●● wegen Kalkspatzen keine Injektion (Nadel) möglich

Erläuterung der Tabellen:

Diese Tabellen wurden aufgrund eigener Erfahrungen und Ausführungen des Verfassers erstellt und entbehren keiner Vollständigkeit oder sollen gar einen zwingenden Charakter darstellen. Vielmehr sollen diese einen groben Überblick über verfügbare Mörtel in der Instandhaltung und Restaurierung geben und somit ein Auswahlwerkzeug für Anwender sein, ohne mit Normen arbeiten zu müssen. Die Bewertungsklassen in der Tabelle sind mit Absicht so gewählt, das sie nicht positiv und negativ darstellen, sondern die Machbarkeit sowie den Sinn des jeweiligen Einsatzzweck darstellen sollen. Deshalb kann es auch zu Überschneidungen kommen (z.B. ● - geht zwar, macht aber an dieser Stelle vielleicht keinen Sinn). Generell muss beachtet werden, das diese Mörtel nur dort Sinn machen, wo eine Auswahlmöglichkeit besteht, werden z.B. sei

tens der Vergabestelle Mörtelarten vorgeschrieben, können diese anhand der Tabelle geprüft und im Zweifelsfall diskutiert werden. Innerhalb der einzelnen Mörtelarten können durch die breite Auswahlmöglichkeit der Kalksorten ebenfalls starke Abweichungen in den Baustoffparametern gesteuert werden (Beispielsweise macht es einen großen Unterschied, ob man für einen NHL-Mörtel als Bindemittel einen NHL 2 oder NHL 5 einsetzt). Ebenso ist ein Mischen der Bindemittel möglich, um die Mörtel Eigenschaften zu steuern, so kann beispielsweise einem Heißkalkmörtel zusätzlich NHL oder Romancement zugegeben werden, um diesen wassestherzustellen. Letztendlich liegt es in der Hand (und im Kopf) des jeweiligen Anwenders, die Eigenschaften seiner selbst erstellten Mörtel ausreichend zu prüfen, bevor er diese einsetzt. So, wie es auch unsere Altfordern getan haben!



Eignung der Kalksorten für Putzmörtel (aus denkmalpflegerischer Sicht)

TABELLE 2	SK	mod. SK	SKP	HK	TK k	TK w	NHL	HL*	Rom. C
Neuverputz außen									
Natursteinmauerwerk	●/●	●/●	●/●	●●	●●	●●	●●	●	●/●
künstl. Mauerwerk (modern)	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●	●
Ziegelmauerwerk	●/●	●	●●	●●	●●	●●	●	●	●
Opferputz**									
Entfeuchtungsputz**	●●	●	●●	●●	●●	●●	●/●	●●	●●
dauerfeuchter Untergrund	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●/●	●/●	●
Sockel/ Spritzwasser	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●/●	●/●	●●
Schlammputz	●/●	●/●	●/●	●/●	●●	●●	●/●	●/●	●/●
Abdeckmörtel (Mauerkrone)	●●	●●	●	●	●	●	●/●	●/●	●●
Nassraum Innen (Keller/Bad)									
Spezialputze Innen	●/●	●/●	●/●	●/●	●●	●●	●●	●/●	●/●
Stucco lustrato									
Tadelakt	●●	●●	●●	●	●	●	●●	●/●	●●
Anbtschmörtel									
Restaurierung/ Ergänzung Putz	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Fachwerkputze									
Putzträger / vollfl. überputzt	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●/●	●	●
Verputz Gefachfüllung Lehm	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Verputz Gefachfüllung Ziegel	●●	●	●●	●●	●●	●●	●	●	●
Verputz Gefachfüllung Nat.stein	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●

●● = wie dafür gemacht | ● = gut geeignet | ●/● = vom Bestand abhängig | ●● = muss nicht/ gibt's besseres | ●● = ungeeignet

Abkürzungen Mörtelarten:

- SK Sumpfkalkmörtel (Kalkteig)
- mod. SK modifizierte Sumpfkalk mit nat. Zuschlägen, zB. Leinöl, Casein, etc.
- SKP Sumpfkalkmörtel mit Puzzolanen (Ziegelmehl, Bims, Trass, etc.)
- HK Heißkalkmörtel (mit Pulver Brandkalk CL-Q; frisch verarbeitet)
- TK k im Sandbett hergestellt; Kalkspatzenmörtel, kalt verarbeitet
- TK w im Sandbett hergestellt; Kalkspatzenmörtel, warm/ heiß verarbeitet
- NHL mit Natürlichem hydraulischem Kalk erstellte Mörtel
- HL* mit Hydraulisch/hochhydraulischem Kalk hergestellte Mörtel
- Rom. C mit Roman-Kalk / - Zement erstellte Mörtel

Notizen: * generell ist bei denkmalgeschützten Objekten auf HL (hydraulischer Kalk) zu verzichten (wg. Zement), weiterhin besteht Schadenspotential (Trass/ HS)
 ** 1. Opferputze werden temporär eingesetzt, um Schadstoffe aus dem Mauerwerk in die Putzschicht zu führen und diesen so zu entsaften,
 ** 2. Entfeuchtungsputze werden beispielsweise an feuchten Kellerwänden eingesetzt, um diese langsam sa trocknen. Diese sollten möglichst einen hohen Kapillaranteil enthalten und eine gute Dampfdiffusion gewährleisten. Sie können gleichzeitig auch als Opferputze eingesetzt werden.
 ●● wegen Kalkspatzen kein Schlämmen sinnvoll / Spachteln möglich



Johannesberger worksheets : part 4 – Heißkalkmörtel

You can order under: <http://www.denkmalpflegeberatung.de/Publikationen> (only german)

Johannesberger Arbeitsblätter

Beratungsstelle für Handwerk und Denkmalpflege



Kalk – Bindemittel für Farben und Mörtel

Teil 4: Heißkalkmörtel

Alexander Fenzke

Die Herstellung und Verarbeitung von Heißkalkmörtel ist eine traditionelle Handwerks- und Bautechnik, die heutzutage überwiegend in der Denkmalpflege und Altbausanierung Anwendung findet. Bei diesem Verfahren wird der Kalkmörtel zunächst unter Zugabe von gebranntem, ungelöschtem Kalk (CaO) trocken angemischt. Nach der Zugabe von Wasser und der Fortsetzung des Mischvorgangs setzt das Löschen des Kalkes ein. Die Verarbeitung des nun heißen oder warmen Kalkes muss innerhalb eines kurzen Zeitfensters erfolgen. Heißkalkmörtel können nur vor Ort als Baustellenmischungen hergestellt und verarbeitet werden, die Anwendung einer Industrienorm findet hier nicht statt.¹



Abb. 1 (links) und Abb. 2 (rechts): Darstellungen von mittelalterlichen Baustellen zeigen die Herstellung und Verarbeitung von Kalkmörteln. Abstechen eines Haufwerks aus Sand und Kalk und Anmischen des Mörtels (Abb. 1). Stampfen des Mörtels mit einem Rundholz (Abb. 2).

Geschichtliche Betrachtung

Bekannt ist die Anwendung von Kalkmörteln seit Jahrtausenden, und schon die Römer setzten sie beispielsweise als Kalkbeton (opus caementitium), u. a. mit dem Zusatz von frisch gelöschtem Kalk, beim Errichten ihrer Bauwerke ein. Berichtet wird beispielsweise in den Schriften des römischen Ingenieurs und Architekten Vitruv (Marcus Vitruvius Pollio) von Kalkmörtel, der im heißen oder warmen Zustand eingesetzt wurde. Über Recherchen in diesem Bereich konnten mittlerweile einige wenige Überlieferungen, teils schriftlich, aber auch mit Bildern dargestellt, zusammengetragen werden.² Leider lässt sich bei den wenigen vorhandenen Quellen nicht im-

mer eindeutig die Verarbeitungsart der Kalke zuordnen. Deshalb ist es oft schwierig, herauszulesen oder zu erkennen, ob es sich nun wirklich um heiß bzw. warm verarbeitete Mörtel handelt, oder doch um trocken gelöschte und kalt verarbeitete Mörtel.

Bei dieser Art der Mörtelherstellung werden Sand und ungelöschter Kalk lagenweise aufgeschichtet. Entweder ist dabei der Sand mit Wasser gesättigt oder die Zugabe des für den Löschvorgang notwendigen Wassers erfolgt später durch das Übergießen des Haufwerks. Der Mischvorgang und die Verarbeitung des Mörtels finden bei diesem Verfahren üblicherweise erst nach einigen Tagen statt. Jedoch erweisen Baustellenerfahrungen des Verfassers, dass es möglich ist diese trocken gelöschten Mörtel bereits

nach kurzer Zeit bei Mauerarbeiten einzusetzen.

Das wissenschaftliche Interesse zur Erforschung der Eigenschaften und Haltbarkeit solcher Mörtel nimmt seit einiger Zeit wieder zu und ermöglicht es dadurch auch Handwerkern und Planern, sich besser mit den Vorgängen und Eigenschaften dieser Mörtel auseinanderzusetzen und diese wieder bewusst vor allem bei der Instandsetzung und Restaurierung von historischen Bauwerken einzusetzen.

Die wichtigsten Überlieferungen und Quellen waren und sind noch heute die Werke von Vitruv, der im ersten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung gelebt hat. In seinen 10 Büchern über Architektur³ beschreibt er u. a. auch die Herstellung und den Einsatz römischer Baustoffe. Darin

Themenbereich 1.1



Abb. 8 (links) und 9 (rechts): Wiederherstellung der Mauerkrone einer Natursteinwand als Auflager für einen Dachstuhl.

Ebenso können Gewölbekappen aus Ziegelsteinen, zum Teil ohne Lehrgerüst, freihändig mit Heißkalkmörtel gemauert werden.

Überall dort, wo relativ kleine Weiten mit Bögen oder Gewölben überspannt werden sollen, kann diese Technik zur Anwendung kommen. Ein Beispiel ist das Mauern von Bögen über Kellerabgängen.

Beim Verfügen gelten die beschriebenen Vorteile ebenfalls. Anders als beim Verfügen mit konventionellen Mörteln, die üblicherweise erdfeucht verarbeitet werden, können Verfugungen mit Heißkalkmörtel sogar in weicher Konsistenz eingebracht werden, ohne dass ein Absacken des Mörtels oder ein Flankenabriss befürchtet werden muss. Da die eingebrachten Fugen rasch anstiefen, können schnell und rationell plastisch ausgebildete Fugen hergestellt werden.

Verfüllung von Fugen und Rissen

Auch Fugenverguss und Rissverfüllung bei Mauerwerk ist mit heiß eingebrachten Mörteln möglich und auch sinnvoll. Das Expandieren des Heißkalkmörtels während der Verarbeitung führt zu geschlossenen und rissfreien Fugen.

Das Verfüllen von Fugen und Rissen an Mauerwerksflächen bietet sich u. a. im Zusammenhang mit der Verpressung von Hohlstellen innerhalb von zweischaligem Mauerwerk an. Nach dem Verschließen der äußeren Fugen mit Heißkalkmörtel und einer Trocknungs- und Aushärtphase



Abb. 10 (oben) und 11 (unten): Verfüllung von Naturstein- und Ziegelsteinmauerwerk mit Heißkalkmörtel.

discussion: why HAM? - from the craftsman's point of view

- to preserve historical handcraft techniques and works
- Unique position characteristic during execution
- No need for "ready-mixed dry mortar" and cement
- Cost-effective material -> ecological, sustainable construction
- Advantages over lime-putty-m. in terms of service life and strength
- one working technique - wide field of application
- suitable for historical monuments because reversible

so it seems to be perfect...

discussion: why HAM? - from the craftsman's point of view

- **But - the problem for me was:**

no one could scientifically confirm the properties I knew of the mortars.

And because I am a very rare example of a craftsman, no other knew and no craftsman confirmed the work I did with the HAM, because they did not even know them. Bad, if you want to “sell” this technique on construction sites to clients and architects for to work with mortars like this.

But lucky for me that I met a scientist, who´s interests on my mortars was that big, that we could start an research program!

- **Hot lime research project**

Development of a further qualification offer for building material knowledge and application of hot lime mortars on environmentally damaged masonry of historical buildings.

April 2017 – March/ June 2019

Dipl.-Geol. T. Köberle
Dresden, Institut für Geotechnik

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

• Hot lime research project



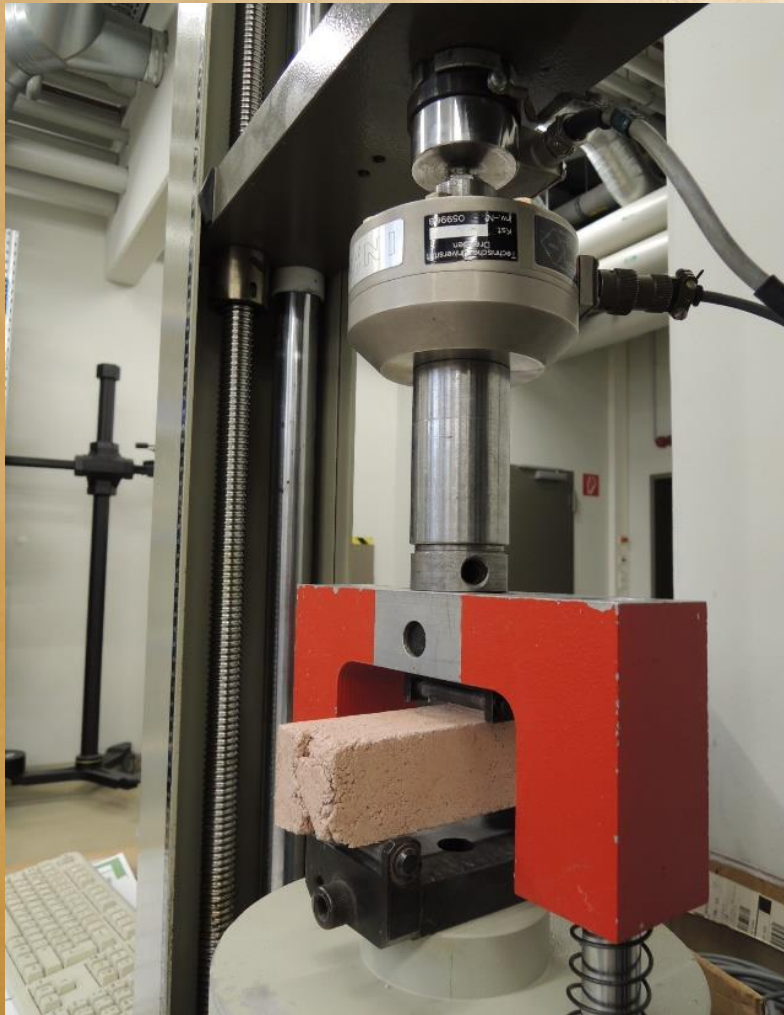
Dipl.-Geol. T. Köberle
Dresden, Institut für Geotechnik

gefördert durch



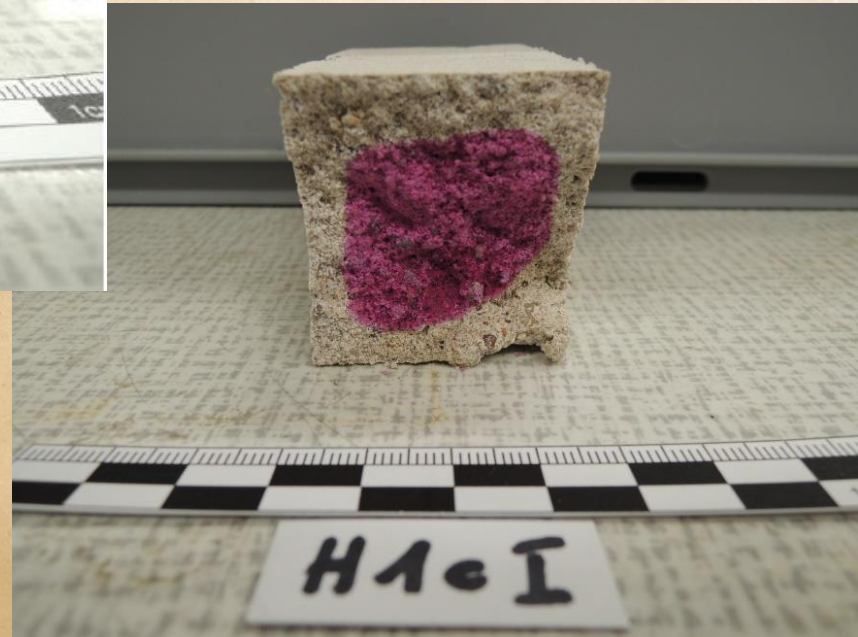
Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

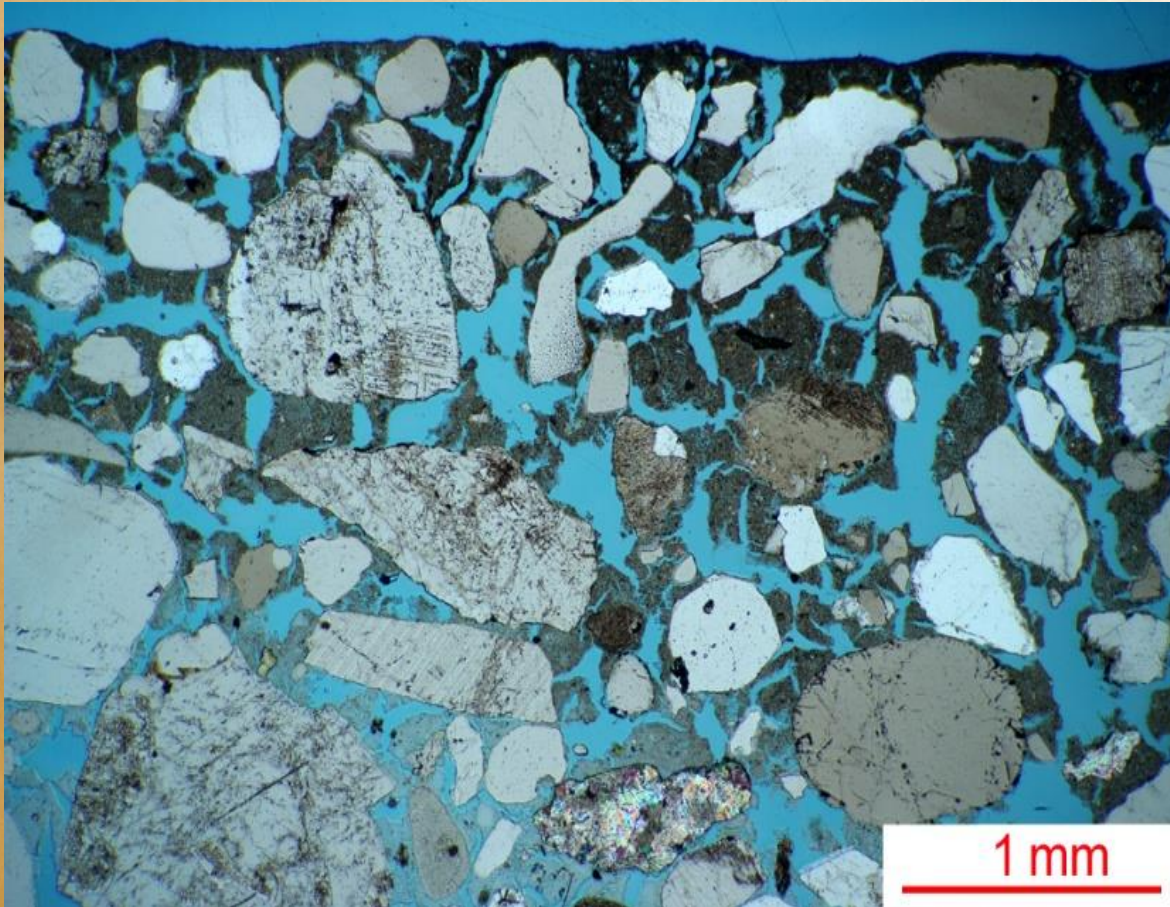


Three-point bending tensile strength Measurement Compressive strength (after 7 / 28 / 90 days)

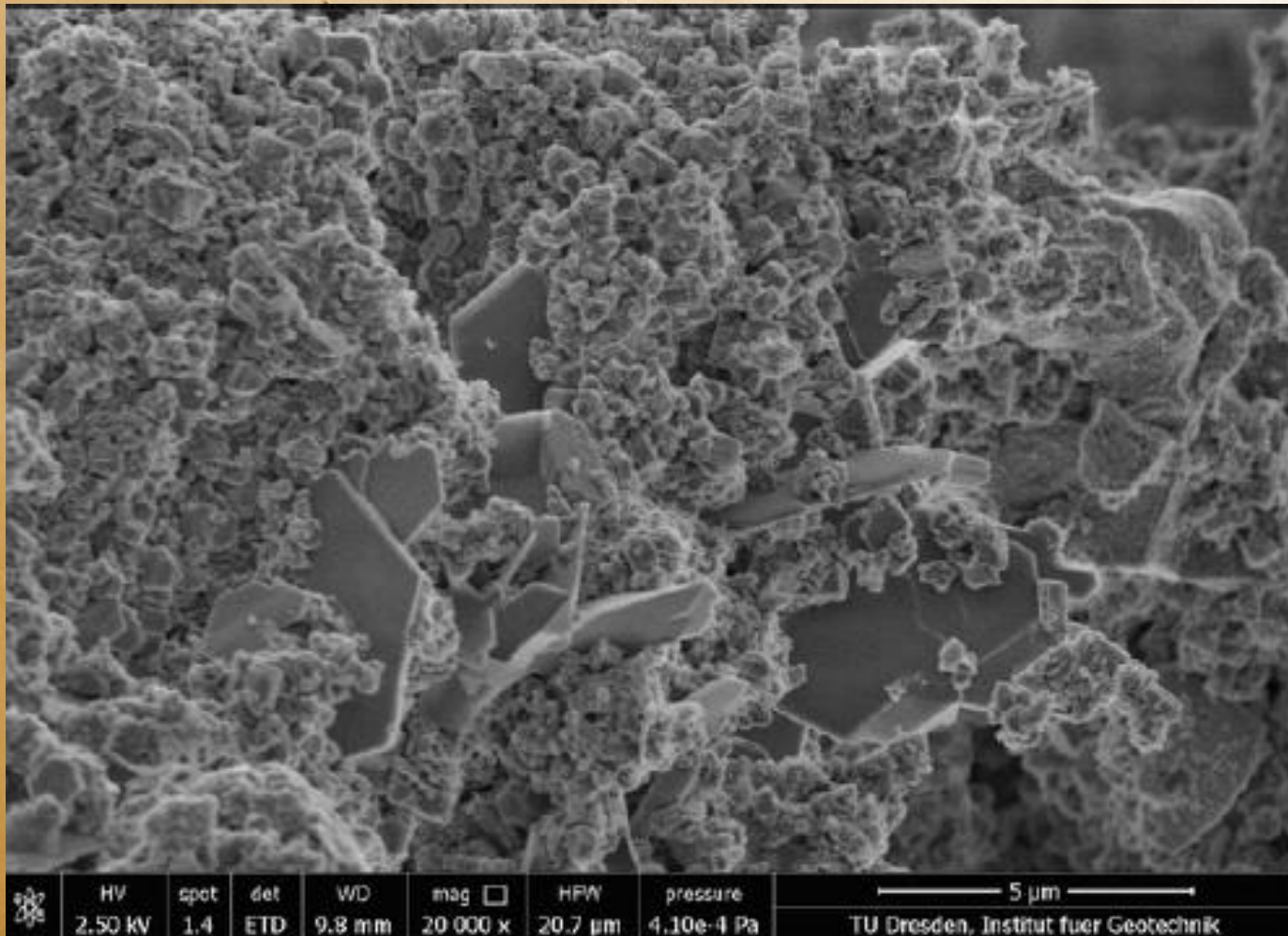
Result:
Initial compressive strength of hot lime is higher than dry slaked lime, also for mixtures with pozzolan additive.



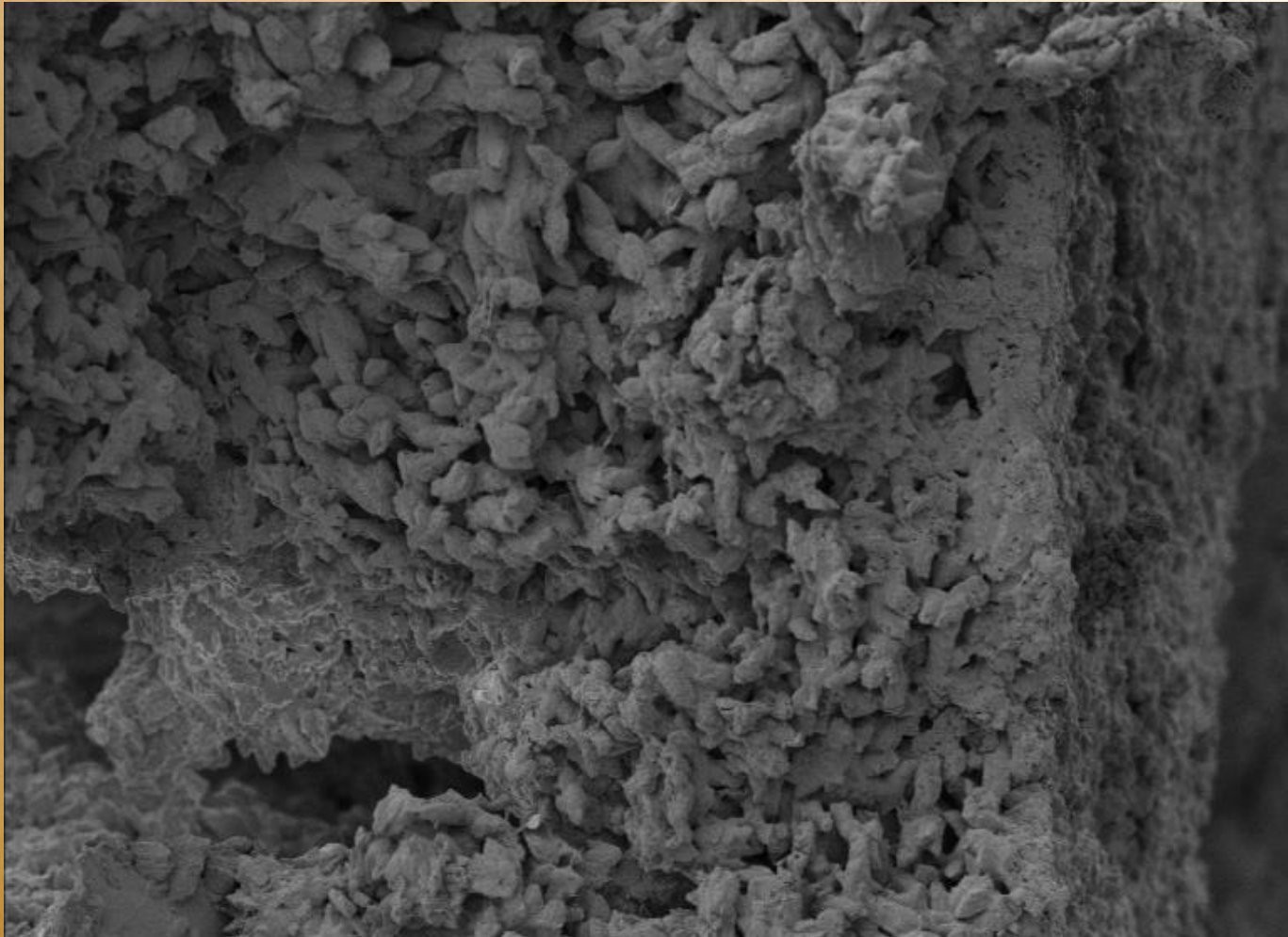
Carbonation test with phenolphthalein solution



Structural analysis:
Thin section of prism with pure
sand mixture hot lime, surface top.



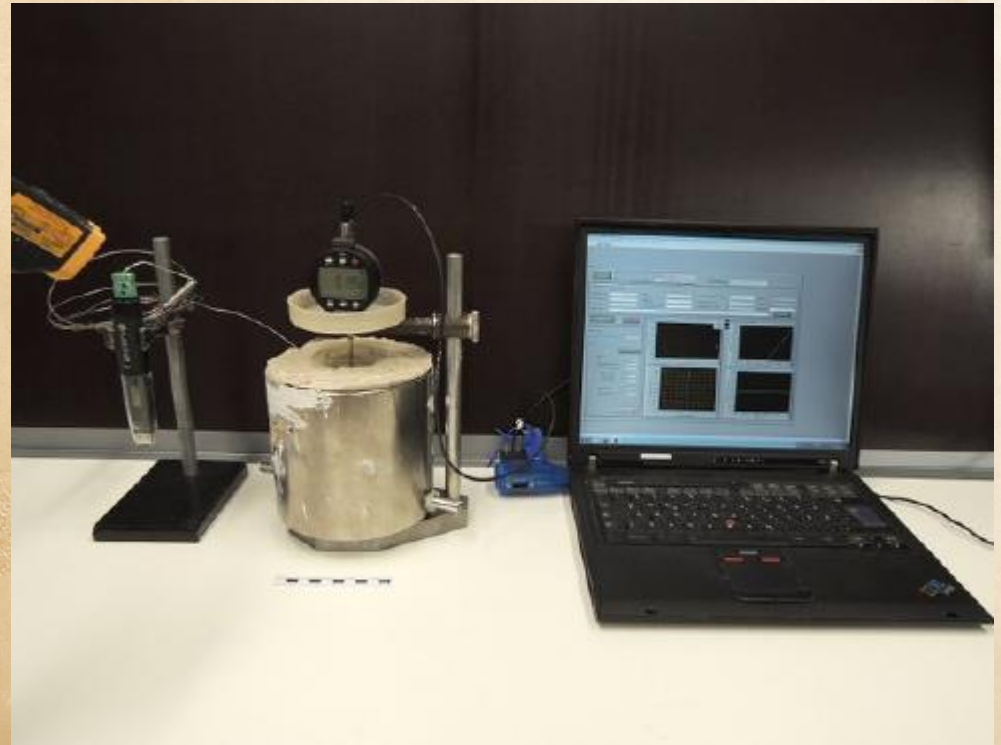
Mortar sample under scanning electron microscope for the examination of the microstructure



Structural analysis of fractured surfaces:

Porous structure directly under sintered skin (right, denser area at the edge of the image) Micropores between the calcite crystals and larger pores




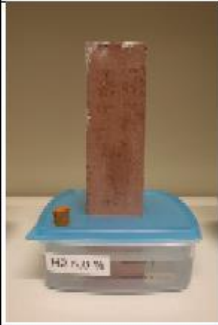



	HV 2.00 kV	spot 2.3	det ETD	WD 6.0 mm	mag <input type="checkbox"/> 4 000 x	HPW 104 µm	pressure 7.35e-4 Pa	 30 µm
TU Dresden, Institut fuer Baustoffe								



Strength measurement with ultrasonic expansion test with shrinkage funnel

Salzsprengtest an Mörtelprismen durch Saugen einer Magnesiumsulfatlösung

Ergebnisse nach 42 Tagen (6 Wochen)

	Mischung Heikalk H1: 5 RT Sand 1 RT Schaefer Precal 30 S 2 RT Wasser	Mischung Heikalk H2: 2,5 RT Sand + 2,5 RT Ziegelsand 1 RT Schaefer Precal 30 S 2 RT Wasser	Mischung Heikalk H3: 2,5 RT Sand + 2,5 RT Bims 1 RT Schaefer Precal 30 S 2 RT Wasser
25 % MgSO ₄ Lösung			
5,0 % MgSO ₄ Lösung			
10,0 % MgSO ₄ Lösung			

Auswertung:

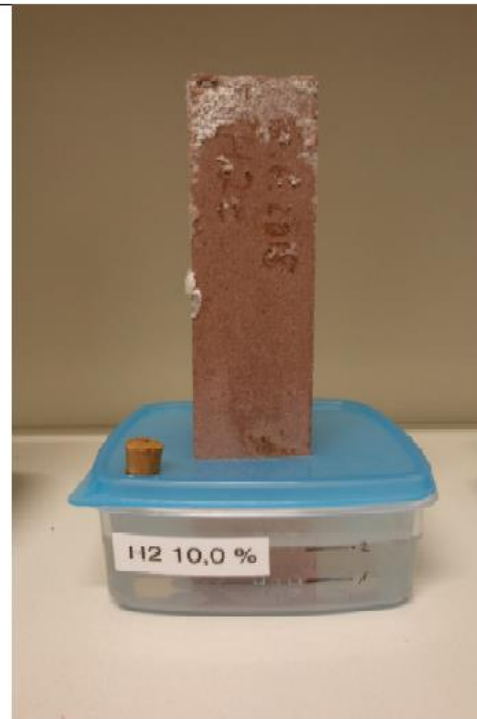
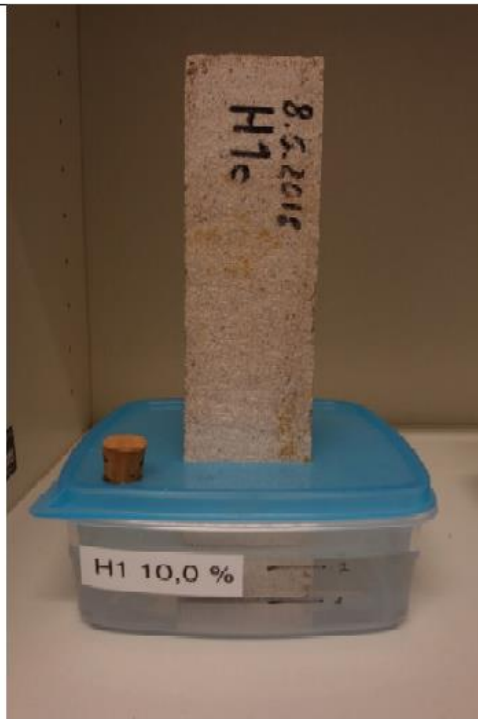
1. Die Mischungen H1 (reine Sandmischungen) zeigen am wenigsten Ausblühungen und Schäden.
2. Die Mischung H2 (Sand / Ziegel) zeigt am deutlichsten Salzausblühungen, die Mischung H3 ist am stärksten geschädigt, unabhängig vom Salzgehalt der Lösung.
3. Die Mischung H1 hat am wenigsten Flüssigkeit aufgenommen und verdunstet, die Mischung H3 am meisten.

Test on salt resistance

- To evaluate the salt resistance of hot applied mortar in a short time period a laboratory test program with harsh conditions was planned and carried out in TU Dresden

(references: Dipl.Geo.Th. Köberle)

10,0 % $MgSO_4$ Lösung



final discussion: why HAM? – results of the research projekt

HAM shows a much faster strength development and in the end is also stronger compared to the cold applied mixtures of dry slaked mortars.

the hot applied mortar can be adjusted to the needs of the craftsman for the treatment of salt coated and overmoistened wall surfaces (with various aggregates and mixes)

Hot applied mortars are an alternative to the dry slaked or lime putty mortars, however they are all pure lime based mortars; but the results can be chosen by the art of production and application.

HAM offers an advantage with a good adhesion, fast setting rate and slightly higher strength.

References:

Thomas Köberle, TU Dresden, Institute of Geotechnical Engineering, Dresden, Germany, thomas.koeberle@tu-dresden.de (corresponding author)



Děkuji za pozornost!

more informations:

Denk AF Mal

Alexander Fenzke - Restaurator im Maurerhandwerk

seminare@denk-mal-fachwerk.de

www.denk-mal-fachwerk.de

buro: 0049-2661-9847540

fax: 0049-2661-981892

mobile: 0049-170-3133637

Picture credits available from the author on request