

# Robert Wacha und Farkas Pintér

## Der Kalk im Korb

Rekonstruktion und Analyse der historischen Technik  
des „Korblöschens“ zur Herstellung von Heißkalkmörtel

### Korblöschchen in historischen Quellen

Das „Korblöschchen“ findet sich in der Fachliteratur der Kalktechnologie von ersten Erwähnungen in den Quellen der römischen Antike bis hin zu den bautechnischen Manuskripten des 19. Jahrhunderts. Es beschreibt ein einfaches Verfahren zur Herstellung von „Kalkhydrat“<sup>1</sup>, welches pulverförmigen, nur teilgelöschten Branntkalk bezeichnet, der bis heute in der Landwirtschaft hauptsächlich als Düngemittel und Bodenverdichter gebräuchlich ist. Hierzu wird für die Ausbringung des reaktiven Kalks auf Ackerflächen ein feinkörniger Zustand benötigt, da sich die sonst üblichen faustgroßen Branntkalkbrocken nicht gleichmäßig ins Erdreich einarbeiten lassen. Ist es heute durchaus möglich Branntkalkbrocken in industriellen Anlagen zu brechen oder zu mahlen, so wurde bis zur endgültigen Industrialisierung der Kalkherstellung in der Nachkriegszeit hauptsächlich das „Korblöschchen“ als einfaches handwerkliches Verfahren zur Kalkhydratherstellung verwendet.<sup>2</sup>

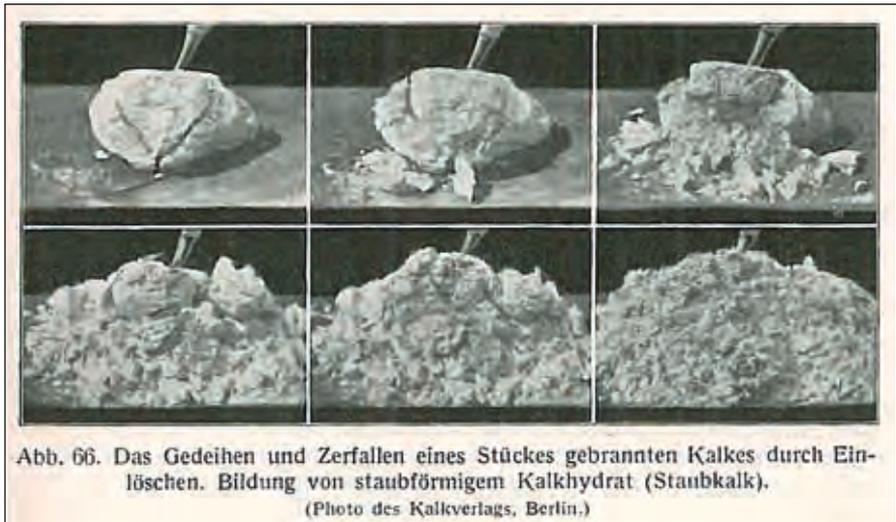
Das Korblöschchen selbst wird üblicherweise in Verwendung von Weiden- oder Eisenkörbe durchgeführt, mit deren Hilfe eine größere Menge von Branntkalkbrocken kurz in kaltes Wasser getaucht



Abb. 65. Trockenlöschchen durch Eintauchen in Kötben. Der unruhige Wasserspiegel (vorn) zeigt, daß die Wassernahme noch nicht beendet ist. Oben rechts wird ein zweiter Korb gefüllt. Links sieht man den Fuß des Löschaufens.  
(Nach Eisenmann, Kalklöschchen, S. Abb. 62.)

Abbildung 1: Korblöschchen in Deutschland, um 1920<sup>3</sup>

1 Anm.: als Kalkhydrat wird pulverförmiger teilgelöschter Branntkalk bezeichnet und ist auch teils als „alter Bodenkalk“ oder „Staubkalk“ in der Landwirtschaft bekannt.  
2 Vergl.: Société nationale et centrale d'agriculture, 1852.  
3 Abbildung Eisenmann, 1925, S. 62.

Abbildung 2: Kalkhydratlöschen<sup>5</sup>

wird. Die exotherme Löschreaktion tritt nun unmittelbar ein und die Brocken beginnen schon nach wenigen Sekunden aufzukochen und zerplatzen. Sobald das Wasser in Wallung gerät und Kochblasen heftig aufsteigen, wird der Korb mittels einer Stange aus dem Wasser gezogen und mitsamt seinem kochenden Inhalt zur Seite gestellt. Die so nur kurz angelöschten Kalkbrocken zerfallen aber in weiterer Folge zu einer körnigen Paste, welche sich (wenn man sie weiter trocknen lässt) vollständig zu einem trockenen Pulver umwandelt. Dieses Kalkhydrat-Pulver wurde dann als Düngemittel für landwirtschaftliche Zwecke weiter verwendet.<sup>4</sup>

Vermischt man die heiße Paste allerdings mit Sand so entsteht ein warmes Mörtelgemisch, welches sich trotz seines nur sehr geringen Wasseranteils überraschend gut verarbeiten lässt und aufgrund seiner Zusammensetzung besondere Eigenschaften aufweisen kann.

Der so entstandene korbgelöschte Mörtel ist nach der üblichen Fachmeinung im Mauererhandwerk allerdings „verbrannt“<sup>6</sup>, enthält also durch die viel zu geringe Wassermenge einen noch sehr hohen Anteil an ungelöschtem reaktiven Kalk, welcher üblicherweise als „Kalktreiber“ wegen der Gefahr des „Weiterarbeitens“, (= Quellen) im aufgetragenen Mörtel vermieden wird.

4 Anm.: modernes Kalkhydrat wird heutzutage durch das Einblasen von Dampf in eine Wolke von gemahlenem Branntkalkpulver erzeugt und ist daher aufgrund der anderen Zusammensetzung von gelöschten und nicht gelöschten Anteilen nicht mit seinem historischen Vorläufern vergleichbar.

5 Abbildung: Photo des Kalkverlags Berlin 1925

6 Anm.: „Verbrennen“ bezeichnet das Löschen von Branntkalk mit zu geringem Wasseranteil

Dieses Phänomen zeigt sich auch im heiß aufgebrachtem trocken gelöschtem Mörtel dessen Wasseranteile durch die Wärme schnell verdampfen und der so als aufgebracht Putz ebenfalls unmittelbar an der Wand „verbrannt“ und „verdurstet“.<sup>7</sup>

Im Jahre 1865 beschreibt der Architekt A. Scheffers in seinem „Handbuch des bürgerlichen und ländlichen Hochbauwesens“ das Korblöschchen auf folgende Weise und weist ebenfalls auf das „Verbrennen“ dieser Mörtelart hin:

*„(...) füllt man den lebendigen und nötigenfalls in Stücke von der Größe eines Hühnerreis zerschlagenen Kalk in einem Korb und taucht diesen so lange in Wasser bis das Wasser an der Oberfläche des Korbes zu sprudeln beginnt, nimmt in dann also (ehe der Kalk zergeht) heraus und bringt den Kalk in ein Faß (!), welches man mit einer Matte oder feuchten Leinen zudeckt, damit sich die entwickelnden Wasserdämpfe im Fasse verbleiben und vom Kalke wieder aufgenommen werden. Hierbei zerfällt der Kalk in kurzer Zeit in ein sehr feines Pulver. Diese Löschweise ist nur bei fetten und weniger mageren Kalken anwendbar. Hydraulische Kalke werden hierbei, anstatt zu zerfallen, fest. In gewisser Weise erfolgt bei diesem Löschen etwas Ähnliches als eintritt, wenn bei der ersten Löschweise Kalk verbrannt wird. Ein beträchtlicher Teil wird zu Kalksand.(...)“<sup>8</sup>*

Scheffers warnt hierbei dieses Löschverfahren nur bei „fetten und weniger mageren“<sup>9</sup> Kalken anzuwenden. Dies bezieht sich auf die historische Bezeichnung „fett“<sup>10</sup> für stark kalkhaltig (hoher CaO-Anteil) im Gegensatz zu „mager“, welche eine Beimengung von anderen (meist hydraulischen) Gesteinsanteilen bezeichnet.<sup>11</sup> Diese hydraulischen Anteile würden durch die verzögerte Reaktion der Wasseraufnahme ein starkes Quellen im Inneren der Mauerteile verursachen, welches im schlimmsten Falle den Verband der eben gesetzten Mauersteine aufbrechen könne. Kann dieses Phänomen für die kraftschlüssige Verfügung von schweren Bruchsteinmauern positiv genutzt werden<sup>12</sup>, so besteht insbesondere bei korbgelöschtem Mörtel die Gefahr, dass hydraulische Anteile auch nach der Verarbeitung noch aktiv verbleiben und verzögert unter Quellen abbinden. Die

7 Anm.: „Verdursten“ bezeichnet das Abbinden von Kalkmörtel mit zu geringem Wasseranteil

8 Scheffers, 1865, S.116.

9 Scheffers, 1865, S.116.

10 Anm.: heutzutage wird „fett“ und „mager“ als Bezeichnung für den Bindemittelanteil in Frischmörtel verwendet. Dies führt zuweilen zu Fehlinterpretationen der historischen Handbücher.

11 Anm.: Dieser hydraulische Anteil ist keinesfalls nachteilig. Er kann richtig angewandt einen sehr dauerhaften und witterungsbeständigen Mauermörtel oder Kernmörtel ermöglichen. Siehe hierzu auch Wacha, Linz, 2010, S. 90. und Wacha, Krems, 2010, S. 206ff.

12 Vgl. Wacha, Krems, 2010, Anhangband S. 10ff.

betrifft vor allem reaktive hydraulische Magnesiumphasen<sup>13</sup> durch ihren Anteil in dolomitischem Gestein.

Der französische Architekt F. M. Lebrun jun. schreibt hierzu im Jahre 1837:

*„Viele Baumeister haben dieses Löschverfahren bei Kalken angewandt, die in höchsten Grade hydraulisch sind, und die Erfahrung musste ihnen beweisen, dass dieses Verfahren fehlerhaft war. Ich war Zeuge von der Zerstörung mehrerer Theile(!) von Arbeiten, die mit so gelöschtem Kalke(!) gefertigt wurden, weil die unvollkommen gelöschten Kalktheile(!) nicht vollständig aufgelöst werden konnten und daher einen Druck, ein Aufschwellen im Inneren des Mauerwerks bewirkten, welches die Elemente der Festigkeit, die zur Dauerhaftigkeit der Arbeit so nöthig(!) sind, vernichtete.“<sup>14</sup>*

Auch scheint bei diesem Verfahren die Wasseraufnahme je nach Anteil des reinen Calciumoxids bzw. der hydraulischen Anteile unterschiedlich zu sein. So vermerkt Professor Mahans 1853:

*„Das Ablöschen durch Untertauchen oder Begießen wird für das Beste gehalten. Die Wassermenge welche hierbei aufgenommen wird, richtet sich nach der Natur des Kalkes. 100 Theile(1) fetter Kalk nehmen nur 18 Theile Wasser auf, 100 Theile magerer Kalk nehmen dagegen 20 bis 30 Theile Wasser auf.“<sup>15</sup>*

Dies würde auch die Beobachtungen Lebruns erklären, da die hydraulischen Kalke in ihrer beinahe doppelten Wasseraufnahme so eine markant stärkere Volumenvergrößerung bewirken und damit wesentlich stärker quellen.<sup>16</sup>

### Rekonstruktion des „Korbmörtels“ 2010

Im Zuge der Herstellung von Heisskalkmörtel für die Sanierung der Sengtschmidtkapelle in Laussa<sup>17</sup> wurde 2010 schließlich auch ein Feldversuch des „Korbblöschens“ durchgeführt. Es sollten die in den historischen Handbüchern beschriebenen Techniken empirisch getestet und Probekörper des „korbgelöschten Mörtels“ für eine anschließende Labor-Analyse hergestellt werden.

13 Anm.: sogenannter „Magnesiumkalk“ war bis um die Jahrhundertwende als hydraulischer („magerer“) Baukalk bewusst in Anwendung.

14 Lebrun, 1837, S. 31.

15 Mahans, 1853, S. 36f.

16 Anm.: Interessant wäre ob diese Tatsache auch für ein einfaches Verfahren zur quantitativen Bestimmung von hydraulischen Anteilen in Branntkalk zu verwenden wäre.

17 Siehe auch: Wacha, 2011, S. 5ff.

Dabei hielt sich der Autor an die nachfolgenden Beschreibungen:

*„Um den Kalk durch Eintauchen zu löschen, verfährt man auf folgende Weise: man thut(!) die Kalksteine, denen man die Größe eines Eis oder einer Nuß(!) gibt in einem Korb; einige Sekunden lang versenkt man den Korb ins Wasser und nimmt ihn vor Anfang des Zergehens heraus. Nach diesem Verfahren zischt der Kalk, zerspringt mit Geräusch, erzeugt eine bedeutende Entwicklung heißer Dünste und zerfällt zu Pulver.“<sup>18</sup>*

Nachdem hier Kalkbrocken in „Nuss- oder Ei-Größe“ nötig waren, wurden für den Versuch größere Branntkalkbrocken des Museumsbrandes<sup>19</sup> in Molln verwendet. Dabei handelt es sich um lokales Holzgebranntes Kalkgestein mit leichten Anteilen von Magnesium (Dolomit) und erheblichen Mengen an Eisenoxid. Da die Brocken teils wesentlich zu groß waren, mussten diese vorab mit einem Hammer zerschlagen werden. Ein Problem, welches offenbar auch damals bereits bekannt war.

*„Beim Ablöschen durch Eintauchen oder Besprengen, muss der Kalk zuerst in kleine Stücke gebracht werden, wenn das Löschen gleichmäßig voran gehen soll. Der fette Kalk soll zuerst in nußgroße(!) Stücke zerschlagen werden.“<sup>20</sup>*

Dies erwies sich als ausgesprochen mühselig, da der Kalk stark splitterte und bereits durch die Luftfeuchtigkeit zu einer Löschreaktion ansetzte. Schließlich wurden die Brocken dann in ein Weidengeflecht sowie in einen Eisenkorb<sup>21</sup> gelegt und mehrere Sekunden in Wasser eingetaucht.

Die Reaktion startete unmittelbar und war vor allem bei Verwendung des Eisenkorbes ausgesprochen heftig. Kann ein Weidengeflecht noch ein gewisses Maß an Wasser zurückhalten, so entspricht das Eintauchen mit einem Eisenkorb einem kurzen Übergießen mit Wasser. Hier zerspringt der Kalk unter lautem Krachen und sprengt eine große Zahl kleinere Kalkstücke heftig ab. Diese erreichen hierbei eine Flugweite von mehreren Metern und sind noch heiß sowie reaktiv. Es ist bei dieser Art zu löschen also unbedingt auf das Tragen einer Schutzausrüstung (Schutzbrille,

18 Lebrun, 1837, S. 31.

19 Anm.: Das „Museum im Dorf“ im Molln führt regelmäßig historische Kalkbrände im „Voglhuber Feldkalkofen“ durch.

20 Mahans, 1853, S. 36f.

21 Anm.: In den historischen Handbüchern werden beide Behältnisse beschrieben. Der Weidenkorb ist hierbei fähig Wasser länger zu halten.



Abbildung 3: Zerschlagen des Branntkalks<sup>22</sup>    Abbildung 4: Eintauchen des Branntkalks<sup>23</sup>

Schutzanzug und Handschuhe) zu achten. Ein Umstand der diese Arbeit im 19. Jhd. wohl zu einer ausgesprochen gefährlichen Tätigkeit gemacht haben musste.<sup>24</sup>

Nach Abklingen dieser Reaktion zerfällt der Kalk aber unmittelbar in eine erstaunlich feine pastöse Masse. Streicht man diese durch die Hände<sup>25</sup>, so lassen sich kaum noch feste Steinsplinter feststellen. Der korbgelöschte Kalk erscheint als homogener Gries und lässt sich nun auch gegebenenfalls problemlos mit Sand zu Mörtel durchmischen.

Ein Teil dieser Paste wurde nun nach den historischen Anleitungen „eingelagert“ um sie später als historisches Kalkhydrat einer Laboruntersuchung unterziehen zu können.

*„(...) nimmt man ihn dann (also, ebe der Kalk zergeht) heraus und bringt den Kalk in ein Faß(!), welches man mit einer Matte oder einem feuchtem Leinen zudeckt, damit die sich entwickelnden Wasserdämpfe im Fasse verbleiben und vom Kalke wieder aufgenommen werden.“<sup>26</sup>*

Statt des Fasses wurde allerdings eine moderne PVC-Box verwendet, in welcher das korbgelöschte Kalkhydrat nun bis zu seiner Verschickung an das naturwissenschaftliche Labor des Denkmalmamtes lagerte.

<sup>22</sup> Abbildung: Photo des Autors 2011

<sup>23</sup> Abbildung: Photo des Autors 2011

<sup>24</sup> Anm.: Vergleiche Abbildung 2, S. 3., die Arbeiter tragen keinerlei Schutzkleidung

<sup>25</sup> Anm.: natürlich mit Handschuhen

<sup>26</sup> Scheffers, 1865, S. 116.



Abbildung 5: Zerplatzen des Kalks<sup>27</sup>

Der andere Teil der Masse wurde mit Sand zu Mörtel gemischt und daraus Probekörper geformt. Erstaunlich war hierbei, dass sich die Kalkpaste trotz des offensichtlichen Mangels an Reaktionswasser sehr gut vermengen und zu einem sehr leichten, augenscheinlich sehr porösen Mörtel verarbeiten ließ. Dieser Mörtel schien vor allem einen sehr hohen Porenanteil und eine sehr lockere Struktur aufzuweisen und erinnerte zuweilen an moderne aufgeschäumte Putzsysteme.

Die Probekörper wurden danach zur endgültigen Karbonatisierung mehrere Monate im Freien gelagert und danach im naturwissenschaftlichen Labor des Bundesdenkmalamtes untersucht.



Abbildung 8: Probekörper korbgeleschter Mörtel<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Abbildung: alle, Photo des Autors 2011

<sup>28</sup> Abbildung: alle, Photo des Autors 2011

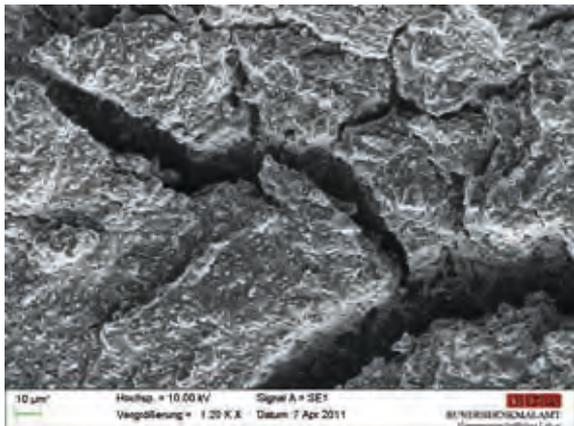
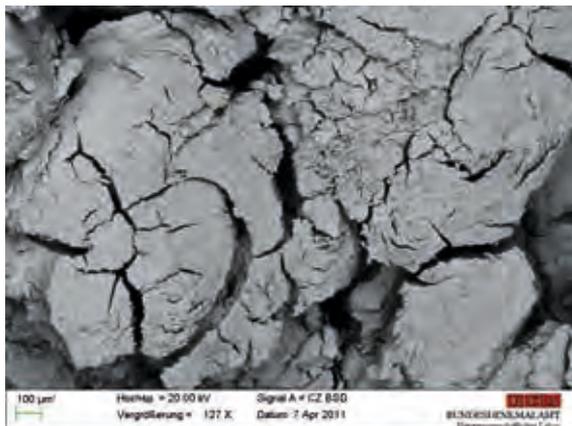


Abbildung 9: Korbgelöschter Mörtel REM SE

Abbildung 10: Korbgelöschter Mörtel REM BSE<sup>29</sup>

### Labortechnische Analysen:<sup>30</sup>

Die von Dr. Farkas Pintér durch eine Dünnschliff-Analyse<sup>31</sup> und REM-Mikroskopie<sup>32</sup> durchgeführte Struktur-Untersuchung der Mörtelproben zeigt hierbei eindeutig den bereits vermuteten stark aufgelockerten Aufbau des Mörtelgefüges.

*„Probe 307/11: Korbgelöschter Mörtel. Charakterisierung der Mikrostruktur? Kalkmörtel mit silikatisch-carbonatischer Körnung und etwas höherem Bindemittel-Körnung-Verhältnis. Aufgrund des o.g. Bindemittel-Körnung-Verhältnisses u/o. verm. nicht sorgfältig ausgewählter Sieblinie ist das Bindemittel durch viele Schwundrisse (Abb. 1–3) aufgelockert. Die Matrix weist jedoch ein rel. dichtes Gefüge auf, wo das Bindemittel aus 0,5–1 im großen Kalzitrhomboedern besteht.“<sup>33</sup>*

Obwohl der Mörtel in seiner Struktur sehr stark „zerrissen“ ist, weisen die

<sup>29</sup> Abbildungen: Pintér 2011.

<sup>30</sup> Vgl. Pintér 2011,

<sup>31</sup> Anm.: feste Körper wie Gesteine oder Mörtel eignen sich aufgrund ihrer Lichtundurchlässigkeit unbehindert nicht für eine Durchlichtmikroskopie. Sie werden daher meist in Kunstharz fixiert zu ca. 0,03 mm durchsichtigen Scheiben geschliffen und im polarisiertem Licht untersucht. Das Kunstharz kann hierbei zwecks stärkeren Kontrast eingefärbt sein.

<sup>32</sup> Anm.: durch Materialkontrastbild (BSE=Rückstreuelektronenkontrast, unterschiedliche Kontraste verschiedener Materialien) und Topographie-Bild (SE=Sekundärelektronenkontrast, höhere Auflösung, größere Vergrößerung)

<sup>33</sup> Pintér 2011, S. 2.

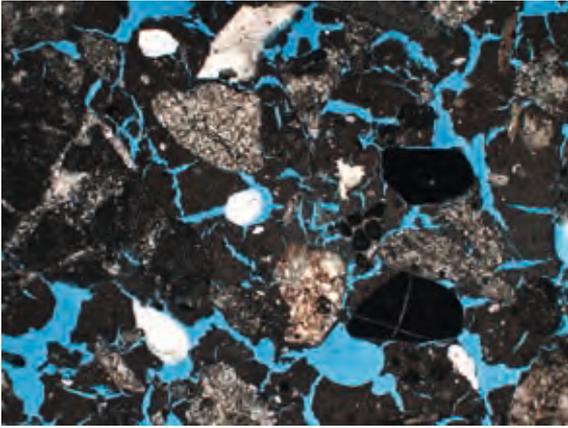


Abbildung 11: Korbgeleschter Mörtel  
Dünnschliff-Analyse<sup>34</sup>



Abbildung 12: Korbgeleschter Mörtel REM, SE  
Bindemittelstruktur<sup>35</sup>

verbindenden Stege und Brücken aus Bindemittel in ihrem Aufbau selbst ein starkes Gefüge aus Kalk auf. So ist auch zu erklären, dass korbgeleschter Mörtel trotz seiner strukturell fragilen Konstruktion ausreichend Festigkeit für eine Verwendung als Verputzmörtel aufweisen kann. Darauf ist auch der sehr sämige Zustand während der Verarbeitung und das geringe Gewicht der Putzproben zurückzuführen, da so ein besonders hoher Anteil an luftgefüllten Rissen und Poren möglich ist.

Es stellt sich nun die grundsätzliche Frage der Auswirkung eines solchen Mörtelaufbaus auf die Eigenschaften als Fassaden- oder Innenputz. Es war anzunehmen, dass sowohl der kapillare Wassertransport als auch die Diffusionsoffenheit dadurch erhöht werden. Auch sollte sich die Porenstruktur der Schwundrisse gut für die Aufnahme von ausblühenden Mauersalzen eignen, sodass ähnliche Eigenschaften wie bei modernen Sanierputzen<sup>36</sup> zu erwarten waren.

Es wurde daher 2012 in der Kartause Mauerbach eine Kalkglätte als Probefläche aufgebracht um die Verarbeitung und die Witterungsbeständigkeit des „Korbkalks“ testen zu können.

<sup>34</sup> Abbildung: Pintér 2011.

<sup>35</sup> Abbildung: Pintér 2011.

<sup>36</sup> Anm.: diese erreichen eine Einlagerung von Luftporen durch die Beigabe aufschäumender Luftporenbilder, sogenannter LP-Bilder (meist aus synthetischen Tensiden).



Abbildung 13: Auftragen des Korbkalks als Glätte, Mauerbach 2012<sup>37</sup>

Der verwendete „Korbkalk“ bestand hierbei aus dem oben beschriebenen mit Hilfe eines Eisenkorbes eingelöschten „Museumsbrand Molln“<sup>38</sup>, welcher zwischenzeitlich zwei Jahre in einem luftdichten Plastikbehältnis verschlossen war. Dies sollte die Einlagerung in ein Kalkfass simulieren, welche in den alten Quellen beschrieben wird.<sup>39</sup> Die rote Färbung ergab sich hierbei durch den hohen Eisenoxidanteil ( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), und ist ein typisches Erkennungsmerkmal dieses lokalen Kalkvorkommens.

Als Untergrund wurde der Sockelbereich eines feuchtigkeitsbelasteten und versalzenen Mischmauerwerks der Kartause gewählt um eine entsprechende Belastung der Mörtelstruktur zu erreichen. Der Grobputz<sup>40</sup> wurde mit einem „heißen“ trockengelöschten Mörtel der gleichen Versuchsreihe ausgeführt<sup>41</sup>, um danach den Korbkalk als Kalkglätte ohne weitere Zugabe von Sand oder anderen Zuschlagstoffen aufzutragen. Die Glätte wurde hierbei mit einer kleinen Handkelle in den noch feuchten Unterputz „freskal“ aufgestrichen und nach dem ersten Anziehen einmalig nachgeglättet. Gerade Kalkglätten reagieren auf

<sup>37</sup> Abbildung: alle, Photo des Autors 2012.

<sup>38</sup> Anm.: bestehend aus „Bernegger Bruch“, einem bei Molln gelegenen Kalksteinbruch, der auch historisch Historie bereits zur Gewinnung von Rohkalk verwendet wurde.

<sup>39</sup> Siehe oben S. 7, bzw. Scheffers, 1865, S. 116.

<sup>40</sup> Anm.: Der Grobputz wurde als einlagiger Feinputz mit einer maximalen Körnung von 3 mm aufgetragen. Dieser entspricht dem Einlagen-Mörtel der Sengtschmidkapelle.

<sup>41</sup> Siehe Glossar.



Abbildung 14: Korbkalkglätte im Sockelbereich<sup>42</sup>

Salzdruck und Feuchtigkeit sehr empfindlich, sodass die zu erwartenden Schäden leicht ablesbar sein sollten.

Trotz einer Außentemperatur von 36 Grad und direkter Sonneneinstrahlung wurde die Glätte bewusst nicht nachgenässt, sodass nach normalem Verständnis die Struktur völlig „verdurstet“ musste.

Danach wurde die Probestfläche zwei Jahre ungeschützt der Witterung ausgesetzt. Nachdem zwei Winter mit teils erheblichen Frost/Tauwechsel die Wand ausgiebig belastet hatten, wurde im Frühjahr 2014 die Musterfläche begutachtet und Proben davon für die erneute Laboranalyse entnommen.

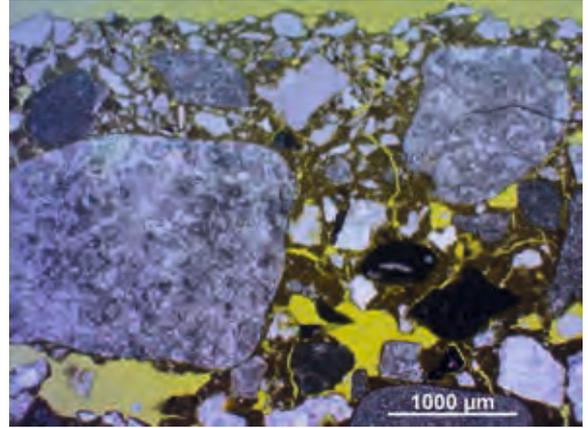
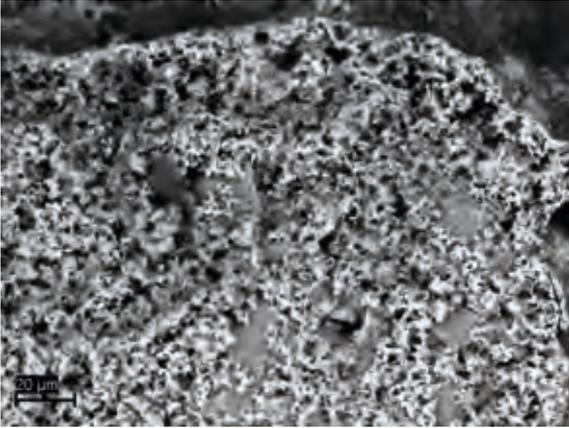
Hierbei zeigte sich der erstaunlich gute Zustand der Putzstruktur. Entgegen aller Lehrmeinungen war die Putzoberfläche absolut schadensfrei. Selbst die für den Sockelbereich gänzlich ungeeignete Kalkglätte war nahezu unverändert und wies weder Abplatzungen noch Ausblühungen auf.

Bei der Entnahme der Probestücke konnte der sehr große Porenraum und die harte aber poröse Konsistenz des Putzaufbaus festgestellt werden. Obwohl sich der Putz an der Wand sehr kompakt und fest zeigte, waren die Probestücke sehr leicht und konnten händisch zerrieben werden.<sup>43</sup>

Anschließend wurden die Verarbeitungsproben einer Laboranalyse unter

<sup>42</sup> Abbildung: alle, Photo des Autors 2012.

<sup>43</sup> Anm.: Dies entspricht auch der Duktilität eines modernen Sanierungsmörtels.

Abbildung 15: Makro-REM des Probefeldes<sup>44</sup>Abbildung 16: Dünnschliff-Mikroskopie<sup>45</sup>

worfen, wobei hierbei nun auch besonderes Augenmerk auf die Materialstruktur und die mögliche Aufnahmefähigkeit von schädlichen Mauerwerkssalzen gelegt wurde.

Die beiden Abbildungen 15 und 16 zeigen die Oberfläche der Probefläche im Rasterelektronenmikroskop (REM) links und einer Dünnschliff-Durchlichtmikroskopie rechts. Gut erkennbar ist in beiden Fällen der Aufbau des porösen Grobmörtels aus Heißkalkmörtel („heißer Speis“, hot mixed mortar)<sup>46</sup> mit der darüber liegenden, ca. 1 mm dünnen Glätte aus Korbkalk. Auch die Verdichtung des Materials durch das Anpressen mit der Kelle an der Oberfläche (oben) zeichnet sich ab.

Weiter bestätigt sich der bereits bei den Probekörpern festgestellte ungewöhnlich hohe Anteil an Schwundrissen und großen Makroporen.<sup>47</sup> Diese erreichen einen Durchmesser von 0,1–1 mm und sind im Gegensatz zu den kugelförmigen Strukturen moderner Luftporenbildner geometrisch unregelmäßig ausgebildet.

Die Porosität, die Schwundrisse und diese Poren führen zu einer großen kapillaren Durchlässigkeit des Putzes und sollten grundsätzlich als Kristallisationsraum für Schadsalze dienen können. So fanden sich bereits angelagerte Mauersalze in den Leerräumen, dennoch lässt ihr relativ geringer Anteil von 0,4% noch keine diesbezüglichen Rückschlüsse zu.<sup>48</sup>

<sup>44</sup> Abbildung: Pinter 2014

<sup>45</sup> Abbildung: Pinter 2014

<sup>46</sup> Vergl. auch: Wacha, 2011, S. 5ff.

<sup>47</sup> Anm.: Die Hohlräume sind in der Durchlichtmikroskopie mit Kunstharz gelb eingefärbt. In der REM-Aufnahme erscheinen sie schwarz.

<sup>48</sup> Anm.: Möglicherweise war der Belastungszeitraum der Probefläche oder die Intensität des Salztransportes noch zu gering.

Ein besonderes Rätsel ergibt sich durch den seltsamen Aufbau der Mikrostruktur des Korbkalks (Abb. 18–19), da dieser im Gegensatz zu herkömmlichen Sumpfkalken offenbar dazu neigt geometrische Körper in Form von Ringen oder scharfen Platten auszubilden. Ob diese Formen durch das mangelnde Reaktionswasser sowie die dadurch resultierende erhöhte Temperatur im Rahmen des Löschvorgangs oder erst durch spätere Prozesse wie Trocknung, Carbonatisierung, Rekristallisation, bzw. der Verarbeitung entstehen, wird das zentrale Thema der nächsten Untersuchungsreihe sein.

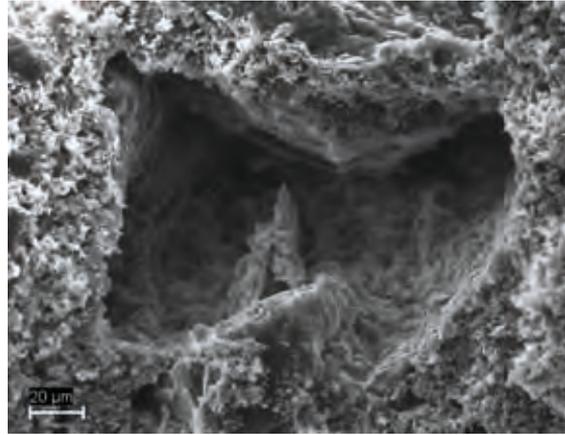


Abbildung 17: Makropore im REM<sup>49</sup>

So ist geplant im Herbst 2014 nun eine größere Versuchsserie sowohl unter Laborbedingungen als auch im Feldversuch umzusetzen. Da über dieses Thema bisher noch wenige wissenschaftliche Publikationen<sup>52</sup> zu finden sind, sollte ein breit angelegter Vergleich verschiedener Heiß-Mörtel mit unterschiedlichen Körnungen und Verarbeitungsmethoden die Grundlagen für weitere gezielte Einzeluntersuchungen liefern können.

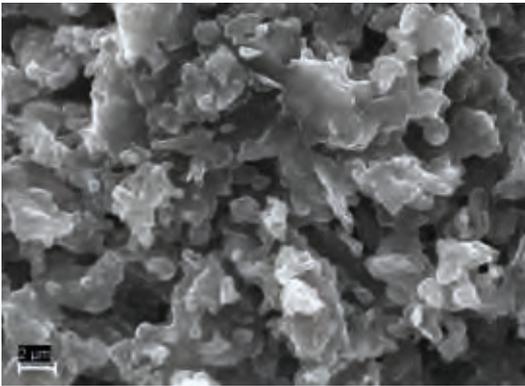


Abbildung 18: Mikro REM 1

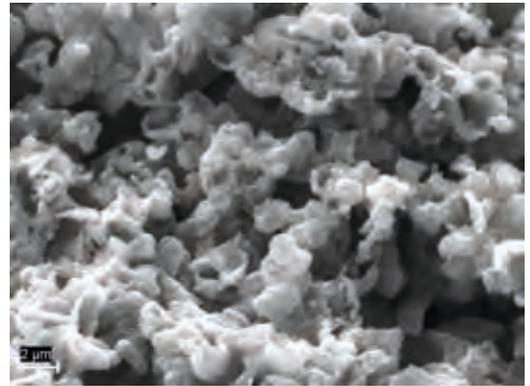


Abbildung 19: Mikro REM 2

49 Abbildung: Pinter 2014.

50 Abbildung: Pinter 2014.

51 Abbildung: Pinter 2014.

52 Vergl. z. B.: Valek, 2012, S. 269–281.

Ob sich jedoch aus den daraus gewonnen Erkenntnissen jemals eine konkrete Anwendung von „heiß“ gelöschten Kalken als Sanierputze oder Restaurierputze ableiten lässt erscheint grundsätzlich fraglich. Sowohl die Herstellung als auch die Anwendung widerspricht jeglicher gängigen Lehrmeinung bzw. technischen Norm und würde viele der bisher gepflegten Empfehlungen zur Sanierung von historischen Architekturoberflächen schlicht ad absurdum führen.

### Literaturverzeichnis:

- Eiden, Marku: Trockengelöschte Kalkmörtel in der Restaurierung, Vortragskriptum für die Tagung Seminaria Internacional der Asociacion De Restauradores Sin Fronteras, Cordoba, 2001
- Eisemann, Fritz: Kalklöschchen. Anleitung zum Löschen aller Kalkarten mit Berücksichtigung der Kalklagerung und der Mörtelbereitung., Kalkverlag Berlin., 1925
- Lebrun, F.M.: Der Steinmörtel, Praktische Anweisung den Steinmörtel im Allgemeinen besonders aber bei Bauten an und unter dem Wasser bei Gewölben etc. statt jeder anderen Art von Maurerarbeit mit Vortheil(!) zu benützen, Verlag Hübling, Ulm, 1837
- Mahans, H(?), Prof.: Grundzüge des Ingenieurwesens, Deutsch bearbeitet von Dr. Friedrich Schubert, Zweite verbesserte Auflage, B. Müllers Verlagshandlung, Stuttgart, 1853
- Maier, Josef: Trockenlöschchen, Erdlöcher und Sumpf, Historischer Kalk im Malerhandwerk in Der Maler und Lackierermeister 11, Verlag W. Sachon, Mindelheim, 2007
- Pintér, Farkas: Untersuchungsbericht Nr. 307–308/11, GZ. 13.073/1/2011, Heißkalkmörtel Sengstschmiedkapelle, Pechgraben, Abt. Konservierung und Restaurierung Bau- und Kunstdenkmalpflege- Naturwissenschaftliches Labor des Bundesdenkmalamtes, Arsenal Wien, 2011
- Pintér, Farkas: Untersuchung der Putzproben des Heißkalkmörtels Sengstschmiedkapelle, Pechgraben, Abt. Konservierung und Restaurierung Bau- und Kunstdenkmalpflege- Naturwissenschaftliches Labor des Bundesdenkmalamtes, Arsenal Wien, 2014
- Scheffers, A.(unb.): Handbuch des bürgerlichen und ländlichen Hochbauwesens in besonderer Berücksichtigung der Bau-Constructiionslehre (!) zum Gebrauch für Bauhandwerker, Verlag von E. Seemann, Leibzig, 1865
- Valek, Jan, Matas, Tomas: Experimental study of hot mixed mortars in comparison

- with in, lime putty and hydrate mortars in: RILEM Historic mortars: characterization, assessment and repair., 2012
- Versch. Autoren der Société nationale et centrale d' agriculture: Praktische Anleitung zum Gebrauch der besten Mittel gegen Brand des Getreides, in Hamm Wilheims: Agronomische Zeitung, achter Jahrgang, Nr. 41, Leipzig 1852
- Wacha, Robert: Dreckiger Kalk, Hydraulische Eigenschaften historischer Mörtel durch Verunreinigungen des Kalkbrands, in Denkmalpflege in Oberösterreich 2008/2009/, Verein Denkmalpflege in Oberösterreich (Hrsg.), Linz 2010
- Wacha, Robert: Der Donaukieselbrand von Prandegg, Untersuchung zur Zusammensetzung und Rekonstruktion des mittelalterlichen Mauermörtels der Burgruine Prandegg durch den experimentellen Nachbrand von Donaukies als historisches Ausgangsmaterial zur Baukalkherstellung, Krems, 2010
- Wacha, Robert: Die heiße Speis im Pechgraben, Anwendung und Analyse zur historischen Technik des Heißkalkmörtels an der Sengtschmidkapelle in Laussa, in Denkmalpflege in Oberösterreich 2010/2011, Verein Denkmalpflege in Oberösterreich (Hrsg.), Linz 2011
- Winnefeld, Frank, Dr.: Kalkputz in der Denkmalpflege, Vortrag WTA-CH-Seminar, Dübendorf 2005

### Personenverzeichnis:

- Maier, Josef, Dr. phil. : Dipl. Ing.(FH) Fachbereich, Architektur an der FH Coburg, ehem. Leiter der Abteilung Fortbildung am Deutschen Fortbildungszentrum für Handwerk und Denkmalpflege, Propstei Johannesburg, Fulda
- Mahans, H(?), Prof.: Professor der Militär und Civil-Baukunst an der Militärakademie der Vereinigten Staaten um 1850
- Pintér, Farkas (Autor) Dr., Msc: Geologe am Naturwissenschaftliches Labor des Bundesdenkmalamtes, Arsenal Wien
- Wacha, Robert (Autor) DI (Fh), Msc: Baudenkmalpfleger am Landeskonservatorat Oberösterreich des Bundesdenkmalamtes
- Winnefeld, Frank, Dr.: Professor für Baustoffkunde an der ETH Zürich, Forschungsleiter im Bereich Beton und Bindemittel der Empa

**Glossar:**

- Diffusionsoffenheit: Positive Fähigkeit zur Wasseraufnahme, -abgabe und Dampfdurchlässigkeit
- Duktilität: Positive Plastizität eines Werkstoffs, die Eigenschaft sich bei Überbelastung stark plastisch zu verformen
- Dünnschliffmikroskopie: Untersuchung dünner (einige 1/100 mm) Mineral- und Gesteinsplättchen, sog. „Dünnschliffe“ im durchfallenden polarisierten Licht (Durchlicht) unter dem Mikroskop (Polarisationsmikroskop). Die Dünnschliffmikroskopie ist ein wichtiges Untersuchungsverfahren der Mineralogie und der Petrologie.<sup>53</sup>
- Einsumpfen: Einlagern des gelöschten Kalks in Gruben oder Wannen mit Wasserüberschuss
- Fett: hoher Anteil von CaO im Gestein
- Glätte: mit der Kelle angepresste glatte Fläche aus Sumpfkalk, wird durch Anpressen verdichtet, historisch gebräuchliche Oberflächentechnik
- Glätten: abstreichen des Mörtels mit der glatten Fläche der Kelle
- Grobmörtel: unterste Putzschicht, meist mit groben Zuschlag (bis 12 mm)
- Heiße Speis: Heißkalkmörtel, warmer Mörtel aus frisch gelöschtem Sumpfkalk.  
Maurersprache
- Heißkalkmörtel: unmittelbar nach dem Löschen zu Mörtel warm verarbeiteter Kalk
- HL: hydraulic lime, hydraulischer Kalk, Zusatzstoff um Kalkmörtel stark hydraulische Abbindeigenschaften sowie hohe Festigkeit und Dichte zu verleihen, in den Härtegraden HL 2 bis NHL erhältlich.
- Kalkhydrat: pulverförmiger teilgelöschter Branntkalk, auch teils als „alter Bodenkalk“ oder „Staubkalk“ in der Landwirtschaft bekannt, modernes Kalkhydrat wird heutzutage durch das Einblasen von Dampf in eine Wolke von gemahlenen Branntkalkpulver erzeugt und ist daher aufgrund der anderen Zusammensetzung von gelöschten und nicht gelöschten Anteilen nicht mit historischen Kalkhydrat vergleichbar.
- Kalksinterschicht: verhärtete Schicht durch Carbonatanlagerung an der Fuge
- Kalkspatzen: Kalkbrocken im Mörtel
- Kalktreiber: noch reaktive Kalk-Teile im Mörtel
- Korblöschchen: Löschtechnik, Löschen von Brandkalk durch kurzes Eintauchen in Wasser
- Mager: niedrigerer Anteil von CaO durch Anteile von anderen mglw. hydraulischen Stoffen im Rohstoff (nur in der historischen Literatur)

---

53 Mineralienatlas.de, 2010

Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ):  $10^{-6} \text{ m} = 0,000.001 \text{ m}$ , ein Tausendstel Millimeter,

NHL: natural hydraulic lime, natürlich hydraulischer Kalk, NHL: aus silikatischen Kalksteinen (z. B. Kalkmergel) gebranntes Kalkbindemittel mit hydraulischen Eigenschaften, in den Härtegraden NHL 2 bis NHL 5 erhältlich.

Petrologie: Gesteinskunde

Rasten: Lagern des frisch gelöschten Kalks zum vollständigen Ablöschen

REM: Rasterelektronenmikroskop, hochauflösendes Mikroskop auf der Basis eines Elektronenstrahls, der bildgebend über die Oberfläche des zu untersuchenden Objektes geführt wird. REM-Aufnahmen sind Schwarzweiß-Aufnahmen mit großer Tiefenschärfe.

Röntgenanalyse: Materialprüfung mittels Röntgenstrahlung (aus der Mineralogie)

Röntgendiffraktometrie = X-Ray-Diffraktion = XRD: Die XRD ist ein Verfahren, das Informationen über die Kristallstruktur, kristalline Defekte, Substratorientierungen oder mechanische Spannungen im mikroskopischen Bereich liefert. Ein wichtiges Einsatzgebiet ist die röntgenografische Phasenanalyse von Festkörpern zur Bestimmung der Bestandteile in Kristallmengen. Die Untersuchungen können zerstörungsfrei durchgeführt werden.

taub: nicht reaktiv, unlöschbare Teile des Kalkbrands

Trockenlöschen: Löschtechnik, gemeinsames Löschen von Sand und Brandkalk in aufeinander geworfenen Schichten

Verbrennen: Löschen von Branntkalk mit zu geringem Wasseranteil

Verdursten: Abbinden von Kalkmörtel mit zu geringem Wasseranteil

Weiterarbeiten: Quellen von reaktiven Kalkteilen im verarbeiteten Mörtel, Verzögertes Ablöschen im Putz

$\mu\text{m}$ : Mikrometer