Organische Zusatzmittel in historischen Mörteln

Dr. Frank Rauschenbach, Maxit-Baustoffwerke, Krölpa

Ausgehend von qualitativen Nachweisreaktionen an Probenmischungen mit definierten Gehalten klassischer Zusätze, wie Eiweiß, Casein oder Wein, können mit der Hochdruck-Flüssigchromatographie (HPLC) die Zusatzmittel in historischen Mörteln quantifiziert werden.

§. 29.
Frisch gebrannter Kalk in Ochsenblut gelöscht und mit Ziegelmehl vermengt, gibt ebenfalls einen wasserfesten Cement.
Desgleichen auch frischer lebendiger Kalk und Theer mit Ziegelmehl vermischt.
Lebendiger Kalk auf Ziegelmehl und Hammerschlag zu gleichen Theilen gelöscht, gibt einen festen Mörtel.

Abb. 1: Ochsenblut und Teer als Zusatzmittel; Originaltext von 1861.

Die Rekonstruktion historischer Bauwerke strebt den Erhalt und die originalgetreue Sanierung der Gebäude an. Das gilt nicht nur für die architektonischen Bereiche, sondern betrifft auch baustoffliche Fragen, z. B. die Auswahl geeigneter Baumaterialien als Bindemittel und Zusätze von Mörteln.

Zur exakten Nachstellung „historischer" Mörtel sind Analysen von Bindemitteln, Zuschlagstoffen und Zusätzen des Originals erforderlich, da Rezepturen für Mörtelmischungen aus den entsprechenden Bauperioden meist nur mündlich weitergegeben wurden. Die dabei als Zusätze verwendeten organischen Substanzen waren überwiegend Lebensmittel, die z.B. in Naturstoffe (Kartoffelstärke, Eier) und Carbonsäuren (Weinsäure, Fette) eingeteilt werden können.

Sanierungskonzepte für die Rekonstruktion historischer Bauwerke sehen häufig vor, die Baumaterialien möglichst originalgetreu nachzugestalten. In der Denkmalpflege besteht allgemein das Bestreben, korrodierte und defekte Mauer- und Mörtelpartien durch originalgetreue Materialien zu ersetzen. Fehlen dabei schriftlich niedergelegte Rezepturzusammensetzungen, muß versucht werden, diese durch Analyse von Originalmörtelresten zu ermitteln.

Historische Mörtel, d.h. Mauer- und Putzmörtel, die bis etwa Mitte unseres Jahrhunderts hergestellt wurden, sind meist reine bis schwach hydraulische Kalkmörtel, oft mit Gipsanteilen. Der Zusatz organischer Stoffe wie Eier, Zucker, Milch, Essig, Wein, Blut und Quark verbesserte nicht nur die Verarbeitbarkeit und das Aussehen, sondern auch die Festigkeit und die Beständigkeit der Mörtel. Rezepturen wurden in der Regel mündlich weitergegeben.

Die erste Veröffentlichung, die Hinweise zur Anwendung organischer Zusätze enthält, sind die zehn Bücher des römischen Architekten Marcus Vitruvius (13 v. Chr.) über die Baukunst, die H. Rivius übersetzt hat (Nürnberg 1548). Erste analytische Untersuchungsergebnisse über die Zusammensetzung alter Mörtel wurden Anfang des 19. Jahrhunderts mitgeteilt (z. B. Schwarze 1818, Wrede 1819).

Die Verwendung von Mörtel und Zusätzen ist seit dem klassischen Altertum bekannt. In die Bauperiode der Griechen fallen die wahrscheinlich erstmals verwendeten und nachgewiesenen Zusätze in Form von Schneckengehäusen. Unklar ist jedoch noch heute die Frage, ob die Meeresschnecken direkt für die Herstellung von Branntkalk verwendet wurden (die Griechen sollen schon 400 v. Chr. aus Seemuscheln Kalk gebrannt und mit Sand vermischt haben, Urbach 1923) oder als Magerungsmittel neben Sand und Kies dienten.

Untersuchungen von Rathgen (1911) an Mörteln mit Schnecken ergaben einen erhöhten Phosphatanteil im Mörtel. Bei der Angabe der Analysenergebnisse von Mörteln des Pergamon-Palastes erwähnt er, daß diese als „Magermittel außer Sand und Kiesel noch Gehäuse von Meeresschnecken (wahrscheinlich Murex brandaris) enthalten". Bei der Deutung seiner Analysenergebnisse vermutet er, daß die Phosphate auf Eiweißreste der Meeresschnecken zurückzuführen sind und der sehr harte Stein auf die Bildung von Calziumalbuminat hinweist.

Einige Beispiele zur Verwendung von organischen Zusätzen zeigen Abb. 1 sowie Tab. 1 und Tab. 2.

Auch Plinius, ein Gelehrter der römischen Baukunst, beschreibt im Kapitel 23 der „Naturgeschichte" (Übersetzung 1854) Zusätze zum Mauer- und Fugenmörtel in Griechenland: „Aus frischem Kalke wird die maltha (eine Art Fugenkitt, d. A.) bereitet, indem man einen Klumpen in Wein löscht, darauf mit Schweineschmalz und Feigen stößt und so doppelt mildert. Dieser Stoff ist der zäheste von allen und übertrifft die Härte des Steines."

Eine andere Stoffgruppe zur Erreichung von Hydraulizität, besserer Verarbeitbarkeit und Feuchteschutz ist organischer Natur. Überliefert ist die Baukalkherstellung aus Eier- und Muschelschalen mit Inhalt, die Zumischung von Blut und Eiern und die Verwendung von Wachsen und Ölen (Ziegler 1776, Scheidegger 1990).

Während der Zeit der Gotik (1150–1500) entwickelten sich wiederum ausgefeilte Bau- und Mörteltechniken. Der Natursteinbau war nicht mehr aus einem festen Verbund in geordneter Musterung aufgebaut,

Naturstoffe
Kohlenhydrate
Monosaccharide
Fructose
Oligosaccharide
Saccharose
Polysaccharide
Stärke/Cellulose
Proteine
Hühnereiweiß, Blut
Proteide
Casein
Lipide
Fette und Öle
Carbonsäuren
Monocarbonsäuren
Essigsäure
Dicarbonsäuren
Weinsäure
Tricarbonsäuren
Citronensäure

Tab. 1: Einteilung der organischen Zusätze.

sondern basierte auf Fugen-, Außen- und Innenmörteln.

Bekannt sind aus dieser Zeit Wochenrechnungen beim Bau der Wenzelskapelle des Prager Domes, in denen der Verbrauch von mehreren Dutzenden „Groschen" zur Eierbeschaffung im Zeitraum August bis September 1373 beschrieben werden.

Anfang dieses Jahrhunderts begann man, den Spekulationen über die Wirkung verschiedener Mörtelsysteme und deren Zusätze mit exakten chemischen Analysen und dem Nachstellen der Mörtel einen wissenschaftlichen Hintergrund zu verleihen. Zahlreiche Autoren (Neumann 1916), aber auch private Institutionen, widmeten sich diesen Fragestellungen. So konnte der „Deutsche Heimatbund e.V." in seiner Schrift „PUTZ" Rezepte über den Einsatz von Eiweiß und Zucker veröffentlichen.

Zusatzmittel werden heute hauptsächlich in Form von verzögernden und verflüssigenden Komponenten den Mörteln zugesetzt (rund 80 % der Mörtel von maxit werden als modifizierte Bindebaustoffe angeboten). Hinzugekommen sind synthetische Produkte der chemischen Industrie, welche die Hydrophobizität und die Wasserretention verbessern.

Der Gehalt an chemischen Zusatzmitteln in Mörteln liegt bei handelsüblichen Produkten zwischen 0,05 und 2 Massenprozent. Zunehmend werden in der Praxis auch mehrere Mittel gleichzeitig eingesetzt, wobei jedoch mögliche Wechselwirkungen beachtet werden müssen. Haupteinsatzgebiet für modifizierte Kalk- und Gipsbinder ist der maschinelle Innenausbau, d. h. der Einbau von Estrich, Decken- und Wandputz sowie deren Sanierung in historischen Gebäuden.

ZUSATZMITTEL UND IHRE CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

Zusatzmittel können in anorganische und organische Verbindungen eingeteilt werden. Die in diesem Artikel betrachteten organischen Verbindungen lassen sich in die beiden Gruppen Naturstoffe und Carbonsäuren einteilen (Tab. 1).

Bei den im folgenden beschriebenen Untersuchungen zum qualitativen Nachweis und zur quantitativen Bestimmung von Zusätzen wird diese Einteilung zugrunde gelegt.

QUALITATIVER NACHWEIS VON ZUSÄTZEN

Zur Erprobung der Nachweisreaktionen wurden zunächst Labormodellmörtel mit definierten Zusatzgehalten hergestellt.

Nachweis von Kohlenhydraten

Die Kohlenhydrate im Mörtel wurden durch Zugabe von Diphenylaminreagens nachgewiesen. Dafür wurden ca. 100 mg des Mörtels auf einer Tüpfelplatte mit 2 Tropfen Diphenylaminreagens (3,75 g Diphenylamin in 150 mL Eisessig und

Zusatz	chem. Aufbau
Kartoffelstärke	Polysaccharid
Zucker	Disaccharid
Hühnerei	Proteine
Schweineblut	Serumprotein
Casein	Proteide
Schweineschmalz	Triglyceride
Calciumacetat	Monocarbonsäure
Natriumtartrat	Dicarbonsäure
Lithiumcitrat	Tricarbonsäure

Tab. 2: Die für die Herstellung der Labormodellmörtel verwendeten Zusätze; jeweils sechs Proben mit 0,1–2,5 Massenprozent Zusatzstoff.

Washer und Dispenser

Wascher und Dispenser in einem Gerät ist der SkanWash 300: 96 Kavitäten der Mikrotiterplatte werden gleichzeitig, schnell und gründlich gewaschen bzw. präzise befüllt.

Der SkanWash 300 ist vielseitig einsetzbar als Mikrotiterplatten-Waschgerät für ELISA, als Coombs-Wascher, Wascher für Magnetantikörpertests oder auch als schneller Dispenser zum Befüllen oder Beschichten von Mikrotiterplatten.

10 Programmspeicher für Anwenderprogramme sind frei belegbar. Absaugzeit, Waschdauer und Einweichzeit und das Waschvolumen (100 bis 1000 µl) sind frei wählbar. Die Programmierung ist einfach, alle notwendigen Programmeingaben werden am Display abgefragt. Für den Routinebetrieb genügt ein einfacher Knopfdruck.

Der aktive Plattenaufzug sorgt für eine präzise Positionierung der Kanülen beim Befüllen und Absaugen. Der Plattenaufzug führt die Platte gemäß dem Flüssigkeitsspiegel nach, sodaß immer von der Flüssigkeitsoberfläche abgesaugt wird. Das garantiert ein hervorragendes Waschergebnis und verhindert Kontamination durch Überlaufen.

Durch Ankuppeln des SkanStackers wird der SkanWash 300 zu einem vollautomatischen Wascher oder Dispenser, der selbsttätig 10 oder 25 Platten abarbeitet.

25 Jahre Erfahrung, die man kaufen kann · 25 Jahre Erfahrung, die man kaufen kann · 25 Jahre Erfahrung, die man kaufen kann · 25

ZINSSER ANALYTIC
Eschborner Landstraße 135
60489 Frankfurt am Main
Telefon (069)789106-0
Telefax (069)789106-80

90 mL konzentrierte Salzsäure) vermischt. Trat bei vorsichtigem Erwärmen Türkisfärbung ein, so waren Polysaccharide im Baustoff vorhanden.

Nachweis von Stärke

Zum Nachweis der Stärke im Mörtel wurde die Jod-Stärke-Reaktion angewendet, bei der eine Blaufärbung infolge Bildung eines Jod-Stärke-Komplexes (Einlagerung der Jod-Moleküle in die Spiralstruktur der Stärke) eintritt. Amylose ergibt eine blaue und Amylopektin eine violette Färbung. Der Nachweis erfolgte bei neutralem pH-Wert und Zimmertemperatur. Die Kalkreste im carbonatisierten Kalkmörtel mußten mit 0,01 N Schwefelsäure neutralisiert werden, danach wurde Jod/Jodkalium-Lösung zugetropft.

Nachweis von Zucker

Für den qualitativen Nachweis von Zucker in Mörteln wurden die Nachweisreaktionen von Molisch genutzt (zitiert nach Acker 1968). Die einfache und spezifische Ausführung der Reaktion mit α-Naphthol und Schwefelsäure (deutliche Färbung, keine Störung durch gleichzeitg anwesende Stärke) erfolgt direkt am Mörtel, erfordert aber durch die entstehende Wärme bei der Kalkneutralisation ein vorsichtiges Arbeiten.

Nachweis von Proteinen

Für den Nachweis von Proteinen sind zahlreiche Farbreaktionen bekannt. Die Nachweise sind spezifisch für bestimmte Aminosäuren. Die Farbreaktionen zum Nachweis von Eiweißstoffen (Biuret-, Xanthoprotein- und Ninhydrin-Reaktion) sind weitestgehend für bestimmte Eiweiße spezifisch.

QUANTITATIVE BESTIMMUNG ORGANISCHER ZUSÄTZE

Zur quantitativen Bestimmung nachgewiesener organischer Beimengungen wurden die Eichkurven der Stoffe anhand der Modellmörtel ermittelt.

Bei Eiweißen wurde ein externer Standard zur Bestimmung verwendet, da durch den geringen Gehalt an Aminosäuren im Mörtel der AS-Standard nicht als interne Vergleichssubstanz angewendet werden konnte.

Allgemeine Probenvorbereitung und Bestimmungsmethoden

Etwa ein halbes Prisma der jeweiligen Mörtelprobe (ca. 3 cm^3) wurde in einer Reibschale zerkleinert und die größeren Zuschlagstoffkörner mittels eines 0,08 mm-Siebes abgetrennt. Für die weiteren Untersuchungen wurde dieser Siebdurchgang verwendet und je nach den zu bestimmenden organischen Beimengungen mit den entsprechenden Lösungsmitteln behandelt. Die erhaltenen Lösungen waren Grundlage der quantitativen Bestimmung.

Als Bestimmungsmethoden eignen sich die Photometrie und die hochauflösende Flüssigkeitschromatographie (HPLC-Anlage von Knauer, Berlin).

HPLC-Analysen

Stärke

Zur Bestimmung der Stärke konnte die blaue Farbe des Jod/Jodkalium-Stärkekomplexes herangezogen werden. Eine andere Möglichkeit bestand darin, die Kohlenhydrate in Lösung zu bringen und durch HPLC zu trennen. Stärke im Mörtel wurde mit DMSO als Lösungsmittel extrahiert. (1 g der Probe wird in einem Rotationsverdampfer mit 10 mL einer 10 %igen wäßrigen DMSO-Lösung versetzt und 8 h bei 60 °C extrahiert. Nach der Extraktion wird durch eine Mikro-Membran filtriert [0,45 mm] und werden 250 mL injiziert.) Als Detektor dient ein Refraktometer (RI-Detektor).

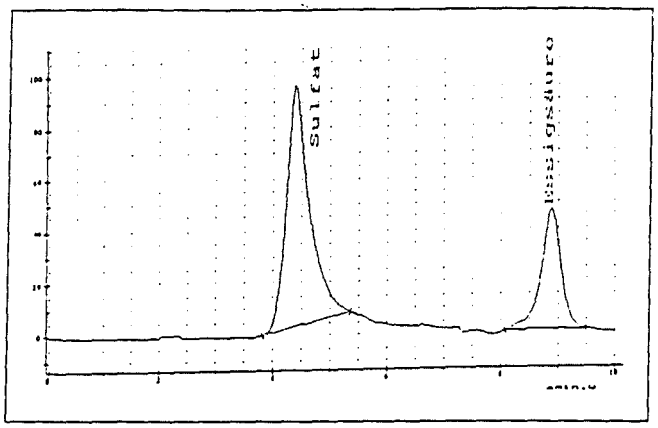
Zucker

Zuckerkalk (entsteht bei Einwirkung von Alkalihydroxiden) ist wie Zucker wasserlöslich und läßt sich aus Mörtel mit Wasser als Lösungsmittel extrahieren. (Zur Extraktion wurden 5 g der Probe mit ca. 50 mL destilliertem Wasser versetzt und in einer Soxhlet-Apparatur 8 h extrahiert. Anschließend wurde die Lösung auf 10 mL im Rotationsverdampfer eingeengt, durch eine 0,45 mm-Membran filtriert, chromatographiert und im UV detektiert.)

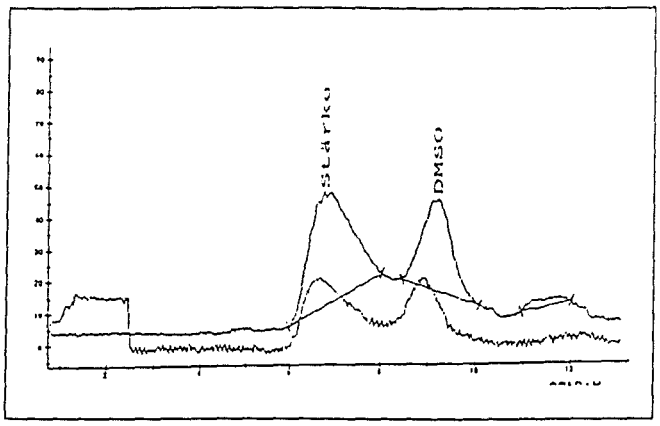
Eiweiße

Proteine und Proteide können direkt als Biopolymere oder durch Ermittlung ihrer Zusammensetzung (Aminosäuresequenz) quantitativ bestimmt werden (Zu Höhne 1990). Für chromatographische Bestimmungen ist eine Derivatisierung notwendig. Die HPLC-Analyse der Eiweiße im Baustoff (mittels UV-Detektion) er-

PSE-Master
Chemie und Randgebiete programmiert wiederholen
Der PSE-Master ist die erste Software in der Chemie zum Wiederholen von Wissen, die unter Windows arbeitet. Zum Lieferumfang gehören mehrere Datenbanken verschiedener Gebiete mit je 50 Fragen. Darin kommen offene sowie programmierte Fragen mit einer oder mehreren richtigen Antworten vor. Falls eine Frage mal nicht beantwortet werden kann, so erscheinen per Mausklick Informationen, die oft mit Zeichnungen oder Bildern ausgestattet sind. Es können vier „Spieler" mitmachen; bei Abbruch oder am Ende erhalten sie eine korrekte Statistik. Mit dem mitgelieferten Editor kann jeder Anwender eigene Fragen- und Info-Bänke aufbauen. Preis: DM 110,– + MwSt. und Versandkosten.
UMSCHAU SOFTWARE
Fordern Sie weitere Informationen an
Postfach 11 02 62 60037 Frankfurt/M
Tel. 069/26 00-680 Fax 069/26 00-679
Technische Hotline: Tel. 02304/8 18 54



Applikation 1: Essigsäurebestimmung in Gipsmörtel.



Applikation 2: Zwei Analysen von Stärke in Gips- und Kalkmörtel.

folgte nach Aufschluß mit 6 n HCl bei 120 °C (Hydrolyse). Dabei wurde 1 g der gesiebten Probe in ein verschließbares, druckfestes Probengefäß gegeben und mit 10 mL einer 6 n HCl versetzt. Nach Beendigung der CO_2-Entwicklung wurde das Gefäß verschlossen und die Probe 24 h bei 120 °C behandelt. Nach der Abkühlung erfolgte die Anreicherung der Hydrolysate durch Festphasenextraktion mittels eines Baker-Systems. Dazu wurden Säulen, die mit aromatischen Sulfonsäuren ($C_8H_5SO_3H$) gepackt sind, verwendet.

Das salzsaure Eluat der Festphasenextraktion wurde für die Derivatisierung der Aminosäuren genutzt. Dabei sind die einzelnen Aminosäuren durch Phenylisothiocyanat (PITC) umgesetzt und im UV-Bereich gemessen worden.

Für die Baustoffbestimmungen wurde das PITC-Verfahren als Vorsäulenderivatisierung in folgenden Teilschritten angewendet:

– 20 mL der Probe werden 15 min unter Vakuum bei 40 °C getrocknet

– Zugabe von 10 mL eines Gemisches von Ethanol, Wasser und Triethylamin [40, 40, 20 (v/v)], vermischen und trocknen, 15 min unter Vakuum bei 40 °C

– Zugabe von 20 mL eines Gemisches von Ethanol, Wasser, Triethylamin und Derivatisierungsmittel PITC [70, 10, 10, 10 (v/v)]

– Reaktion bei Zimmertemperatur 10 min, anschließend Trocknung unter Vakuum bei 40 °C, 40 min

– Zugabe von 500 mL einer Mischung von Acetonitril und Wasser im Verhältnis 2 : 7

– HPLC-Analyse.

Chromatographische Bedingungen der Eiweißbestimmung waren:

Säule: PTH-Vertex, 240 x 4 ID, 5 mm; Eluent: A = 0,14 m NaOAc, 0,4 mL/L Triethylamin, Einstellen mit Essigsäure pH 6,4, B = $MeCN/H_2O$ = 6/4 (v/v);

Gradient: 0–2 min:
93 % A + 7 % B,

– 16 min: 49 % A + 51 % B,

– 22 min: 0 % A + 100 % B;

Flußrate: 0,8 mL/min; Detektor: UV 254 nm; Temperatur: 52 °C; Injektionsvolumen: 50 mL.

Zur Identifizierung der Aminosäuren im Mörtel wurde ein Aminosäurestandard von Sigma-Chemie, Deisenhofen, verwendet.

Fette

Die Detektion von Fetten erfolgte mittels Refraktometer. Nach dem Durchlauf ergaben sich Kurven, die zwei Maxima enthielten. Bedingungen waren dabei: Säule: Hypersil WP 300-10, 250 x 4 ID; Eluent: H_2O; Gradient: keiner, isokratischer Lauf; Flußrate: 0,2 mL/min; Detektor: Refraktometer; Temperatur: 60 °C; Injektionsvolumen: 50 Mikroliter.

Die Ergebnisse der Messungen zeigen die Chromatogramme.

Hydroxycarbonsäuren

Wein- und Citronensäure bilden mit Ca-Ionen schwerlösliche Salze (Brockner 1992) und müssen durch einen schwefelsauren Aufschluß mit 2 n H_2SO_4 gelöst werden.

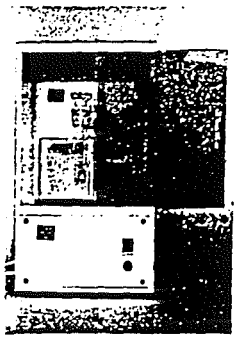
Die quantitative HPLC-Bestimmung der Hydroxycarbonsäure erfolgte im UV-Bereich bei 210 nm nach

NEU

GGM - Aufschlußgerät
modifiziert nach Schöniger

Verbrennungsgerät nach der Schöniger-Aufschluß-Methode für die analytische Bestimmung von Hetero-Elementen in organischen Verbindungen wie F, Cl, Br, J - S, P.

- Neuer Probenhalter mit langer Lebensdauer
- Indirekte Außenzündung mit fokussierter Lampe, daher keine Stromdurchführung im Mendrenbereich
- kurze Aufschlußzeit (ca. 20 Sek.)
- Gefahrloses Arbeiten durch funktionelle Sicherheit des Gerätes
- Einfacher Reinigungs- und Spülvorgang
- Maximale Probeneinwaage 30-50 Milligramm



Greiner und Gaßner GmbH
Glastechnik

Glas-Apparatebau
Glas-Metall-Verbindungen
Quarz
Hochvakuumtechnik
Meßgeräte

Dachauer Straße 233
80637 München
Telefon 089/1577840
Telefax 089/154701

einer Protonenaustauschersäule. Bei Carbonsäuren ergaben sich unterschiedliche Retentionszeiten, und somit konnten diese eindeutig zugeordnet werden. Es wurde dabei 1 g des ausgesiebten Probenmaterials in einem Erlenmeyerkolben vorsichtig mit 10 mL 2 n H_2SO_4 versetzt und 1 h am Rückflußkühler gekocht. Nach Abkühlen der Lösung wurde zentrifugiert und die überstehende klare Lösung zur Messung vorbereitet. Chromatographiebedingungen dafür waren: Säule: Eurokat H, 300 x 4 ID, 8.

Probe	Nachweis	Ergebnis
02	Ninhydrin	Rotfärbung am Mörtelrand
06	Konz. HNO_3	gelber, flockiger Niederschlag
14	Konz. HNO_3	gelber, flockiger Niederschlag
16	Vanillin/H_2SO_4	Violettfärbung am Mörtelrand
	EAH/Pyridin	Rotfärbung der Lösung

Tab. 3: Positive Zusatzmittelnachweise an Originalmörteln.

ERGEBNISSE DER ZUSATZMITTELANALYSE

Mit den beschriebenen Nachweis- und Bestimmungsmethoden wurden einhundert verschiedene Mörtelproben aus den Jahren 1200 bis 1950 auf organische Zusätze untersucht. Die Zusatzmittelanalyse wies dann bei vier von vierzig ausgewählten historischen Mörteln Zusätze nach (Tab. 3).
Die Nachweise erfolgten an den Originalmörteln. Bei den Mörtelproben ohne Zusatz verliefen die Nachweise wie bei den Blindproben der Analysenvorschriften.
Nach den quantitativen Analysen (siehe vorherige Ausführungen) bestätigten sich bei den vier der einhundert historischen Mörtel die Vermutungen, daß dreimal Einweißsubstanzen und einmal Citronensäure vorhanden waren.

Literaturliste beim Autor: Dr. F. Rauschenbach, maxit, Brandensteiner Weg 1, 07387 Krölpa.

- Zur exakten Nachstellung „historischer" Mörtel sind Analysen von Bindemitteln, Zuschlagstoffen und Zusätzen des Originals erforderlich, da Rezepturen für Mörtelmischungen aus den entsprechenden Bauperioden meist nur mündlich weitergegeben wurden. Die dabei als Zusätze verwendeten organischen Substanzen waren überwiegend Lebensmittel, die in Naturstoffe (Kartoffelstärke, Eier) und Carbonsäuren (Weinsäure, Fette) eingeteilt werden können.
- Für die Analyse dieser „klassischen" Zusätze werden die Proben in einer Reibschale zerkleinert und homogenisiert. Durch bestimmte Farbreaktionen lassen sich alle in Frage kommenden organischen Zusätze im Mörtel qualitativ nachweisen.
- Die HPLC-Untersuchung setzt eine Lösung der Zusätze voraus. Zur Vorbereitung der HPLC-Untersuchungen sind Methoden vorhanden, mit denen mögliche organische Zusätze aus den Mörteln quantitativ extrahierbar sind: Soxhlet, Rotationsverdampfer, Schüttel- und Rührmaschinen.
- Als geeignete Lösungsmittel erweisen sich Wasser, Dimethylsulfoxid, Salz- und Schwefelsäure sowie Gemische aus Acetonitril und Isopropanol.
  Festphasenextraktion kann die Zusatzmittel anreichern.
- Die HPLC ist zum Nachweis sehr geringer organischer Zusatzmengen in Kalk- und Gipsmörteln besonders geeignet.

Erhöhen Sie Ihre Verkaufschancen!
CLB-Bezugsquellenverzeichnis
Das Bezugsquellenverzeichnis CLB ist ein beliebter Einkaufsnachweis für unsere Leser. Bestellen Sie heute noch Ihren Eintrag per Fax: 069/2600-609. Selbstverständlich drucken wir auf Wunsch auch Ihr Firmenlogo ab. Bei kostenloser Wahl des Stichwortes berechnen wir pro Zeile nur DM 8,40 (zzgl. MwSt.).