



STEINKONSERVIERUNG UND -RESTAURIERUNG

Schalen

- ZIEL:**
- Möglichst komplette Erfassung
  - Verlässliche Sicherung vor Herunterfallenden Schalen
- WEG:**
- Hinterfüllen mit Mikrozement
  - Harzinjektionen
  - punktuelle mechanische Sicherung mittels Dübel
  - Abnehmen der Schale als letzte Möglichkeit
- PARAMETER:**
- Gewährleistung der Dampfdiffusionsoffenheit
  - Kein Einbau von weiteren Schadensquellen über Armierung oder zu starres Fixieren der über die Schalenbildung bereits entspannten Situation

Schalenbildungen am Sandstein führen unter Umständen zum grossflächigen Verlust der originalen Oberflächen. Während die Schalenbildung am Berner Sandstein oft parallel mit anderen Verwitterungsprozessen einhergeht, scheint der Zuger Sandstein an der Oberfläche oft intakt zu sein, obwohl sich bereits ausgeprägte Schalen gelöst haben. Die Detektion von Schalen ist häufig nicht ganz einfach. Es wurden verschiedene andernorts bewährte Verfahren erprobt (Bohrwiderstandsmessungen, Kernbohrungen, Abklopfen mit diversen Hilfsmitteln, Ultraschall, Thermographie etc.). Am besten hat sich schlussendlich das Abklopfen der Steinoberfläche mit einem Bleistößel bewährt, da hier im Gegensatz zu Stahl keine Schlagspuren an der Steinoberfläche entstehen und der Klang des Steines nicht vom Blei übertönt wird.



Versuche mit dem Bohrwiderrstandsmessgerät in der Bauhütte brachten leider nicht die erhofften Erfolge.



An Bohrkernen, welche in Wasser gelegt wurden, konnten die tiefliegenden Lockerzonen deutlich beobachtet werden



Am besten und zerstörungsfreisten hat sich ein Bleistößel zur akustischen Detektion von Schalen bewährt.

In einer Versuchsreihe, die zunächst an ausgebauten Versuchssteinen und später an ausgewählten Bereichen am Bau durchgeführt wurden, wurde die Vermutung bestätigt, dass eine unerwünschte durchgehende Hinterfüllung von losgelösten Schalen aufgrund des Schadensbildes (häufig sehr ungleichmässigen Lockerzonen) prinzipiell nicht möglich und somit auch nicht befürchtet werden muss. Im Vordergrund steht also die Bestrebung, bestehende Schalen zu stabilisieren und punktuell mechanisch zu sichern.

An ausgebauten Werkstücken wurden in der Werkstatt über Bohrlocher und aufgeklebten Tropfpipetten Festiger in verschiedener Beschaffenheit eingelassen, zunächst in reiner Form, später auf Anraten von Bruno Portmann angereichert mit sehr fein gemahlten mineralischen Füllstoffen (u. a. Calciumcarbonat). Die Versuchsreihe führte zur Erkenntnis, dass das Verfahren nur funktioniert, wenn die Bohrlocher konsequent vorgängig vom Bohrstaub befreit werden.

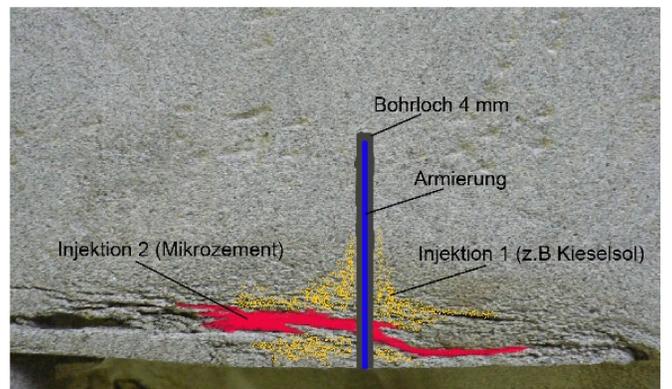
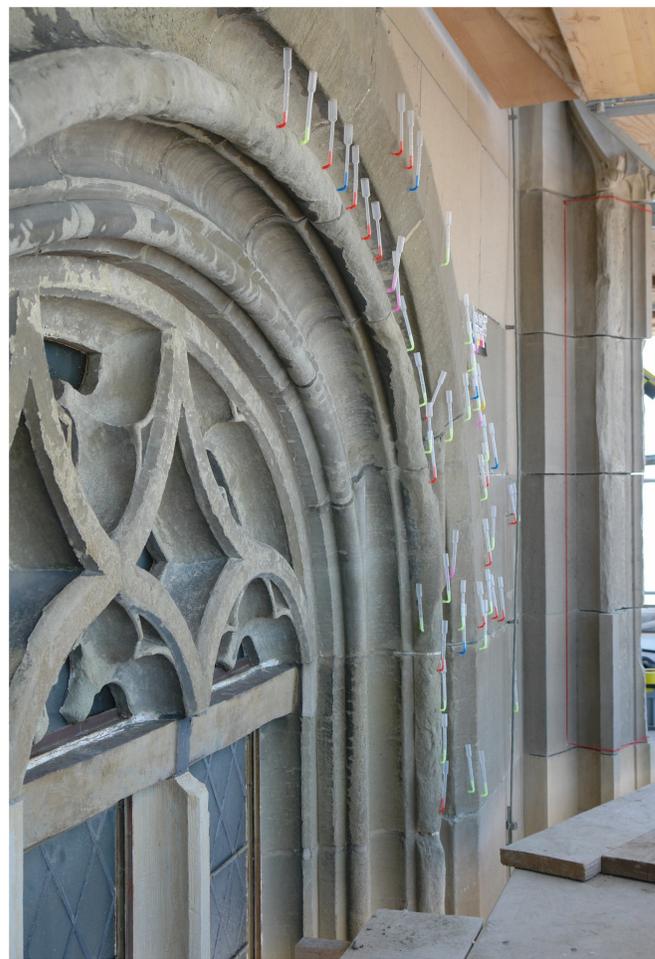
Am Spornpfeiler 55 Süd wurden aufgrund der guten Resultate in der Werkstatt am Bau gut zugängliche Versuchsflächen mit ähnlichem Schadensbild bestimmt. Als Injektionsmittel wurden hier Kieselsol und Mikrozement erprobt. Dem Kieselsol kann nach Bedarf Kalkmehl beigemischt werden, welches im Feinbereich als Füllstoff dient. Bei stark aufgelockerten Zonen kann mit kleinen Acrylharzinjektionen punktuell die Haftung des Steinmaterials an der Armierung verbessert werden (kleine „Nägel“). In der letzten Versuchsphase wurden die fixierten Schalen am Versuchspfeiler abgenommen und analysiert. Die Verfahren funktionieren gut, setzen jedoch für jedes individuelle Schadensbild ein massgeschneidertes Vorgehen und eine angepasste Kombination der verwendeten Materialien voraus. Dies bedingt eine sorgfältige Analyse des Schadensbildes ebenso wie genaues Beobachten während des Arbeitsprozesses. Das Verfahren setzt bei den Personen, die es anwenden, gute Materialkenntnisse, Fingerspitzengefühl und Intuition voraus.



Versuche an ausgebauten Werkstücken in der Bauhütte unter Anleitung von Bruno Portmann, mattec+ Lenzburg. Verfahren und eingebrachte Materialien wurden später mehrere Male, auch in Absprache mit CSC Fribourg, modifiziert und auf die Berner Bedürfnisse angepasst.



Versuchsreihe am Bau: Die Schale wurde später zur Überprüfung abgenommen: Es zeigte sich, dass das Verfahren den gewünschten Erfolg versprach.



Schemazeichnung einer Schalenicherung: Über das Bohrloch wird zunächst sehr dünnflüssig injiziert um umgebende Lockerzonen zu füllen. Anschliessend wird mit Mikrozement und evtl. wenig Harz eine punktuelle Befestigung der Schale erreicht, unterstützt durch eine abschliessende Armierung (1-3 mm) aus Edelstahl oder Glasfaser.



Sichern von Schalen am Fenstermasswerk des unteren Turmachtecks Nord 2008.



Sichern einer grossflächigen Schale am unteren Achteck.



Die Bohrlocher werden gut mit Wasser gespült, damit der Bohrstaub spätere Injektionen nicht behindert. Ausserdem lässt die Aufnahmemenge des Wassers Rückschlüsse auf die später benötigten Injektionsmaterialien und -mengen zu.



Nach dem Schliessen der Risse wird über aufgeklebte Trinkhalme oder Tropfpipetten das Injektionsmaterial eingefüllt. Abschliessend werden die Bohrlocher mit einer Armierung versehen.



Fertig gesicherte Schale, bereit für Mörtelergänzungen und anschliessendes Verfugen.