

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

1. Untersuchungskampagne am Mariendom in Zwickau vom 14.10.- 18.10.1991



Anwesende:

Herbert Juling, Beatrice Schunke, Eva Vitek (MPA Bremen)

Herr Neumann (Hamburg), Herr Willimzig (Hamburg)

Frau Wohlrab (Dresden)

Andrea Glauber (Potsdam)

Herr Kiesewetter (Restaurator; Dresden), Herr Pfefferkorn (Leitstelle Sachsen)

Zusammenfassung:

Bei den 15 untersuchten Salzproben konnte in der Zusammensetzung kein Unterschied zwischen Salzen der N-Fassade und denen der S-Fassade festgestellt werden. Es wurden Salze sowohl aus Fugenbereichen als auch auf Flächen (Sandstein oder Steinergänzung) entnommen. Magnesiumsulfat und Gips wurde in fast allen Proben nachgewiesen, Kaliumsulfat dagegen nur im Fugenbereich. Dabei sind alle drei untersuchten Fugenmaterialien zementär gebunden und kaliumfrei (Z1/2,4,9). Natriumsulfat wurde lediglich an drei untersuchten Stellen nachgewiesen (Z1/7,8,12).

Weiterhin wurden drei schwarze Krusten untersucht (Z1/10,11,13). Die schwarze Kruste auf Zementmörtel (Z1/10) und auf Muschelkalk (Z1/13) besteht ausschließlich aus Gips, bei beiden bildet vermutlich der Untergrund die Calciumquelle. Die schwarze Kruste auf Sandstein (Z1/11) weist neben Gips Kaliumsulfat auf. Hier scheint das Kalium aus dem Verwitterungsprozeß des Kalifeldspats zu Kaolinit zu kommen.

Von der Steinergänzungsmasse wurde im S-Fassadenbereich ebenfalls eine Probe entnommen (Z1/6). Sie ist zementär gebunden mit überwiegend quarzitischem Zuschlag.

Desweiteren wurden zwei Bohrkern im S-Fassadenbereich entnommen (Z_B1/1,2). Z_B1/1 sollte Aufschluß über den Verbund zwischen Sandstein und einer darüber angelegten Ergänzungsmasse geben. Es konnte festgestellt werden, daß zwischen dem Sandstein und dem Kalkzementmörtel eine calciumreiche Schicht liegt, möglicherweise handelt es sich um einen calciumhaltigen Spritzbewurf. Bei Bohrkern Z_B1/2 handelt es sich um Muschelkalk aus dem Sockelbereich unter fehlender Figur. Die Verwitterung des Muschelkalks ließ eine Gefügeänderung des Materials von außen nach innen vermuten. Diese Vermutung konnte nicht bestätigt werden.

Eine eingehende Untersuchung der drei Sandsteinvarietäten kann nicht Gegenstand einer Vor-Ort-Untersuchung mit dem Labormobil sein und muß deshalb im Heimlabor erfolgen. Die Ergebnisse hierzu werden zu einem späteren Zeitpunkt nachgereicht.

Proben-Nr.	Sulfatart	Nitrattest	mögl. Kationen
N-Fassade (außen)			
Z1/1	MgSO ₄ , K ₂ SO ₄ , CaSO ₄	positiv	Mg, K, Ca
Z1/3	MgSO ₄	positiv	Mg, K
Z1/12	K ₂ SO ₄ , Na ₂ SO ₄	negativ	-
N-Fassade (innen)			
Z1/24	CaSO ₄	nicht durchgeführt	
S-Fassade (außen)			
Z1/21	MgSO ₄ , K ₂ SO ₄ , CaSO ₄	positiv	Mg, K, Ca
Z1/22	MgSO ₄ , CaSO ₄	negativ	-
Z1/19	MgSO ₄ , K ₂ SO ₄	negativ	-
Z1/20	MgSO ₄	positiv	Mg, K
Z1/15	MgSO ₄ , CaSO ₄	negativ	-
Z1/7	CaSO ₄ , Na ₂ SO ₄	positiv	Ca, Na
Z1/8	MgSO ₄ , K ₂ SO ₄ , CaSO ₄	negativ	-
S-Fassade (innen)			
Z1/14	CaSO ₄	nicht durchgeführt	
Z1/17	MgSO ₄ , CaSO ₄	negativ	
Z1/16	CaSO ₄	nicht durchgeführt	
Z1/18a	Na ₂ SO ₄	positiv	Na, K, Ca
Z1/18b	-	positiv	K
Schwarze Krusten			
Z1/10	CaSO ₄		
Z1/11	K ₂ SO ₄ , CaSO ₄		
Z1/13	CaSO ₄		

Untersuchungsmethoden

Alle Proben wurden für die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung präpariert und mit Silber besputtert. Dabei wurden die Salzproben als Tupfproben direkt vom Mauerwerk auf Leit-C-Tabs aufgebracht. Die Sandstein- und Fugenmörtelproben sowie die schwarzen Krusten wurden mit Leit-C aufgeklebt. Zwei Bohrkernproben wurden in Epoxidharz (Spurr) eingebettet und Anschnitte angefertigt.

Für die Untersuchungen wurde die Stereomikroskopie (SteMi) eingesetzt, die unter anderem wichtige Farbinformationen liefert. Außerdem erfolgte eine Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM). Diese liefert besonders mit Hilfe des Rückstreuелеktronen-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.

Die qualitative NO_3^- -Bestimmung erfolgte mit dem Nitrattest der Fa. Merck mit Hilfe eines Teststäbchens.

(A) Salzproben aus dem Bereich der N-Fassade

Probe Z1/1:

Probenstelle: N-Fassade, 1. Nische von W, starke Salzausblüfung im Fugenbereich einer "Zementfuge", entnommen in ca. 1,70m Höhe

Frage: Salzart

Präparation: Salzkristalle von der Wand mit Hilfe von Leit-C-Taps abgetupft

Ergebnis: Bei dem Salz dieser Probe handelt es sich vorwiegend um Magnesiumsulfatkristalle ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (Abb.2). Daneben treten vermutlich auch Kaliumsulfat (K_2SO_4) und Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) auf (Abb.3), die jedoch nicht separat nachgewiesen werden konnten.

Der qualitative Nitratstest war positiv. Als Kationen kommen hier Magnesium, Kalium und Calcium in Frage (Abb.3).

Probe Z1/3:

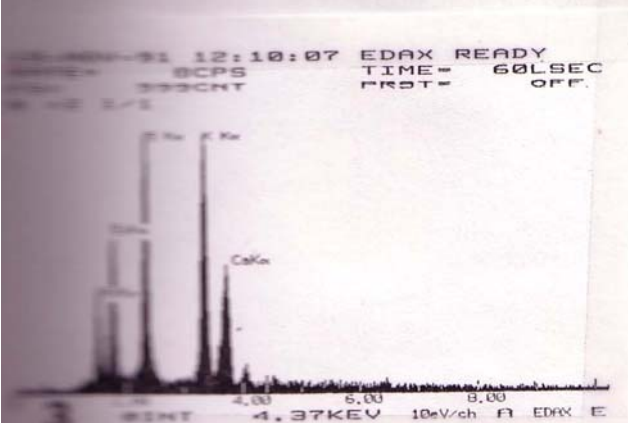
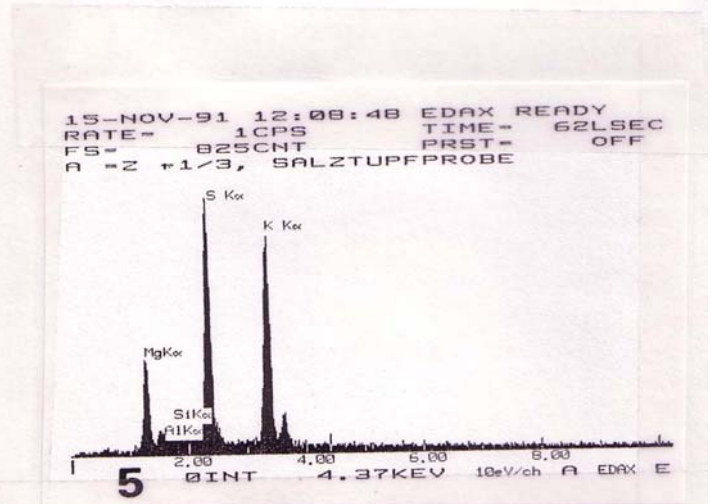
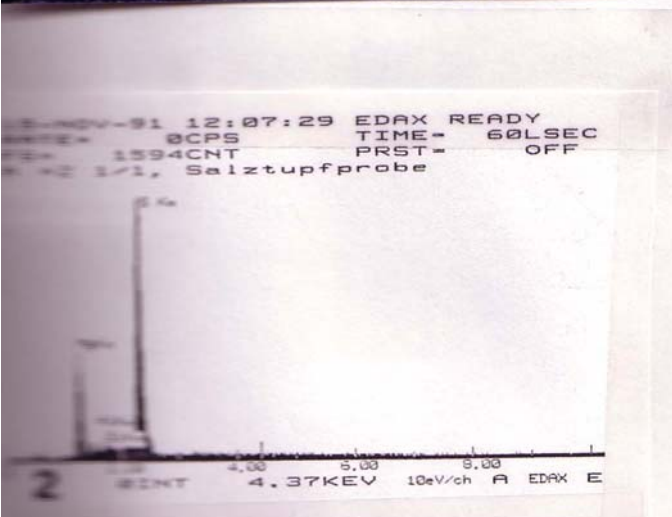
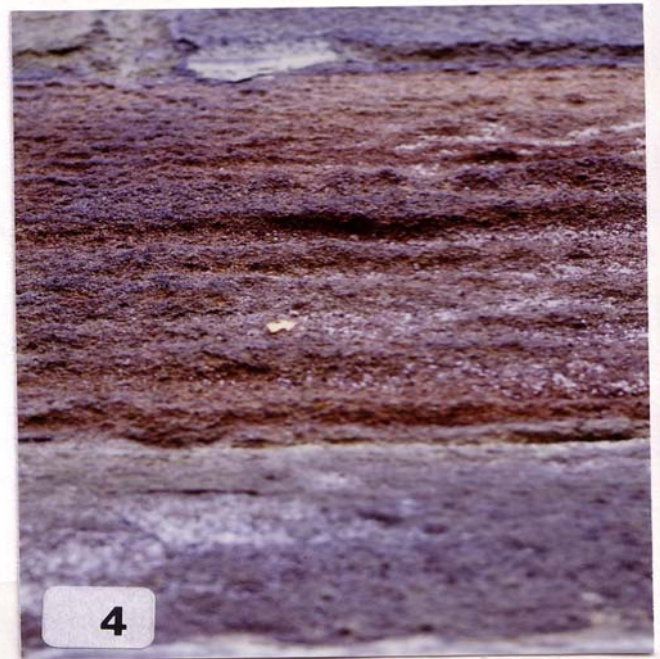
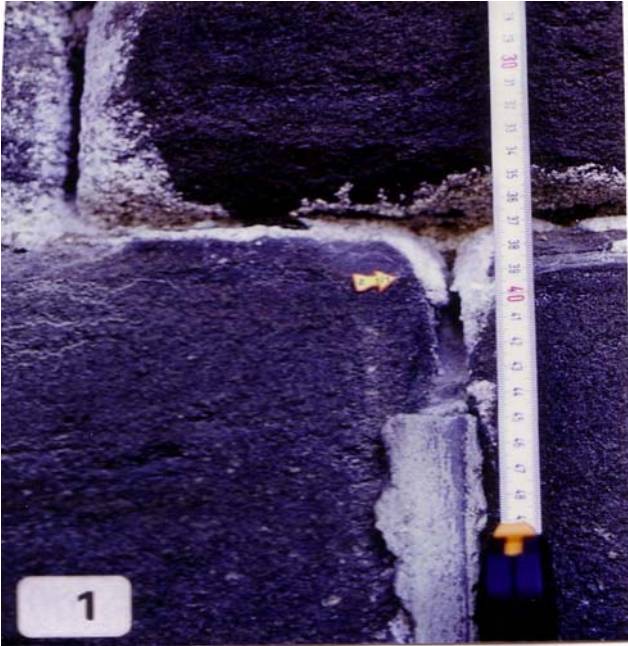
Probenstelle: dito Z1/1, Salzkristalle auf roter Sandsteinvarietät, entnommen in der 5. Quaderreihe über Sockel, 2,40m Höhe,

Frage: Salzart

Präparation: Salzkristalle von der Wand mit Hilfe von Leit-C-Taps abgetupft

Ergebnis: Es handelt sich vorwiegend um angelöste Magnesiumsulfatkristalle ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) und Kalium, vermutlich das Kation zum qualitativ nachgewiesenen Nitratgehalt (Abb.5). Gips konnte im Gegensatz zu Z1/1 nicht nachgewiesen werden, was der Vermutung entspricht, daß bei Probe Z1/1 das zementäre Fugenmaterial die Calciumquelle für den Gips ist. Reste von Silikaten, z.B. Kaolinit, das Verwitterungsprodukt von Kalifeldspat, bestätigen das Vorhandensein von Kalisalz.

TAFEL I (Z1/1,3)



TAFEL I (Z1/1,3)

- Abb.1: Probenentnahmestellen Z1/1
- Abb.2: EDX-Spektrum der in Abb.2 dargestellten $MgSO_4 \cdot H_2O$ -Kristalle der Probe Z1/1
- Abb.3: EDX-Spektrum von K_2SO_4 (?) und Gips(?) der Probe Z1/1
- Abb.4: Probennahmestelle Z1/3
- Abb.5: EDX-Spektrum von $MgSO_4 \cdot H_2O$ -Kristallen und Kalium, vermutlich das Kation zum vorhandenen Nitrat der Probe Z1/3

Probe Z1/12:

Probenstelle: N-Fassade, 2. Nische von E, N-Ecke, Salzausblühungen unter schwarzer Kruste auf der Fuge, ca. 2 m über Bodenniveau.

Frage: Salzart

Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Es wurden Kaliumsulfat(K_2SO_4) und Natriumsulfat (Na_2SO_4)(Abb.1)nachgewiesen. Der qualitative Nitrattest war negativ.

Probe Z1/24:

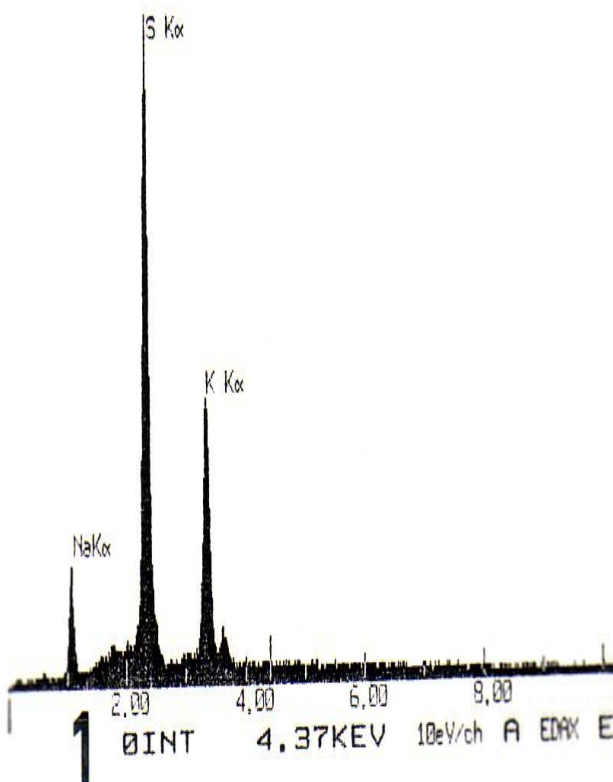
Probenstelle: N-Innenwand zwischen N-Portal und Aufgang, ca. 1 m über Bodenniveau, über einer Heizung, Salze an absandender Oberfläche

Frage: Salzart

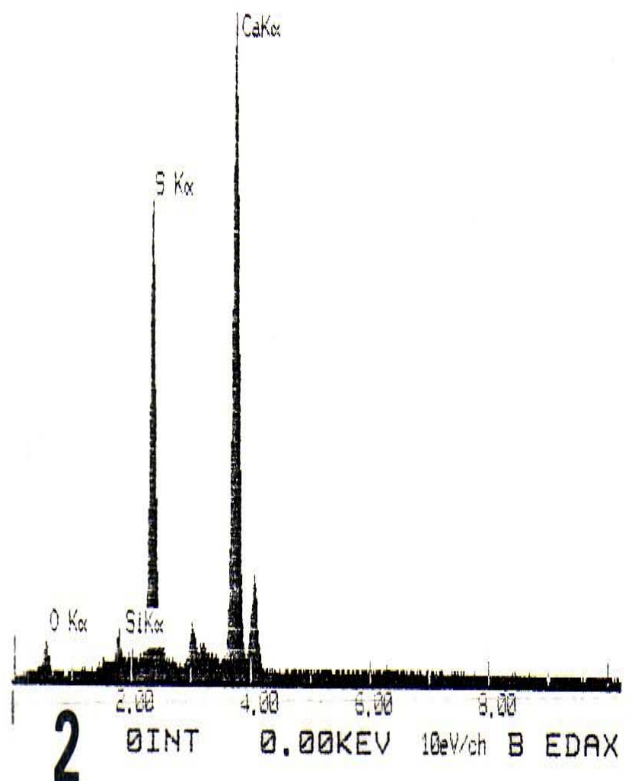
Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Es handelt sich um reine Gipsausblühungen (Abb.2).

15-NOV-91 12:57:17 EDAX READY
RATE= 1CPS TIME= 19LSEC
FS= 2445CNT PRST= OFF
A =Z1/12



22-NOV-91 10:39:40 EDAX READY
RATE= 0CPS TIME= 40LSEC
FS= 2815CNT PRST= OFF
B =Z1/24, Gips



TAFEL II (Z1/12+24)

Abb.1: EDX-Spektrum von K_2SO_4 und Na_2SO_4 der Probe Z1/12

Abb.2: EDX-Spektrum von Gips der Probe Z1/24

(B) Salzproben aus dem Bereich der S-Fassade

Probe Z1/21:

Probenstelle: SW-Ecke, S-Seite, unterhalb des oberen Simses, in ca. 7m Höhe, Salz auf Sandsteinquader und im Fugenbereich

Frage: Salzart

Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Als Salze wurden Magnesiumsulfat ($MgSO_4 \cdot H_2O$)(Abb.1), Kaliumsulfat (K_2SO_4) und Gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)(Abb.2) nachgewiesen. Der Nitrattest war positiv. Als Kationen sind Mg, Ca und K möglich.

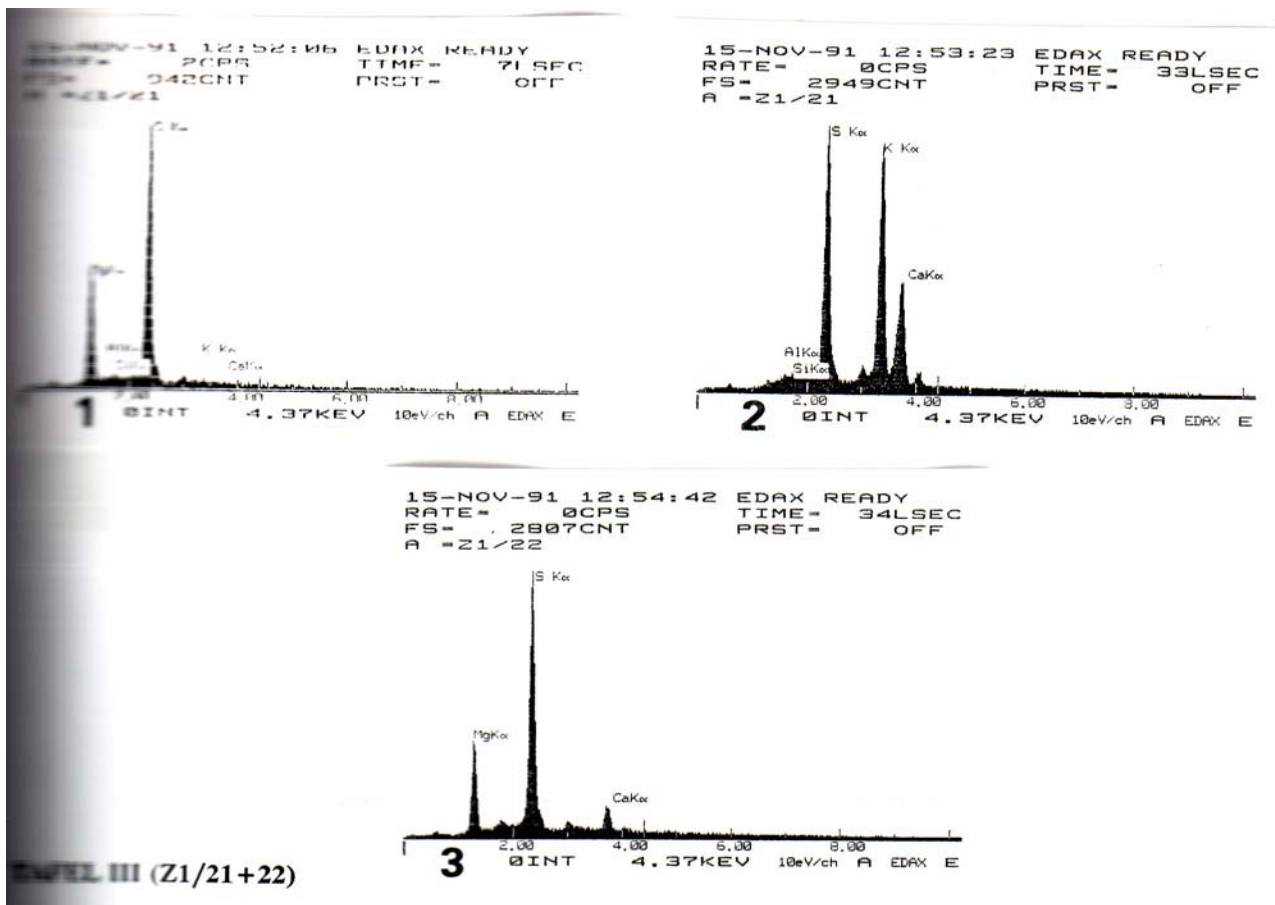
Probe Z1/22:

Probenstelle: Gleiche Ecke wie Z 1/21, W-Seite, unterhalb unterem Sims, ca. 5 m über Bodenniveau, Salz in vertikaler Fuge

Frage: Salzart

Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Es wurden Magnesiumsulfat ($MgSO_4 \cdot H_2O$) und Gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)(Abb.3) nachgewiesen. Der Nitrattest war negativ.



TAFEL III (Z1/21+22)

Abb.1: EDX-Spektrum von $MgSO_4 \cdot H_2O$ der Probe Z1/21

Abb.2: EDX-Spektrum von K_2SO_4 und Gips der Probe Z1/21

Abb.3: EDX-Spektrum von $MgSO_4 \cdot H_2O$ und Gips der Probe Z1/22

Probe Z1/19:

Probenstelle: S-Fassade, 1. Nische E des W-Portals, W des Fensters, Salzausblühungen vor allem im Bereich der zurückgewitterten Fugen, ca. 2 m über Bodenniveau (Abb.1)

Frage: Salzart

Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Als Salze wurden Magnesiumsulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) und Kaliumsulfat (K_2SO_4)(Abb.2) nachgewiesen. Der Nitrattest war negativ.

Probe Z1/14:

Probenstelle: S-Fassade Innenbereich, 1. Nische von W, unterhalb des Fensters (unter westlicher Fenstereinfassung), ca. 1 m über Bodenniveau, Salzausblühungen auf gelbe Sandsteinvarietät (Abb.3)

Frage: Salzart

Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Es handelt sich um reine Gipsausblühungen (Abb.4)

Probe Z1/20:

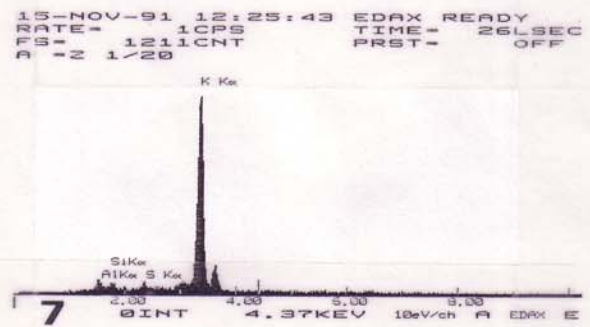
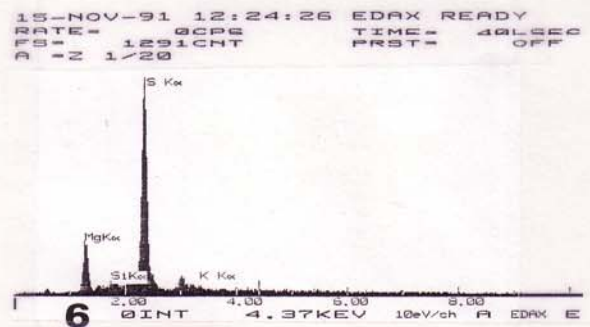
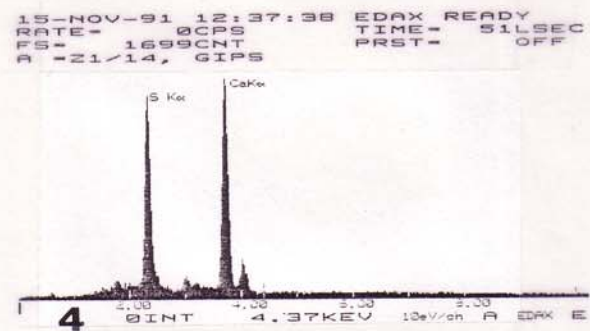
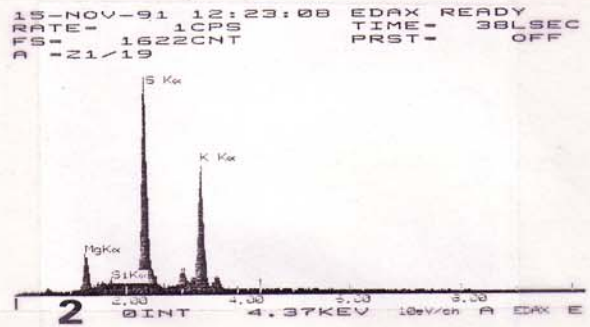
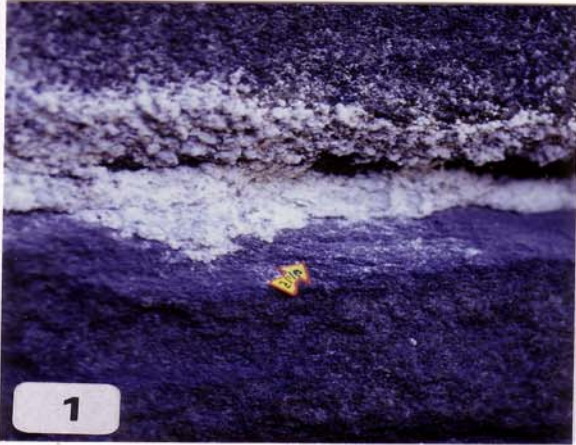
Probenstelle: Gleiche Außennische wie Z 1/19, E vom Fenster, ca. 2 m über Bodenniveau, Salzbelag auf Sandsteinquadern (Abb.5)

Frage: Salzart

Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Als Salze wurden Magnesiumsulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)(Abb.6). Der Nitrattest war im Gegensatz zu Probe Z1/19 positiv. Vermutlich ist hier Kalium (Abb.7) das Kation (Kaliumnitrat).

TAFEL IV (Z 1/14,19,20)



TAFEL IV (Z1/14,19+20)

- Abb.1: Probenentnahmestelle Z1/19
- Abb.2: EDX-Spektrum von $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ und K_2SO_4 der Probe Z1/19
- Abb.3: Probenentnahmestelle Z1/14
- Abb.4: EDX-Spektrum von Gips der Probe Z1/14
- Abb.5: Probenentnahmestelle Z1/20
- Abb.6: EDX-Spektrum von $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ der Probe Z1/20
- Abb.7: EDX-Spektrum von Kalium, vermutlich das Kation zum Nitrat der Probe Z1/20.

Probe Z1/15:

Probenstelle: S-Fassade, 2. Pfeiler von W, S-Flanke, ca. 2 m über Bodenniveau, Salz in der Fuge (Abb.1)

Frage: Salzart

Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Als Salze konnten Magnesiumsulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)(Abb.2) und Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)(Abb.3) nachgewiesen werden. Der Nitrattest war negativ.

Probe Z1/17:

Probenstelle: S-Seite Innenbereich, 2. Grabnische von W (gleiche Grabnische wie Z1/16), S-Wand, W des Fensters, ca. 1.5 m über Bodenniveau (Abb.4)

Frage: Salzart

Präparation: Tupfprobe auf Leittab

Ergebnis: Auch hier wurde ausschließlich Magnesiumsulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)(Abb.5) und Gips (Abb.6) nachgewiesen. Der Nitrattest war ebenfalls negativ.

Probe Z1/16:

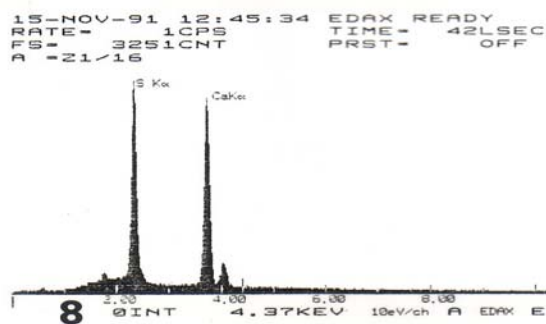
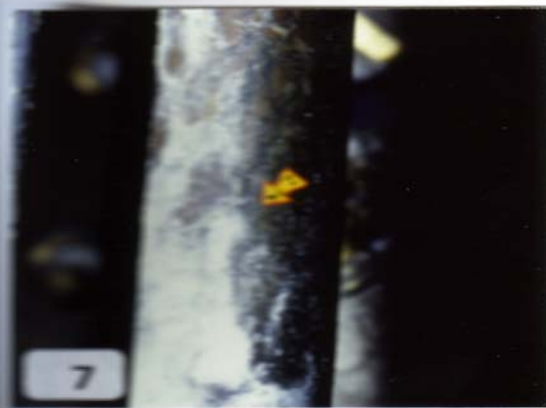
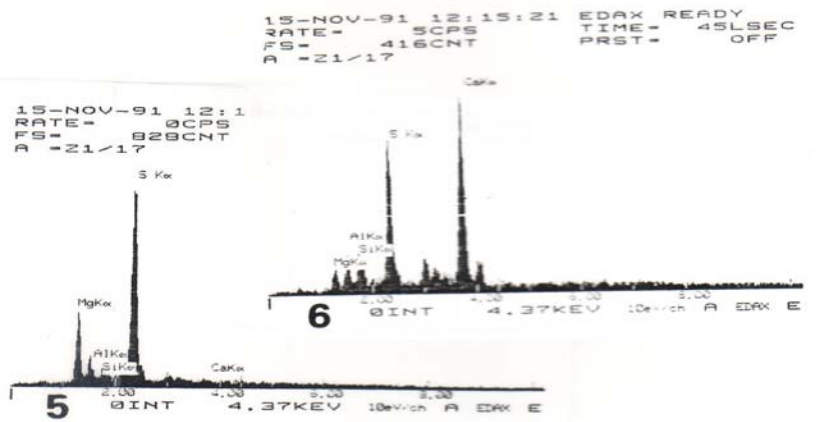
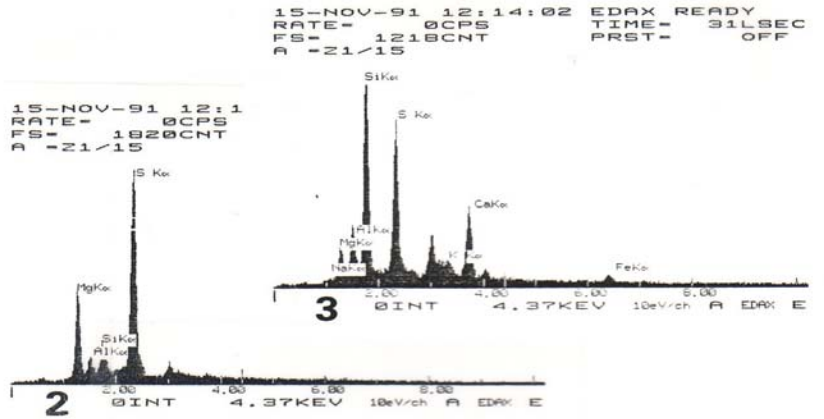
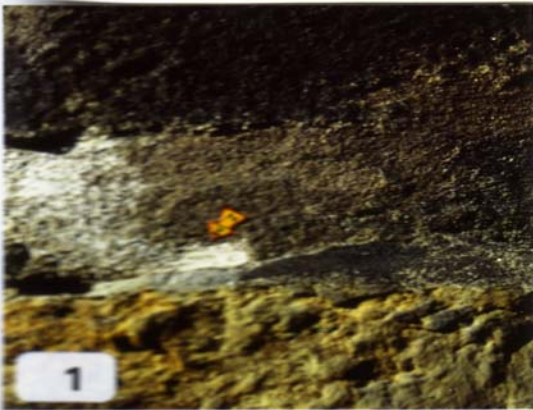
Probenstelle: S-Seite Innenbereich, 2. Nische von W (Grabnische), Altar an W-Wand mit Alabastersäulen, rechte Säule des linken Säulenpaares, ca. 10 cm über der Basis der Säule (Abb.7)

Frage: Salzart

Präparation: Tupfprobe mit Leittab

Ergebnis: Es wurde wie erwartet Gips (Abb.8) nachgewiesen.

TAFEL V (Z 1/15,16,17)



TAFEL V (Z1/15,16,17)

- Abb.1: Probenentnahmestelle Z1/15
- Abb.2: EDX-Spektrum von $MgSO_4 \cdot H_2O$ der Probe Z1/15
- Abb.3: EDX-Spektrum von Gips und Silikat der Probe Z1/15
- Abb.4: Probenentnahmestelle Z1/17
- Abb.5: EDX-Spektrum von $MgSO_4 \cdot H_2O$ der Probe Z1/17
- Abb.6: EDX-Spektrum von Gips und Silikat der Probe Z1/17
- Abb.7: Probenentnahmestelle Z1/16
- Abb.8: EDX-Spektrum von Gips der Probe Z1/16

Probe Z1/7:

Probenstelle: E-Flanke des 1. Pfeilers E des Mittelportals der S-Fassade, Salz in der herausgewitterten Fuge zwischen Steinergänzungsmasse und Originalquader (Abb.1)

Frage: Salzart

Präparation: Salzmaterial auf Leit-C

Ergebnis: Es wurde Gips($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) und Natriumsulfat(Na_2SO_4)(Abb.2) nachgewiesen. Der Nitrattest war positiv. Als Kationen kommen lediglich Natrium (Natronsalpeter NaNO_3) und Calcium (Kalksalpeter $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) in Betracht. Spuren von Biologie wurden nicht gefunden.

Probe Z1/8:

Probenstelle: dito Z1/7, Salz an herausgewittertem Fugenmaterial, waagerechte Fuge zwischen zwei Originalsandsteinvarietäten, ca. 50 cm oberhalb Z 1/7 und ca. 60 cm rechts von Z 1/6 (Abb.3)

Frage: Salzart

Präparation: Salztupfprobe auf Leit-Tab

Ergebnis: Es konnte Magnesiumsulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)(Abb.4), Gips (Abb.5) und Kaliumsulfat (K_2SO_4)(Abb.6) nachgewiesen werden. Der Nitrattest war negativ.

Probe Z1/18:

Probenstelle: S-Seite Innen, Aufgang zum Balkon, im Bereich der 1.Stufe, ca. 1.50 m oberhalb der 1. Stufe, Quader wurden nach 1945 eingesetzt

a: weißes pulveriges Salz in der Fuge

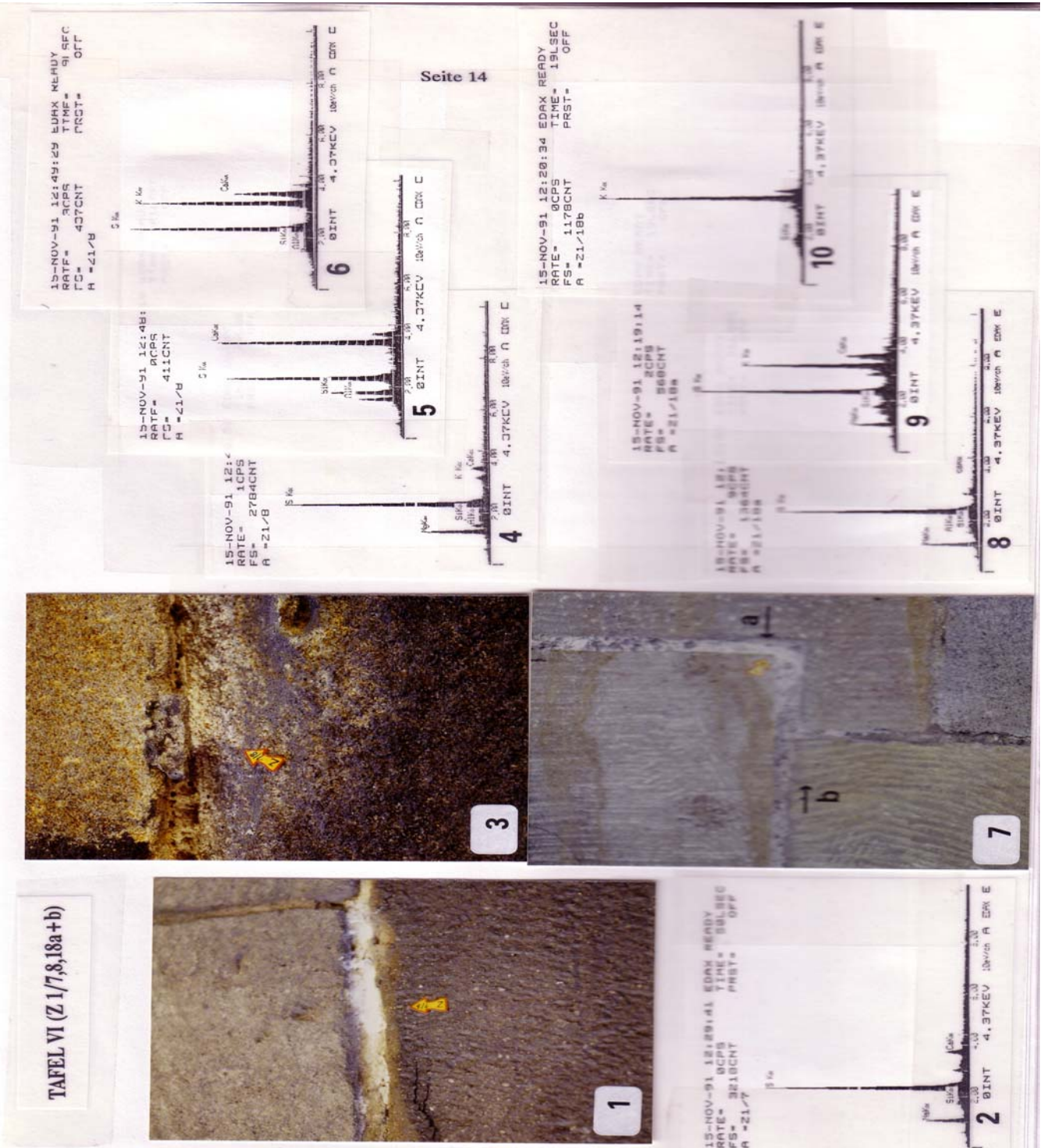
b: nadeliges, gräuliches, watteartiges Salz (Abb.7)

Frage: Salzarten

Präparation: Proben auf Leit-C

Ergebnis: a: Es wurde Natriumsulfat (Na_2SO_4)(Abb.8), daneben aber auch Kalium und Calcium nachgewiesen (Abb.9). Aufgrund der Mengenverhältnisse im Vergleich zu Abb.8 und des positiven Nitrattests könnten K^+ und Ca^{2+} die Kationen zum Nitrat sein.

b: Der Nitrattest war positiv und es konnte als Kation lediglich Kalium (Abb.10) nachgewiesen werden, sodaß es sich hier um Kaliumnitrat handelt.



TAFEL VI (Z1/7,8,18a+b)

Abb.1: Probenentnahmestellen Z1/7

Abb.2: EDX-Spektrum von Na_2SO_4 und Gips der Probe Z1/7

Abb.3: Probennahmestelle Z1/8

Abb.4: EDX-Spektrum von $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ der Probe Z1/8

Abb.5: EDX-Spektrum von Gips der Probe Z1/8

Abb.6: EDX-Spektrum von K_2SO_4 und Gips der Probe Z1/

Abb.7: Probenentnahmestellen Z1/18a+b

Abb.8: EDX-Spektrum von Na_2SO_4 der Probe Z1/18a

Abb.9: EDX-Spektrum von Na_2SO_4 sowie Kalium und Calcium, letztere möglicherweise als Kationen zum Nitrat

der Probe Z1/18a

Abb.10: EDX-Spektrum von Kalium, vermutlich das Kation zum Nitrat der Probe Z1/18b

(C) Schwarze Krusten

Probe Z1/10:

Probenstelle: 9. Nische vom Hauptportal der S-Fassade in E-Richtung, SE-Flanke, Schwarze Kruste über Zement (über roter Sandsteinvarietät)(Abb.1)

Frage: Zusammensetzung der schwarzen Kruste

Präparation: Probenstück auf Leit-C, Querbruch

Ergebnis: Die schwarze Kruste hat Gipszusammensetzung (Abb.2), wobei der Überschuß an Calcium vermutlich dem darunterliegenden Zement zuzuordnen ist.

Probe Z1/11:

Probenstelle: ca. 10 cm links von Z 1/10 (genau an der Ecke), schwarze aufstehende Kruste auf Sandsteinquader (Abb.1)

Frage: Zusammensetzung

Präparation: Probenstück auf Leit-C, Oberfläche und Bruchfläche

Ergebnis: Sowohl die Oberseite als auch die Bruchfläche besteht aus Gips und Kaliumsulfat (K_2SO_4)(Abb.3). Dabei stammt das Kalium vermutlich aus der Kalifeldspatverwitterung zu Kaolinit innerhalb des Sandsteins.

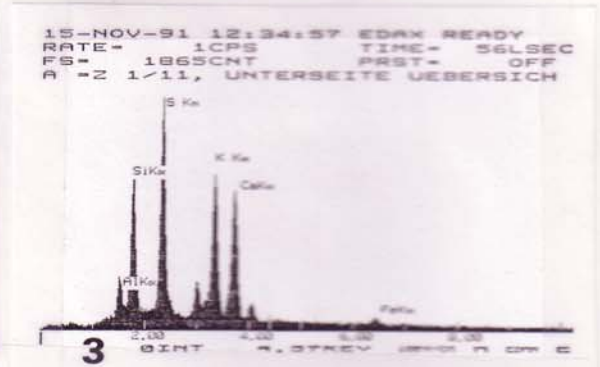
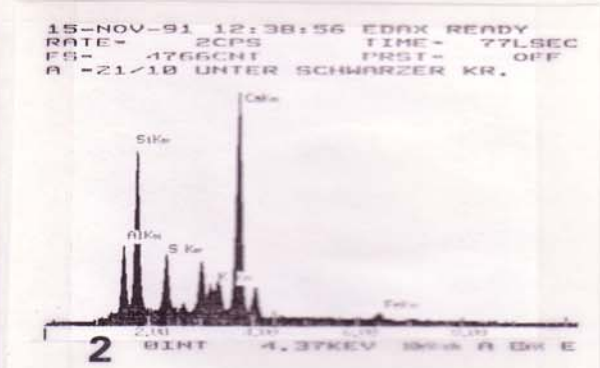
Probe Z1/13:

Probenstelle: N-Fassade, Pfeiler zwischen 1. und 2. Nische von E, W-Ecke, schwarze Kruste auf rechter Wange einer Figur, entnommen in ca. 3m Höhe (Abb.4)

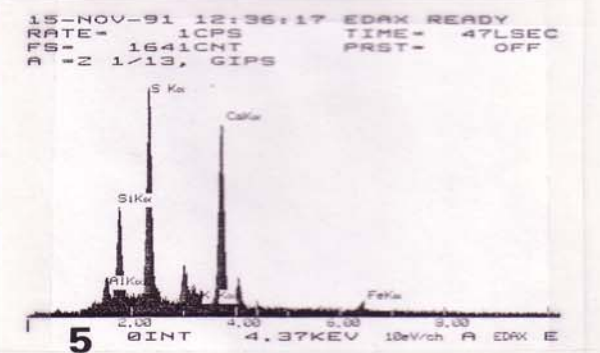
Frage: Zusammensetzung

Präparation: Probenstück auf Leit-C

Ergebnis: Es handelt sich um eine reine Gipskruste (Abb.5). Spuren von Biologie wurden nicht beobachtet



TAFEL VII (Z 1/10,11,13)



TAFEL VII (Z1/10,11,13)

Abb.1: Probenahmestellen Z1/10+11

Abb.2: EDX-Spektrum von Gips der Probe Z1/10

Abb.3: EDX-Spektrum von Gips und K_2SO_4 der Probe Z1/11

Abb.4: Probenahmestelle Z1/13

Abb.5: EDX-Spektrum von Gips der Probe Z1/13

(D) Fugenmörtel

Probe Z1/2:

Probenstelle: N-Fassade, 1. Nische von W-Fester, Fugenmörtel mit Salz auf der Unterseite (vgl. Z1/1) und dunkler Oberflächenkruste, entnommen 15cm rechts neben Probe Z1/1; 1,70m Höhe (Abb.1)

Frage: Zusammensetzung des Mörtels und der dunklen Oberflächenkruste

Präparation: Probenstück auf Leit-C, Querbruch

Ergebnis: Bei der oberflächlichen schwarze Kruste handelt es sich um Gips (Abb.2). Biologie wurde nicht beobachtet. Das Fugenmaterial selbst ist zementär mit Gipsanteilen (Abb.3). Die Unterseite des Zements weist ebenfalls eine reine Gipsschicht auf.

Probe Z1/4:

Probenstelle: dito Z1/2, Fugenmaterial (vermutlich nur Sichtfuge), auf der Oberseite mit Salzen belastet, entnommen ca. 20cm links von Z1/3 in 2,40m Höhe (Abb.1)

Frage: Zusammensetzung des Fugenmaterials, Salzart

Präparation: Probenstück auf Leit-C, Querbruch

Ergebnis: Das Fugenmaterial ist zementär (Abb.4) mit Gips an der Oberfläche (Abb.5). Spuren von Biologie wurden nicht beobachtet.

Probe Z1/9:

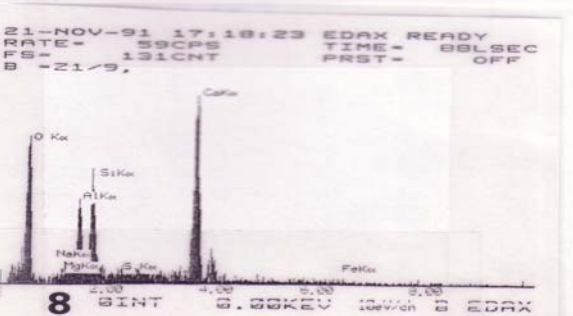
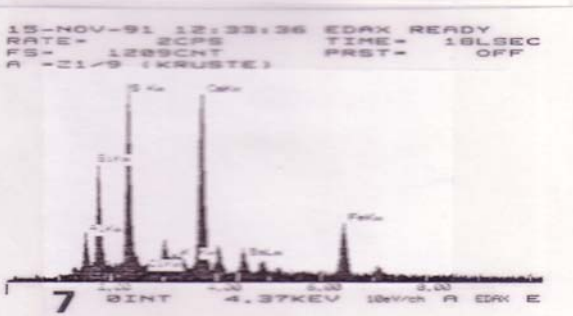
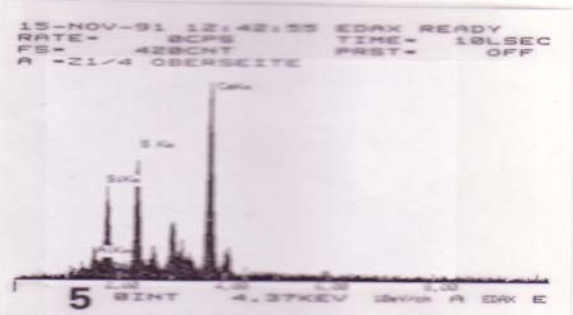
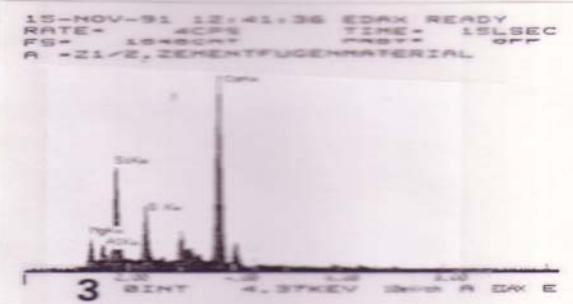
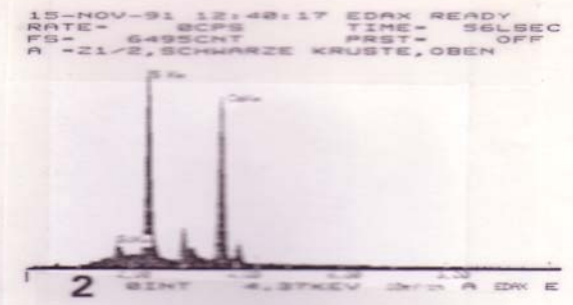
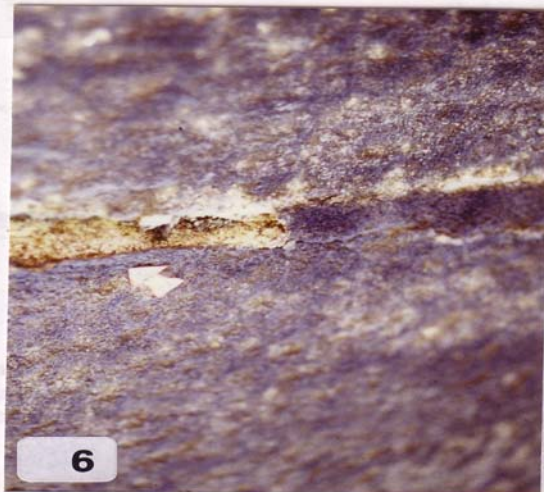
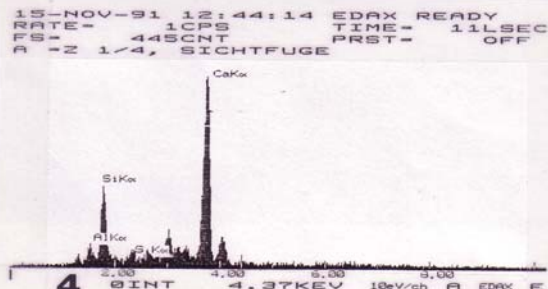
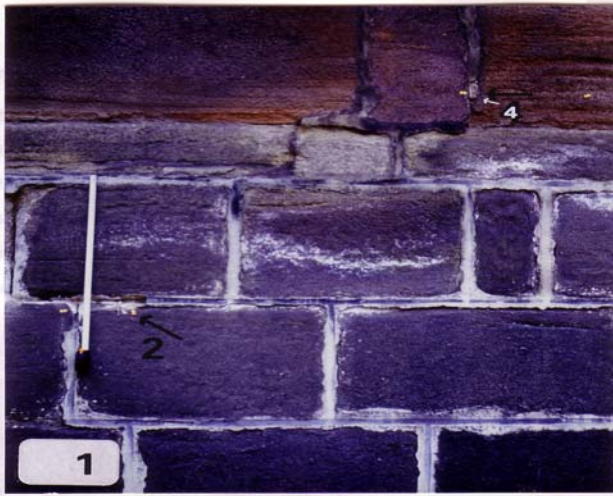
Probenstelle: dito Z1/6 (E-Flanke des 1. Pfeilers E des Mittelportals der S-Fassade), ca. 60 cm oberhalb Z 1/6, Fugenmaterial mit schwarzer Kruste, stark aufgelockertes Gefüge, schwarze Oberflächenkruste löst sich sehr leicht (Abb.6)

Frage: Zusammensetzung des Fugenmaterials und der Schwarzen Kruste

Präparation: Schwarze Kruste Oberfläche und Bruchfläche und Fugenmaterialoberfläche (Kontaktbereich zu schwarzer Kruste) auf Leit-C

Ergebnis: Bei der schwarzen Oberflächenkruste handelt es sich um eine Gipskruste (Abb.7). Biologische Spuren wurden nicht beobachtet. Das Fugenmaterial selbst ist ein Zementmörtel (Abb.8). Der hohe Aluminiumgehalt deutet darauf hin, daß möglicherweise zum schnelleren Abbinden ein Tonerdezementzusatz verwendet wurde.

TAFEL VIII (Z 1/2,4,9)



TAFEL VIII (Z1/2,4,9)

- Abb.1: Probenahmestellen Z1/2+4
- Abb.2: EDX-Spektrum von Gips (schwarze Kruste) auf der Ober- und Unterseite des Fugenmörtels der Probe Z1/2 am Beispiel der Oberseite
- Abb.3: EDX-Zementzusammensetzung des Fugenmörtels der Probe Z1/2
- Abb.4: EDX-Zementzusammensetzung des Fugenmörtels der Probe Z1/4
- Abb.5: EDX-Spektrum von Gips (schwarze Oberflächenkruste) der Probe Z1/4
- Abb.6: Probenentnahmestelle Z1/9
- Abb.7: EDX-Spektrum von Gips (schwarze Oberflächenkruste) der Probe Z1/9
- Abb.8: EDX-Spektrum der Zusammensetzung des Fugenmaterials der Probe Z1/9

(E) Steinerganzungsmasse

Probe Z1/6:

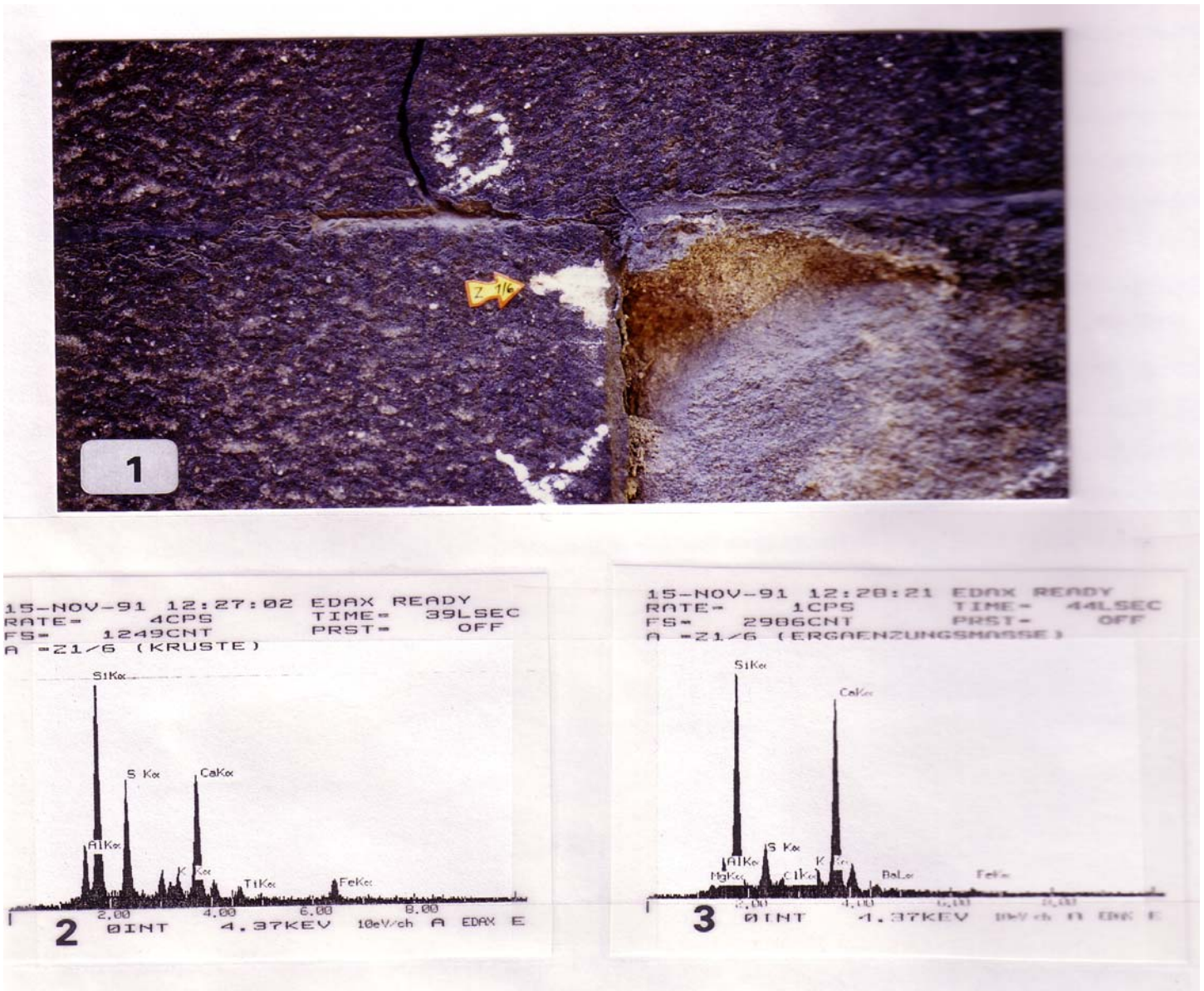
Probenstelle: E-Flanke des 1. Pfeilers E des Mittelportals der S-Fassade ca. 2 m uber Bodenniveau, Steinerganzungsmasse von 1904, rotlich eingefarbt mit schwarzem Belag (Abb.1)

Frage: Zusammensetzung des schwarzen Belags und der Steinerganzungsmasse

Praparation: Probenstuck auf Leit-C, Oberflache und Bruchflache

Ergebnis: Die schwarze Kruste ist eine Gipskruste (Abb.2). Die Steinerganzungsmasse ist zementar, wobei der Siliziumuberschuss auf den quarzitischen Zuschlag zuruckzufuhren ist (Abb.3).

(Vgl. auch Bohrkernprobe Z_B1/1)



TAFEL IX (Z1/6)

Abb.1: Probennahmestelle Z1/6

Abb.2: EDX-Spektrum von Gips (schwarze Oberflachenkruste) der Probe Z1/6

Abb.3: EDX-Spektrum der zementaren Steinerganzungsmasse der Probe Z1/6

(F) Bohrkerne

Z_B1/1

Probenstelle: E-Flanke des 1. Pfeilers E des Mittelportals der S-Fassade ca. 2 m über Bodenniveau, Antrag von 1904 über Sandstein (Abb.1)

Frage: Zusammensetzung des Antrags und Übergangsbereich zum Sandstein

Präparation: Eingebetteter Bohrkern in Spurr, Querbruch im Dünnschnitt

Ergebnis: Abb.2 zeigt eine REM-Übersichtsaufnahme über den Kontaktbereich Sandstein - Kalkzementputz. Bei dem ca. 6 cm dicken Antrag auf dem Sandstein handelt es sich um einen Kalkzementputz (Abb.3) mit überwiegend quarzitären Zuschlägen unterschiedlicher Form und Größe. Es folgt eine Schicht, die sehr feinkörnig ist und überwiegend aus Calcium besteht (Abb.4). Sie ist zum Kalkzementmörtel hin nicht klar begrenzt, zum Sandstein hin bildet sie eine klare Begrenzungslinie. Sie ist unterschiedlich dick, im Durchschnitt etwa 4 mm. Möglicherweise handelt es sich hier um einen calciumreichen Spritzbewurf, der vor dem Zementauftrag angelegt wurde und nicht vollständig ausgehärtet war, bevor die Kalkzementmörtelschicht aufgetragen wurde. In dieser "Zwischenschicht" findet man Anhäufungen verzwilligter KCl-Kristalle (Abb.7+8). Vermutlich stammt das Kalium aus dem Verwitterungsprozeß des Kalifeldspats zu Kaolinit (Abb.5+6). Auch scheint in diesem Übergangsbereich das Porenraumvolumen am höchsten zu sein.

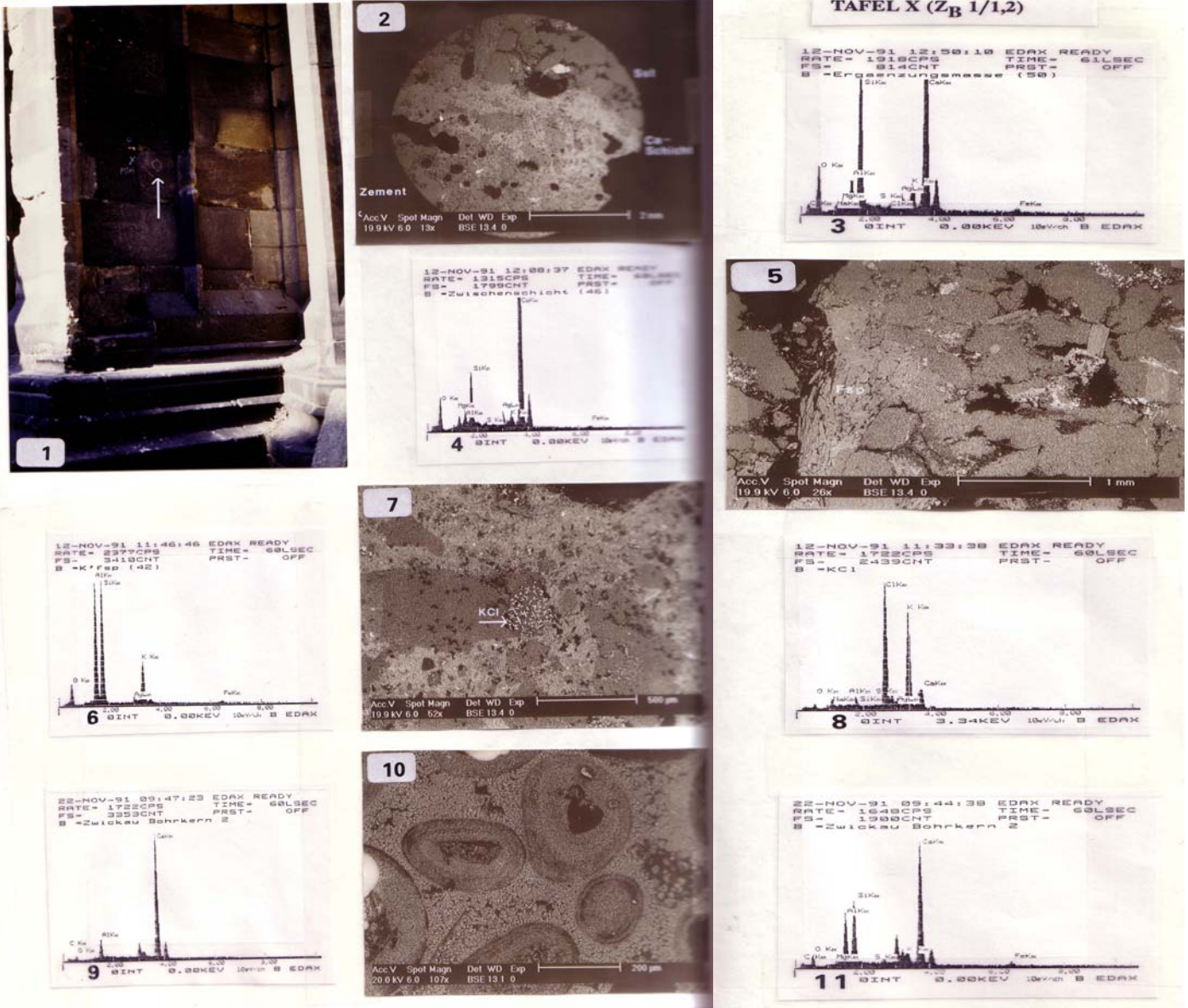
Z_B1/2

Probenstelle: dito Z_B1/1, ca. 5 m über Bodenniveau, Sockel aus Muschelkalk

Frage: Gefügeänderung ins Probeninnere

Präparation: Eingebetteter Bohrkern in Spurr, Querbruch im Dünnschnitt

Ergebnis: Eine Änderung des Gefüges ins Probeninnere des Muschelkalks konnte nicht nachgewiesen werden. Der Muschelkalk besteht aus Schalen ehemals organischen Materials, die aus Calcium und Aluminium zusammengesetzt sind (Abb.9). Die Zwickel zwischen diesen Schalen haben die gleiche Zusammensetzung wie die Schalen selbst. Innerhalb der Schalen findet man Relikte silikatischer Phasen, vorwiegend vermutlich die Verwitterungsform Kaolinit aus Kalifeldspat (Abb.10,11)



TAFEL X (Z_B1/1,2)

Abb.1: Probenahmestelle Z_B1/1

Abb.2: REM-Übersichtsaufnahme (RE) über den Kontaktbereich Sandstein - Kalkzementputz in Probe Z_B1/1

Abb.3: EDX-Spektrum vom Kalkzementputz als äußerer Antrag auf Sandstein in Probe Z_B1/1

Abb.4: EDX-Spektrum der calciumreichen Zwischenschicht im Kontaktbereich Sandstein - Kalkzementputz in Probe Z_B1/1, vermutlich ein Spritzbewurf

Abb.5: REM-Aufnahme (RE) über einen nahe der Kontaktstelle gelegenen Teilbereich des Sandsteins in Probe Z_B1/1

Abb.6: EDX-Spektrum von Kalifeldspat in Sandstein in Probe Z_B1/1, der zu Kaolinit zu verwittern scheint (vgl. Abb.5)

Abb.7: REM-Aufnahme (RE) von KCl-Zwillingskristallen in der calciumreichen Zwischenschicht zwischen Kalkzementputz und Sandstein in Probe Z_B1/1

Abb.8: EDX-Spektrum von KCl-Zwillingskristallen in der calciumreichen Zwischenschicht zwischen Kalkzementputz und Sandstein in Probe Z_B1/1

Abb.9: EDX-Spektrum der Schalen- und Zwickelzusammensetzung der Bohrkernprobe Z_B1/2

Abb.10: REM-Übersichtsaufnahme des Muschelkalks der Bohrkernprobe Z_B1/2

Abb.11: EDX-Spektrum vom Schaleninneren der Bohrkernprobe Z_B1/2, vermutlich Kaolinit

(G) Sonstige

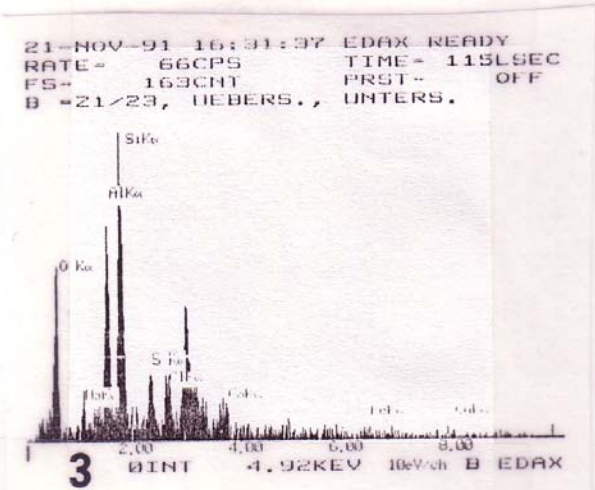
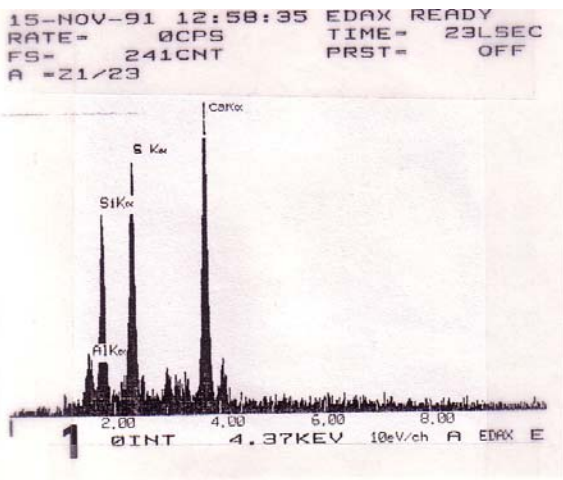
Probe Z1/23:

Probenstelle: N-Portal zwischen Außen- und Innentür, e-Wand, ca. 1 m über Bodenniveau, über einer Heizung

Frage: Kalkschlämme(?), Salzart, Zusammensetzung des Schicht

Präparation: Probe auf Leit-C

Ergebnis: Die halb geschlossene Blase zeigt sowohl an der Außen- als auch an der Innenseite starken Gipsbelag (Abb.1,2). In Abb.2 werden biologische Spuren sichtbar. Die Schicht selbst ist keine Kalkschlämme. Als Elemente konnten neben dominantem Silizium Aluminium, Chlor, Calcium und Natrium, in Spuren auch Eisen und Kupfer (Abb.3) nachgewiesen werden. Möglicherweise handelt es sich um einen Silikatanstrich auf Wasserglasbasis



TAFEL XI (Z1/23)

Abb.1: EDX-Spektrum von Gips am Beispiel der Innenseite der Probe Z1/23

Abb.2: REM-Darstellung (SE) der Gipskruste am Beispiel der Innenseite der Probe Z1/23, vermutlich mit Biologie

Abb.3: EDX-Spektrum der Zusammensetzung der Schicht, möglicherweise ein Silikatanstrich auf Wasserglasbasis

