



Dahlberg-Institut

für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V.

Forschungsbericht

**Änderungen des Durchfeuchtungs- und Versalzungszustandes
des Ziegelfußbodens in Abhängigkeit von der Wirksamkeit
der Entsalzungskompressse COCOON**

Objekt: **Rathauskeller Wismar (Ziegelfußboden)**

Auftraggeber: **Firma WESTOX**
Vertreten durch Herrn K. Neumann

Auftragnehmer: **Dahlberg-Institut**
für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V.
Postfach 1210, 23952 Wismar,
vertreten durch die Geschäftsführerin Dr.-Ing. N. Lesnych
Tel. 03841 / 753-226

Bearbeiter: Dipl.-Ing. L. Kots und Dr.-Ing. N. Lesnych

Datum: 28.10.2002

Umfang: Dieser Forschungsbericht enthält 9 Seiten

Inhaltsverzeichnis:

1	Objektbeschreibung und Untersuchungsablauf	3
2	Feuchteanalytik / Gravimetrie	6
3	Salzanalytik / Photometrie	7

1. Objektbeschreibung und Untersuchungsablauf

Das Rathaus Wismar (Ziegelfußboden im Keller) ist der Untersuchungsgegenstand zur Erprobung des Systems COCOON. Vor und nach der Anwendung der Kompresse (Einsatzzeit ca. 33 Tage) wurden folgende Untersuchungen am gemeinsam festgelegten Beprobungsort durchgeführt:

- Feuchteanalytik (aktueller Feuchtegehalt, Sättigungsfeuchte und Durchfeuchtungsgrade - gesamt und hygroskopisch)
- Salzanalytik (Bestimmung der Konzentrationen von Chlorid-, Sulfat- und Nitrationen im Ziegelfußboden, in Salzen von der Oberfläche und in den COCOON - Kompressen vor und nach deren Anwendung).

Im Keller des Rathauses Wismar (s. Bilder 1 und 2) wurden Ziegelbohrproben (Bohrkerne: Durchmesser 32 mm) bis in ca. 15 cm Tiefe entnommen, und zwar einmal zum Ausgangszustand (am 19.09.02) und einmal zum Endzustand (nach 33 Tagen, am 22.10.02). Diese Kerne wurden während der Bohrung in 1 bis 5 cm lange Abschnitte geteilt und für die Feuchte- und Salzgehaltsbestimmung im Labor verwendet.

In diesem Bericht sind die Ergebnisse der beiden Beprobungen zusammengefasst. Die Untersuchungen beziehen sich auf den Zustand des Fußbodens im September-Oktober 2002.



Bild 1: Untersuchungsobjekt: Rathauskeller Wismar (Ziegelfußboden), Beprobungsstelle



Bild 2: Verwendung der Kompresse COCOON im Rathauskeller Wismar

2. Feuchteanalytik

Für Untersuchungen des Feuchtezustandes des Ziegelfußbodens wurden folgende Werte gravimetrisch bestimmt: aktueller Feuchtegehalt u_m in m.-%, Sättigungsfeuchte $u_{sätt.}$ in m.-%, gesamter Durchfeuchtungsgrad $D(g)$ in % und hygrokorischer Durchfeuchtungsgrad $D(h)$ in %.

$$u_m = (m_f - m_{tr.}) / m_{tr.} * 100 \quad (1)$$

$$u_{sätt.} = (m_{sätt.} - m_{tr.}) / m_{tr.} * 100 \quad (2)$$

$$u_h = (m_w - m_{tr.}) / m_{tr.} * 100 \quad (3)$$

$$D(g) = u_m / u_{sätt.} * 100 \quad (4)$$

$$D(h) = u_h / u_{sätt.} * 100 \quad (5)$$

m_f - Masse der entnommenen (feuchten) Proben in g

$m_{tr.}$ - Masse der getrockneten Proben in g

$m_{sätt.}$ - Masse der Proben nach der Wassersättigung (unter den Vakuumbedingungen)

m_w - Masse der Proben nach der Wasseraufnahme im Klima - Schrank
bei 20 °C und 90 % rel. Luftfeuchtigkeit

Die Untersuchungsergebnisse sind in der Tabelle 1.1 und im Diagramm 1.1 dargestellt.

Tabelle 1.1: Ergebnisse der Feuchteanalytik

Probe - Nr.	Tiefe	Tiefe	u_a	u_s	u_h	$D(g)$	$D(h)^*$	Kommentar
	cm	cm	m.-%	m.-%	m.-%	%	%	
Bohrort 1, 0-Beprobung am 19.09.02								
1	0-7	3	9,31	21,05		57,40		Ziegel
2	7-12	10	4,35	20,39		38,61		Ziegel
3	12-15	15	5,17	16,30		45,49		Ziegel
Bohrort 1, 1. Beprobung (nach 33 Tagen)								
1	0-4	2	5,35	15,51		32,97		Ziegel
2	4-7	5	9,35	15,89		-		Mörtel
3	7-13	10	4,32	16,13		37,99		Ziegel
4	13-15	15	4,89	17,25		43,03		Ziegel

* die Ergebnisse von der hygrokopischen Feuchte werden nachgeliefert

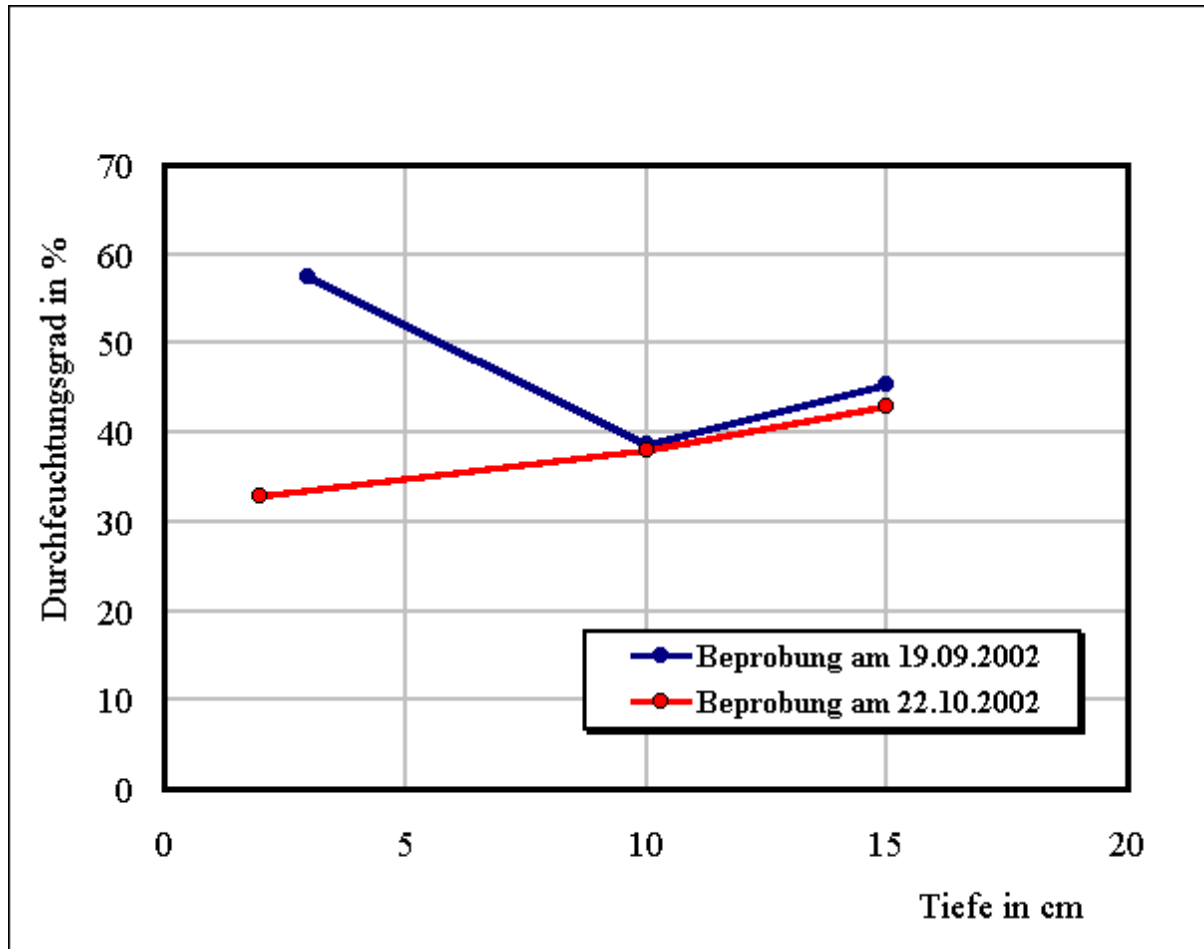


Diagramm 1.1: Feuchteprofile des Ziegelfußbodens im Rathauskeller Wismar

3. Salzanalytik

Zur Bestimmung der Anionengehalte sind photometrische Untersuchungen an den wässrigen Lösungen der Bohrproben, der Salze von der Bodenoberfläche und der COCOON - Kompressen vor und nach der Anwendung durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1.2 - 1.3 und in Diagrammen 1.2 - 1.3 zusammengefasst. Die photometrischen Untersuchungen haben folgende Ergebnisse gebracht:

- Der Fußboden ist mit Chloriden, Nitraten und Sulfaten gering belastet (summ. Anionengehalt bis 0,3 m. -%);
- In den Ausblühungen auf der Oberfläche des Fußbodens überwiegen Carbonate** und Sulfate (**Carbonate wurden nur qualitativ nachgewiesen);
- Im Oberflächenbereich des Fußbodens fand durch die Anwendung der COCOON - Kompresse ein Salzabbau statt (Effizienz bis ca. 60 % gegenüber dem Ausgangszustand).

Tabelle 1.2: Ergebnisse der Salzanalytik

Probe-Nr.	Tiefe	Anionenkonzentration			Anionengehalt **			Summe	Kommentar
		SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻		
	[cm]	[mg/l]			[m.-%]			[m.-%]	
0 - Beprobung am 19.09.02									
1	0-1	23	6	0	0,20	0,06	0,00	0,29	Ziegel (Oberfläche)
2	1-7	8	6	0	0,10	0,06	0,00	0,14	Ziegel
3	7-12	10	5	3	0,10	0,05	0,03	0,18	Ziegel
4	12-15	12	5	0	0,10	0,05	0,00	0,17	Ziegel
5	0	5	8	7	0,10	0,08	0,07	0,20	COCOON (0-Probe)

1. Beprobung am 22.10.02

6	0	201	9	15	2,0	0,09	0,15	2,25	COCOON 1
7	0	459	17	20	4,6	0,17	0,20	4,96	COCOON 2

2. Beprobung am 22.10.02

8	0-1	4	5	2	0	0,05	0,02	0,11	Ziegel (Oberfläche)
9	1-4	4	6	3	0	0,06	0,03	0,13	Ziegel
10	4-7	8	5	2	0,1	0,05	0,02	0,15	Mörtel
11	7-13	1	5	3	0	0,05	0,03	0,09	Ziegel
12	13-15	2	5	5	0	0,05	0,05	0,12	Ziegel
13	0	16	7	6	0,2	0,07	0,06	0,29	COCOON 1 (hell)
14	0	237	32	14	2,4	0,32	0,14	2,83	COCOON 2 (dunkel)
15	0	15	6	11	0,2	0,06	0,11	0,32	COCOON 3 (hell)
16	0	249	27	10	2,5	0,27	0,10	2,86	COCOON 4 (dunkel)

** - die Ergebnisse der Kationenanalytik werden nachgeliefert

Tabelle 1.3: Anionengehalte der Oberflächensalze (Salzausblühungen)

Probe-Nr.	Tiefe	Anionenkonzentration			Anionengehalt			Summe	Kommentar
		SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻		
	[cm]	[mg/l]			[m.-%]			[m.-%]	
Salzausblühungen 1	0	151	10	13,3	5,03	0,33	0,44	5,81	Oberflächensalze
Salzausblühungen 2	0	207	6	24,9	6,90	0,20	0,83	7,93	Oberflächensalze
Salzausblühungen 3	0	229	6	22,8	7,63	0,20	0,76	8,59	Oberflächensalze

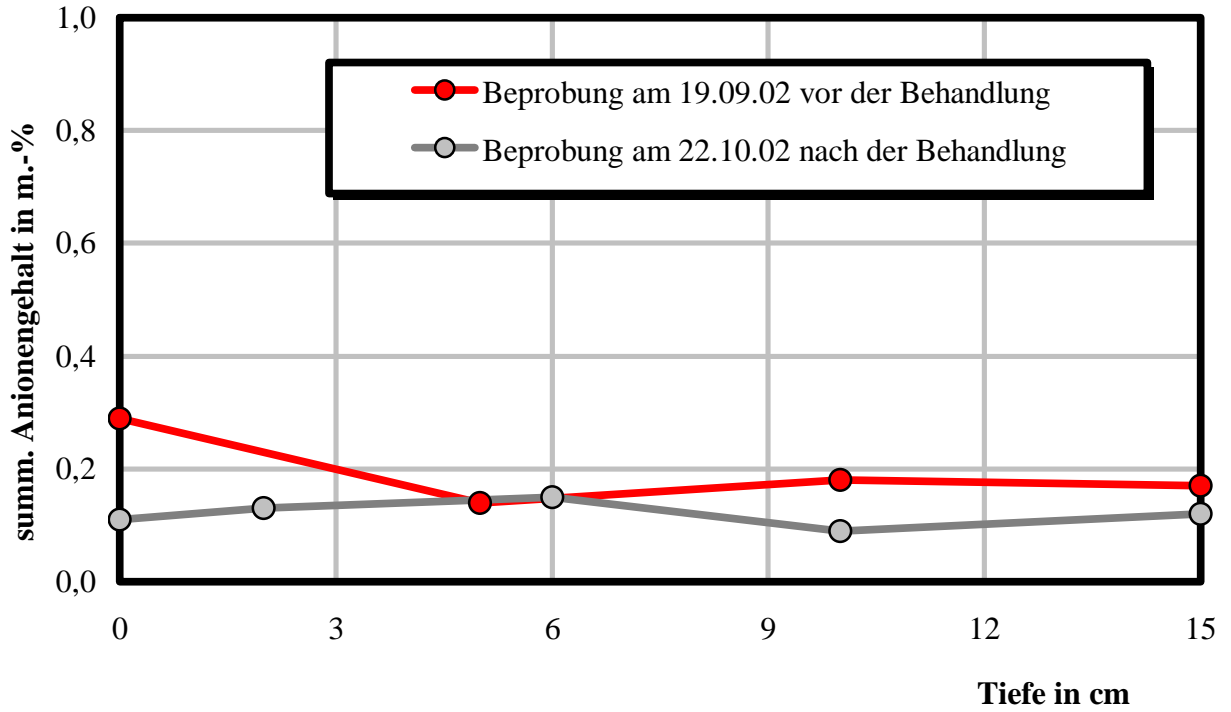


Diagramm 1.2: Anionensatz in Ziegelproben – Ziegelfußboden im Rathauskeller Wismar

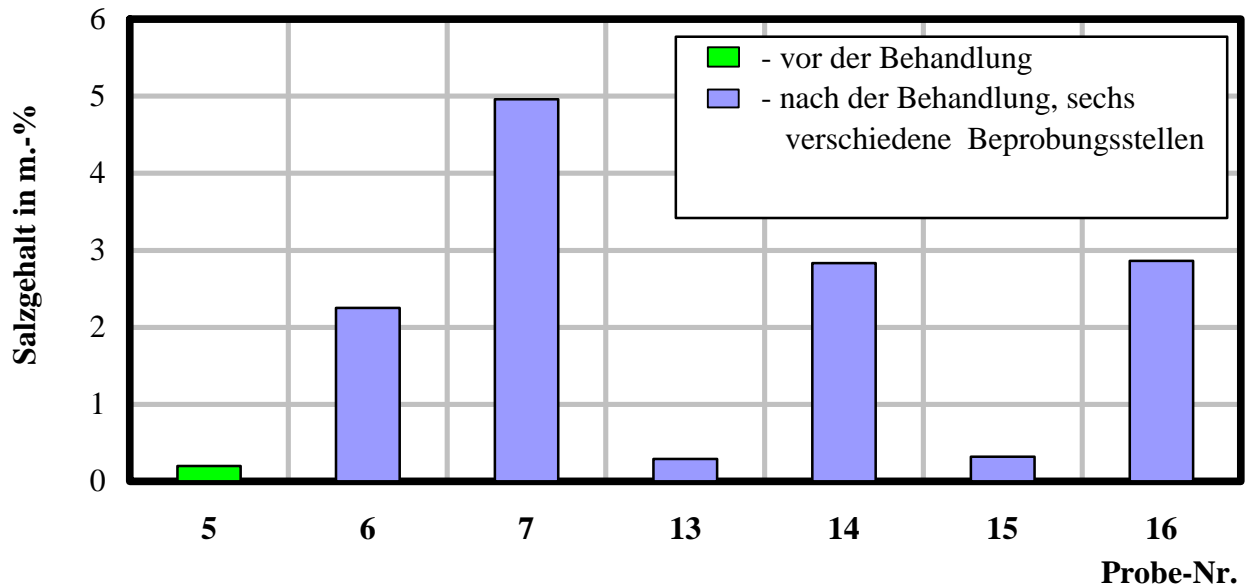
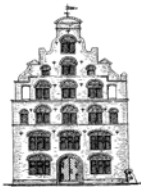


Diagramm 1.3: Anionengehalt in COCOON - Kompressen (Bezeichnung nach Tabelle 1.2)



Dahlberg-Institut

für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V.

Forschungsbericht (Teil 2)

**Änderungen des Durchfeuchtungs- und Versalzungszustandes
des Ziegelfußbodens in Abhängigkeit von der Wirksamkeit
der Entsalzungskompressse COCOON**

Objekt: **Rathauskeller Wismar (Ziegelfußboden)**

Auftraggeber: **Firma WESTOX**
Vertreten durch Herrn K. Neumann

Auftragnehmer: **Dahlberg-Institut**
für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V.
Postfach 1210, 23952 Wismar
vertreten durch die Geschäftsführerin Dr.-Ing. N. Lesnych
Tel. 03841 / 753-226

Bearbeiter: Dipl.-Ing. L. Kots und Dr.-Ing. N. Lesnych

Datum: 18.11.2002

Umfang: Dieser Forschungsbericht enthält 6 Seiten

Inhaltsverzeichnis:

1	Einführung/ Feuchteanalytik / hydr. Feuchte	3
2	Salzanalytik / Flammenphotometrie / Kationengehalt	4

0 Einführung

Das Rathaus Wismar (Ziegelfußboden im Keller) ist der Untersuchungsgegenstand zur Erprobung des Systems COCOON.

In diesem Teil des Berichtes sind die Ergebnisse der Bestimmung

1. des hygroskopischen Durchfeuchtungsgrades von Ziegelproben und
2. der Kationenkonzentrationen (Bestimmung der Konzentrationen von Natrium-, Kalium- und Calciumkationen im Ziegelfußboden, in Salzen von der Oberfläche und in den COCOON - Kompressen vor und nach deren Anwendung) zusammengefasst.

1 Feuchteanalytik

Für die Bestimmung des Anteils hygroskopischer Feuchtigkeit im gesamten Feuchtegehalt der Ziegelproben wurde der hygroskopische Durchfeuchtungsgrad **D (h)** in % bestimmt

$$D(h) = u_h / u_s \cdot 100 \quad (1)$$

$$u_s = (m_s - m_{tr.}) / m_{tr.} \cdot 100 \quad (2)$$

$$u_h = (m_w - m_{tr.}) / m_{tr.} \cdot 100 \quad (3)$$

m_{tr.} - Masse der getrockneten Proben in g

m - Masse der Proben nach der Wassersättigung (unter den Vakuumbedingungen)

m_{w.} - Masse der Proben nach der Wasseraufnahme / Lagerung im Klima - Schrank bei 20 °C und 90 % rel. Luftfeuchtigkeit (innerhalb von ca. 12 Wochen)

Die Untersuchungsergebnisse sind in der Tabelle 1.1 dargestellt. Aus den Ergebnissen folgt, dass hygroskopische Salze im Ziegelboden des Ratskellers in sehr geringen Mengen vorhanden sind und den gesamten Durchfeuchtungsgrad kaum beeinflussen.

Tabelle 1.1: Ergebnisse der Feuchteanalytik (hygr. Durchfeuchtungsgrad)

Probe - Nr.	Tiefe	Tiefe	u _s	u _h	D(g)	D(h)	Kommentar
	cm	cm	m.-%	m.-%	%	%	
Bohrort 1, 1. Beprobung (nach 33 Tagen)							
1	0-4	2	15,51	0,1	32,97	0,6	Ziegel
2	4-7	5	15,89	1,4	-	8,8	Mörtel
3	7-13	10	16,13	0,1	37,99	0,6	Ziegel
4	13-15	15	17,25	0,2	43,03	1,2	Ziegel

3. Salzanalytik

Zur Bestimmung der Kationengehalte wurden flammenphotometrische Untersuchungen an den wässrigen Lösungen der Bohrproben, der Salze von der Bodenoberfläche und der COCOON - Kompressen vor und nach der Anwendung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1.2 - 1.3

und in den Diagrammen 1.1 - 1.2 zusammengefasst. Die flammenphotometrischen Untersuchungen haben Ergebnisse gebracht, die mit Ergebnissen der Anionenanalysen übereinstimmen:

- Der Fußboden ist mit löslichen Salzen gering belastet (summ. Kationengehalt bis 0,05 m.-%);
- In den Ausblühungen auf der Oberfläche des Fußbodens überwiegen Natriumhaltige Salze;
- Im Oberflächenbereich des Fußbodens fand durch die Anwendung der COCOON - Kompresse ein Salzabbau statt.

Tabelle 1.2: Ergebnisse der Salzanalytik (Bestimmung der Kationen)

Probe-Nr.	Tiefe	Anzeige des Gerätes			Kationenkonzentration			Summe	Kommentar
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺		
	[cm]	[-]			[mg/l]			[m.-%]	
0 - Beprobung am 19.09.02									
1	0-1	10	46	0	2,52	2,89	0,00	0,054	Ziegel (Oberfl.)
2	1-7	4	12	0	0,38	0,00	0,00	0,004	Ziegel
3	7-12	2	11	1	0,00	0,00	0,00	0,000	Ziegel
4	12-15	2	10	0	0,00	0,00	0,00	0,000	Ziegel
5	0	6	33	0	1,68	0,00	0,00	0,017	COCOON (0-Probe)
1. Beprobung am 22.10.02									
6	0	60	990	44	36,98	103,47	0,49	1,409	COCOON (nach 11 T.)
7	0	135	940	44	85,76	96,80	0,49	1,831	COCOON (nach 11 T.)
Mittelwert (f. COCOON):					61,37	100,13	0,49	1,62	COCOON (nach 11 T.)
2. Beprobung am 22.10.02									
8	0-1	6	10	0	0,00	0,00	0,00	0,000	Ziegel (Oberfläche)
9	1-4	7	7	0	0,42	0,00	0,00	0,004	Ziegel
10	4-7	6	26	0	0,00	0,30	0,00	0,003	Mörtel
11	7-13	3	4	0	0,00	0,00	0,00	0,000	Ziegel
12	13-15	4	6	0	0,00	0,00	0,00	0,000	Ziegel
13	0	7	15	2	0,42	0,00	0,00	0,004	COCOON 1 (hell)
14	0	174	890	44	117,46	112,36	44,43	2,743	COCOON 2 (dunkel)
15	0	6	15	2	0,00	0,00	0,00	0,000	COCOON 3 (hell)
16	0	162	360	23	109,05	43,62	22,16	1,748	COCOON 4 (dunkel)

Tabelle 1.3: Kationengehalte der Oberflächensalze (Salzausblühungen)

Probe-Nr.	Tiefe	Anzeige des Gerätes			Kationenkonzentration			Summe	Kommentar
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺		
	[cm]	[-]			[mg/l]			[m.-%]	

Ausblüfung 1	0	151	10	13,3	5,03	0,33	0,44	5,81	Oberflächensalze
Ausblüfung 2	0	207	6	24,9	6,90	0,20	0,83	7,93	Oberflächensalze
Ausblüfung 3	0	229	6	22,8	7,63	0,20	0,76	8,59	Oberflächensalze

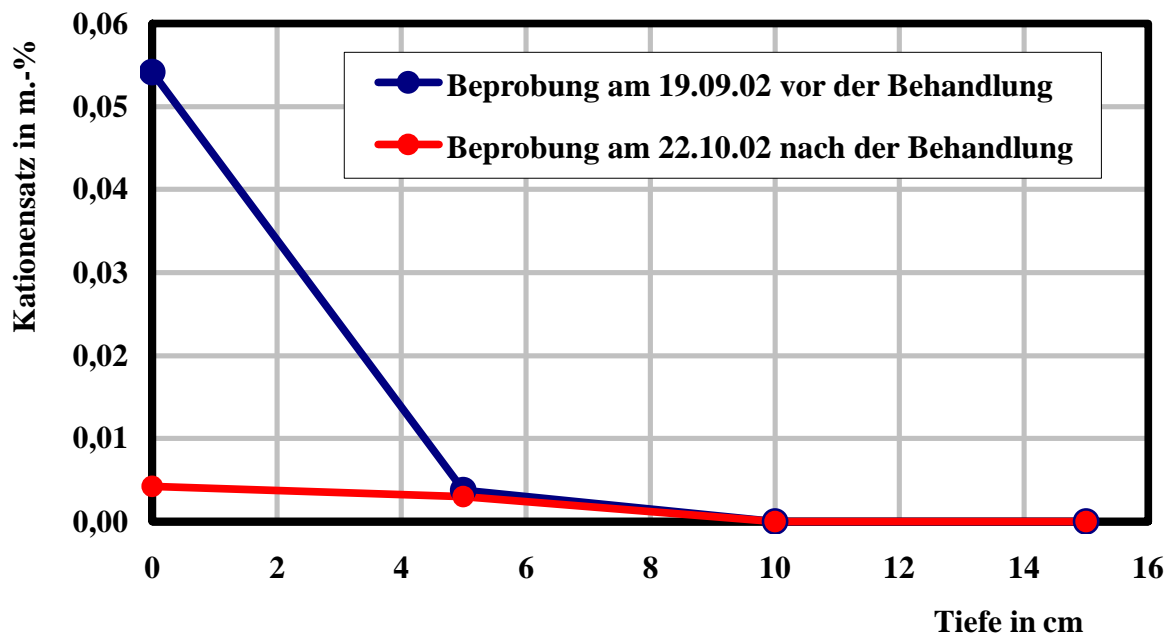


Diagramm 1.1: Kationensatz in Ziegelproben – Ziegelfußboden im Rathauskeller Wismar

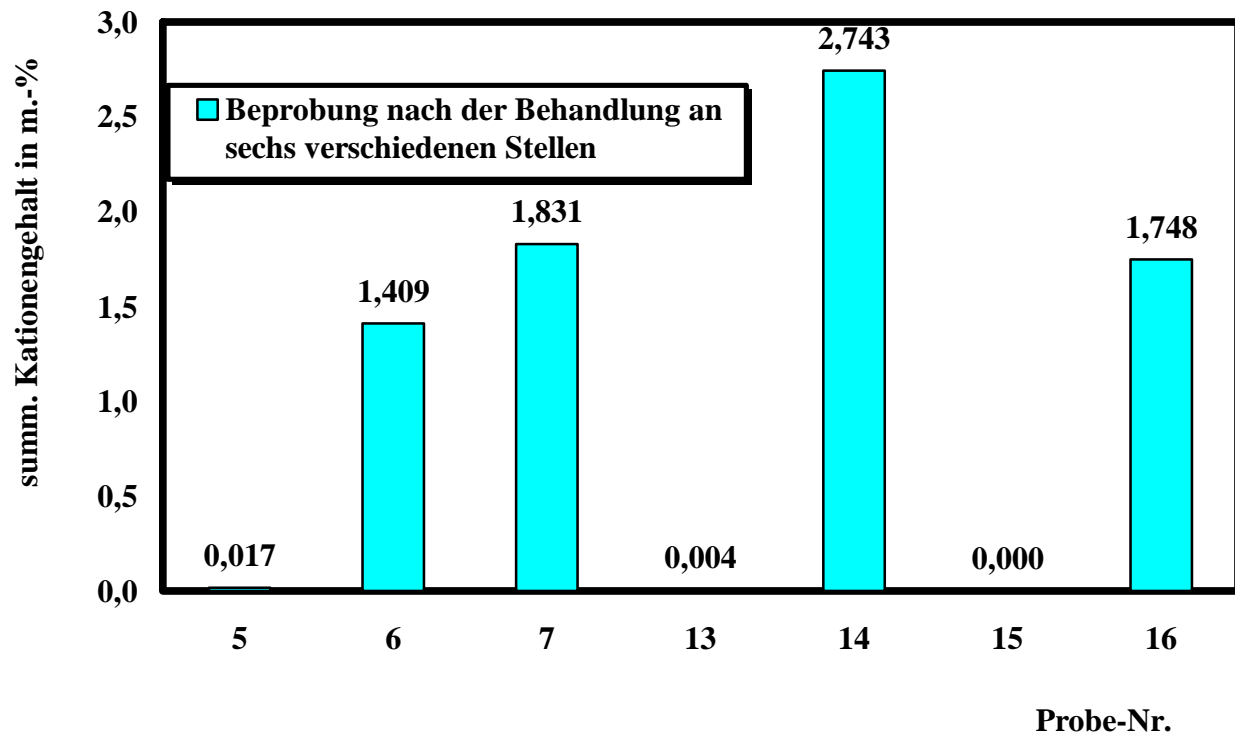


Diagramm 1.2: Kationengehalt in COCOON - Kompressen (Bezeichnung nach Tabelle 1.2)