

**HISTORISCHE BAUWERKSTEINE IN SÜDTIROL –
VERTEILUNG UND VERWITTERUNGSVERHALTEN**

von

Christoph Franzen

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der
Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Innsbruck

Institut für Mineralogie und Petrographie
Innsbruck, März 2003

Die Arbeit erstreckt sich thematisch von materialkundlich-bauhistorisch ausgerichteten Untersuchungen an Natursteinmonumenten bis hin zu detaillierten Laborstudien über petrophysikalische Eigenschaften und Verwitterungsverhalten unter Salzbelastung an ausgewählten Steinmaterialien, wobei gemäß des Südtiroler Arbeitsgebietes der Grödner Sandstein besonders im Vordergrund steht.

In der Arbeit werden die regionale Verbreitung und das Verwitterungsverhalten von Bausteinen an historischen Bauwerken in Südtirol/Italien untersucht. Es werden unter anderem die Beziehungen zwischen den regionalgeologischen Rahmenbedingungen und den daraus resultierenden Bausteinprovinzen aufgezeigt. Durch die Begutachtung des Gesteinsbestandes und des Gesteinszustandes der sakralen historischen Gebäude wird eine Datenbasis für zukünftige Restaurierungsmaßnahmen geschaffen. Zur Aufnahme und Darstellung der unterschiedlichen Lithologien an den Gebäuden wird der Gesteinsbestand schematisch unterteilt in den vier Kategorien: Mauerwerk, Architektonische Elemente, Bauplastik und Ausstattung erfasst. Die Ergebnisse werden auf übersichtlichen Karten dargestellt. Aufgrund der breit angelegten Untersuchung lassen sich insgesamt fünf Bausteinprovinzen aushalten: eine Granit-Gneis Provinz, eine Sandstein Provinz, eine Porphyrr Provinz, eine Marmor Provinz und eine Kalkstein Provinz. Alle wichtigen Bausteine der historischen Bauwerke in Südtirol werden in Grundzügen charakterisiert. An zwei Fallbeispielen werden detaillierte Aufnahmen von Gesteins- und Schadensverteilungen am Objekt vorgestellt. Bei dem ersten Untersuchungsobjekt, St. Katharina in Hafling, steht die lithologische Aufnahme im Vordergrund. Die Kartierung zeigt eine interessante Gesteinsverteilung mit Verwendung von Grödner Sandstein für Architekturelemente wie Ecksteine, Laibungen und Gesimse sowie die Verwendung von Bruchsteinmauerwerk aus Porphyrr und untergeordnet Granit, Gneis und Marmor. Der Turm ist oberhalb des Sockels einheitlich aus Sandstein gemauert. Für das Hauptbaugestein Grödner Sandstein kann anhand sediment-petrologischer Untersuchungen der ursprüngliche Steinbruch zugeordnet werden. Dieser liegt in etwa 6 km Entfernung am Naifjoch.

Lithologisch einheitlich stellt sich das Monument der zweiten Detailkartierung, die der Pfarrkirche Maria Himmelfahrt in Terlan, dar. Das Kirchengebäude besteht durchweg aus Grödner Sandstein und der wiedererrichtete Turm aus Bozner Quarzporphyr. Die Schadensaufnahme der Fassade zeigt vielfältige Schadensbilder am Sandstein und ergibt Aufschlüsse über die Schadensverteilung. Unter anderem können Schadenshäufungen entlang von Strebenstützen der Ausbildung von Windwalzen in den Ecksituationen zugeschrieben werden.

Im Zusammenhang mit diesen spezifischen Objektuntersuchungen wird Grödner Sandstein als einer der für Südtirol historisch wichtigsten Bausteine erstmals als Baumaterial unter petrophysikalischen Gesichtspunkten charakterisiert und sein Verwitterungsverhalten erforscht. Grödner Sandstein führt teilweise in Lagen, die historisch im Abbau genutzt wurden, in seinen Poren das seltene Natriumaluminiumkarbonat Dawsonit ($\text{NaAl}_2[(\text{OH})_2/\text{CO}_3]$). Der Zerfall dieses Karbonats im Zuge der Verwitterung kann am Bauwerk beobachtet werden und wird im Labor nachvollzogen. Durch Lösung der feinfibrösen Mineralaggregate, die in die Poren eingewachsen sind, kommt es zu einer Vergrößerung des Gesamtporenvolumens, somit zu einer Verschiebung des Porenradialmaximums hin zu größeren Poren bei gleichzeitiger Verringerung der spezifischen Oberfläche im Zuge der Verwitterung am Bauwerk.

Es wurden eine Reihe von Wasseraufnahmeuntersuchungen an den Materialien durchgeführt. Alle untersuchten relevanten Naturbausteine in Südtirol zeigen aufgrund ihrer sehr unterschiedlichen Porenverteilungen spezifische Verhalten im Bezug auf die Wasseraufnahme.

Ein Schwerpunkt der Untersuchungen zum feuchtigkeitsbezogenen Materialverhalten liegt auf der Sorptionsfeuchteaufnahme aus der Luft. Die Temperaturabhängigkeit der Feuchtesorption wird experimentell nachvollzogen. Ergebnisse aus den ersten Sorptionsmessungen an Natursteinen mit Hilfe eines neu entwickelten Sorptionsprüfschranks (SPS 11) werden vorgestellt. Über den Vergleich der Ergebnisse nach konservativen Methoden im Exsikkator und nach dem neuen Messgerät kann gezeigt werden, dass Untersuchungen bis in kleinste Porengrößen- und Oberflächenbereiche möglich sind. Vollständig gemessene Sorptions-/Desorptionsisothermen sowohl von grobporigen Sandsteinen als auch von Gesteinen mit geringen Porenraum, wie Granit und Marmor, werden vorgestellt und diskutiert.

Die Durchführung von Effloreszenz-Kristallisations-Experimenten mit Salzmischungen aus dem für Bauschadensuntersuchungen relevanten System $\text{Na-Mg-SO}_4\text{-NO}_3\text{-H}_2\text{O}$ zeigt, wie neue thermodynamische Modelle genutzt, über praktische Versuche mit Naturbausteinen ergänzt und somit für die Verwitterungsforschung nutzbar gemacht werden können. Die theoretische Betrachtung und die Vorhersage stellt dabei ein wichtiges Werkzeug bei der Betrachtung der tatsächlichen Vorgänge beim Ausblühen der Salze auf der Natursteinoberfläche dar. Ergebnisse aus einem Kooperationsprojekt zeigen den Zusammenhang der Laborergebnisse zu Schäden im Kircheninnenraum. Zudem wird über ein kombiniertes Salz-Wassersorptions-Experiment dargestellt, wie die Salze in den Poren der Bausteine eine drastische Veränderung auf das feuchtigkeitsbezogene Materialverhalten ausüben.