

# **UNTERSUCHUNGEN DER VERWITTERUNGSVORGÄNGE AN KALKSTEIN UNTER MITTELEUROPÄISCHEN KLIMA- UND IMMISSIONSBEDINGUNGEN MITTELS FREILAND-EXPOSITIONSVERSUCHEN**

**MIRWALD, P.W.\* und BRÜGGERHOFF, St.\*\***

\* Institut für Mineralogie und Petrographie, Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck.

\*\* Zollern-Institut, Deutschen Bergbau-Museum, Lohrheidestraße 57, D-4630 Bochum 6.

Kalkstein ist ein weithin verwendetes Material für Bauten, Baudekor, Skulpturen und anderweitige Denkmäler. War die Kalksteinverwitterung im mitteleuropäischen Klimabereich in früheren Jahrhunderten weitgehend auf lösungsbedingte Oberflächenerosion beschränkt, so sind mit zunehmender Industrialisierung die Luftinhaltsstoffe, wie  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{Cl}^-$  sowie Staubpartikel unterschiedlichster Art als besonders aggressive Agentien zusätzlich wirksam geworden. Charakteristische Schadensbilder sind bei freier Witterungsauslage des Materials unterschiedliche Oberflächenerosionen ("Mikrokarstbildung"). In niederschlagsgeschützten Bereichen kommt es hingegen zu Krustenbildungen, verbunden mit chemischen Zersetzungsreaktionen im oberflächennahen Bereich. Freilandexpositionsversuche erlauben die Gegebenheiten modellhaft nachzuvollziehen. Die mehrjährige Dauer solcher Versuche erlaubt es, die für ein Verständnis der Verwitterungsvorgänge wichtigen Anfangsstadien gut zu verfolgen. Hieraus können zugleich Maßgaben für Erhaltungskonzepte gewonnen werden.

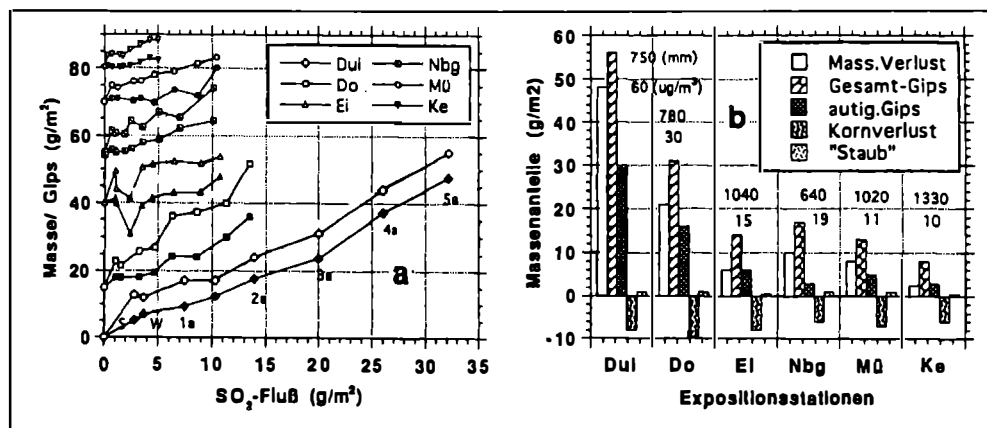


Abb.1: a) Massezunahme und Gipsgehalte der trocken exponierten KK-Proben an 6 Stationen während 5 Jahren (S/W = Sommer/Winterhalbjahr, 1 - 5 a) der KK-Proben; (gefüllte Symbole: Massedaten, leere Symbole: Gipsgehalte). b) Anteile der verschiedenen Teilprozesse am Gesamtverwitterungsvorgang (750 mm Niederschlag, 60 mg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>-Immission).

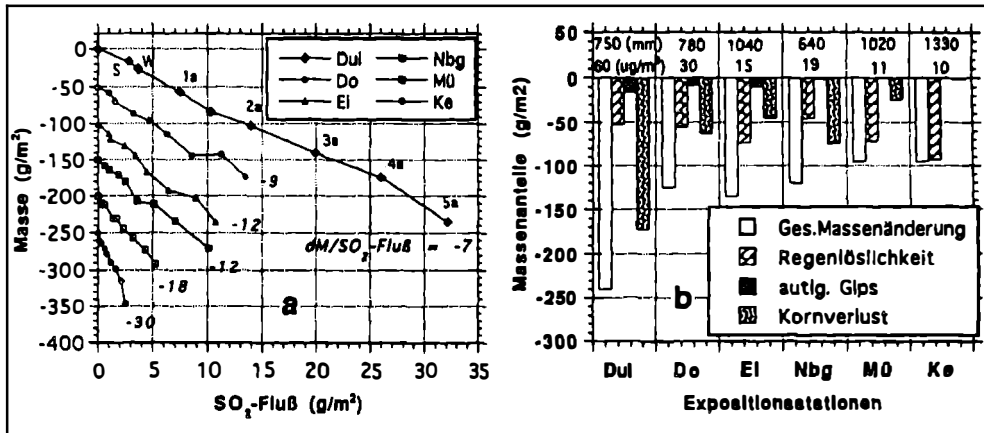


Abb. 2: a) Masseverlust der naß exponierten KK-Proben während 5 Jahren.  
b) Anteile der verschiedenen Teilprozesse am Gesamtverwitterungsvorgang.

Basierend auf frühere Dosis-Depositionsstudien (LUCKAT, 1981) wurde zwischen November 1987 und November 1992 ein Expositionsprogramm an denkmalrelevanten Gesteinsarten (zehn verschiedene Kalk- und Sandsteine) an klimatisch und immissionsmäßig sehr unterschiedlichen Stationen (Duisburg, Dortmund, Eifel, Nürnberg, München und Kempten) durchgeführt (BRÜGGERHOFF & MIRWALD, 1991). Es sollen hier Ergebnisse am Kehlheimer Kalk (KK), einem jurassischen Riff-schuttkalk, vorgestellt werden, die einen guten prinzipiellen Einblick in die Teilprozesse der Karbonatverwitterung im mitteleuropäischen Klimabereich erlauben. Als Probenmaterial wurden Steinplättchen (50 x 50 x 5 mm) verwendet, die, an Mankschen Karussellen vertikal befestigt, entweder regengeschützt ("trocken") oder frei der Witterung ("naß") exponiert wurden. Amtliche Wetter- und Immissionsdaten waren jeweils in unmittelbarer Nähe der Expositionsstationen verfügbar. In acht Probenkampagnen (Sommer-, Winterhalbjahr, 1, 1,5, 2, 3, 4, 5 Jahre) wurden jeweils drei Plättchen eingebracht und, nach einer makroskopischen Begutachtung, ihre Masse und ihre Schadstoffgehalte bestimmt (In diesen Mitteilungen wird jedoch lediglich auf die wichtigste Schadstoffkomponente, SO<sub>2</sub>, Bezug genommen).

**Trockene Exposition:** Die Proben (Abb. 1a) zeigen durchwegs zunehmende Masse und Gipsgehalte. Zur quantitativen Unterscheidung von exogen gebildetem Gips, der aus der Luft eingetragen wurde, und Gips aus autigener Reaktion zwischen SO<sub>2</sub>-Immission und Kalk, war der sehr reine Obernkirchener Quarzsandstein (OKS) als nicht reaktives, aber für Staubpartikel anlagerungsfähiges Referenzmaterial zusammen mit dem KK exponiert worden. Vier Teilprozesse können bei trocken exponiertem KK unterschieden werden: Anlagerung von exogenem Gips (= OKS-Gipsgehalt!), autigene Gipsbildung durch SO<sub>2</sub>/Kalk-Reaktion und mechanischer Kornverlust. Der Eintrag von anderen Feststoffen (z.B. Rußteilchen) konnte nur grob quantitativ geschätzt werden. Diese Teilprozesse sind in Abb. 1b dargestellt.

Nasse Exposition: Diese Proben (Abb. 2a) sind von Masseabnahme gekennzeichnet. Chemische Analysen erbrachten stark streuende Ergebnisse aufgrund unterschiedlich starker Laugungseffekte durch Regeneinwirkung. Die Materialverluste ergaben bei einer Normierung auf 1 m Regen regionspezifische Abtragsraten zwischen 6 und 25  $\mu\text{m}$ . In Abb. 2b sind die jeweiligen Teilprozesse dargestellt, wobei bei der Berechnung der Regenlöslichkeit von der Gleichgewichtslöslichkeit von 14 g Kalzit/Liter  $\text{H}_2\text{O}$  bei 25° C ausgegangen wurde.

BRÜGGERHOFF, St., MIRWALD, P.W. (1991): Ber.Dtsche.Mineral.Ges; Beih., Eur.J.Mineral, 3, 46.  
LUCKAT, S. (1981): Umweltforschungsplan BM d. Inneren, BRD, Forschungsber. 10401018/02.

### **EVOLUTION OF ORE MINERALS IN THE LAYERED GABBROIC INTRUSION IN THE MISCHO MOUNTAIN AREA BETWEEN SOFIAN-SHABESTAR AND MARAND EASTAZERBAIDJAN, IRAN**

**MODJTAHEDI, M.**

Department of Geology, Faculty of Science, University of Tabriz, Iran.

The Kahar formation is exposed in more than 20 km<sup>2</sup> within the Mischo mountain area. Through the Kahar formation a basic magma was intruded and formed a layered gabbroic complex. This igneous complex caused a contact metamorphic event with hornfels sequences and with skarn bodies in the Kahar shales and in the older carbonate sediments.

The skarns contain normally epidote, hornblende, calcite, pyrite, magnetite, and chalcopyrite. There are some layers within this complex with pyrogenetic ore minerals such as magnetite and ilmenite. XRF investigations from these rocks and from stream sediments indicate high amounts of Ti and Fe, and lesser contents of Cr and Cu. The contents of Ni and Mn are low. Granophyres and diabases are exposed at the top and the edge of the complex, they contain usually pyrite, hematite and chalcopyrite.

The layered complex was formed probably during carboniferous or silurian time. There are some differences between the investigated complex and ophiolites. On the southern and western rim of the complex leuco-granites and leuco-rhyolite cutting through the Kahar formation are exposed. The main outcrops are in the area north of Shabestar.

The leucogranites contain chalcopyrite, malachite, azurite, galena, hematite, and baryte. These granites are similar in texture to Doran- and Mute-granite. The age relationship seems to be similar to the Doran-granite. The chalcopyrite is enriched in gold, one sample of the investigated ore minerals contains few percent of silver.