

## Posten 11 und 12: Bodenplatten Marktgasse 38 und Waaghauspassage

### Marmor: der verwandelte Kalkstein aus dem Bauch der Alpen

Die Bodenplatten vor den Geschäften des Hauses Marktgasse 38 und in der Waaghauspassage bestehen aus Marmor aus Castione im Tessin. Dieses Gestein ist völlig neu für uns, denn es ist weder ein Sedimentgestein (Ablagerungsgestein) wie die Kalksteine von Posten 2 und 3 oder die Sandsteine von Posten 5 und 7, noch ein magmatisches Gestein wie der Granit von Posten 4 oder 9.

Wir werden uns fragen, was Marmor ist, wie er entsteht und ob er uns etwas erzählen kann über die Entstehung der Alpen.

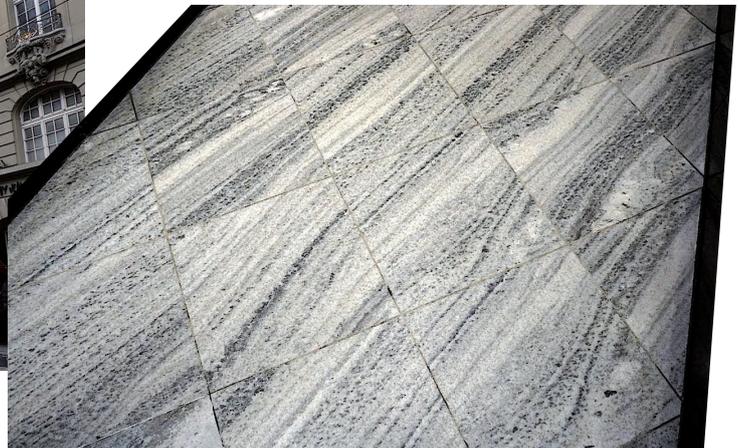
Zuerst schauen wir uns die Bodenplatten an der Marktgasse 38 an, danach jene in der Waaghauspassage.

#### Posten 11, Marktgasse 38

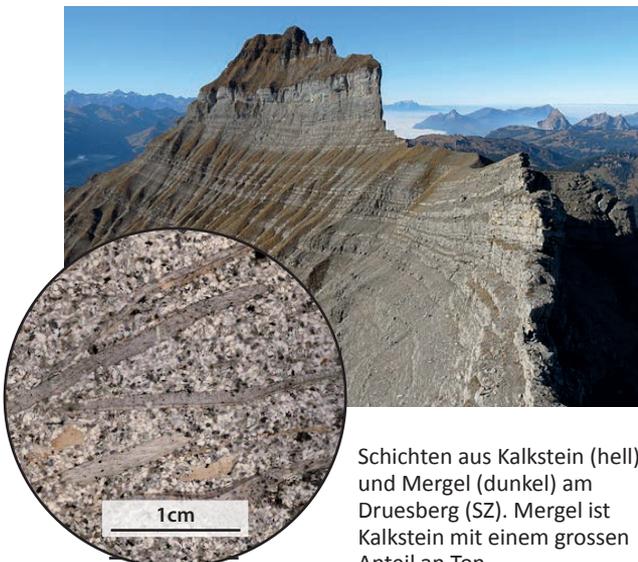


Das Haus Marktgasse 38 ist mit einem Pfeil markiert.

Bodenplatten Marktgasse 38

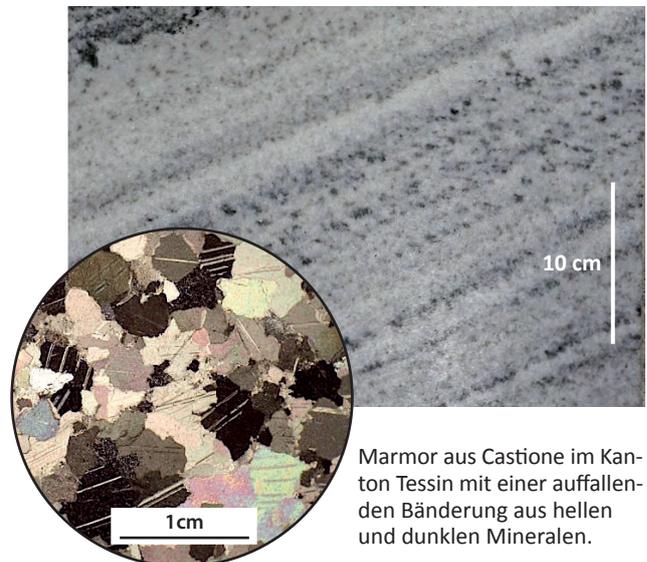


Wenn oben steht, Marmor sei kein Sedimentgestein (Ablagerungsgestein), dann ist das nicht ganz korrekt, denn er **war** einmal eines. Sedimentgesteine sind schichtweise abgelagert. Das sieht man besonders schön auf dem Foto unten links vom Druesberg im Kanton Schwyz, wo sich helle, harte Schichten aus Kalk-



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

Kalkstein mit feinen Kalzitkriställchen und Muschelschalen unter dem Mikroskop.



Marmor aus Castione im Kanton Tessin mit einer auffallenden Bänderung aus hellen und dunklen Mineralen.

Marmor mit groben Kalzitkristallen unter dem Mikroskop.

stein und dunkle, weiche Schichten aus Mergel abwechseln. Mergel ist Kalkstein, der auch grössere Mengen von Ton enthält, deshalb ist er weicher als Kalkstein und verwittert leichter. Ton kennst du vermutlich aus dem Werkunterricht.

Kannst du dir vorstellen, weshalb sich die Geologinnen und Geologen sicher sind, dass Marmor einst Kalkstein war?



### 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, unsichtbar geworden. Es lässt sich deshalb aus dem Marmor von Castione nicht mehr herauslesen, wie und wo der ursprüngliche Kalkstein abgelagert worden war. Man geht jedoch davon aus, dass er sehr alt sein muss, nämlich um die 70 bis 250 Millionen Jahre.

### Wie entsteht aus einem Kalkstein ein Marmor?

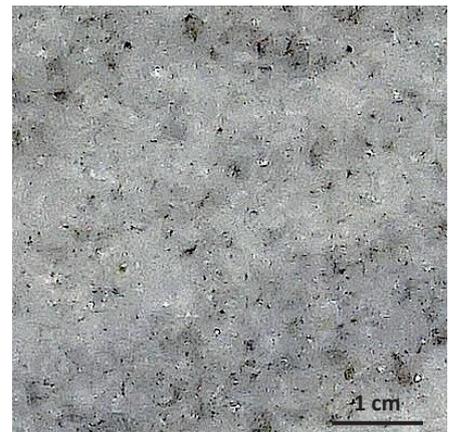
Schaue die Fotos von Kalkstein und Marmor unter dem Mikroskop auf Seite 1 an. Was fällt dir auf?

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

1) Kalksteine und Marmore bestehen zu einem grossen Teil aus demselben Mineral, es heisst Kalzit. Auch die Fossilien und die Ooide 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. Du kannst sie sogar von Auge auf den Bodenplatten erkennen. Entsteht aus einem Kalkstein ein Marmor, wachsen also die Kalzitkristalle.

2) Kalksteine und Marmore kommen nicht an demselben Ort vor. Kalksteine findet man bei uns im Jura und in den nördlichen Alpen (blau in der Abbildung auf S. 3), Marmore hingegen kommen in den zentralen Alpen vor (gelb in der Abbildung auf S. 3). Offenbar ist dort etwas mit den Kalksteinen geschehen, das sie zu Marmor werden liess. Aber was?

An Posten 4 hast du bereits eine Vorstellung davon erhalten, wie ein Gebirge entsteht, nämlich wenn sich zwei Platten der Erdkruste aufeinander zu bewegen und miteinander kollidieren. Dabei wird die eine Platte unter die andere gedrückt. Auf diese Weise sind auch die Alpen entstanden. Die nördliche, Europäische Platte wurde unter die südliche, Adriatische Platte gedrückt (eine Mikroplatte am Nordrand der Afrikanischen Platte). In den zentralen Alpen wurden dabei Teile beider Platten in die Tiefe gepresst und anschliessend wieder in die Höhe geschoben. In den nördlichen Alpen hingegen wurden die Plattenteile nur übereinander geschoben (Abbildung auf S. 3).

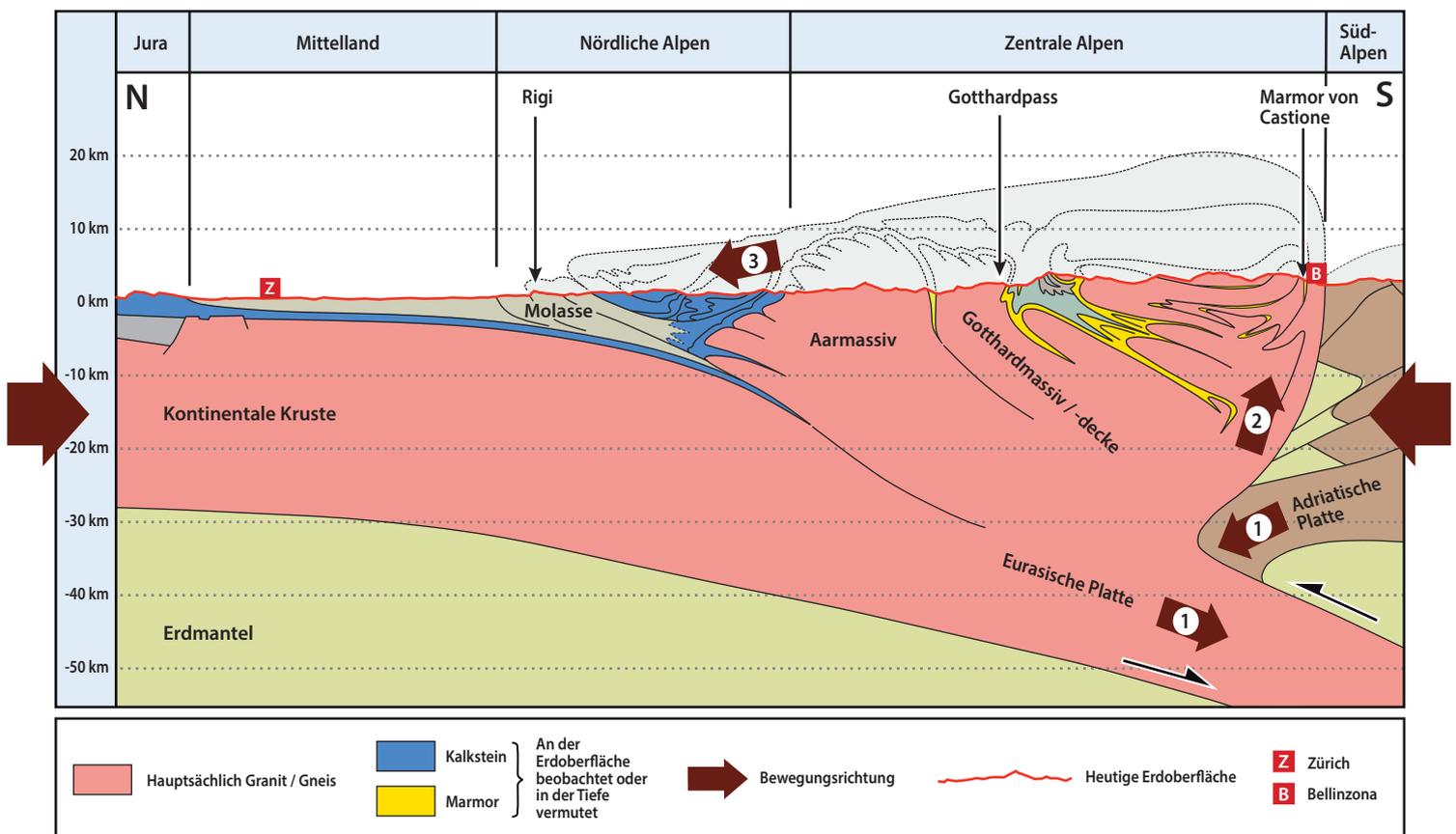


Marmor aus Castione mit deutlich erkennbaren Kalzitkristallen. Die Kalzite sind weiss, die dunklen Minerale heissen Glimmer und Diopsid.

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 seine 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 unser 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 mindestens 25 km Gestein über ihm. Dabei sind aus den kleinen, von Auge nicht sichtbaren Kalzitkriställchen des Kalksteins 3 bis 5 mm grosse Kalzitkristalle geworden. Die dunklen Minerale sind vor allem Glimmer, sie entstanden aus mergeligen Zwischenlagen, wie sie z.B. am Druesberg im Kanton Schwyz vorkommen (Abbildung S. 1 unten links).

Wenn du also heute im Dorf Castione stehen würdest, müsstest du dir 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 25 km höher waren als heute. Die zentralen Alpen sind sehr schnell emporgedrückt worden, sie wurden jedoch fast ebenso schnell auch aberodiert. Die Erosion und ihre Wirkung auf die Alpen haben wir an den Posten 4 und 5 bereits kennen gelernt.

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. Wir werden an Posten 13 nochmals solchen Gesteinen begegnen.



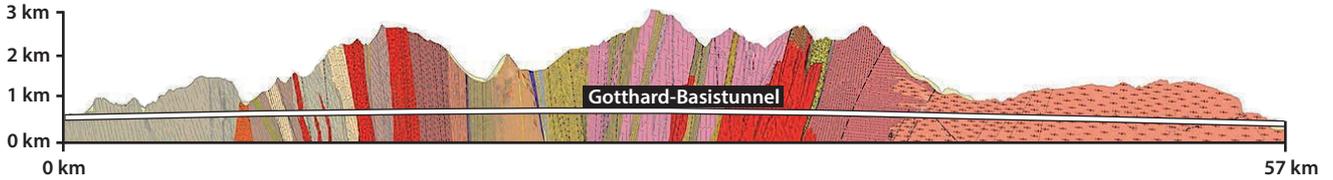
Schnitt durch Jura, Mittelland und Alpen von Norden (links) nach Süden (rechts). In der Fachsprache wird ein solcher Schnitt „Profil“ genannt. Die Pfeile zeigen die Bewegungsrichtung der Erdkrusten-Platten an. Die linke (nördliche), Europäische Platte wird unter die rechte (südliche), Adriatische geschoben (nördlichster Teil der Afrikanischen Platte). Dabei werden in den zentralen Alpen Teile der Platten in die Tiefe gequetscht (Pfeile 1) und andere aus der Tiefe wieder emporgehoben (Pfeil 2). Die nördlichen Alpen hingegen bestehen nur aus übereinander geschobenen Plattenteilen (Pfeil 3), die sich nie in der 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 3 hast du ein solches Meer kennen gelernt.

Die rote Linie entspricht der heutigen Erdoberfläche. Alles, 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. Alles 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.

**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 Inneren sogar im Winter mindestens 35 °C beträgt. Im noch tiefer liegenden Eisenbahntunnel (Gotthard-Basistunnel oder NEAT-Tunnel) würden ohne Luftbewegung durch die fahrenden Züge Temperaturen bis 50°C erreicht.



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.

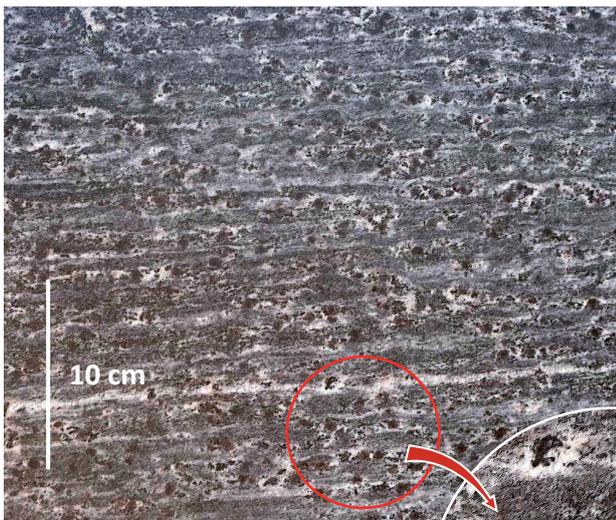
Hast du noch eine andere Idee, wo oder wie man die zunehmende Temperatur im Erdinneren wahrnehmen könnte?



Gehe jetzt weiter zu Posten 12 in der Waaghauspassage!

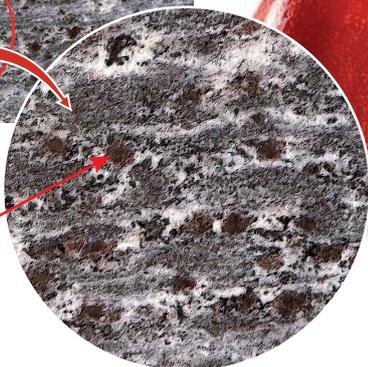
**Posten 12, Waaghauspassage**

Der Marmor, den du hier siehst, ist viel dunkler als jener von Posten 11, denn er hat eine andere Zusammensetzung. Das weisse Mineral Kalzit, das im Marmor von Posten 11 in grosser Menge vorkam, ist hier nur in dünnen Lagen zu sehen. Den Rest machen graue, dunkelgrüne und rotbraune Minerale aus. Das rotbraune, rundliche Mineral heisst Granat. Es ist ein seltenes Mineral und macht dieses Gestein deshalb sehr aussergewöhnlich. An einigen Orten auf der Welt werden Granatkristalle gefunden, die perfekt durchsichtig sind. Diese werden als Schmucksteine genutzt. Wer früher auf eine lange Reise ging, nahm einen



Bodenplatte in der Waaghauspassage.

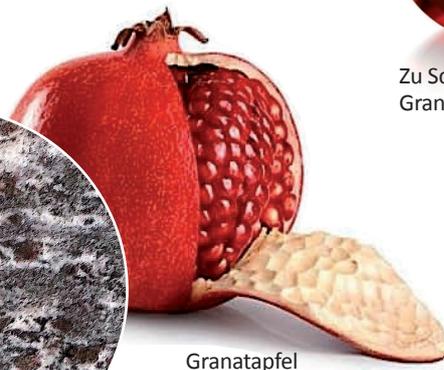
Granat



Durchsichtiger Granatkristall, ca 5 mm.



Zu Schmuck geschliffener Granatkristall



Granatapfel



Essbare Samen des Granatapfels

Granat mit, der Schutz vor Ungemach versprach. Der Granatapfel mit seinen glänzenden, durchscheinenden, tiefroten Samen hat seinen Namen vom Granat.

Doch weshalb ist der Marmor hier so völlig anders als jener von Posten 11? Vor der Umwandlung durch erhöhte Temperatur war das Ausgangsgestein an Posten 11 ein Kalkstein mit wenigen, dünnen Schichten aus Mergel. Hier ist es genau umgekehrt. Das Ausgangsgestein war ein Mergel mit wenigen, dünnen Schichten aus Kalkstein.

Mergel ist ein Kalkstein, der viel Ton enthält, deshalb ist er grau und viel weicher als Kalkstein. Auch dieser Ton erzählt uns eine Geschichte. Er entsteht, wenn Gesteine in warmem, feuchtem Klima verwittern, also z.B. in den Tropen oder in den Subtropen. Der Ton wird von Flüssen ins Meer gespült und vermischt sich mit dem Kalk, der im Meerwasser entsteht. Zusammen bilden sie Mergel.

In Castione kommen die dunklen Marmore nur wenige hundert Meter von den weissen Marmoren entfernt vor. Der dunkle Marmor wird „Castione Nero“ genannt, der Helle „Castione Bianco“. „Nero“ heisst schwarz auf Italienisch, „bianco“ heisst weiss.



In der Nähe von Nizza in Südfrankreich wechseln sich weiche, dicke Mergelschichten (grau) mit dünnen, harten Kalksteinschichten (gelb) ab. Aus diesem „Bröselgestein“ könnte - wie wir nun wissen - bei Temperaturen über 600°C ein schöner Marmor mit Granatkristallen werden.