

## 7. Wissenschaftliche Begleitung und Versuche

### 7.1 Oberflächenschutz

#### *Prüfkörper auf dem Dach der «Fenaco»*

2002 hatte die Münsterbauleitung eine Langzeitstudie initiiert, mit welcher das Verwitterungsverhalten von mit unterschiedlichen Anstrichen behandelten Werkstücken untersucht wird (vgl. Tätigkeitsbericht 2003 und 2004, je S. 31). Diese Studie soll Entscheidungsgrundlagen im Hinblick auf eine mögliche Fassung einzelner Bauteile liefern. Für die Studie wurden mehrere Prüfkörper hergestellt, mit verschiedenen Anstrichsystemen gefasst und auf dem Dach des Fenaco-Gebäudes an der Erlachstrasse 5 in Bern der Bewitterung ausgesetzt.

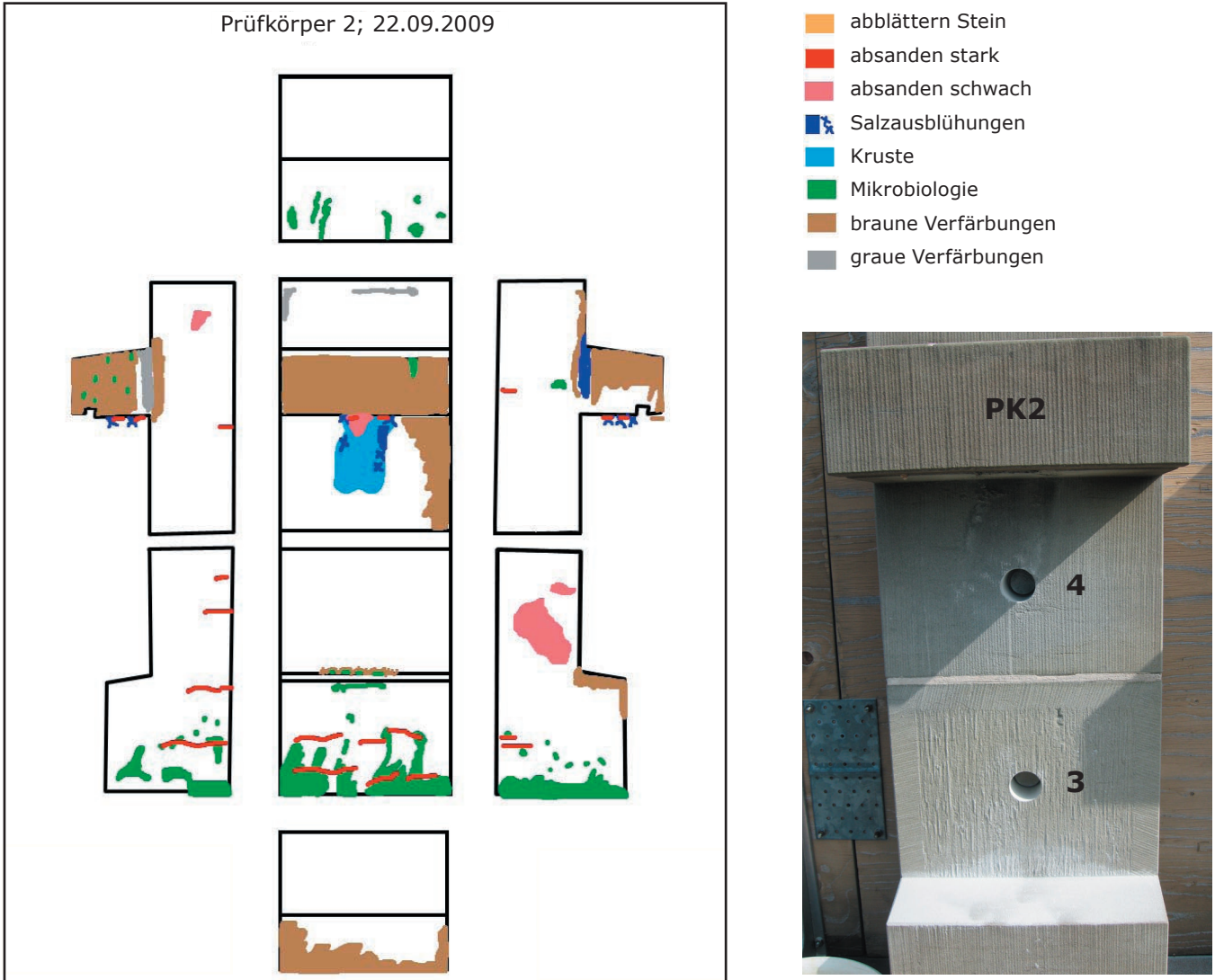
Nun liegt ein Bericht von Christine Bläuer, CSC Fribourg, über Zustandskartierungen, Bohrkernentnahmen, Laboruntersuchungen, Fotodokumentation etc. an den Prüfkörpern vor. Diese umfassende Analyse konnte bisher keine eindeutigen Tendenzen zutage fördern und kommt zum Schluss, dass es zum jetzigen Zeitpunkt „nicht möglich sei (...), sichere Aussagen darüber zu machen, welche Art der Oberflächenbehandlung sich tatsächlich auf lange Sicht (Jahrzehnte bis Jahrhunderte) bewähren dürfte.“ Ebenfalls erwies sich erneut, dass bislang keine einfache Methode existiert, mit welcher lange zurückliegende Behandlungen eindeutig nachgewiesen werden können. Das Alterungsverhalten der Prüfkörper wird selbstverständlich weiterhin beobachtet.

Die Langzeitversuche widerspiegeln einen Denkansatz, welcher am Münster seit längerem durch das Konzept der periodischen Baupflege und Bauüberwachung umgesetzt wird. Sie bestätigen trotz dem etwas ernüchternden Resultat indirekt den inzwischen am Münster eingeschlagenen Weg. Nach heutigem Stand der Erkenntnisse wird bis auf Weiteres sicher mit flächendeckenden präventiven Ölbehandlungen zugewartet.

Dies bedeutet jedoch keinen grundsätzlichen Verzicht auf Ölbehandlungen. Als lebensverlängernde Notmassnahmen wie beispielsweise an der Brüstung der Vierecksgalerie oder an Stellen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits früher behandelt worden waren, werden sie auch künftig zur Anwendung kommen. Selbstverständlich wird auch hier der Entscheid jeweils situativ aufgrund des Befundes getroffen.

rechts von oben nach unten: Prüfkörper auf dem Dach des Fenaco-Gebäudes in der Stadt Bern (Foto aus Bericht CSC vom 15.12.2009). Die Prüfkörper wurden im Hinblick auf eine mögliche Fassung der neuen Bauteile an der Westfassade des oberen Viereckes dort aufgestellt. Ihr Zustand wurde in der Zwischenzeit regelmässig beobachtet und dokumentiert / Zustand eines Prüfkörpers (Nr. 3) nach 5 Jahren mit einer hydrophoben Schlämme / Detail des Sockelbereiches des betreffenden Prüfkörpers / Bohrkernentnahme im September 2009.

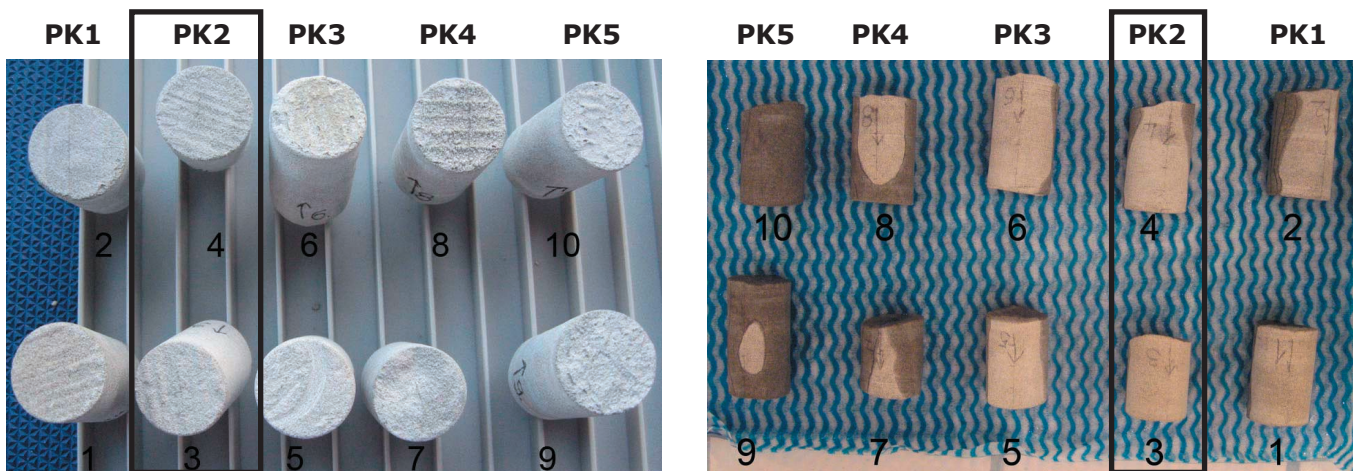




Dokumentation der Prüfkörper durch CSC Fribourg.

links: Kartierung des Prüfkörpers Nr. 2 im September 2009. Der lediglich mit Öl ohne Bleiweisszusatz behandelte Prüfkörper erscheint heute insgesamt am besten erhalten und das Öl hat auch zu keiner deutlichen Verdunkelung der Steinoberfläche geführt.

rechts: Fotodokumentation des Prüfkörpers Nr. 2 vom September 2009.



links: Aufsicht auf die äussere Oberfläche der entnommenen Bohrkern nach dem trockenen Abbürsten.

rechts: Versuch zur Kapillarität der Bohrkern. Diese waren in Reihenfolge der Nummern im Abstand von jeweils 30 Sekunden auf die feuchte Unterlage gelegt worden. Im Bild Zustand nach etwa einer Stunde kapillaren Saugens. Deutlich erkennbar sind die unterschiedlichen Saugeschwindigkeiten der Bohrkern.

Bilder und Legenden aus: CSC Fribourg, Bericht R0118.01: BE – BERN, MÜNSTER, UNTERSUCHUNG DER PRÜFKÖRPER AUF DEM FENACO-GEBÄUDE, 15.12.2009.



### Historische Behandlungsversuche?

Bei den Massnahmen an Masswerken am Achteck Süd und Südwest wurden Oberflächenformen und -verwitterungen beobachtet, welche den Verdacht aufkommen liessen, die Steine könnten früher gefasst oder mit Öl eingelassen worden sein. Zur Überprüfung dieser Frage wurden am 30.07.2009 an Ort zwei Proben entnommen.

unten: Zusammenfassung der Befunde von CSC Fribourg. Bisher liessen sich die diversen Gerüchte und Vermutungen, wonach der ganze Turm mit Öl behandelt worden sein soll (in verschiedenen Archivquellen erwähnt) nirgends eindeutig belegen.



Entnahmestelle der Probe Süd (hier Probe 1S). Oben Übersicht, unten Detail.



Entnahmestelle der Probe Südwest (hier Probe 2SW). Oben Übersicht, unten Detail.



**CSC**

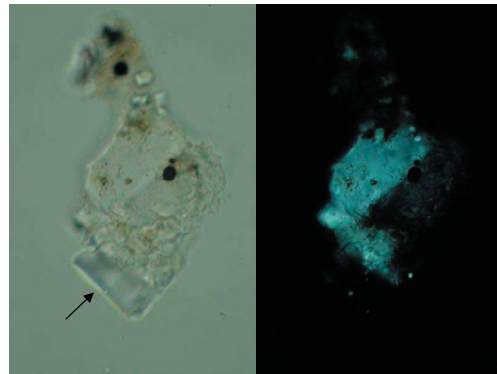
Conservation Science Consulting Sàrl

La science au service des monuments et des sites  
Wissenschaft im Dienst historischer Bauten und Anlagen  
Science for monuments and sites

## R.0110.01

### BE – BERN, MÜNSTER, ACHTECK S UND SW FRAGLICHE ANSTRICHE AUF DEM MASSWERK

**Auftraggeber**  
Berner Münster-Stiftung  
Hermann Häberli  
Münsterarchitekt  
Wasserwerkgasse 7  
Postfach  
CH-3000 Bern 13



**Bild:** Streupräparat Probe 1S.  
Links einfach polarisiertes  
Durchlicht rechts gekreuzte  
Polarisation, Bildhöhe 175  
µm.

#### Zusammenfassung:

In der Probe 1S (Süd) wurden isotrope Körner gefunden, welche denjenigen die bei der Untersuchung der Oberfläche des Machsna-Relief nachgewiesen worden sind sehr ähnlich sehen. Dort werden diese als Kalialaun ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) interpretiert und im Zusammenhang mit einer historischen Oberflächenbehandlung gesehen. Auch die hier vorliegenden isotropen Kristalle werden aufgrund ihrer optischen Eigenschaften und äusseren Gestalt (s. Bild Titelseite) als Kalialaun interpretiert und deshalb ebenfalls als die Rückstände einer historischen Oberflächenbehandlung angesehen.

Er kommt hier zusammen mit Gips vor. Damit könnte die Oberflächenkruste als Folge einer historischen Konservierungsmassnahme in Kombination mit einer Gipskrustenbildung durch Einwirkung der Luftverschmutzung entstanden sein.

Die Sandsteine der Probe 2SW (Probe Südwest) sind vermutlich früher geölt worden und sie tragen ebenfalls eine Gipskruste als Folge der trockenen Deposition von Luftverschmutzungsbestandteilen. Die in der Kruste vorkommenden Kohlepartikel lassen sich nicht eindeutig als Fassungreste identifizieren eine (heute weitgehend abgebaute) Fassung lässt sich aber auch nicht eindeutig ausschliessen.

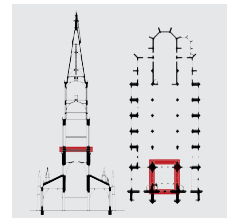
**Datum:** Fribourg, den 3.8.2009  
**Verteiler:** Siehe Liste am Schluss

**Sachbearbeiterin**  
Dr. Christine Bläuer

CSC Sàrl  
Rue de l'industrie 10  
CH-1700 Fribourg

Tél. : +41 26 422 12 44  
e-mail: csc@conservation-science.ch  
www.conservation-science.ch

Bilder/Text aus: CSC Fribourg, Bericht R.0110.01: BE – BERN, MÜNSTER, ACHTECK S UND SW FRAGLICHE ANSTRICHE AUF DEM MASSWERK, 03.08.2009.



## 7.2 Versuchskörper Zwischengalerie

Eine weitere Serie von Versuchskörpern war 2004 an verschiedenen Stellen der Zwischengalerie des Turmvierecks aufgestellt worden (vgl. TB 2005, S. 45). Seit längerem war bekannt, dass die Prüfkörper an der Nord- und Südseite aufgrund ihrer Lage nahe an der Fassade ungenügend bewittert waren. Daher wurde beschlossen, die Prüfkörper von den Fensternischen nach aussen auf die Brüstung der Zwischengalerie zu versetzen. Hierfür wurden auf der Galeriebrüstung Metallrahmen montiert. Die Prüfkörper dienen hauptsächlich zur vergleichenden Untersuchung des Alterungsverhaltens von Aufmörtelungen mit diversen Fertigprodukten. Sie wurden für den neuen Standort modifiziert, indem die bewitterten Oberseiten mit Bleiblechen abgedeckt wurden. Dies entspricht besser der typischen Einbausituation von Werkstücken. Für die Konzeption und Durchführung des Umbaus hat sich der pensionierte Alfred Buri, welcher seinerzeit die Prüfkörper hergestellt hatte, freundlicherweise nochmals zur Verfügung gestellt.

Nach bisher 6 Jahren weisen die Prüfkörper erste Veränderungen auf, die im Verlauf des Jahres 2010 in Zusammenarbeit mit CSC Fribourg dokumentiert und soweit wie möglich und sinnvoll untersucht werden sollen.



oben links: Demontage der Prüfkörper, oben rechts: Prüfkörper Zwischengalerie Süd nach erfolgter Verbesserung von Standort und Befestigung.

unten: Montage der neuen Stahlhalterungen auf den Brüstungen der Zwischengalerie Nord.




### 7.3 Kernmörtel: Verbesserung Frostbeständigkeit

Die systematische Überprüfung der Mörtel 2008 hatte zur Erkenntnis geführt, dass der Kernmörtel tendenziell ein höheres Wasserrückhalteverhalten besitzt als seine Umgebung (vgl. Tätigkeitsbericht 2008, S. 32). In Zusammenarbeit mit Alfred Buri wurden Versuche zur Verbesserung des Rückhaltevermögens mittels neuer Mörtelzusammensetzungen angestellt. Hierbei wurde mit unterschiedlichen Sanden und Siebkurven experimentiert, wobei eine gute Verarbeitbarkeit der Mörtel stets Priorität hatte.

Die Versuche wurden vom CSC wissenschaftlich begleitet und untersucht. Der modifizierte Kernmörtel zeigt insofern ermutigende Eigenschaften, als dass er deutlich weniger Wasser aufnimmt.

Über den Einsatz der neuen Rezeptur wird aufgrund des Schlussberichts, welcher 2010 erscheinen wird, und unter Einbezug des Münsterbaukollegiums entschieden werden.



Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton  
 Service de recherches et conseils techniques en matière de ciment et béton  
 Ricerca e consulenza tecnica per cemento e calcestruzzo  
 Technical Research and Consulting on Cement and Concrete  
 Gehäusestraße 16a/Fr. 7, 2012, 20, 15.30-17.00  
 CH-5103 Wädgölg  
 Lindendstrasse 19  
 Telefon 062 887 72 72  
 Fax 062 887 72 70  
 E-Mail info@tfb.ch  
 Labor direkt: 062 887 72 74  
 labor@tfb.ch

Berner Münster-Stiftung  
 Münsterbauhütte Bern  
 Herr Völkle  
 Langsauweg 18  
 3003 Bern

Wädgölg, den 20. Januar 2009

**Prüfbericht:**  
**Siebanalyse nach SN EN 933-1**

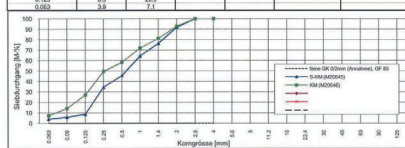
Projekt-Nr.: 893401-01  
 Objekt/Projekt: Berner Münster  
 Entnahmestelle: Berner Münster  
 Modellmörtel, Sand, Mörteltrockenmischung  
 Probenart: feine GK Ø2mm (Annahme)  
 Verfahren: Trockensiebung

Probenahme durch: Auftraggeber  
 Entnahmedatum: unbekannt  
 Eingang Labor: 22.01.2009  
 Prüfdatum: 28.01.2009  
 geprüft durch: ga

Siebweite [mm]	Proben-Nr. TFB		Typische Kornzusammensetzung Hersteller	zulässiger Bereich St 20 2500 Kal. GF 85
	S-M (80050)	M (80050)		
125.0				
63.0				
31.5				
16.0				
8.0				
4.0				
2.0				
1.0				
0.5				
0.25				
0.125				

Staubgehalt (Mg):

Korngrösse [mm]	S-M (80050)	M (80050)	Typische Kornzusammensetzung Hersteller
0.075	100.0	100.0	
0.15	91.9	92.8	
0.3	76.5	81.0	
0.6	64.3	71.9	
1.2	48.4	58.3	
2.5	34.8	45.8	
5.0	25.2	36.9	
10.0	18.9	27.1	



Bemerkungen:

Stv. Laborleiter: M. Moll

Das Prüfgut ist ein anorganischer Pulver. Dieser Bericht darf nicht als Gütezeugnis kopiert werden. Ungeeignete Proben werden nicht geprüft. Die Auftragskosten sind während 12 Jahren gültig. Der Auftraggeber kann die Dienstleistungsmenge von 100 Proben anfordern. Mehrere Proben für die Inhomogenitätsuntersuchung: Probenkosten werden vereinbart.

tfb@tfb.ch-076-62 893401-01-MQ2009-2009-01/29.01.2009 Seite 1 von 1

oben: Siebkurve des bisher verwendeten Kernmörtels, gemäss Prüfbericht Labor TFB (Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton) / rechts: Versuche mit leicht modifizierten Mischungen in der Bauhütte. Im Labor CSC in Fribourg werden anschliessend nur jene Mischungen geprüft, welche den vorgängigen Praxistest (Verarbeitbarkeit am Bau) bestanden haben / unten rechts: Detail Prüfkörper mit angetragenem Kernmörtel / unten links: aufgesägte Prüfkörper, welche durch CSC hinsichtlich Wasseraufnahmeverhalten respektive Frostbeständigkeit überprüft werden. Gleichzeitig werden auch die Druckfestigkeit sowie das E-Modul der Mörtel durch TFB überprüft.

