Posten 12: Brunnen und Bodenplatten im Innenhof des Kunstmuseums

Marmor: der verwandelte Kalkstein aus der Tiefe der Alpen

Der Brunnen und die Bodenplatten unter den Arkaden im Innenhof des Kunstmuseums bestehen aus Marmor aus Castione im Tessin. Dieses Gestein ist völlig neu für uns, denn es ist weder ein Sedimentgestein (Ablagerungsgestein) wie der Sandstein von Posten 3 oder die Kalksteine von Posten 2 und 4, noch ein magmatisches Gestein wie die Granite von Posten 6 und 10.

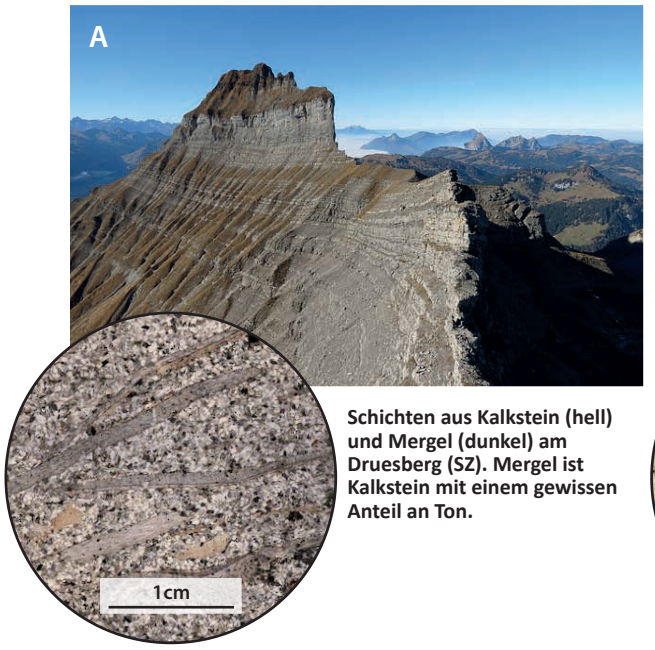
Wir werden uns mit folgenden Fragen beschäftigen:

- Was ist Marmor und wie entsteht er?
- Kann er uns etwas über die Entstehung der Alpen erzählen?

Abb. 1A: Innenhof des Kunstmuseums

Abb. 1B: Bodenplatten unter den Arkaden

Wenn oben steht, Marmor sei kein Sedimentgestein, dann ist das nicht ganz korrekt, denn er war einmal eines. Ablagerungs- oder Sedimentgesteine sind schichtweise abgelagert. Das sieht man besonders schön in Abb. 2A vom Druesberg im Kanton Schwyz, wo sich helle, harte Schichten aus Kalkstein und etwas



Schichten aus Kalkstein (hell) und Mergel (dunkel) am Druesberg (SZ). Mergel ist Kalkstein mit einem gewissen Anteil an Ton.

Kalkstein mit feinen Kalzitkriställchen und Muschelschalen unter dem Mikroskop

Bodenplatten aus Castione-Marmor aus dem Kanton Tessin mit einer auffälligen Bänderung aus hellen und dunklen Mineralen.

Marmor mit groben Kalzitkristallen unter dem Mikroskop

Abb. 2: Vergleich von Kalkstein in Wechsellagerung mit Mergel (A) vom Druesberg (Kanton Schwyz) und Marmor aus Castione im Kanton Tessin (B)

dunklere, weichere Schichten aus Mergel abwechseln. Mergel ist Kalkstein, der auch grössere Mengen von Ton enthält, deshalb ist er weicher als Kalkstein und verwittert leichter. Ton ist Ihnen sicher aus dem Werkunterricht bekannt.

1. Vergleichen Sie den Marmor aus Castione (Abb. 1B, 2B) mit der Wechsellagerung von Kalkstein und Mergel vom Druesberg (Abb. 2A). Können Sie sich vorstellen, weshalb die Geologie davon ausgeht, dass Marmore einst Kalksteine waren?

Welche Geschichten erzählt uns der Marmor?

Schon alleine die Tatsache, dass Marmor einst Kalkstein war, ist eine Geschichte für sich. Es ist allerdings eine Geschichte, die uns nicht sehr weit bringt. Bei der Umwandlung von Kalkstein zu Marmor sind Fossilien und Ooide, wie wir sie aus dem Solothurner oder Laufener Kalkstein kennen (vgl. Posten 2, 4), unsichtbar geworden. Es lässt sich deshalb aus dem Marmor von Castione nicht mehr herauslesen, unter welchen naturräumlichen Bedingungen der ursprüngliche Kalkstein abgelagert worden war. Man geht jedoch davon aus, dass er sehr alt sein muss, nämlich um die 100 bis 70 Millionen Jahre.

Wie entsteht aus einem Kalkstein ein Marmor?

2. Vergleichen Sie die Mikroskopie-Fotos von Kalkstein und Marmor in Abb. 2. Was fällt Ihnen auf?

Es gibt zwei Beobachtungen, die uns helfen, zu verstehen, wie aus Kalkstein ein Marmor wird:

- Kalksteine und Marmore bestehen zu einem grossen Teil aus demselben Mineral Kalzit. Auch die Fossilien (vgl. Posten 2) und die Ooide (vgl. Posten 4) bestehen aus Kalzit. Im Kalkstein sind die Kalzitkriställchen sehr klein, sodass sie von Auge meist gar nicht erkennbar sind. Im Marmor hingegen sind die Kalzite viel grösser, so dass sie von Auge selbst auf den Bodenplatten erkennbar sind. Entsteht aus einem Kalkstein ein Marmor, wachsen also die Kalzitkristalle und werden grösser (Abb. 3).
- Kalksteine und Marmore kommen nicht an demselben Ort vor. Kalksteine findet man bei uns im Jura und in den nördlichen Alpen (blau in Abb. 4), Marmore hingegen kommen in den zentralen Alpen vor (gelb in Abb. 4). Offenbar ist dort etwas mit den Kalksteinen geschehen, das sie zu Marmor werden liess. Aber was?

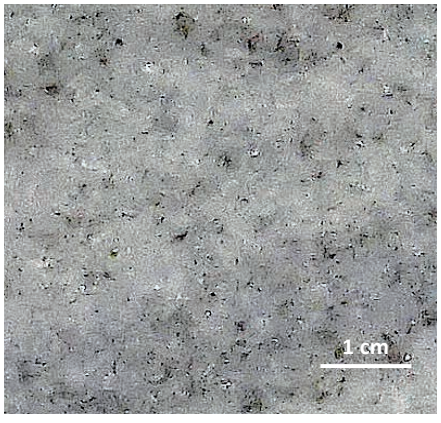


Abb. 3: Marmor aus Castione mit deutlich erkennbaren Kalzitkristallen. Die Kalzite sind weiss, die dunklen Minerale sind Glimmer und Diopsid (ein Pyroxen).

Posten 6 (Abb. 10) hat Ihnen bereits eine Vorstellung von der Entstehung eines Gebirges durch die Kollision zweier tektonischer Platten vermittelt. Dabei wird eine Platte unter die andere geschoben. Auf diese Weise sind auch die Alpen entstanden. Die nördliche, europäische Platte wurde unter die südliche, adriatische (afrikanische) Platte geschoben. In den zentralen Alpen wurden dabei Teile beider Platten in die Tie-

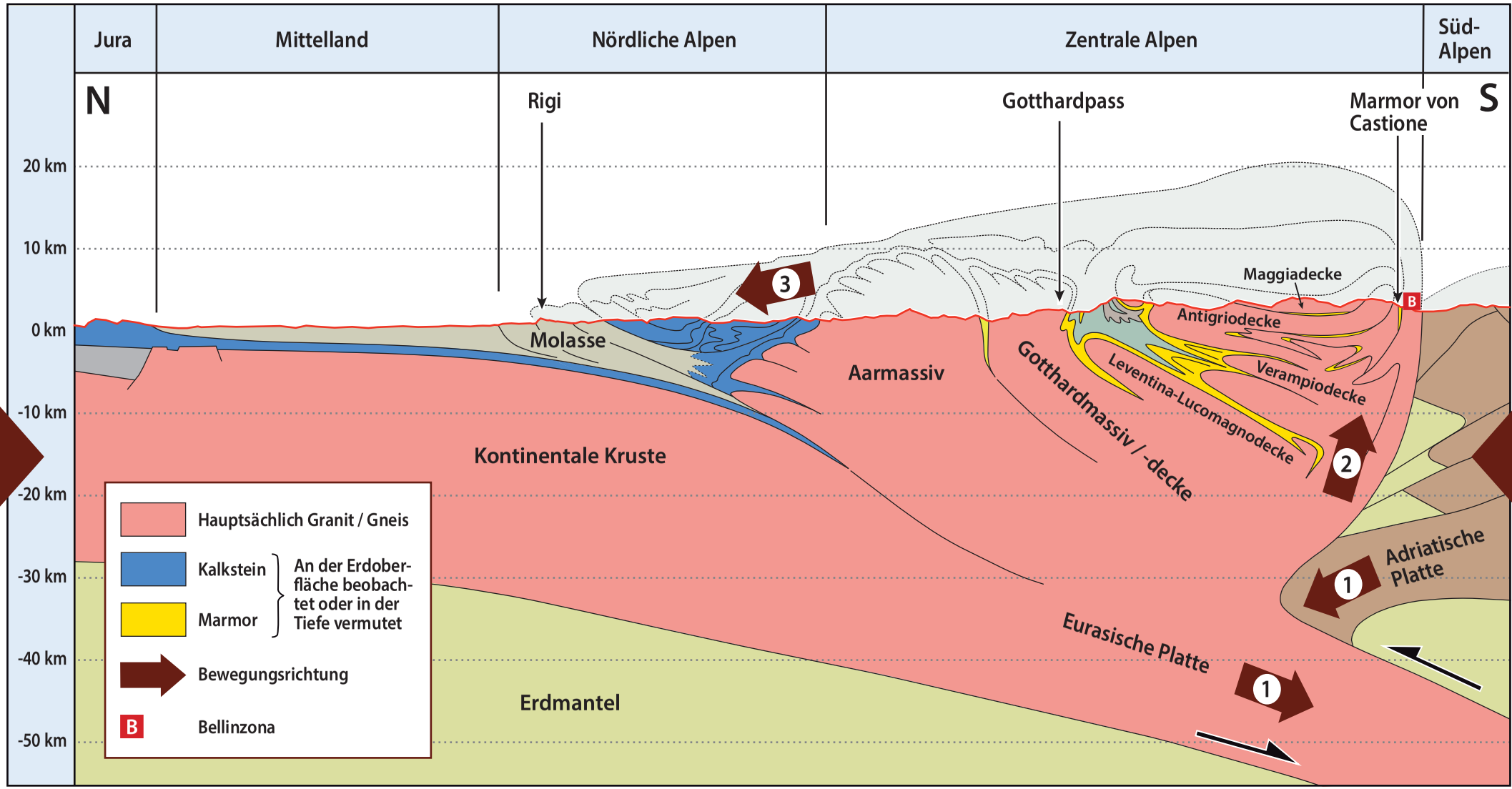


Abb. 4: Schnitt (Profil) durch Jura, Mittelland und Alpen von Norden (links) nach Süden (rechts). Die Pfeile zeigen die Bewegungsrichtung der tektonischen Platten an. Die nördliche, Eurasische Platte wird unter die südliche, Adriatische Platte geschoben (die irrtümlicherweise oft als afrikanische Platte bezeichnet wird, obwohl es eine eigenständige Platte am Nordrand der Afrikanischen Platte ist). Dabei werden in den zentralen Alpen Teile der Platten in die Tiefe gequetscht (Pfeile 1), andere danach auch wieder aus der Tiefe emporgehoben (Pfeil 2). Die nördlichen Alpen hingegen bestehen nur aus übereinander geschobenen Plattenteilen (Pfeil 3), die sich nie in grosser Tiefe befanden.

Sowohl die Kalksteine, die heute noch Kalksteine sind (blau) wie auch jene Kalksteine, die in Marmore umgewandelt wurden (gelb), entstanden in einem flachen Meer, das einst Teile Europas bedeckte. An den Posten 2 und 4 haben Sie Gesteine kennen gelernt, die aus einem solchen Meer stammen.

Die rote Linie entspricht der heutigen Erdoberfläche. Was sich unterhalb der roten Linie befindet, kann durch Gesteine, die sich heute an der Erdoberfläche befinden, durch Bohrungen und durch die Auswertung künstlich erzeugter Erdbebenwellen (Seismik) erforscht werden. Was sich oberhalb der roten Linie befindet, ist Vermutung. Es könnte sein, dass die Plattenteile einst auf diese Weise übereinander getürmt gewesen wären, hätte nicht die Erosion das Gestein laufend wieder abgetragen.

fe gepresst und anschliessend wieder empor gehoben. In den nördlichen Alpen hingegen wurden die Plattenteile nur übereinander geschoben (Abb. 4).

Es ist kein Zufall, dass sich in den Alpen alle Marmore genau dort befinden, wo die Plattenteile in grosse Tiefen gepresst wurden. Das zeigt uns, dass sich Kalkstein in Marmor umwandelt, sobald die Temperatur steigt. In den obersten 10 km der Erdkruste nimmt die Temperatur im Durchschnitt um etwa 27° C pro Kilometer Tiefe zu, in grösserer Tiefe ist die Temperaturzunahme geringer. In 10 km Tiefe herrschen demnach bereits ca. 270°C, in 20 km Tiefe sind es um die 500°C. Laboruntersuchungen zeigen, dass der Marmor von Castione bei ca. 650°C entstanden ist. Er stammt also aus einer Tiefe von über 25 km. Oder anders gesagt: es lagen einmal über 25 km Gestein über ihm. Dabei sind aus den kleinen, von Auge nicht sichtbaren Kalzitkriställchen des Kalksteins 3 bis 5 mm grosse, gut erkennbare Kalzitkristalle geworden. Die dunklen Minerale sind vor allem Biotit (ein Glimmer) und Diopsid (ein Pyroxen). Sie enthalten das Element Aluminium, das auch im Ton vorkommt. Es ist also naheliegend, dass sie aus mergeligen Zwischenlagen entstanden waren, wie sie z. B. am Druesberg vorkommen (Abb. 2A).

Wenn Sie also heute im Dorf Castione stehen würden, müssten Sie Sich vorstellen, dass der Ort vor etwa 30 Millionen Jahren über 25 km tief unter der Erdoberfläche lag. Das heisst aber nicht, dass die Alpen einst über 25 km höher waren als heute. Die zentralen Alpen sind sehr schnell emporgepresst worden, sie wurden jedoch gleichzeitig und fast ebenso schnell auch wieder aberodiert. Die Erosion und ihre Wirkung haben Sie am Beispiel des Buntsandsteins an Posten 3 bereits kennengelernt.

Der Kalkstein macht also eine Umwandlung durch, wenn er zu Marmor wird. Auf altgriechisch heisst das «metamorphosis». Gesteine wie Marmor, die durch Umwandlung bei erhöhten Temperaturen entstanden sind, werden deshalb in der Fachsprache ***metamorphe Gesteine*** genannt. Sie werden an Posten 13 nochmals solchen Gesteinen begegnen.

Die Temperatur im Erdinneren selbst spüren

Wer schon durch den Gotthard-Strassentunnel fuhr, hat die Temperaturzunahme im Erdinneren selbst spüren können. Über dem Tunnel liegen zwischen 500 und 2000 m Gestein, wodurch die Temperatur im Tunnel sogar im Winter zwischen 20 und 30°C beträgt. Im noch tiefer liegenden Eisenbahntunnel (Gotthard- Basistunnel oder NEAT-Tunnel, Abb. 5) würden ohne Luftbewegung durch die fahrenden Züge Temperaturen bis 50°C erreicht.

Abb. 5: Geologisches Profil durch die Zentralalpen mit dem Gotthard-Basistunnel. Der Tunnel liegt auf etwa 500 Meter über Meer, die höchsten Berge erreichen 3000 m. Die vorkommenden Gesteine sind mit unterschiedlichen Farben dargestellt.

3. Auf welche Weise kann man auf der Erdoberfläche die erhöhte Temperatur im Erdinneren sonst noch wahrnehmen?

4. Selbst wenn man Marmor ausserhalb heutiger Gebirge finden würde, wäre er trotzdem Zeuge einer Gebirgsbildung. Weshalb?

Bodenplatten im Innenhof: Erkennen Sie das Gestein wieder?

Bestimmt kommt Ihnen ein Teil der Bodenplatten im Innenhof des Kunstmuseums (Abb. 6) bekannt vor.

Abb. 6: Bodenplatten im Innenhof des Kunstmuseums

5. Wie heisst das Gestein und wo haben Sie es heute schon gesehen? Wie heissen die Fossilien darin und was für Tiere waren es?

Gesteinsname:	Wo:
Name der Fossilien:	Welche Tiere: