

VERWITTERUNGSVERHALTEN DER ALPINEN MARMORE VON LAAS UND STERZING

von

Romana Fimmel

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

Institut für Mineralogie & Petrographie
Innsbruck, Juni 1996

Gegenstand der Arbeit war es, die Verwitterungsprozesse an zwei alpinen Marmoren (Laaser und Sterzinger Marmor) und z.T. des Baumberger Kalksandsteins als eine Art Referenzmaterial in alpiner Umgebung zu untersuchen. Es wurden eine Reihe von verschiedenen Meß- und Untersuchungsmethoden angewandt, die die Verwitterungsprozesse nicht nur qualitativ, sondern in einem gewissen Ausmaß auch quantitativ erfaßbar machten.

Grundlegend für diese Untersuchungen war eine Bestimmung der wichtigsten Materialkenngrößen wie Mineralbestand, chemische Zusammensetzung, Korngefüge und Porenraumeigenschaften. Das Verwitterungsverhalten der drei Gesteine wurde mittels Freilandexposition und - in beschränktem Maß - mittels Schadgasversuchen in einer Verwitterungskammer studiert.

Die untersuchten Gesteine (50 x 50 x 5 mm große Plättchen) waren auf drei Freilandstationen in Tirol verteilt (zwei in Innsbruck und eine in Obergurgl), wobei ein Teil regengeschützt (trocken) und ein Teil regenexponiert (naß) aufgestellt waren. Die Stationen unterschieden sich in ihren meteorologischen und immissionsbedingten Parametern. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Station Obergurgl tiefere Temperaturen bei reiner Luft aufweist, während sich die Stationen in Innsbruck durch größere Luftverunreinigungen und höhere Temperaturen auszeichnen. Zur Beurteilung der meteorologischen und immissionsbedingten Gesamtsituation wurden Glasensoren eingesetzt, um Vergleichsmöglichkeiten mit den Marmoren herauszuarbeiten.

Porositätskenngrößen sind für die Beurteilung des Verwitterungsverhaltens von Gesteinen von großer Bedeutung. Eine wichtige Rolle spielen hierbei insbesondere die Porenformen, wobei die untersuchten Marmore Plattenspaltporen aufweisen. Die innere Oberfläche ist ein weiterer Faktor zur Kennzeichnung des Porenraums. Die Marmore besitzen sehr geringe Werte $< 1 \text{ m}^2/\text{g}$. Bei der Porenradienverteilung zeigen die Marmore eine bimodale Verteilung mit einem Maximum bei $0.04 - 0.6 \text{ } \mu\text{m}$ und $30 - 150 \text{ } \mu\text{m}$. Im Laufe der Exposition verschärfen sich diese Maxima; die Kurven werden geglättet.

Bei Porenradien um $0.001\ \mu\text{m}$ bis $0.1\ \mu\text{m}$ spielt die Kapillarkondensation eine Rolle. Bei hohen Luftfeuchten sind große Teile des Porensystems mit Wasser gesättigt, wobei die hygroskopische Wirkung der Salze im Porenraum diesen Effekt verstärken. Häufige Frost-Tau-Wechsel, die an Tagen um 0°C besonders häufig auftreten, bewirken durch Eisbildung eine Aufweitung des Porenraums. Eine sogenannte negative Hysterese bei den Marmoren, festgestellt bei Wasserdampfsorptionsisothermen, konnte bislang nicht erklärt werden.

Die Veränderung der hygrischen Eigenschaften im Laufe der Exposition weisen auf eine Aufweitung bzw. Vergrößerung des Porenraums hin, was z.B. durch eine höhere Wasseraufnahme belegt wird.

Im Expositionsverlauf zeigen alle naß exponierten Proben bei allen drei Stationen einen Masseverlust, wobei der Sandstein unterschiedliche Masseänderungen im Winter bzw. Sommer zeigt. Bei den trocken exponierten Proben findet man in Obergurgl bei allen Gesteinen eine Masseabnahme. In Innsbruck zeigt der Sandstein eine Zunahme, die Marmore aber keine signifikante Änderung.

Weiters wurden die Plättchen mittels Ultraschallgeschwindigkeit als Maß der Festigkeit untersucht. Hier unterscheiden sich wiederum die Proben von Obergurgl von denen der Innsbrucker Stationen: Sowohl bei den naß als auch bei den trocken exponierten Plättchen nimmt die Ultraschallgeschwindigkeit in Obergurgl ab. In Innsbruck führt bei den trocken exponierten Proben die Anlagerung von Partikeln aus der Luft zu einer Verdichtung der Oberfläche und damit zu einer Erhöhung der Ultraschallgeschwindigkeit. Diese Ergebnisse werden durch die Sulfat- und Nitratmessungen mittels Ionenchromatographie bekräftigt.

Mittels Farbmessungen wurde der Verschmutzungsgrad der einzelnen Proben dokumentiert. Auch hier wird deutlich, daß bei den trocken exponierten Plättchen eine Anlagerung von Partikeln stattfindet, während sie bei den naß exponierten abgewaschen werden. Dabei wurde ein größerer Verschmutzungsgrad bei den Proben in Innsbruck gegenüber denen von Obergurgl festgestellt.

Für Verwitterungssimulationsversuche wurde eine Kammer gebaut, in der NO_x , SO_2 , rel. Luftfeuchte und Temperatur variabel eingestellt werden können. Versuche zeigen, daß die Depositionsgeschwindigkeiten am niedrigsten bei geringen Schadgaskonzentrationen und niedriger Luftfeuchte sind. Bei gleichbleibender Kammerkonzentration, aber erhöhter Luftfeuchte (von 62% auf 80%), verdoppeln sich die Depositionsgeschwindigkeiten. Überraschenderweise sind die Depositionsgeschwindigkeiten jedoch trotz höherer Schadgaskonzentrationen um eine Größenordnung niedriger als bei den Freilandversuchen. Dies bedeutet, daß zur Depositionsrate nicht nur die Schadgaskonzentration und Luftfeuchte beiträgt, sondern auch andere Luftinhaltsstoffe (z.B. Ruß) und Turbulenzcharakteristika, die bei den Kammerversuchen nicht berücksichtigt werden konnten.

In der abschließenden Diskussion werden die Ergebnisse in Hinblick auf eine denkmalpflegerische Anwendbarkeit zusammengefaßt.