



Abb.: Kalksteinbruch

1. Chemie des Kalks

Kalk ist der Überbegriff für die Ionenverbindung (ein Salz) mit der Formel CaCO_3 (von lat. *Carboneum*, der Kohlenstoff), welche in Form von Kalkgestein ein weit verbreitetes Mineral auf der Erde ist und in zahlreichen Variationen vorliegt. Es wurde schon im alten Griechenland als Baumaterial genutzt. In der Natur wird Kalkstein durch das Eindringen von Wasser und Kohlenstoffdioxid ständig zersetzt und dann durch die Verdunstung von Wasser wieder gebildet, wodurch zum Beispiel Tropfsteinhöhlen entstehen. Manche Gebirgsketten, wie zum Beispiel die Kalkalpen, zu denen auch die Zugspitze gehört, bestehen zu großen Teilen aus Kalkstein, welcher sich über Jahrmillionen

dort abgelagert hat. Marmor ist ein besonderer Kalkstein, welcher unter großem Druck entstanden ist. Im alten Griechenland wurde abgebauter Marmor mit Werkzeugen zu beliebigen Formen gemeißelt und dann zum Beispiel als Baustoff den Parthenon-Tempel genutzt. Bereits in der Antike gab es viele Marmorsteinbrüche, zum Beispiel auf den Inseln Thassos, Paros, Naxos, am Bergmassiv von Penteli (Penteli-Gebirge), heutzutage aber stammt der größte Teil (etwa 80%) der gesamten Marmorgewinnung aus Nordgriechenland (Drama, Kabala, Thassos).

2. Entstehung der Kalklagerstätten

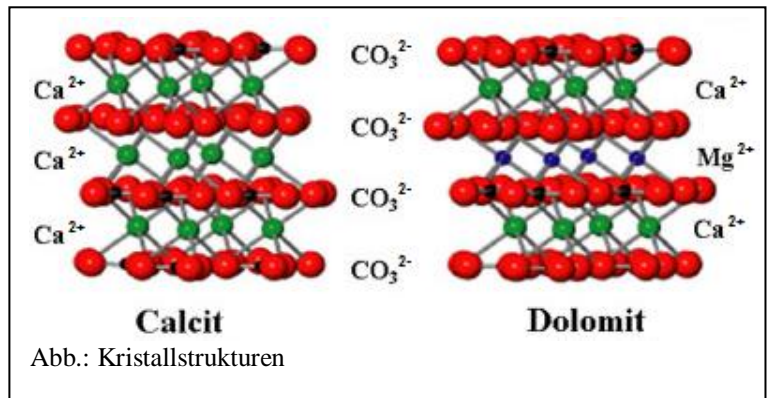
In der Natur sind unterschiedliche Typen von Kalkstein vorhanden, der Großteil von diesen ist biogenen Ursprungs (von altgr. *βίος*, Leben und altgr. *γένεσις*, Entstehung), also wurde von Lebewesen gebildet. Auch die Knochen des menschlichen Skeletts bestehen aus Kalk. Der Kalkstein großer Kalklagerstätten wurde von Meeresbewohnern wie gesteinsbildenden Korallen abgelagert. Geologisch gesehen handelt es sich daher bei Kalkstein um ein Sedimentgestein. Es gibt auch Kalksteine, die zum Großteil aus den Resten von Schnecken, Muscheln oder Schwämmen bestehen. Dieses Gestein setzt sich dann aus dem Calciumcarbonat derer Skelettstrukturen zusammen. Das Gestein bildet sich, nachdem die Skelettreste dieser Lebewesen zu Boden sinken und zunächst einen Kalkschlamm bilden. Dieser verfestigt sich durch Diagenese (Verhärtung von Sedimenten bei geringem Druck und geringer Temperatur) zu Kalkstein. Bei den Kalksteinablagerungen, die zum Großteil aus Schnecken, Muscheln oder Schwämmen bestehen, sind - wie an manchen Säulen im antiken Olympia - noch Fossilreste zu erkennen.



Abb.: Olympia, Muschelkalk am Zeustempel

3. Unterschied Kalkstein und Marmor

Umgangssprachlich wird das Wort Kalk für verschiedene Stoffe gebraucht. Allen gemeinsam ist ihr Hauptbestandteil Calciumcarbonat. Dieser besteht aus geladenen Teilchen, den so genannten Ionen (von altgr. *ίόν*, das Gehende- geladene Teilchen „gehen“ in einer wässrigen Lösung zur entgegengesetzt geladenen Elektrode). Im Calciumcarbonat handelt es sich dabei um positiv geladene Calcium-Ionen (Ca^{2+}) und negativ geladene Carbonat-Ionen (CO_3^{2-}).



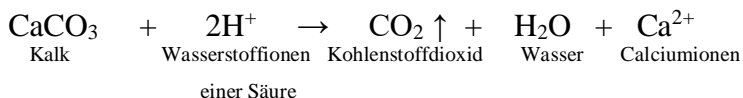
Beide Ionen sind dabei regelmäßig in einem Ionengitter angeordnet, welches durch die elektrostatischen Anziehungskräfte zwischen den entgegengesetzt geladenen Ionen zusammengehalten wird. Das Sedimentgestein Kalkstein besteht überwiegend aus dem Mineral **Calcit** (von gr. *χάλιξ*, Kalk). Das Ionengitter des Calcits weist einen schichtartigen Aufbau auf, wobei sich in der Kristallstruktur eine Schicht aus Calcium-Ionen mit einer aus Carbonat-Ionen abwechselt (siehe Abbildung). Marmor hingegen ist ein Umwandlungsgestein. Der oftmals glänzende Naturstein Marmor (altgr. *μαρμαίρειν*, schimmern, glänzen) entstand aus Kalkstein, der durch Druck und Hitze im Erdinneren zur Umkristallisation gezwungen wurde. Nach seiner Metamorphose (von altgr. *μεταμόρφωσις*, Verwandlung) ist der nun entstandene Marmor farblich etwas heller, härter und dichter als Kalkstein. Auch in der chemischen Zusammensetzung unterscheidet sich Marmor von Kalkstein: Er enthält neben dem Mineral Calcit auch das Mineral **Dolomit**. Im Ionengitter des Dolomits ist die Hälfte der Calcium-Ionen durch Magnesium-Ionen (Mg^{2+}) ersetzt (siehe Abbildung). Wer es ganz genau nehmen will: Die Formel des Dolomits lautet $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Im Unterschied zu Kalkstein kommt Marmor nicht so häufig vor und ist deshalb meist teurer als Kalkstein, ganz besonders der sehr bekannte Carrara-Marmor aus Italien. Sicheres Erkennungs- und Unterscheidungsmerkmal ist die Betrachtung im Querbruch, denn Marmor verfügt über eine zuckerförmige, glitzernde Struktur, während Kalkstein eher matt wirkt.

4. Saurer Regen und Umweltverschmutzung

Saurer Regen wird durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl (Benzin bzw. Diesel) und Erdgas verursacht. Denn bei dieser werden Schwefeloxide und Stickoxide freigesetzt. In der Atmosphäre kommt es zu chemischen Reaktionen, bei denen diese Gase mit dem Regenwasser Säuren bilden. Dadurch verringert sich der pH-Wert (von lat. *potentia Hydrogenii*, Kraft des Wasserstoffs) des Regens. In industriereichen Regionen oder Gebieten, wo viele Autoabgase produziert werden, sind die Auswirkungen besonders erheblich und der pH-Wert des Niederschlags sinkt deutlich. Deshalb sind Gebäude und Kulturdenkmäler aus Kalkstein oder Marmor hier besonders gefährdet.

5. Auswirkung von saurem Regen auf Kalkstein

Kalk (CaCO_3) wird von Säuren irreversibel gelöst, wobei das Gas Kohlenstoffdioxid frei wird. Die folgende Reaktionsgleichung zeigt diesen Vorgang:



Gern zeigen wir euch an geeigneter Stelle die Reaktion eines Marmorstücks mit Zitronensäure.

Durch Sauren Regen schreitet die Verwitterung von Kulturdenkmälern aus Kalkstein und Marmor wie der Akropolis, deutlich schneller voran und sie werden stark beschädigt oder zerstört.