



Amtliche Materialprüfungsanstalt (MPA Bremen)

Paul-Feller-Str. 1
28199 Bremen
☎ 0421 / 53708 0
📠 0421 / 53708 10
mail@mpa-bremen.de
<http://www.mpa-bremen.de>

UNTERSUCHUNGSBERICHT COBURG "KIRCHE ST. MORITZ" VOM 19.03.91 MIT DEM LABORMOBIL

Sachbearbeiter im Labormobil: Schlütter, Vitek

Zusammenfassung

Im Bereich der N-Fassade der Kirche St. Moritz in Coburg wurden folgende Proben zur Analyse entnommen:

(A) 6 Salzproben

Alle Salzproben stammen aus einer Höhe von ca. 1 m über Bodenniveau. Bei fünf der untersuchten Proben handelt es sich um MgSO₄-Salz (C 1-5), die 6. Probe ist eine Gipsprobe (C-6). Vermutlich ist die Salzbelastung die Folge aufsteigender Bodenfeuchtigkeit.

(B) 2 Steinbohrkerne

Beide Sandstein-Bohrkernproben zeigen Gipsbelastung und hohe Porosität. Dabei ist das lockere Gefüge der einen Bohrkernprobe auch an der Oberfläche zu beobachten (Nr.8), der andere Sandstein hat eine teilweise verschlossene Oberfläche (Nr.16). Ein vermuteter Ton-Porenfilm im Inneren der Sandsteinproben konnte in beiden Fällen nicht nachgewiesen werden, obwohl dies bei dem Sandstein mit verschlossener Oberfläche (Nr.16) vom optischen Eindruck her vermutet wurde.

(C) Mörtelproben

Alle sieben Mörtelproben scheinen eine zementgebundene Bindemittelmatrix zu besitzen. Bei den Zuschlägen handelt es sich in erster Linie um Quarz und Feldspat, Dolomit als Zuschlag wurde nicht gefunden. Eine Probe (M-6) enthält zusätzlich bis zu ca.1 mm lange leistenförmige Eisenpartikel als Zuschlag.

In vier Mörtelproben konnte Gips nachgewiesen werden (M 1, 2, 5, 7). Dabei ist bei zwei Mörteln der Gipsbelag nur äußerlich nachzuweisen (M 2, 5), bei den anderen zwei Mörteln ist eine Gipsanreicherung im Inneren zu verzeichnen (M 1, 7). Bei einer der zuletzt genannten Probe (M-7) scheint der Gips vollständig anstelle des Bindemittels getreten zu sein.

In allen Proben wurde in unterschiedlichem Ausmaß Rißbildung und hohe Porosität beobachtet, besonders stark bei der Probe mit höchster Gipsbelastung.

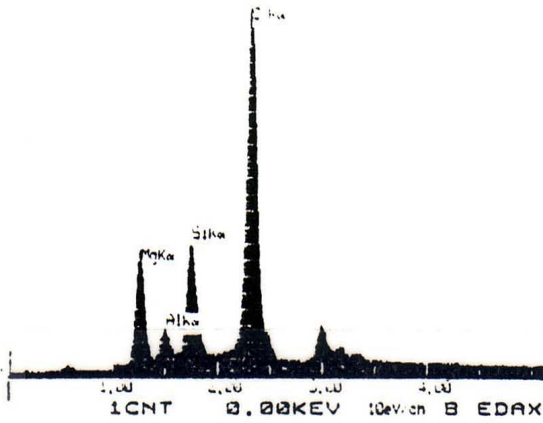
Untersuchungsmethoden

Alle Proben wurden für die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung präpariert und mit Silber besputtert. Dabei wurden die Salz- und Bohrkernproben auf Al-Präparathalter fixiert, die Mörtelproben wurden in Epoxidharz (Spurr) eingebettet und Anschnitte angefertigt.

Für die Untersuchungen wurde die Stereo-Auflichtmikroskopie (SteMi) eingesetzt, die unter anderem wichtige Farbinformationen liefert. Außerdem erfolgte eine Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM). Diese liefert besonders mit Hilfe des Rückstreuelektronen-Signals (RE) eine Differenzierung der enthaltenen Elemente durch unterschiedliche Helligkeit aufgrund der Abhängigkeit von der Ordnungszahl. Daneben kann hier durch energiedispersive Röntgenmikroanalyse (EDX) eine punktweise Identifizierung vorgenommen werden.

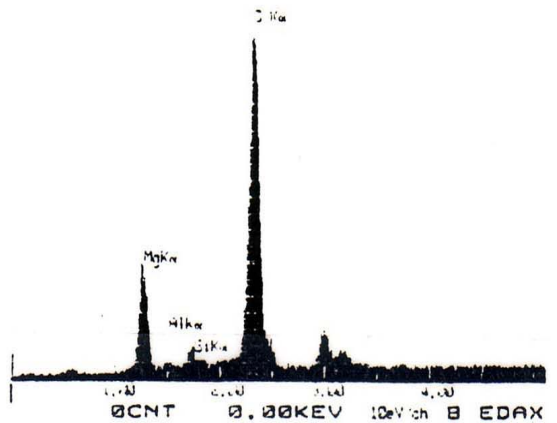
19-MAR-91 10:07:39 EDAX READY
RATE= 476CPS TIME= 60LSEC
FS= 6462CNT PRST= 60CSEC
B =Co-1

1



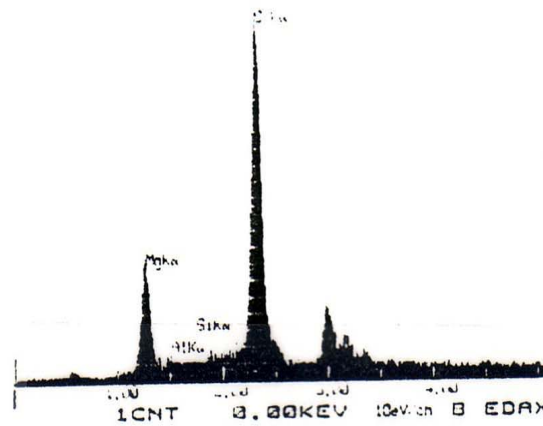
19-MAR-91 10:13:39 EDAX READY
RATE= 796CPS TIME= 54LSEC
FS= 997CNT PRST= 60CSEC
B =Co-2

2



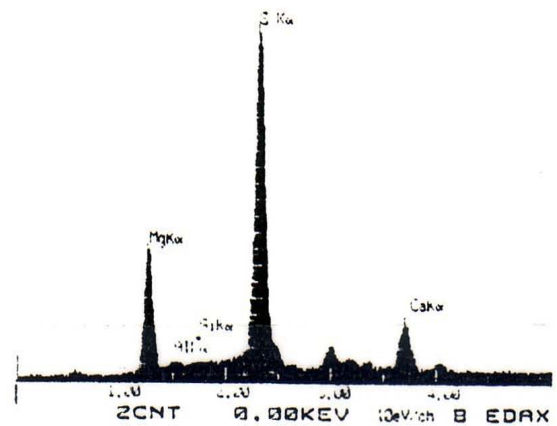
19-MAR-91 10:17:07 EDAX READY
RATE= 1159CPS TIME= 54LSEC
FS= 1027CNT PRST= 60CSEC
B =Co-3

3



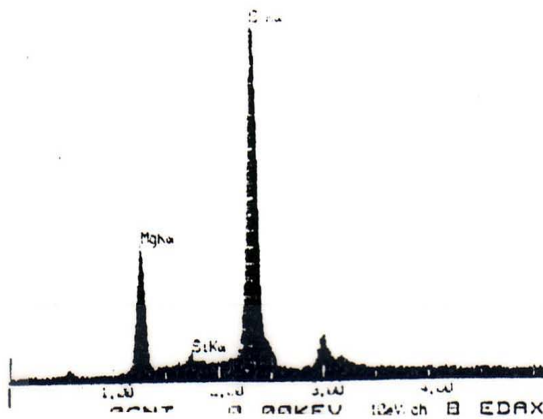
19-MAR-91 10:21:32 EDAX READY
RATE= 1391CPS TIME= 51LSEC
FS= 2015CNT PRST= 60CSEC
B =Co-4

4



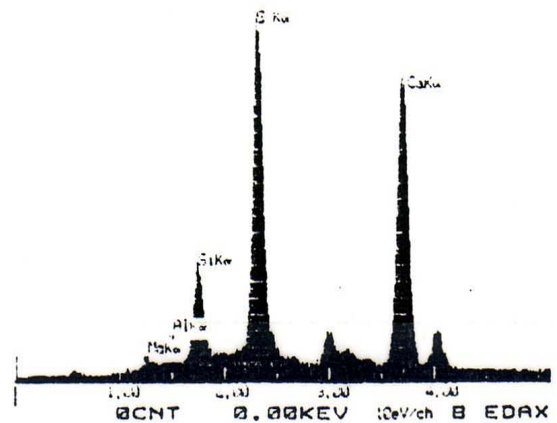
19-MAR-91 10:25:08 EDAX READY
RATE= 1330CPS TIME= 52LSEC
FS= 2009CNT PRST= 60CSEC
B =Co-5

5



19-MAR-91 10:30:52 EDAX READY
RATE= 687CPS TIME= 48LSEC
FS= 2042CNT PRST= 60CSEC
B =Co-6

6



A: Salzproben (Tafel I)

An der N-Seite des Objektes wurden 6 Salzproben (C 1-6) als Längsprofil entnommen. Alle Salzproben stammen aus vergleichbarer Höhe (c. 1 m über Straßenniveau). Die genauen Probenstellen sind in Abb. I verzeichnet.

Die Salzproben sollten in ihrer Zusammensetzung identifiziert werden.

In Tafel I sind die EDX-Spektren der Salzproben gegenübergestellt. Bei den Proben C 1-5 (Abb.1-5) handelt es sich eindeutig um Magnesiumsulfat (MgSO_4), Probe C 6 dagegen ist eine Gipsprobe.

Die Mg-Sulfatbelastung ist mit großer Wahrscheinlichkeit aufgrund der Nähe zum Bodenniveau mit aufsteigender Bodenfeuchtigkeit zu erklären. Ob Mg-Sulfat das Ergebnis einer chemischen Reaktion von Dolomit und der Immissionsbelastung sein kann, könnte durch Untersuchungen im Bezug auf eine Mg-Sulfatbelastung in höheren Partien des Mauerwerks, in denen aufsteigende Bodenfeuchtigkeit ausgeschlossen werden kann, geklärt werden. Außerdem müßte dann die Quelle für das Magnesium geklärt werden.

Die Gipsbildung dagegen könnte durchaus als Reaktion eines Calcium-gebundenen Mörtels und Schwefel aus aufsteigender Bodenfeuchte oder der Immissionsbelastung erklärt werden.

Tafel I

Abb.1: EDX-Spektrum von MgSO_4 -Salz der Probe C-1

Abb.2: EDX-Spektrum von MgSO_4 -Salz der Probe C-2

Abb.3: EDX-Spektrum von MgSO_4 -Salz der Probe C-3

Abb.4: EDX-Spektrum von MgSO_4 -Salz der Probe C-4

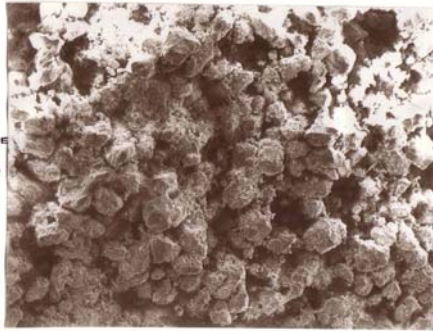
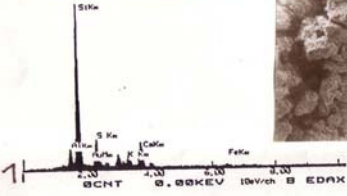
Abb.5: EDX-Spektrum von MgSO_4 -Salz der Probe C-5

Abb.6: EDX-Spektrum von Gips Probe C-6

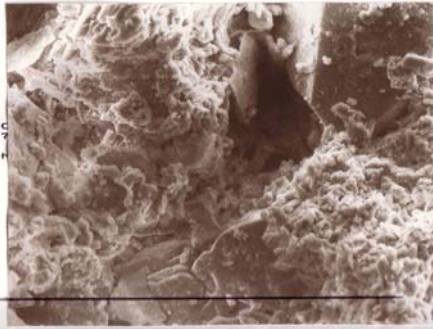
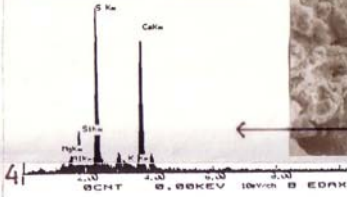
TAFEL II

Nr. 8

05-AUG-91 13:25:32 EDAX RE
 RATE= 864CPS TIME= 7
 FS= 1864CNT PRST= 7
 B =Coburg, Steinprobenkern

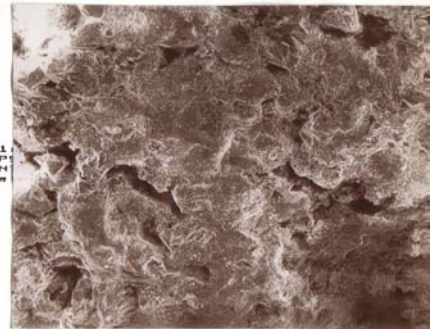
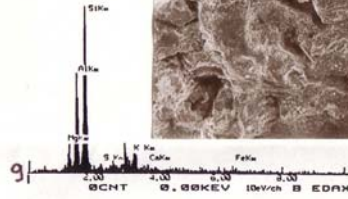


05-AUG-91 13:39:51 EDAX STC
 RATE= 304CPS TIME= 7
 FS= 367CNT PRST= 7
 B =Coburg, Steinprobenkern

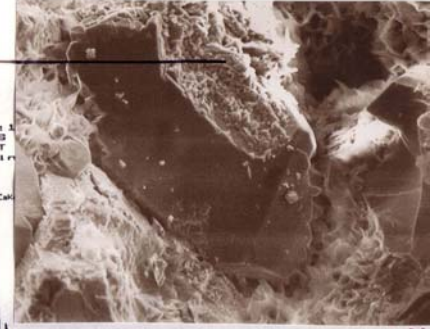
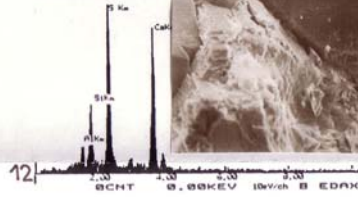


Nr. 16

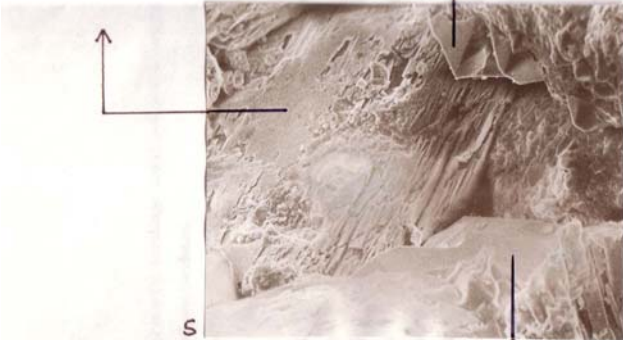
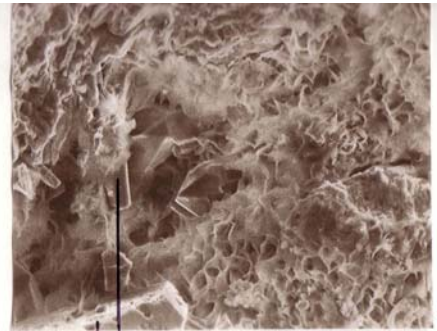
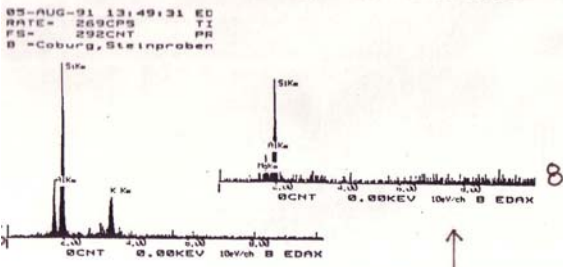
06-AUG-91 11:11:11
 RATE= 140CPS TIME= 7
 FS= 222CNT PRST= 7
 B =Cob., Stein



06-AUG-91 11:11:11
 RATE= 304CPS TIME= 7
 FS= 300CNT PRST= 7
 B =Cob., Stein



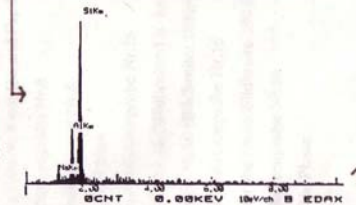
05-AUG-91 14:09:24 EDAX READY
 RATE= 3CPS TIME= 304SEC
 FS= 100CNT PRST= OFF
 B =Coburg, Steinprobenkern No.8



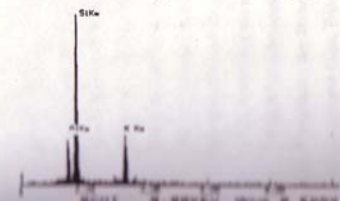
05-AUG-91 14:12:01 EDAX READY
 RATE= 66CPS TIME= 24SEC
 FS= 132CNT PRST= OFF
 B =Coburg, Steinprobenkern No.8



06-AUG-91 12:47:51 EDAX READY
 RATE= 34CPS TIME= 60SEC
 FS= 164CNT PRST= OFF
 B =Cob., Steinprobenkern No.16



06-AUG-91 11:45:08 EDAX READY
 RATE= 59CPS TIME= 61SEC
 FS= 210CNT PRST= OFF
 B =Cob., Steinprobenkern No.16



B: Steinbohrkerne (Tafel II)

Ebenfalls an der N-Fassade wurden von Herrn Dr. Snethlage und Herrn Auras zwei Bohrkerne trocken gezogen. Bei beiden Bohrkernproben handelt es sich um Sandstein.

Probenstellen: Nr.8: Chor, N-Seite, 3.Chor von W, Anschluß an Sakristei

Nr.16: NW-Turm, NE-Seite, Eingang zur Treppe

Folgende Fragestellungen waren zu klären: 1) Zusammensetzung der Sandsteine, 2) Vergleich beider Außenflächen aufgrund makroskopisch sichtbarer Oberflächenporosität und die Fortsetzung der Porosität ins Probeninnere und 3) Existenz von Ton-Porenfilmen

Bei Bohrkern Nr.8 handelt es sich um den Ebersdorfer Sandstein (Snethlage). Die Zusammensetzung ist im EDX-Übersichtsspektrum (Abb.1) dargestellt. Abb.2 zeigt die Oberfläche dieser Sandsteinprobe in einer Übersicht. Man erkennt ein aufgelockertes Gefüge mit sehr vielen und großen Porenräumen.

Bei näherer Betrachtung (Abb.3) erkennt man neben einzelnen Quarzkörnern eine starke Gipsanreicherung (Abb.4). Abb.5 zeigt den Blick ins Innere einer Pore. Man erkennt einen Feldspat (Abb.6) mit Anlösungs- und Brucherscheinungen auf den Spaltflächen, ein Quarzkorn (Abb.7) und eine Al-Mg-Silikatphase (Abb.8). Ein Ton-Porenfilm konnte an keiner Stelle dieser Probe nachgewiesen werden.

Bei Bohrkern Nr.16 handelt es sich um den Coburger Bausandstein (Snethlage) mit einer Elementzusammensetzung, die im EDX-Spektrum in Abb.9 dargestellt ist. Abb.10 zeigt in einer Übersichtsaufnahme das Gefüge der Oberfläche. Im Gegensatz zu Bohrkern Nr.8 scheint hier ein Belag die Oberfläche zu verschließen, jedoch kann man auch hier eine hohe Porosität erkennen. Bei näherer Betrachtung erwies sich auch diese Probe als stark gipshaltig (Abb.11, 12). Der Blick in eine Pore ist in Abb.13 dargestellt. Es konnte Gips (Abb.12), Quarz, Feldspat (Abb.14) und ein Na-Al-Silikat (Abb.15) nachgewiesen werden. Obwohl die Porenwandung mit dem Auge einen dünnen Film vermuten ließ, konnte mit der EDX-Analyse jedoch kein eindeutiger Belag festgestellt werden.

Tafel II

Abb.1: EDX-Übersichtsspektrum der Bohrkernprobe Nr.8

Abb.2: Oberfläche der Bohrkernprobe Nr.8 (Bildbreite: 3 mm)

Abb.3: EDX-Spektrum von Gips der Bohrkernprobe Nr.8

Abb.4: Quarz mit Gips, Bohrkernprobe Nr.8 (Bildbreite: 200 µm)

Abb.5: Blick in eine Pore, Bohrkernprobe Nr.8 mit Qz und Fsp Bildbreite: 450 µm)

Abb.6: EDX-Spektrum von Fsp, Bohrkernprobe Nr.8

Abb.7: EDX-Spektrum von Qz, Bohrkernprobe Nr.8

Abb.8: EDX-Spektrum einer Si-Al-Mg-Phase

Abb.9: EDX-Übersichtsspektrum der Bohrkernprobe Nr.16

Abb.10: Oberfläche der Bohrkernprobe Nr.16 (Bildbreite: 1.8 mm)

Abb.11: Quarz mit Gips, Bohrkernprobe Nr.16 (Bildbreite: 180 µm)

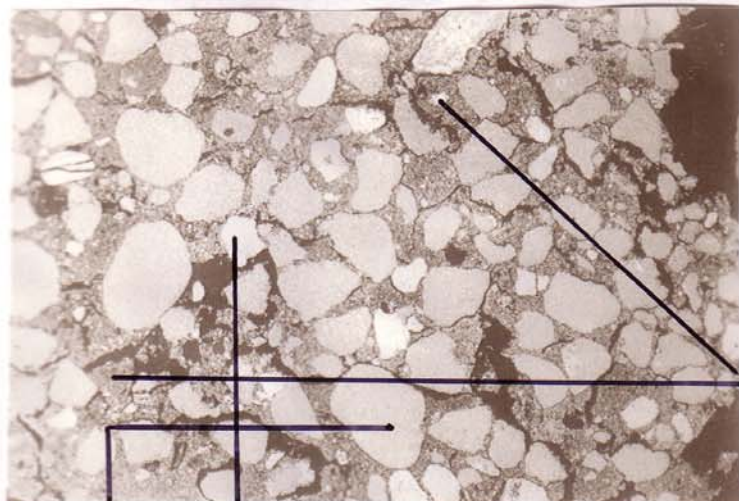
Abb.12: EDX-Spektrum von Gips der Bohrkernprobe Nr.16

Abb.13: Blick in eine Pore, Bohrkernprobe Nr.16 Bildbreite 180 µm)

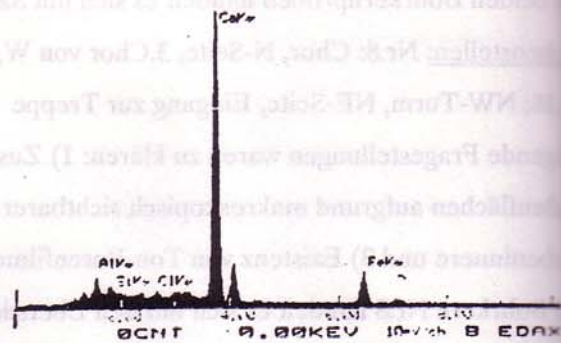
Abb.14: EDX-Spektrum von Fsp, Bohrkernprobe Nr.16

Abb.15: EDX-Spektrum einer Si-Al-Na-Phase

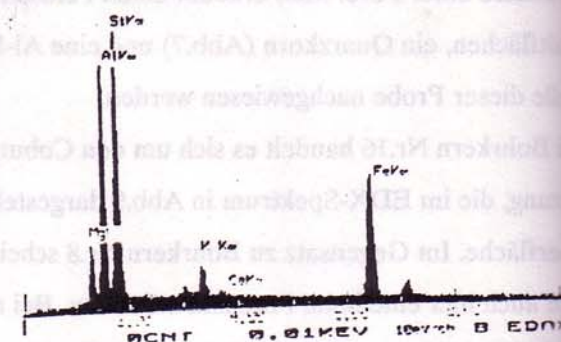
TAFEL III



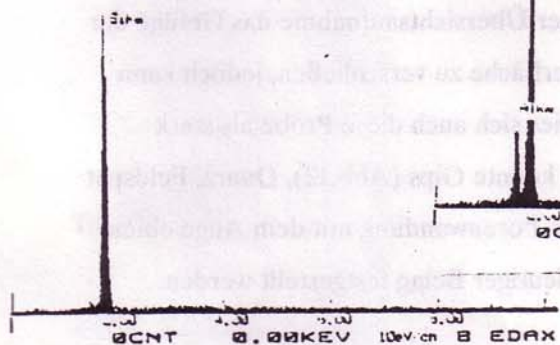
06-AUG-91 14:39:27 EDAX READY
 RATE- 847CPS TIME- 67LSEC
 FS- 2154CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-1



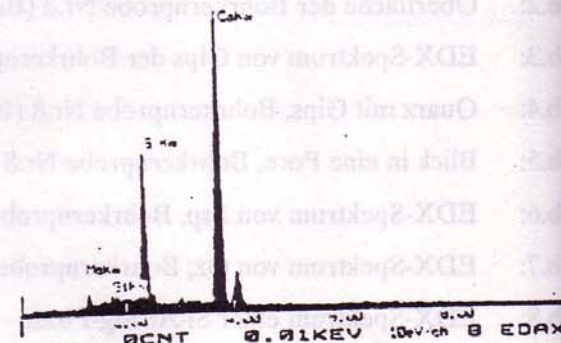
06-AUG-91 15:11:22 EDAX READY
 RATE- 1432CPS TIME- 39LSEC
 FS- 1069CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-1



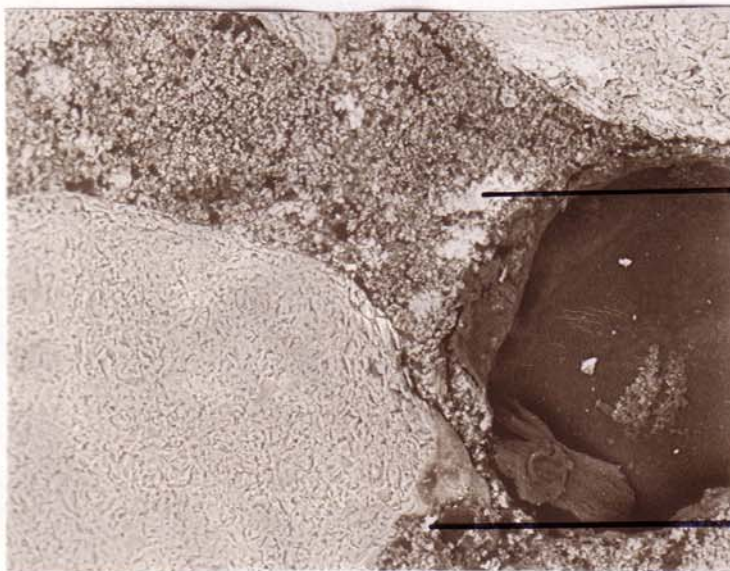
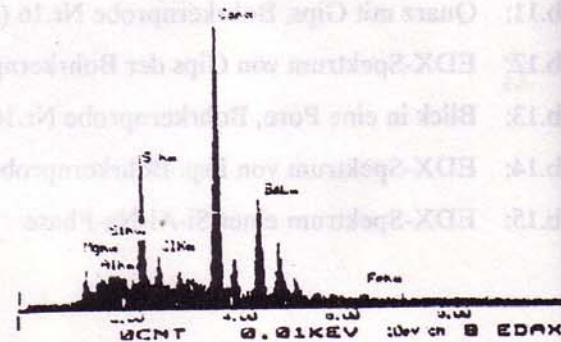
06-AUG-91 13:06:46 EDAX
 RATE- 1322CPS TIME-
 FS- 231CNT PRST-
 B - Coburg Moertel M-1



06-AUG-91 15:08:53 EDAX READY
 RATE- 1702CPS TIME- 34LSEC
 FS- 1545CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-1



06-AUG-91 15:05:38 EDAX READY
 RATE- 1158CPS TIME- 32LSEC
 FS- 550CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-1



6

C: Mörtel

Von 6 verschiedenen Stellen der N-Fassade wurden dem Laborwagen von Dr. Snethlage und Herrn Auras 6 Mörtelproben zur Untersuchung zur Verfügung gestellt. Dabei sollten folgende Fragestellungen geklärt werden:

- 1) die Zusammensetzung des Bindemittels
- 2) mögliches Vorhandensein hydraulischer Anteile im Bindemittel
- 3) die Art der Zuschläge
- 4) Die Existenz von Magnesium, evtl. in Form von dolomitischem Zuschlag (Magnesiumquelle für MgSO_4 ?)

M-1 (Tafel III)

Probenstelle: N-Fassade, 5. Joch, Treppentürmchen, Fuge zw. 2. und 3. Quaderreihe von oben
Abb.1 zeigt eine REM-Übersichtsaufnahme der Mörtelprobe im Anschnitt. Man erkennt eine homogene Verteilung der Zuschlagkörner Quarz (Abb.2), Feldspat (Abb.3) und einer K-Mg-Fe-Al-Silikatphase (Abb.4) in einer Bindemittelmatrix aus Calcium mit geringem Al- und Fe-Gehalt (Abb.5). Al und Fe könnten hydraulische Anteile sein. Dolomit als Zuschlag wurde nicht gefunden. Die Mörtelprobe hat eine ausgeprägte Rißbildung sowohl am Kontakt Bindemittel/Zuschlag als auch im Bindemittel und einigen Zuschlagkörnern selbst. Abb.6 zeigt einen Ausschnitt zweier Quarzkörner und einer mit Einbettharz nur unvollständig gefüllten Pore. Das obere Qz-Korn ist randlich (hell erscheinender Bereich) verändert. Es hat die Zusammensetzung Mg-Fe-Al-Si (Abb.4). Daneben gibt es im Bindemittel in Porennähe kleine, in RE-Darstellung ebenfalls hell erscheinende Bereiche aus Gips (Abb.7) und einzelne Barium-haltige Partikel (Abb.8). Die Gipsbelastung ist jedoch sehr gering.

Tafel III

Abb.1: Übersichtsaufnahme der Probe M-1 (Bildbreite: 6 mm)

Abb.2: EDX-Spektrum von Qz in Probe M-1

Abb.3: EDX-Spektrum von Fsp in Probe M-1

Abb.4: EDX-Spektrum einer Si-Al-Fe-Mg-F-Phase in Probe M-1

Abb.5: EDX-Spektrum der Bindemittelmatrix der Probe M-1

Abb.6: Detailaufnahme der Probe M-1 mit Pore, Bindemittel, Qz, Gips, BaSO_4 -Partikel (Bildbreite: 450 μm)

Abb.7: EDX-Spektrum von Gips in Probe M-1

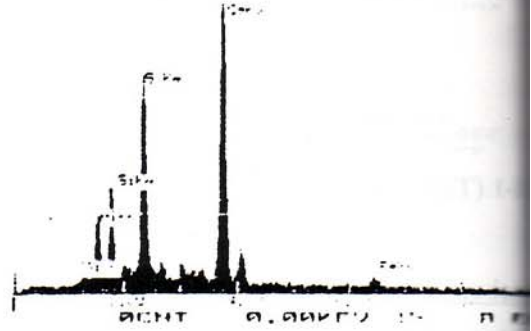
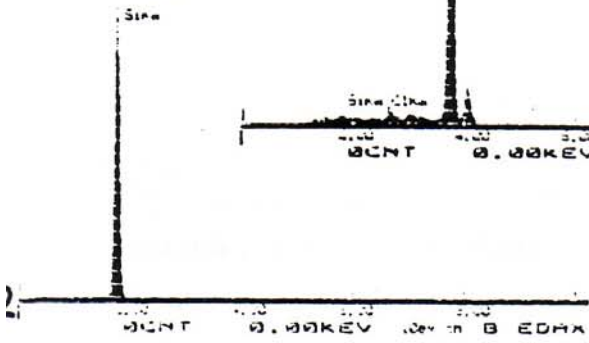
Abb.8: EDX-Spektrum von BaSO_4 in Probe M-1

TAFEL IV

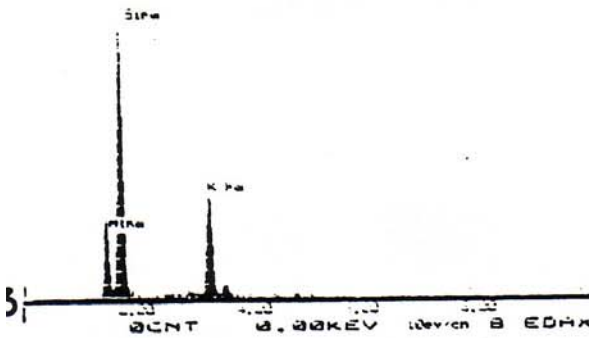
07-AUG-91 13:42:28 EDAX READY
 RATE- 10190CPS TIME- 48LSEC
 FS- 1764CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-2

07-AUG-91 13:32:02 EDAX READY
 RATE- 986CPS TIME- 47LSEC
 FS- 778CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-2

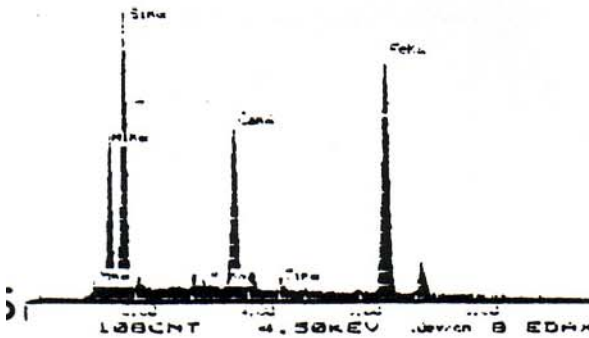
07-AUG-91 12
 RATE- 1613CPS
 FS- 558CNT
 B - Coburg Mo



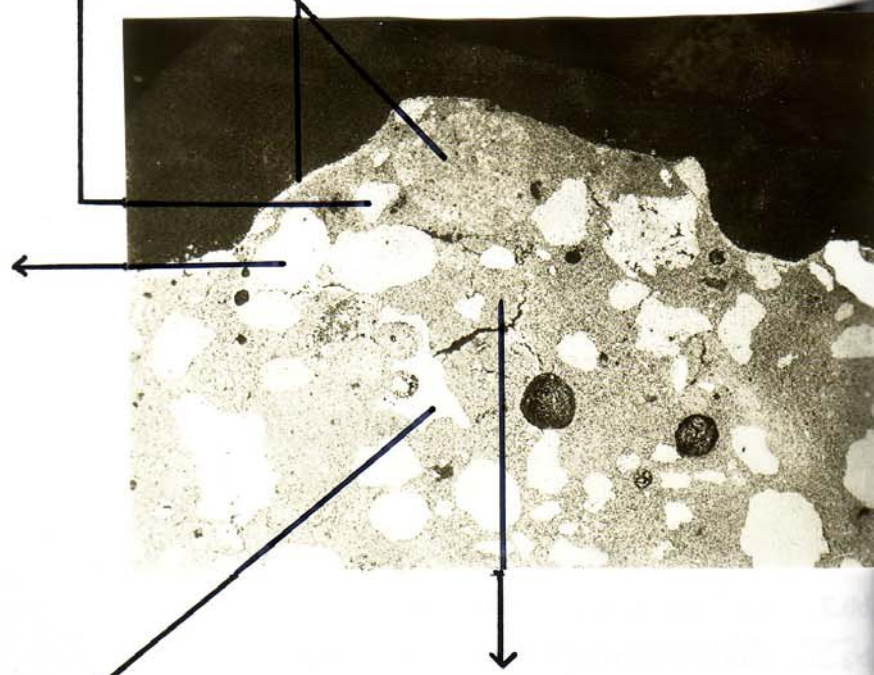
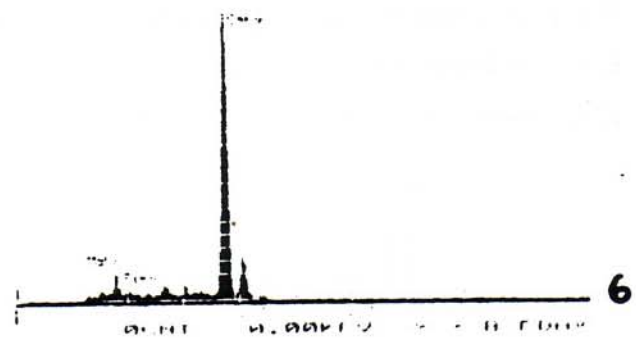
07-AUG-91 12:46:16 EDAX READY
 RATE- 1015CPS TIME- 15LSEC
 FS- 801CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-2



07-AUG-91 12:49:40 EDAX READY
 RATE- 1318CPS TIME- 82LSEC
 FS- 1539CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-2



07-AUG-91 12:55:34 EDAX READY
 RATE- 854CPS TIME- 39LSEC
 FS- 1138CNT PRST- OFF
 B - Coburg Moertel M-2



M-2 (Tafel IV)

Probenstelle: N-Fassade, 5. Joch, Treppentürmchen, Fuge zw. 1. und 2. Quaderreihe von oben

Abb.1 stellt in RE-Darstellung eines Anschnittes das Gefüge der Mörtelprobe dar. Im Vergleich zu M-1 ist die Anzahl der Zuschlagkörner bezogen auf die Matrix hier geringer. Als Zuschläge liegen Quarz (Abb.2), Feldspat (Abb.3), Calcium, vermutlich Carbonat (Abb.4) und Fe-Al-Silikatphasen (Abb.5) vor. Das Bindemittel ist calcitisch mit einem geringen Si-Gehalt (Abb.6). Es scheint sich um einen zementgebundenen Mörtel zu handeln. Dolomitische Zuschlagkörner konnten nicht nachgewiesen werden.

Im Gegensatz zu Probe M-1 zeigt dieser Mörtel einen eindeutigen Gipsbelag an der Oberfläche (Abb.1, 7). Im Inneren der Probe wurde kein Gips gefunden. Die Porosität und Rißbildung ist auch in dieser Probe deutlich zu erkennen, jedoch scheint sie nicht so stark ausgeprägt zu sein wie im Mörtel M-1.

Tafel IV

Abb.1: Übersichtsaufnahme der Probe M-2 (Bildbreite: 4.5 mm)

Abb.2: EDX-Spektrum von Qz in Probe M-2

Abb.3: EDX-Spektrum von Fsp in Probe M-2

Abb.4: EDX-Spektrum von Ca-Carbonat in Probe M-2

Abb.5: EDX-Spektrum eines Fe-Al-Silikats in Probe M-2

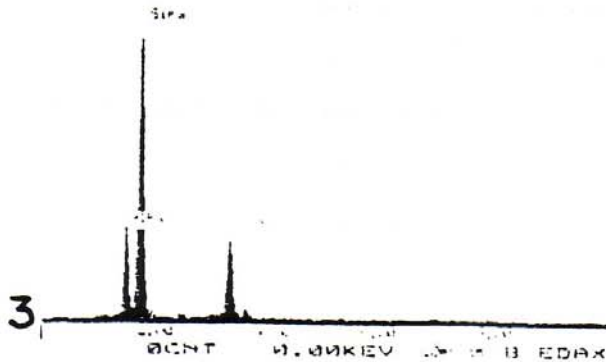
Abb.6: EDX-Spektrum des Bindemittels in Probe M-2

Abb.7: EDX-Spektrum von Qu in Probe M-2

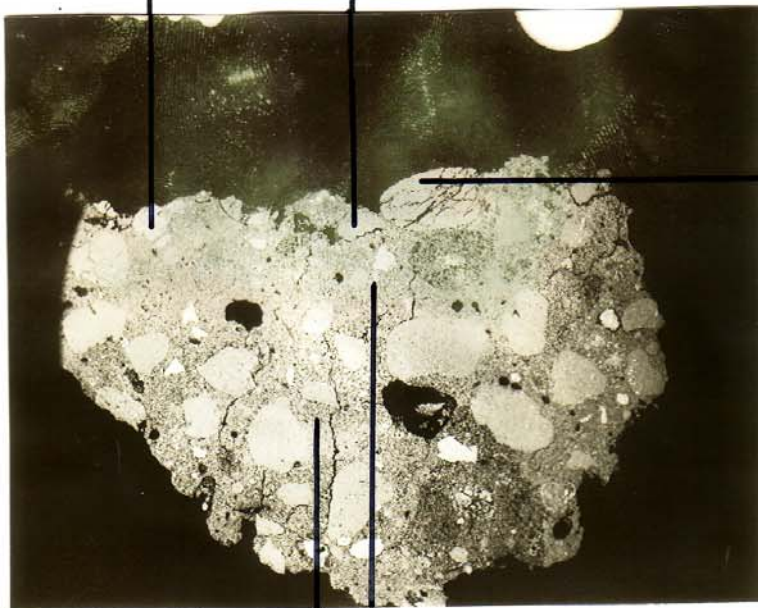
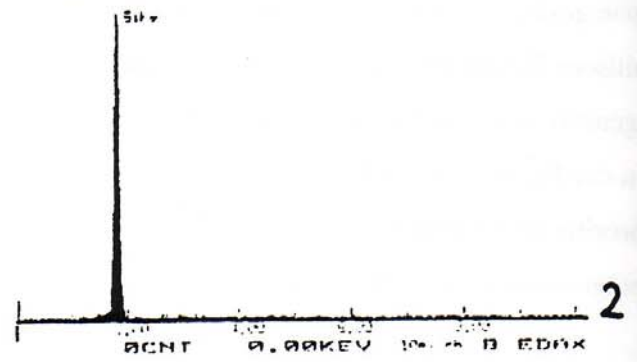
Abb.8: EDX-Spektrum von Gips in Probe M-2

TAFEL V

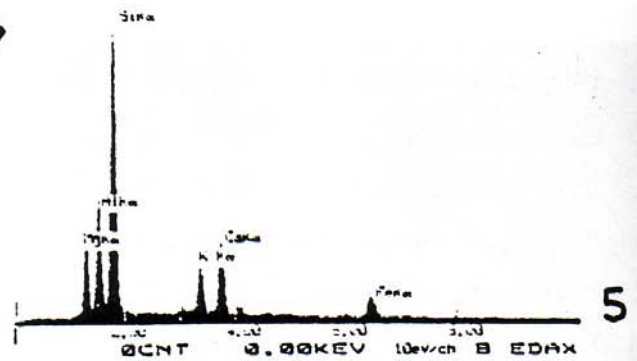
07-AUG-91 14:10:45 EDAX READY
 RATE- 23490CPS TIME- 51SEC
 FS- 603CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moental M-4



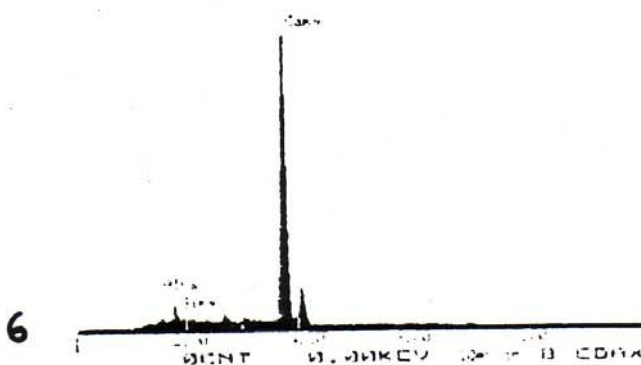
07-AUG-91 14:14:37 EDAX READY
 RATE- 2346CPS TIME- 31SEC
 FS- 463CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moental M-4



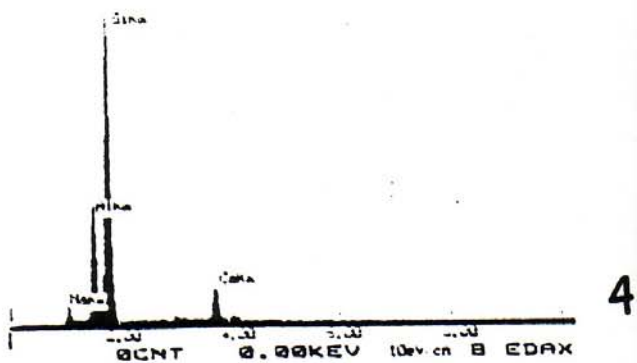
07-AUG-91 14:16:10 EDAX READY
 RATE- 23890CPS TIME- 23SEC
 FS- 1274CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moental M-4



07-AUG-91 14:20:00 EDAX READY
 RATE- 22120CPS TIME- 56SEC
 FS- 3845CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moental M-4



07-AUG-91 14:22:45 EDAX READY
 RATE- 22090CPS TIME- 24SEC
 FS- 3204CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moental M-4



M-4 (Tafel V)

Probenstelle: N-Fassade, 5. Joch, Treppentürmchen, rechts von M-1

Auch diese Probe zeigt eine starke Rißbildung sowohl am Kontakt Bindemittel/Zuschlag als auch innerhalb der Matrix und der Zuschlagkörner. Auch die Porosität ist hoch, vergleichbar mit Mörtel M-1. Abb.1 zeigt in einer Übersicht die homogene Verteilung der Zuschlagkörner Quarz (Abb.2), Feldspat (Abb.3), Na-Al-Silikatphase (Abb.4) und Al-Mg-K-Fe-Silikatphase (Abb.5) in einer vermutlich zementgebundenen Bindemittelmatrix aus Calcium und Silizium (Abb.6). Hydraulische Anteile im Bindemittel konnten nicht nachgewiesen werden.

Tafel V

- Abb.1: Übersichtsaufnahme der Probe M-4 (Bildbreite: 9 mm)
- Abb.2: EDX-Spektrum von Qz in Probe M-4
- Abb.3: EDX-Spektrum von Fsp in Probe M-4
- Abb.4: EDX-Spektrum eines Na-Al-Silikats in Probe M-4
- Abb.5: EDX-Spektrum eines Al-Mg-K-Fe-Silikats in Probe M-4
- Abb.6: EDX-Spektrum des Bindemittels in Probe M-4.

M-6 (Tafel VI)

Probenstelle: N-Fassade, 5. Joch, Treppentürmchen

Die Mörtelprobe setzt sich aus zwei unterschiedlichen Bereichen zusammen, die schon im SteMi (Abb.1) deutlich zu erkennen sind.

Im 1. Bereich weist die Bindemittelmatrix neben Calcium einen hohen Silizium- und Magnesiumanteil und einen geringen Aluminiumgehalt auf (Abb.2). Es scheint sich um einen zementgebundenen Mörtel mit vermutlich Silizium und Aluminium als hydraulische Anteile zu handeln. Als Zuschläge sind Quarz (Abb.3), Feldspat (Abb.4) und im Unterschied zu allen anderen Mörtelproben bis zu ca. 1 mm große leistenförmige Fe-Partikel (Abb.5) gefunden worden. Dieser Bereich ist von vielen Rissen und Poren durchsetzt, ähnlich wie die Mörtelprobe M-1. Abb.6a und b zeigen die einzelnen Meßpunkte.

Bereich 2, im SteMi weiß (Abb.1), zeigt eine stark Mg-haltige Calciummatrix mit Al- und Si-Anteilen (Abb.7) und Calcium-haltigen Zuschlägen, vermutlich Calciumcarbonat (Abb.8). In diesem Bereich treten lediglich Mikrorisse auf und die Porosität ist deutlich geringer als im Bereich 1.

Tafel VI

Abb.1: SteMi-Darstellung der Bereiche 1 und 2 der Probe M-6 (Bildbreite: 1.3 cm)

Abb.2: EDX-Spektrum des Bindemittels im Bereich 1 in Probe M-6

Abb.3: EDX-Spektrum von Qz im Bereich 1 der Probe M-6

Abb.4: EDX-Spektrum von Fsp im Bereich 1 der Probe M-6

Abb.5: leistenförmige Fe-Partikel im Bereich 1 der Probe M-6

Abb.6a: RE-Übersichtsaufnahme des Bereichs 1 der Probe M-6 (Bildbreite: 3 mm)

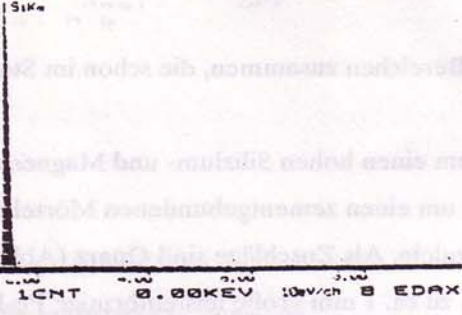
Abb.6b: RE-Übersichtsaufnahme des Bereichs 2 der Probe M-6 (Bildbreite: 3.7 mm)

Abb.7: EDX-Spektrum von Calciumcarbonat im Bereich 2, Probe M-6

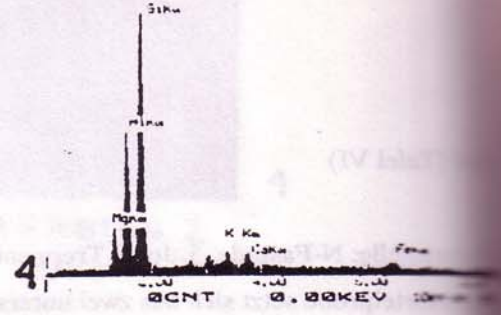
Abb.8: EDX-Spektrum des Bindemittels im Bereich 2 in Probe M-6

TAFEL VII

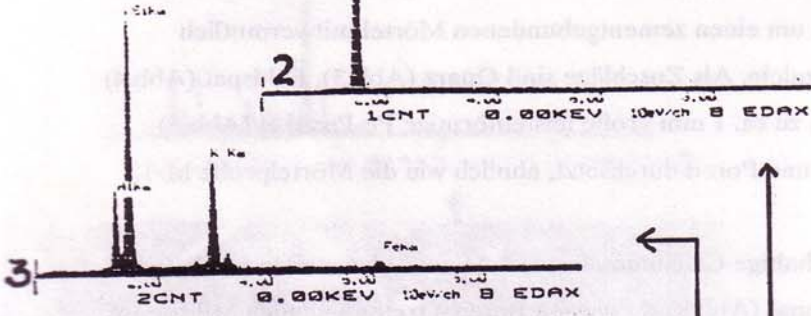
09-AUG-91 07:02:30 EDAX READY
 RATE- 6362CPS TIME- 14LSEC
 FS- 4533CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-5



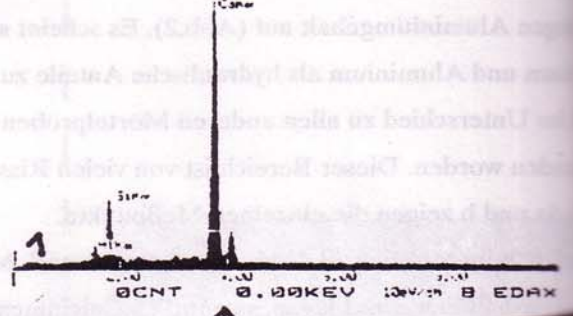
07-AUG-91 15:58:16 EDAX READY
 RATE- 3696CPS TIME-
 FS- 737CNT PRST-
 B -Coburg Moertel M-5



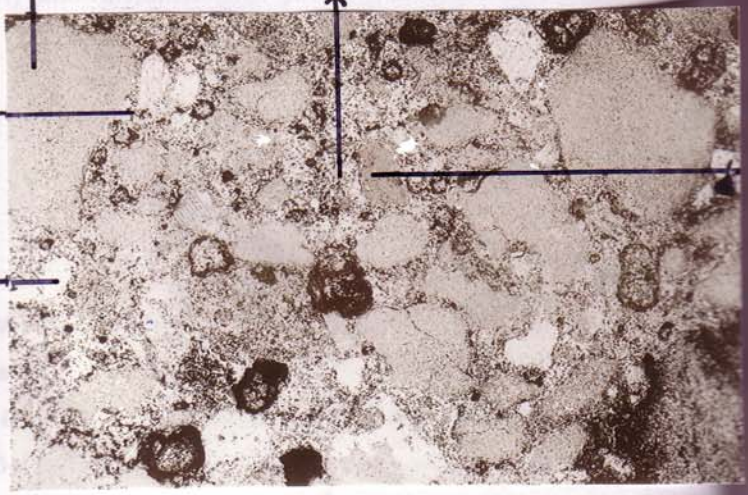
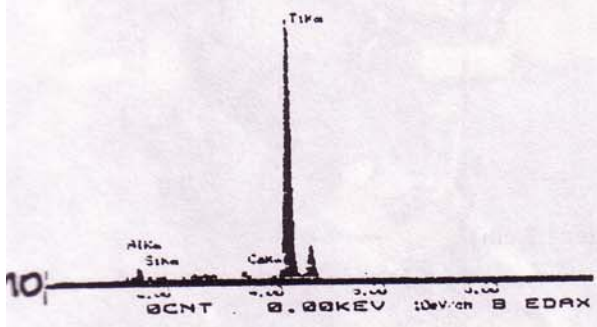
08-AUG-91 07:02:30
 RATE- 6974CPS
 FS- 2643CNT
 B -Coburg Moertel M-5



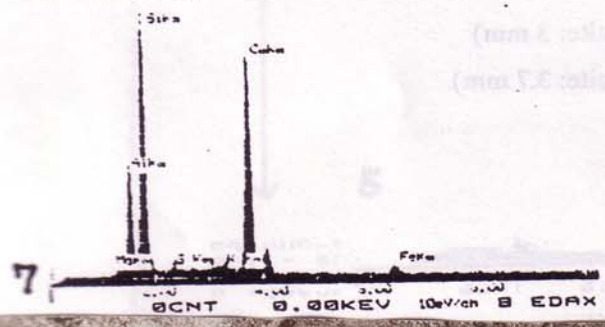
07-AUG-91 16:02:57 EDAX READY
 RATE- 6073CPS TIME- 12LSEC
 FS- 2004CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-5



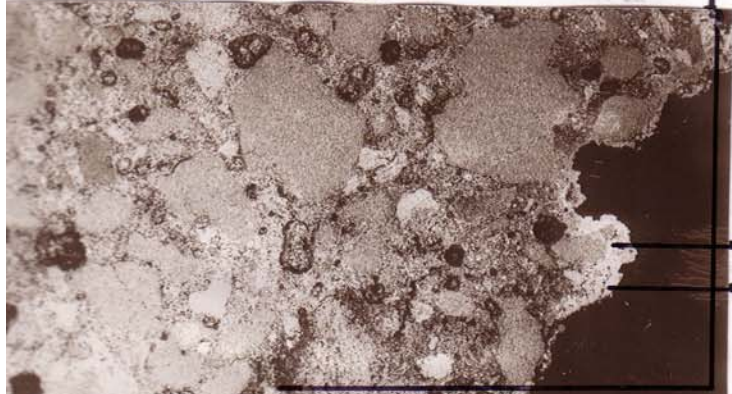
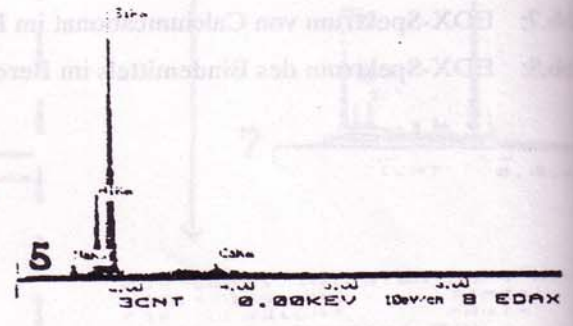
08-AUG-91 07:00:13 EDAX READY
 RATE- 9270CPS TIME- 6LSEC
 FS- 1609CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-5



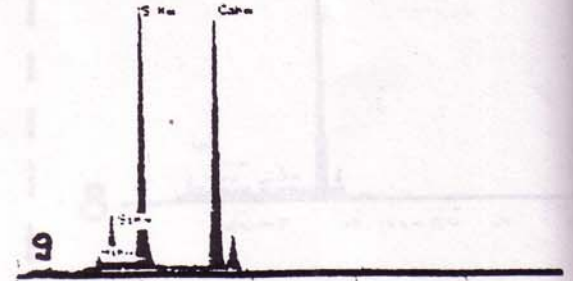
08-AUG-91 07:22:58 EDAX READY
 RATE- 4367CPS TIME- 24LSEC
 FS- 1708CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-5



08-AUG-91 07:19:19 EDAX READY
 RATE- 3570CPS TIME- 20LSEC
 FS- 1385CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-5



08-AUG-91 07:12:42 EDAX READY
 RATE- 6260CPS TIME- 24LSEC
 FS- 2671CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-5



M-5 (Tafel VII)

Probenstelle: N-Fassade, 5. Joch, Treppentürmchen, links des oberen Fensters

Die vermutlich zementgebundene Bindemittelmatrix (Abb.1) dieser Mörtelprobe weist als Zuschlagkörner Quarz (Abb.2), Feldspat (Abb.3), Mg-Al-Silikate mit geringem Kalium- und Eisengehalt (Abb.4) und Na-Al-Silikate (Abb.5) auf. Abb.6 zeigt in RE-Darstellung das Gefüge dieser Mörtelprobe im Anschnitt. Es sind deutlich Bereiche zu erkennen, an denen eine beginnende Korrosion der Zuschlagkörner von außen nach innen zu beobachten ist. Dabei sind vor allem die Zuschlagkörner der Zusammensetzung Si-Al-Ca-Mg-Fe (Abb.7) betroffen. Auch die Feldspäte besitzen teilweise keine eindeutigen Korngrenzen mehr. Quarz scheint dieser Korrosion nicht zu unterliegen. In Abb.8 ist ein Teil der Oberfläche dieses Mörtels im Querschnitt zu sehen. Man erkennt stellenweise einen in RE-Darstellung hell erscheinenden Saum, der als Gips identifiziert werden konnte (Abb.9). Im Inneren des Mörtels konnte kein Gips nachgewiesen werden. An einigen Stellen wurden titanhaltige Partikel gefunden (Abb.10).

Tafel VII

Abb.1: EDX-Spektrum des Bindemittels der Probe M-5

Abb.2: EDX-Spektrum von Qz in Probe M-5

Abb.3: EDX-Spektrum von Fsp in Probe M-5

Abb.4: EDX-Spektrum eines Mg-Al-K-Fe-Silikats in Probe M-5

Abb.5: EDX-Spektrum eines Na-Al-Silikats in Probe M-5

Abb.6: Re-Übersichtsdarstellung der Probe M-5 (Bildbreite: 4.5 mm)

Abb.7: EDX-Spektrum eines Ca-Al-Mg-Fe-Silikats in Probe M-5

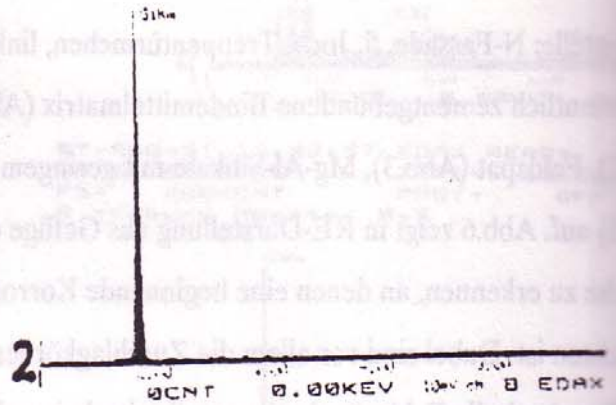
Abb.8: RE-Darstellung der Probe M-5 mit Oberfläche im Anschnitt (Bildbreite: 6 mm)

Abb.9: EDX-Spektrum eines oberflächlichen Gipsbelags auf Probe M-5

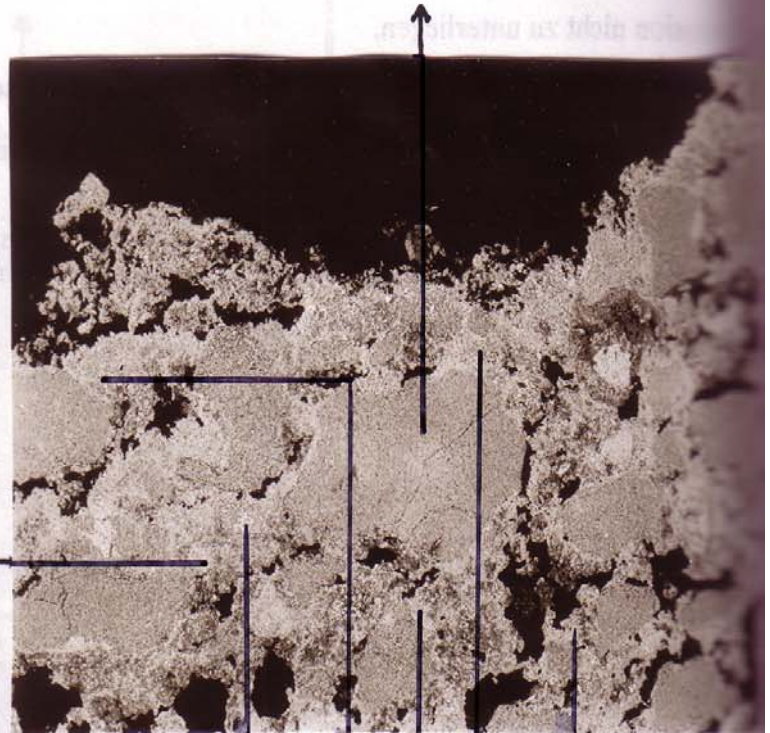
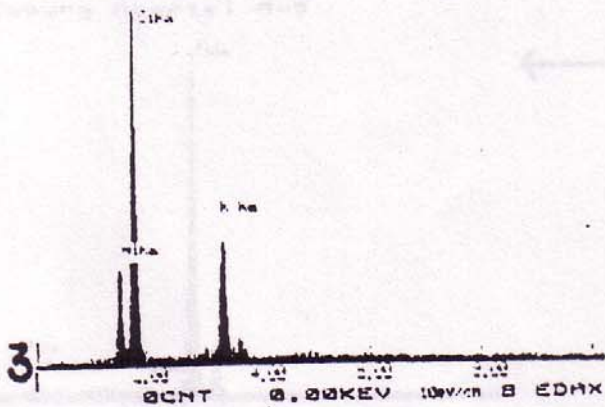
Abb.10: EDX-Spektrum eines Ti-haltigen Partikels in Probe M-5

TAFEL VIII

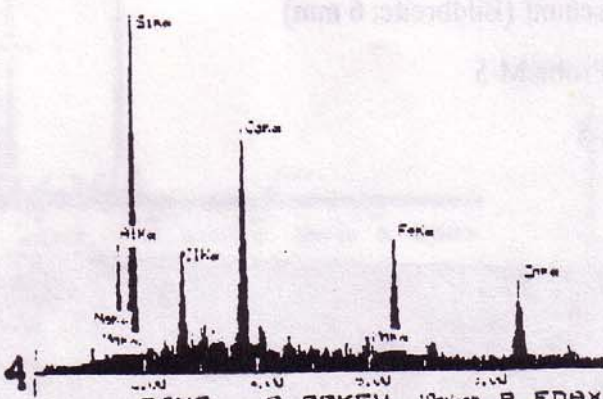
07-AUG-91 15:29:41 EDAX READY
 RATE- 1245CPS TIME- 14LSEC
 FS- 1103CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-7



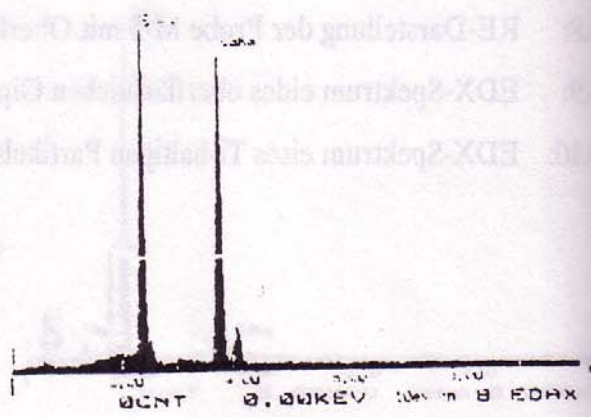
07-AUG-91 15:27:29 EDAX READY
 RATE- 1394CPS TIME- 8LSEC
 FS- 393CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-7



07-AUG-91 15:06:41 EDAX READY
 RATE- 479CPS TIME- 101LSEC
 FS- 801CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-7



07-AUG-91 15:03:02 EDAX READY
 RATE- 1080CPS TIME- 37LSEC
 FS- 803CNT PRST- OFF
 B -Coburg Moertel M-7



M-7 (Tafel VIII)

Probenstelle: N-Fassade, E-Seite des 3. Pfeilers

Vergleicht man die Mörtelprobe M-7 mit Probe M-5, so könnte man M-5 als Vorstufe zu M-7 deuten. Schon bei geringer Vergrößerung erkennt man bei Mörtel M-7 eine sehr starke Porosität und Rißausbreitung (Abb.1). Eine Bindemittelmatrix zwischen den Zuschlagkörnern aus Quarz (Abb.2), Feldspat (Abb.3) und Zn- und Fe-haltigen Anhäufungen (Abb.4) ist so gut wie nicht mehr vorhanden. Anstelle einer Bindemittelmatrix ist die gesamte Probe mit Gips durchsetzt (Abb.5).

Tafel VIII

Abb.1: RE-Übersichtsdarstellung der Probe M-7 (Bildbreite: 3 mm)

Abb.2: EDX-Spektrum von Qz in Probe M-7

Abb.3: EDX-Spektrum von Fsp in Probe M-7

Abb.4: EDX-Spektrum von Zn- und Fe-haltigen Partikeln in Probe M-7

Abb.5: EDX-Spektrum von Gips in Probe M-7

