

## Posten 11: Zeughausbrunnen und Pfisterhaus

### Tessiner Gneis, ein zerquetschter und verfalteter Zeuge der Alpenbildung

Der Zeughausbrunnen und die Natursteinfassade des Pfisterhauses (untere zwei Stockwerke) bestehen aus Gesteinen, die auf den ersten Blick nah verwandt sind. Ja, Sie sehen richtig, schon wieder Granit – zumindest beim Zeughausbrunnen. Das Gestein, aus welchem die unteren zwei Stockwerke des Pfisterhauses bestehen, heisst im Gegensatz dazu Gneis und stammt aus dem Tessin.

**Wir werden uns mit folgenden Fragen beschäftigen:**

- Was haben Granit und Gneis gemeinsam?
- Wie entsteht Gneis?
- Was kann uns Gneis über die Entstehung der Alpen erzählen?

#### Auch der Zeughausbrunnen hat eine bewegte Geschichte

Gemäss Überlieferung wurde der Zeughausbrunnen 1547 gesetzt. Als Brunnenfigur trug er ursprünglich einen Luzerner Krieger. 1678 wurde dieser durch den «Wilden Mann» ersetzt, der Stärke und Ursprünglichkeit aus einer paradiesisch-verklärten, wilden und naturverbundenen Wald- und Bergwelt symbolisierte. Das Original des «Wilden Mannes» befindet sich heute im Historischen Museum. Der Brunnentrog musste vermutlich mehrmals ersetzt werden, der letzte, bis heute erhaltene Trog aus Aaregranit stammt aus dem Jahr 1739. Dieser dürfte auf vergleichbare Weise in die Stadt Luzern gelangt sein wie jener des Weybrunnens. Lesen Sie dazu die Ergänzung 1 zu Posten 1.

2014 kletterte ein Mann auf den Stock des Zeughausbrunnens und stürzte zu Tode. Bei diesem Unfall wurde die erst 2012 rekonstruierte Brunnenfigur komplett zerstört und der Brunnentrog beschädigt. Vom zerbrochenen Brunnenstock konnte lediglich das historische Kapitell im korinthischen Stil restauriert werden. Die Säule und die Figur mussten rekonstruiert werden. Der nun aus Kunststein neu gegossene «Wilde Mann» konnte 2015 wieder auf seinen angestammten Platz auf dem Brunnenstock gesetzt werden.

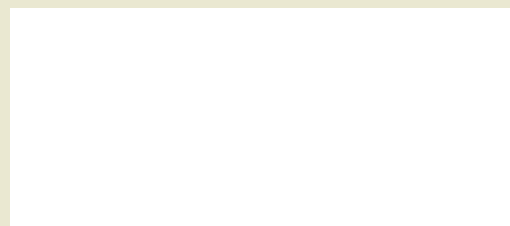
#### Pfisterhaus

Die untersten zwei Stockwerke des Pfisterhauses bestehen aus Tessiner Gneis, dessen rohe Ursprünglichkeit mit den oberen Stockwerken des Hauses kontrastiert. In der «Belle Epoque» (Wende 19. / 20. Jh.) war dieser Baustil weit verbreitet. Vermutlich ging es den Erbauern jedoch nicht nur um die Ästhetik: Gneis ist – im Gegensatz beispielsweise zu Sandstein – ein sehr witterungsbeständiges Gestein, das keine Feuchtigkeit aufnimmt und deshalb besonders geeignet ist für die bodennahen Bereiche von Mauern, die bei Niederschlägen in der Nässe stehen und am Reussufer sogar Hochwasser ausgesetzt sind.



**Abb. 1:** Zeughausbrunnen und Pfisterhaus (nicht verwechseln mit dem Zunfthaus «Pfistern»)

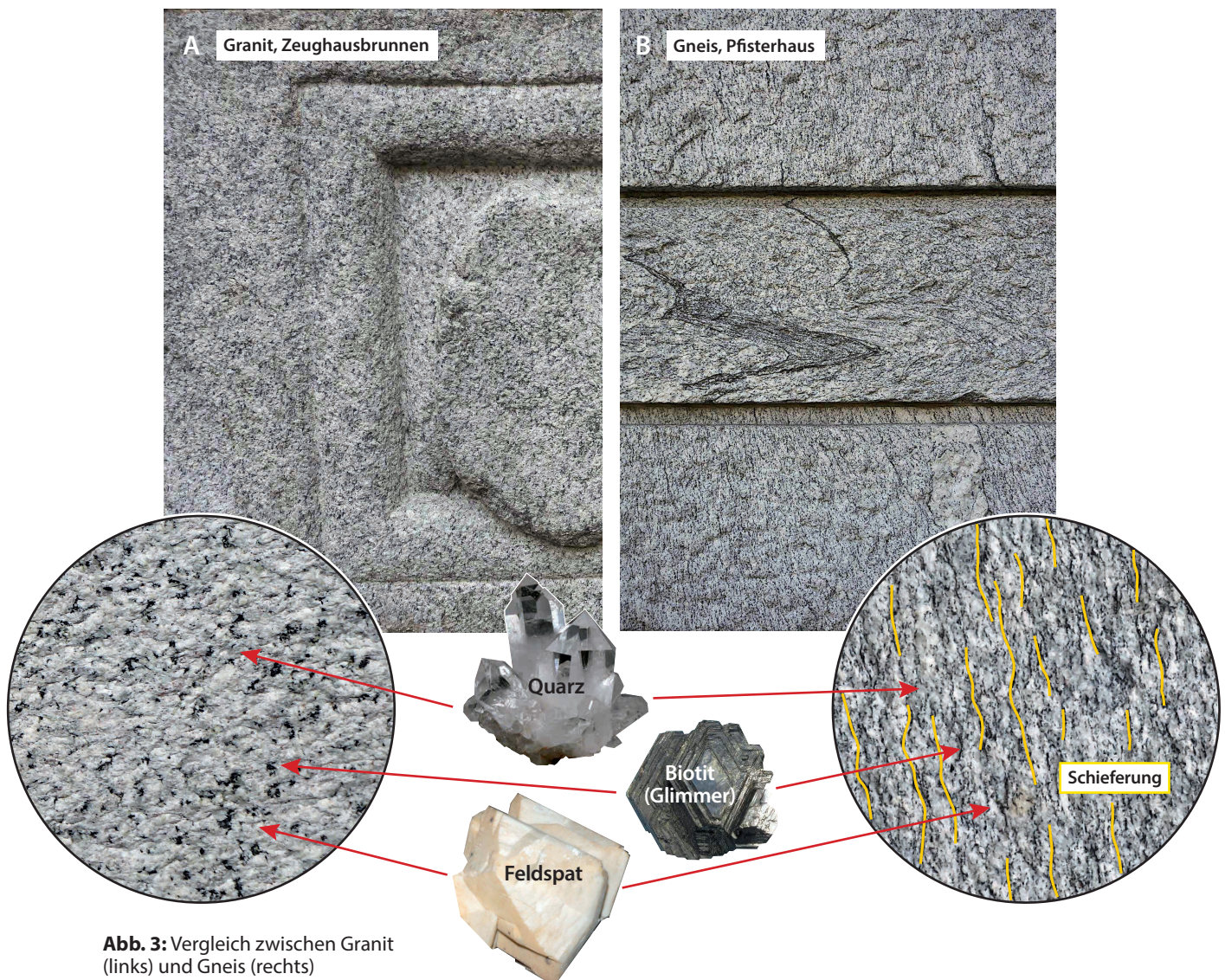
- 1.** Können Sie beschreiben, worin sich der Gneis von Granit unterscheidet? Machen Sie eine Zeichnung.





### Welche Geschichten erzählt uns der Gneis?

Der Gneis besteht aus weissen, durchsichtigen und schwarzen Mineralen. Wir kennen diese Minerale in ähnlicher Weise und auch in anderen Farben und Dimensionen bereits von den Graniten der Posten 1, 5 und 6. Die weissen und die durchsichtigen Minerale sind Feldspat und Quarz (diese sind oft schwer voneinander zu unterscheiden), das dunkle Mineral ist Biotit (Glimmer). Im Granit sind die Minerale ohne eine bevorzugte Richtung angeordnet (Abb. 3A), im Gneis hingegen sind sie abgeplattet und wie nasses Herbstlaub in Lagen angeordnet (Abb. 3B). Da Laub auf Lateinisch «folium» heisst, wird diese Anordnung der Glimmer in der Fachsprache **Foliation** genannt. Auf Deutsch ist es eine **Schieferung**.



**Abb. 3:** Vergleich zwischen Granit (links) und Gneis (rechts)

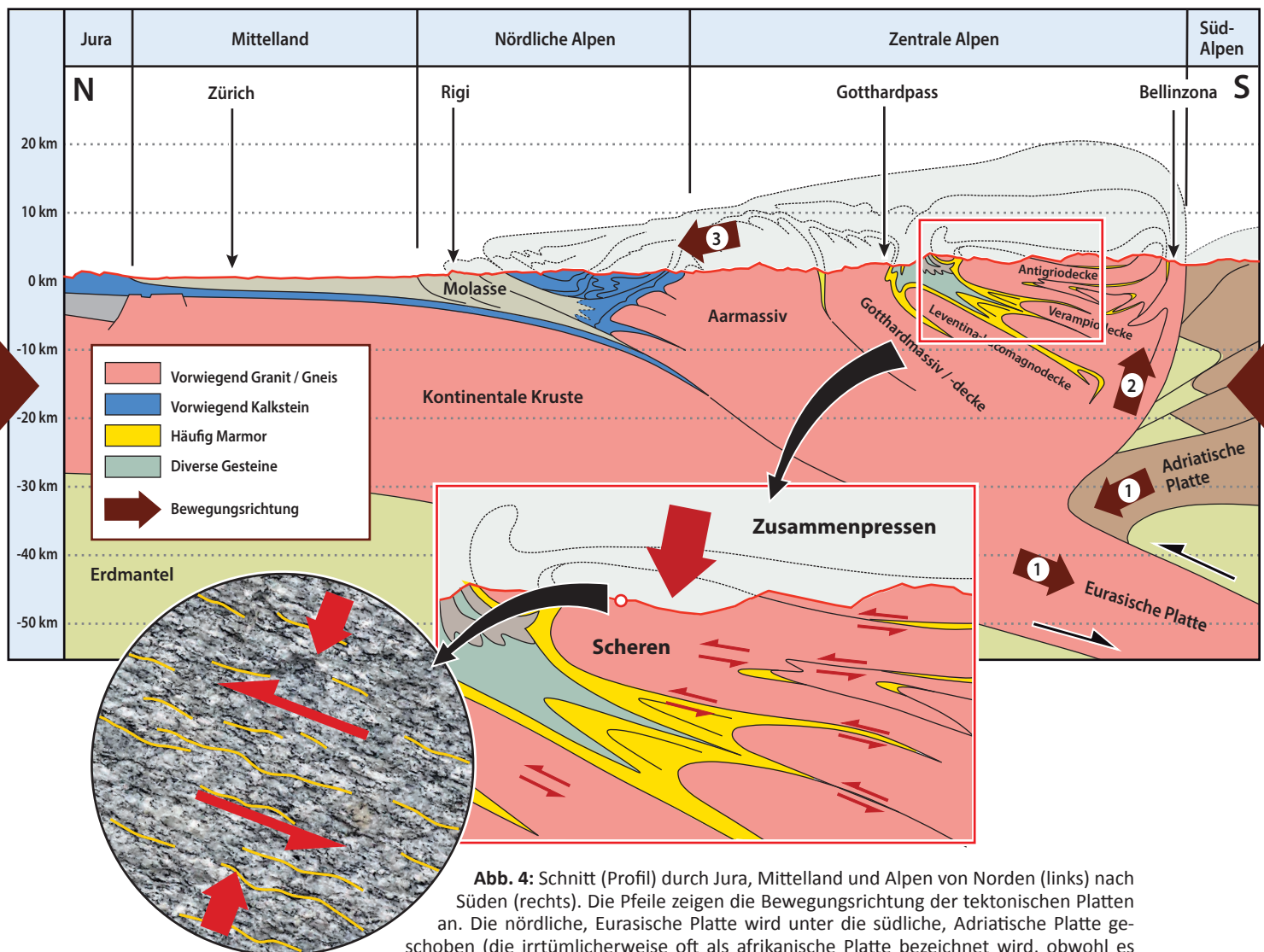
Der grosse Unterschied zwischen Granit und Gneis ist also nicht ihr Mineralbestand, sondern vielmehr Form und Anordnung der Minerale. Wenn nun aber schon dieselben Minerale vorkommen und das Gestein auch ähnlich aussieht, was liegt näher, als zu vermuten, dass die Entstehung von Gneis eng verbunden ist mit Granit?

Abb. 8 und 9 in Posten 1 haben Ihnen bereits eine Vorstellung von der Entstehung von Graniten vermittelt, Abb. 11 in Posten 1 zeigt vereinfacht die Entstehung eines Gebirges durch die Kollision zweier tektonischer Platten. 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 Tiefe gepresst und anschlies-



send wieder empor gehoben. In den nördlichen Alpen hingegen wurden die Plattenteile nur übereinander geschoben (Abb. 4).

Es ist kein Zufall, dass sich in den zentralen Alpen die Gneise genau dort befinden, wo die Plattenteile in grosse Tiefen gepresst wurden: der Tessiner Gneis entstand aus ca. 300 Mio. Jahre altem Granit, der während der Entstehung der Alpen ab ca. 80 Mio. Jahren vor heute in die Tiefe geschoben und dort erhitzt, zusammengepresst und zerschert wurde. Gneise sind also Zeugen der Entstehung von Gebirgen. Dabei wurden die Minerale des Granits verformt und eingeregelt (Abb. 5). Dadurch entstand die charakteristische Schieferung der Gneise. Das zeigt uns, dass sich Granit in Gneis 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 etwas geringer. Gneise können schon ab wenigen 100°C entstehen, jene im Tessin entstanden bei 550-650 °C. Dies entspricht Tiefen von über 20 km. Oder anders gesagt: es lagen einmal mindestens 20 km Gestein darüber.

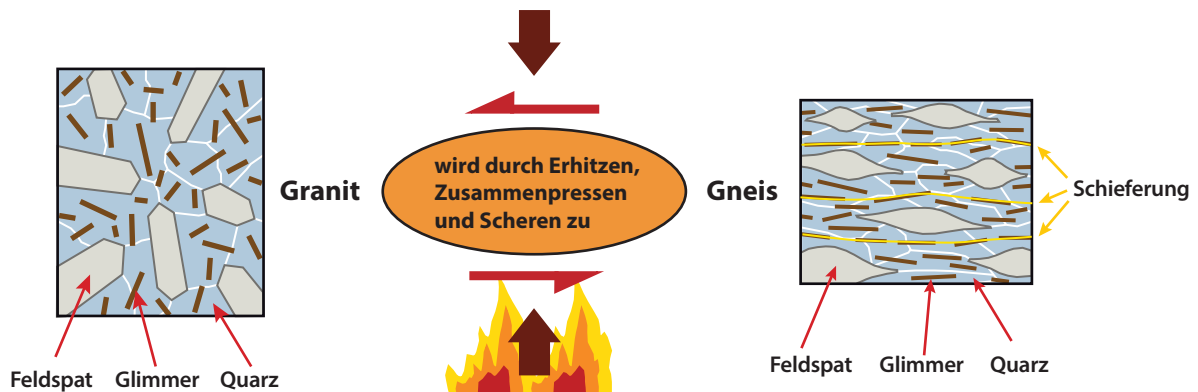


**Abb. 4:** Schnitt (Profil) durch Jura, Mittelland und Alpen von Norden (links) nach Süden (rechts). Die Pfeile zeigen die Bewegungsrichtung der tektonischen Platten an. Die nördliche, Eurasische Platte wird unter die südliche, Adriatische Platte geschoben (die irrtümlicherweise oft als afrikanische 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. Da die kontinentale Erdkruste der Eurasischen Platte zu grossen Teilen aus Granit besteht, bildeten sich bei der Alpenentstehung in grosser Tiefe daraus Gneise. Diese bauen einen grossen Teil der Decken der zentralen Alpen auf.

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.

Wenn Sie also heute im Tessin auf Gneis stehen, müssen Sie sich vorstellen, dass Ihr Standort vor etwa 30 Millionen Jahren über 20 km tief unter der Erdoberfläche lag. Das heisst aber nicht, dass die Alpen einst 20 km höher waren als heute. Die zentralen Alpen sind sehr schnell emporgepresst worden, sie wurden jedoch gleichzeitig und fast ebenso schnell auch wieder abgerodet. Die Erosion und ihre Wirkung auf die Alpen haben Sie an Posten 3 bereits kennengelernt.

Der Granit macht eine Umwandlung durch, wenn er zu Gneis wird. Auf altgriechisch heisst das «metamorphosis». Gesteine wie Gneis, die durch Umwandlung bei erhöhten Temperaturen entstanden sind, werden deshalb in der Fachsprache **metamorphe Gesteine** genannt.



**Abb. 5:** Granit wandelt sich durch die Einwirkung von erhöhter Temperatur und Druck in Gneis um.

### 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. 6) würden ohne Luftbewegung durch die fahrenden Züge Temperaturen bis 50°C erreicht.



**Abb. 6:** 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.

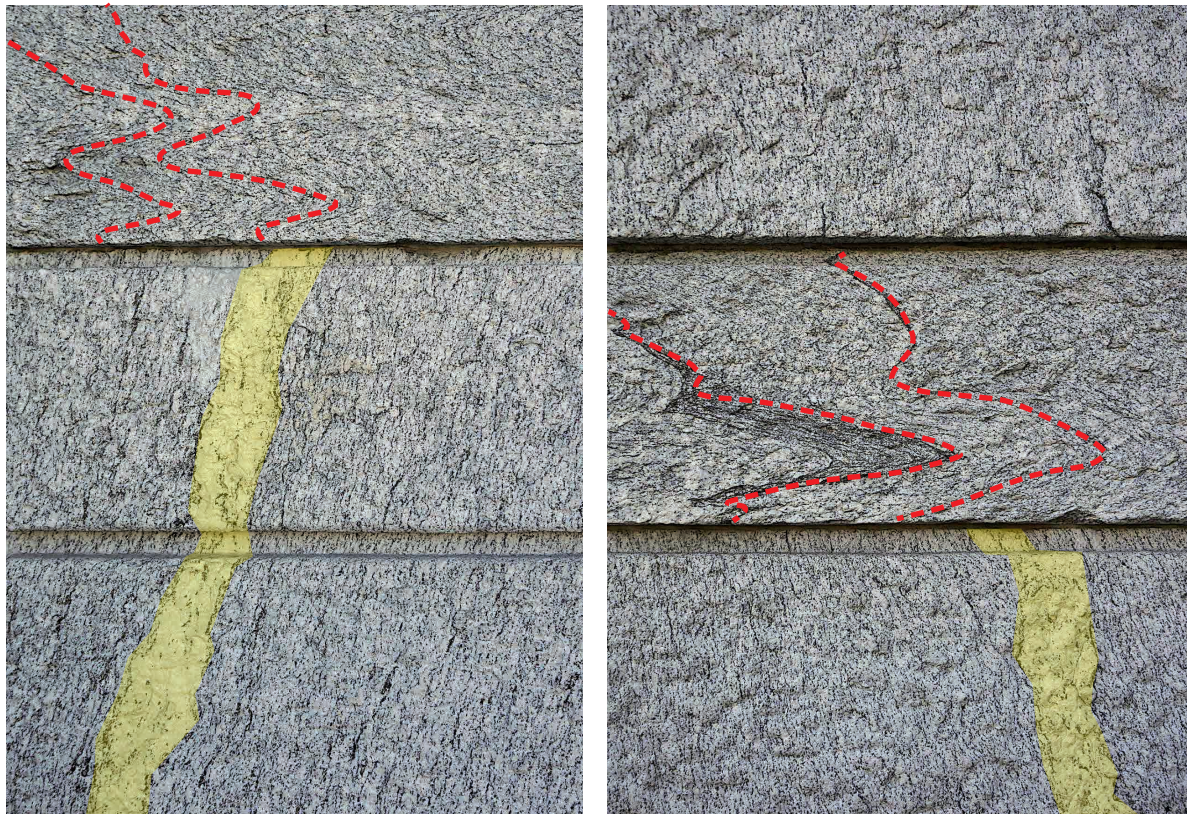
## 2. Auf welche Weise kann man auf der Erdoberfläche die erhöhte Temperatur im Erdinneren sonst noch wahrnehmen?



### ... und noch eine Geschichte ...

Einige Gneis-Quader am Pfisterhaus weisen zusätzlich zur Schieferung spezielle Merkmale auf. Zum einen zeigen sie teils markante helle Streifen (gelb hervorgehoben in Abb. 7), zum anderen scheint das Gestein teilweise verfault zu sein (rot hervorgehoben in Abb. 7). Was bedeuten die hellen Streifen und wie kann Gestein verfault sein?





**Abb. 7:** Gneis mit hellen Streifen (gelb hervorgehoben) und Falten (rot hervorgehoben) am Pfisterhaus.

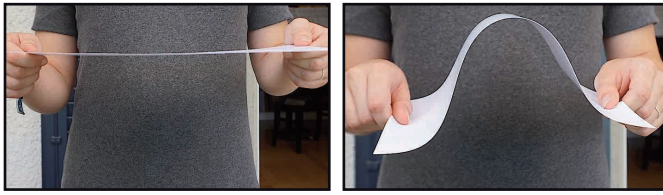
In den hellen Streifen sind die hellen Minerale Quarz und Feldspat speziell angereichert, währenddem der dunkle Biotit (Glimmer) fast ganz fehlt. Dies zeigt uns, dass das Gestein während der Metamorphose so stark erhitzt wurde, dass es begann, aufzuschmelzen. Die hellen Minerale Quarz und Feldspat schmelzen ab ca. 700 °C als erste auf und sammeln sich in hellen Bändern und Schlieren. Solche Gesteine, die Temperaturen am oder jenseits des Schmelzpunktes ausgesetzt waren, heissen **Migmatite**. Sie gerieten entweder bei Gebirgsbildungsprozessen in speziell grosse Tiefe – wie im Fall einiger Tessiner Gneise – oder sie stammen aus Zonen mit besonders dünner Erdkruste (kontinentale Erdkruste ist normalerweise um die 35 km dick, unter Gebirgen sogar das doppelte oder mehr). Wird Kruste gedehnt, wird sie jedoch allmählich dünner oder kann sogar reissen (siehe Posten 8, Abb. 13).

**3.** Können Sie sich vorstellen, weshalb Gesteine in Regionen mit dünner Erdkruste eher aufschmelzen können ?

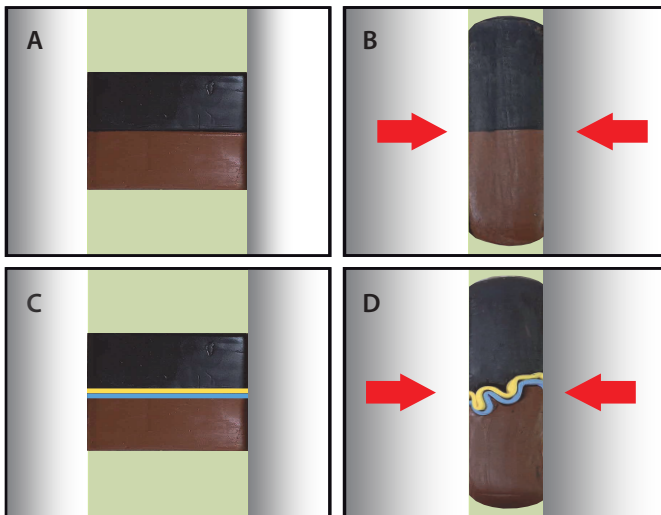
Falten in einem Gestein sind das Resultat einer Verkürzung, vergleichbar mit einem Blatt Papier, das an beiden Enden gehalten und zusammen geschoben wird, und das sich dabei verbiegen muss (Abb. 8). In allen Gesteinen können Falten auftreten, Voraussetzung ist jedoch, dass es im Gestein eine Inhomogenität gibt, die gefaltet werden kann (Abb. 9). Dies kann eine Schieferung in metamorphen Gesteinen, wie im Fall des Tessiner Gneises sein (Abb. 10A), oder eine Schichtung in Sedimentgesteinen (Abb. 10B). Ein völlig homogenes Gestein wie beispielsweise Granit hingegen kann nicht gefaltet werden, es bildet «nur» eine Schieferung aus (Abb. 10C).

Falten sind allermeistens das Ergebnis von Gebirgsbildungsprozessen. Sie können offen, halboffen oder geschlossen sein, je nach Intensität der Verkürzung. Sie können symmetrisch oder asymmetrisch, aufrecht, gekippt oder liegend sein (Abb. 11) und sie können unterschiedliche Dimensionen haben, von Millimetern bis zu Kilometern (Abb. 12, 13).

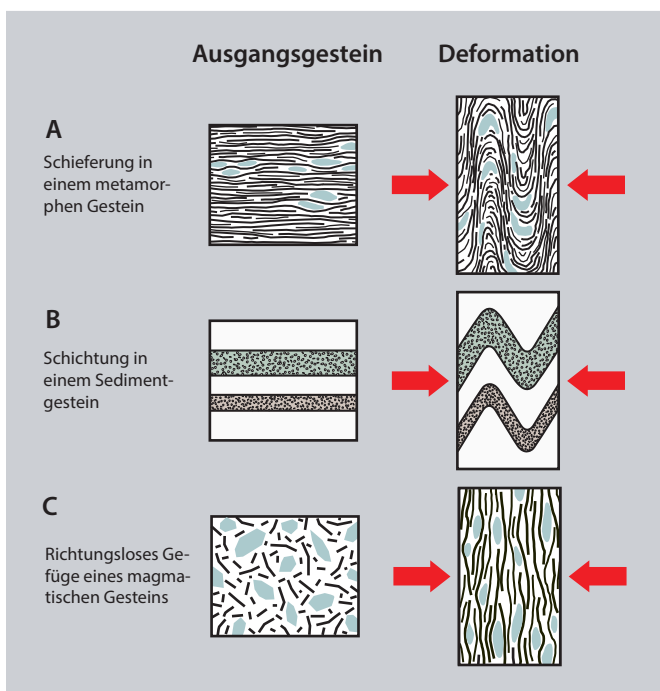




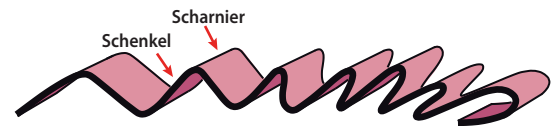
**Abb. 8:** Wird die Distanz zwischen den Händen verkürzt, faltet sich das Blatt Papier.



**Abb. 9:** Zwei homogene Klötze aus Knetmasse (schwarz und braun) werden zwischen zwei Stahlblöcken zusammenge-drückt (A). Dabei wird die Knetmasse deformiert, es bildet sich jedoch keine Falte (B). Befindet sich hingegen innerhalb der Knetmasse eine Schicht aus Gummi (blau, gelb, C), so legt sich diese in Falten (D), denn sie bildet eine Inhomogenität gegenüber der Knetmasse.

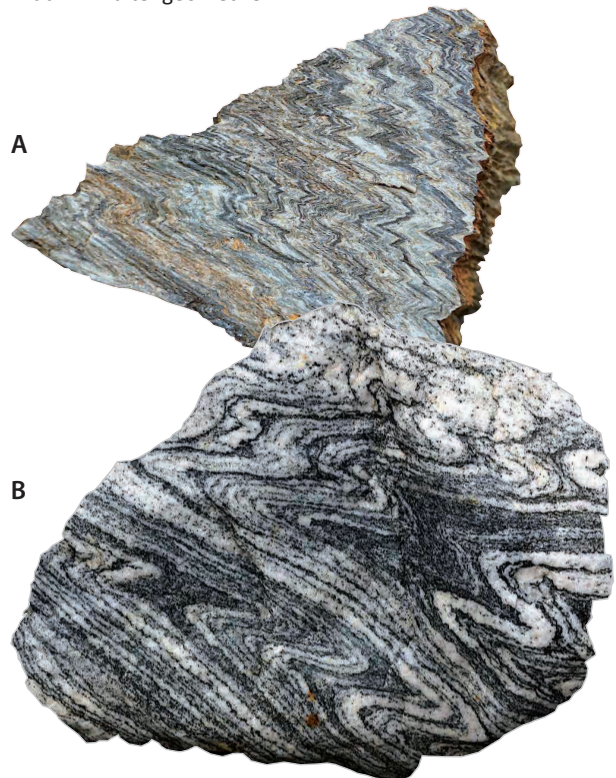


**Abb. 10:** Deformation der Schieferung eines metamorphen Gesteins (A) und der Schichtung eines Sedimentgesteins (B). Wird ein Gestein mit richtungslosem Gefüge wie z.B. Granit komprimiert, bildet sich hingegen zunächst eine Schieferung (C).

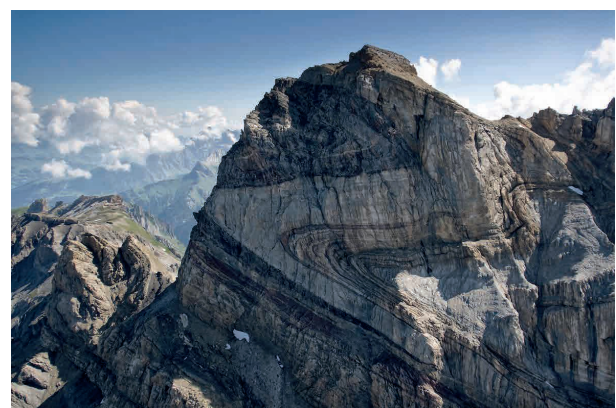


Position	stehend	überkippt	liegend
Offenheit	offen	halboffen	geschlossen
Symmetrie	symmetrisch	asymmetrisch	

**Abb. 11:** Faltengeometrien



**Abb. 12:** Falten im cm- (A) und dm-Bereich (B)



**Abb. 13:** Falten im km-Bereich (Dent de Morcles)

**4.** Wenn ein Gneis, der aus einem Granit entstanden ist, Falten aufweist, wie oft wurde er dann deformiert?