# Achtung Stein!

Der „Fels“ ist das Rohmaterial, aus dem Bergsteiger- und Kletterträume gemacht sind. Er ist entscheidend für die Art der Kletterei, für das Bruch- und Verwitterungsverhalten, für die Ausformung von Graten und Wänden, die Gestalt der Berge. Also von elementarer Wichtigkeit für Kletterer. Und doch wissen die meisten herzlich wenig über ihren „Traumstoff“. Das ist schade und durchaus auch sicherheitsrelevant. Deshalb sind wir froh zwei kompetente Autoren gefunden zu haben, die uns das Thema „Geologie für Bergsteiger“ spannend und praxisrelevant in zwei Teilen näherbringen.





Abb. 4 **Das ganze Mont-Blanc-Gebiet besteht aus einem einzigen Granitkörper.** Foto: Jürg Meyer (links)

Jürg Meyer ist Alpengeologe und Bergführer, war von 1996-2007 Umweltreferent des SAC und leitet im schweizerischen Bergführerverband die Natur-Umwelt-Ausbildung. Heute selbständig als Bergführer, Ausbildner, Berater und Coach tätig. www.juerg-meyer.ch

**von Jürg Meyer & Thomas Scheiber**

Etwas skeptisch geht der Blick nach oben - diese Haltlosigkeit! Der Riss zieht schnurgerade hoch, als hätte ein Riese mit einem Beil dreingeschlagen. Links und rechts davon einfach nichts. Und dann geht er in eine Piazschuppe über, bis auch diese in einer scheinbar kompakten Mauer ausläuft. Aber dafür ist der Fels absolut fest und von einer rauen Körnigkeit ohnegleichen. Also angepackt! Der Riss ergibt sich leichter als erwartet, die Hände lassen sich dank des rauen Gesteins gut verklemmen, die Füße finden überraschend auch außerhalb des Risses auf kleinen, vorstehenden Kristallen Halt. Die Piazschuppe erfordert beherztes und zügiges Klettern. Nun noch die Mauer, fünf Meter bis zum Stand. Vereinzelte hervorstehende dunkle Knollen ergeben die Lösung. Aber nur ruhig klettern - absichern ist hier nicht mehr möglich. Am Stand kann eine Schlinge um einen soliden Block gelegt werden - Stand! Für Kletterer sonnenklar: Der Fels dieser Route kann nur Granit sein.

**Mehr als Granit und Kalk**

Denn Kletterer kennen Granit und Kalk sozusagen vom Handwerklichen her als zwei wichtige alpine Gesteine, die ganz unterschiedliche Arten der Kletterei bieten. Wir möchten dieses „sinnliche" mit etwas geologischem Wissen unterpolstern. Neben dem Granit gibt's ja auch noch diesen - na wie heißt er schon wieder? – ah ja, Gneis! Im Tessin soll es ja Gneis haben, aber die Einheimischen reden nur vom „granito". Was ist eigentlich der Unterschied? Sind die beiden irgendwie verwandt miteinander? Und warum ist Kalk nicht gleich Kalk, sondern in jedem Gebiet wieder anders? Und dann der Dolomit? Sieht ja gleich aus wie Kalk. Klettert man in den Dolomiten immer am Dolomit? In diesem Beitrag und in einem zweiten Teil der nächsten Ausgabe von bergundsteigen werden wir erklären, wie die Gesteine im Verlauf der Alpenbildung dorthin gekommen sind, wo ihr heute daran klettern könnt.

**Die Hauptdarsteller**

Es gibt in den Alpen eine riesige Anzahl von Gesteinen. Und doch lässt sich diese für den „Bergsteigergebrauch" derart auf ein paar wenige Gesteinsgruppen reduzieren, dass damit ein Großteil der alpinen Klettergesteine erkannt werden kann. Kommt dazu, dass es bestimmte Gesteinsgruppen gibt, die zwar häufig vorkommen und geologisch wichtig sind, aber praktisch nie kletterbare Strukturen bilden, wie etwa Flysch, Molasse oder Bündnerschiefer. Diese lassen wir hier deshalb großzügig weg.

**Granit unter der Lupe**

Beim Stichwort „Granit" kommt meist wie aus der Kanone geschossen: „Feldspat, Quarz und Glimmer, die drei vergess' ich nimmer". Der alte Schulstubenspruch ist immer noch wahr und supergut; wir Geologen wären froh, gäbe es zu anderen Gesteinen auch so griffige Formeln.
Auch der Laie erkennt, dass der körnige Granit aus mindestens drei bis vier Mineralarten von ca. 1 – 10 mm Größe besteht (Abb. 1). Der Quarz bildet rundliche Körner, die glasklar bis leicht rauchig sind, stark glänzen und glasartige Bruchflächen aufweisen („muschelig"). Quarz ist eines der häufigsten Minerale der Erdkruste mit einer simplen chemischen Zusammensetzung ($SiO_2$). Diese Atome formieren sich zu einem sehr stabilen Kristallgitter, weshalb der Quarz wie Glas bricht, sehr hart ist (mit dem Messer nicht ritzbar) und chemisch fast nicht verwittert.
Die Feldspäte sind eine Art mineralogische Großfamilie, die den Gesteinsmarkt dominiert: rund 2/3 der Erdkruste wird von ihnen gebildet! Und doch sind sie recht unauffällig und bilden keine so strahlenden Kristalle wie der Quarz. Meist kommen sie in den Gesteinen als milchigweiße oder leicht gefärbte Körner vor. Im Granit finden wir zwei Feldspatarten: Erstens den Kalifeldspat, der oft ins Rötliche geht und manchmal größere, bauklötzchenartige Kristalle bildet, die dem Kletterer minimalste Fußtrittchen oder Fingergriffchen bieten; etwa im Mont Blanc- oder Bergeller Granit (Abb. 2). Die zweite Feldspatsorte im Granit heißt Plagioklas. Er ist oft an einer leichten Gelblich- bis Grünlichfärbung erkennbar. Quarz und zwei Feldspäte machen meist über 90 % des Granits aus. Dazu kommt, wie Petersilie über ein Risotto gestreut, noch etwas „Beigemüse", bei den alpinen Graniten meist kleine Plättchen von dunklem Glimmer (Biotit) sowie andere Mineralien in kleinsten Mengen.

**... aus Plutos heißer Küche**

Granite bilden sich in der Erdkruste in Tiefen zwischen rund 5 bis 50 km durch langsame Auskristallisation aus geschmolzenem Gestein von über 700 Grad, genannt Magma. Deshalb gehört Granit zu den plutonischen Gesteinen. Granitmagmen sind sehr zähflüssig und bleiben meist in der Erdkruste stecken. Sie können dort Körper mit Tausenden von km3 Volumen bilden. So bildet etwa der Mont Blanc-Granit ein linsenförmiges Massiv von etwa 55 x 15 km Oberfläche und mindestens 4 km Tiefe (Talboden von Chamonix bis Gipfelhöhe), also mindestens 3000 km3 – aus Tiefenuntersuchungen weiß man, dass er noch wesentlich größer ist.

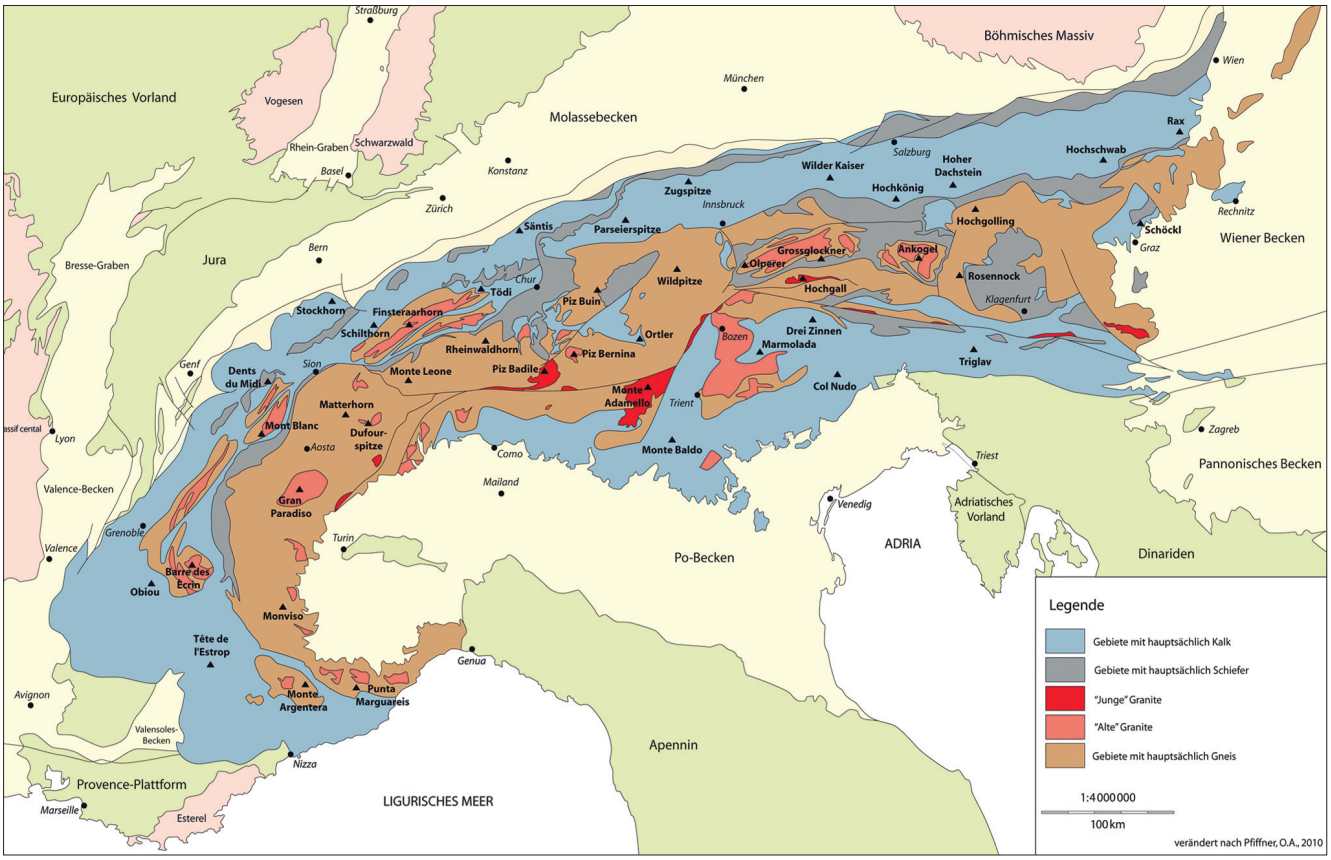



**Abb. 3 Die Verbreitung der für Bergsteiger wichtigen Gesteinsarten im Alpenbogen.** Grafik: Thomas Scheiber (linke Seite)

## Granite in den Alpen

Etliche bekannte alpine Gebirgsgruppen bestehen aus Granit (Abb. 3). Die allermeisten dieser Granite entstanden bei der vorletzten Gebirgsbildung in Mitteleuropa, der so genannten „variszischen", die vor rund 300 – 350 Mio. Jahren stattfand. Dabei wurden große Mengen riesiger Granitkörper gebildet. Ein Teil davon wurde bei der viel späteren Alpenbildung praktisch nicht verformt, sondern lediglich herausgehoben, und so finden wir sie heute als Granite wieder an der Oberfläche. Beispiele sind etwa der Mercantour-Granit in den Meeralpen, der Pelvoux-Granit in der Dauphiné, der Mont Blanc-Granit (Abb. 4), der Aaregranit in den Zentralalpen (Abb. 5) oder die Granite von Olperer und Großvenediger in den Ostalpen.

Ein anderer Teil der variszischen Granite wurde bei der Alpenbildung infolge der gewaltigen Deckenüberschiebungen und Verfaltungen deformiert und umkristallisiert und liegt heute als Gneise vor – mehr dazu später. Es gibt Gebirgsbildungen wie etwa die variszische oder die heute noch andauernde des Himalaya oder der Anden, die mit der Produktion großer Mengen von Graniten verbunden sind. Und es gibt solche, die praktisch „granitfrei" über die Bühen gingen – dazu gehören die Alpen. Es gibt nur ganz wenige „junge", während der Alpenbildung, vor 30 – 35 Mio. Jahren entstandene, Granite. Unter Kletterern am bekanntesten dafür ist der Bergeller Granit.

## Granit-Accessoires: Was in Graniten alles so vorkommt

Den meisten Kletterern bekannt sind dunkle Knollen, welche aus dem Granit hervorwittern und exzellente Griffe bieten. Dies sind Einschlüsse von älteren Vorläufergesteinen, die vom aufsteigenden Granitmagma mitgerissen und dabei gerundet wurden. Ein großer Granitkörper braucht Zehntausende bis Hunderttausende von Jahren, bis er auskristallisiert ist. Ist der Hauptteil schon fest, können entlang von Bruchflächen Restschmelzen den Granit durchqueren, und auch bis weit ins Nebengestein hinaus dringen (Abb. 6). Die Geologen nennen diese plattenförmigen Gesteinskörper „Gänge". Diese weisen aufgrund ihrer etwas andersartigen Verwitterung dem Kletterer oft den Weiterweg in ansonsten haltlosen Granitplatten. In den Graniten der Zentralalpen sind Quarzbänder und Zerrklüfte häufig, die während der Alpenbildung entstanden und meist mehr oder weniger horizontal verlaufen (Abb. 7). Die meisten der Quarzklüfte haben keine Hohlräume mit frei wachsenden Kristallen, sondern sind mit derb-kristallinem weißem Quarz gefüllt. Sie bilden in den alpinen Granitwänden und an den Graten oft horizontale Absätze und Bänder – willkommene Standplatzgelegenheiten.

## Granitschutt: Achtung Gefahr!

Alle alpinen Granite weisen mehr als eine Klüftungsrichtung auf, meist als Folge der Hebung im Alpenkörper, aber auch hangpa-

**Abb. 1 Mont-Blanc Granit.** Ein schön ausgebildeter Vertreter seiner Familie, bei dem Quarz, Feldspäte und Glimmer gut erkennbar sind. Foto: Jürg Meyer (oben-mitte)
**Abb. 2 Bergeller Granit** mit rechteckigen „Klötzchen" von Kalifeldspat. Foto: Jürg Meyer (oben-rechts)
**Abb. 6 Die Südseite der Aiguilles Dorées im Mont-Blanc-Massiv.** Der Granit ist intensiv von leicht geneigten Gängen durchzogen. Foto: Jürg Meyer (unten links)
**Abb. 7 Quarzbänder im zentralen Aaregranit im Furkagebiet, Zentalschweiz.** Solche Quarzbänder können sich zu Kristallklüften mit frei gewachsenem Bergkristall oder Rauchquarz öffnen. Foto: Jürg Meyer (mitte-unten)

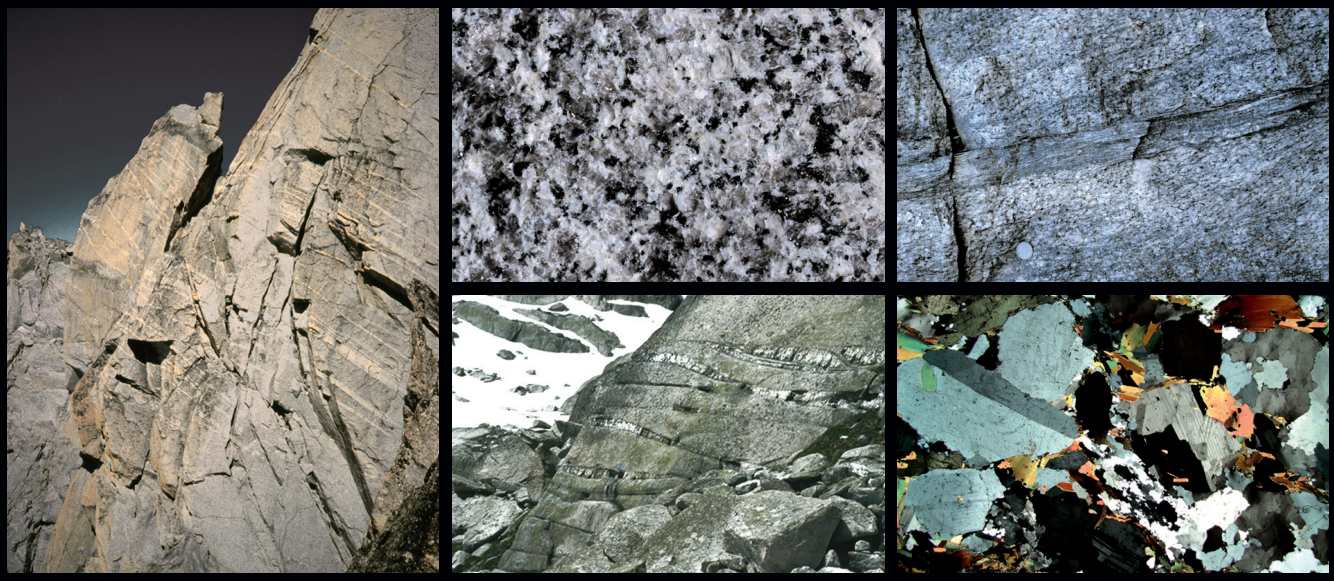


**Abb. 5 Zentraler Aaregranit des Salbit. Foto: Jürg Meyer** (untergrundbild rechts) →
**Abb. 8 Quarzbänder im zentralen Aaregranit im Furkagebiet, Zentalschweiz.** Granit im Dünnschliff. In rund 0,002 mm dicken Dünnschliffen sind fast alle Mineralien durchsichtig und so können Gesteine im Mikroskop genau beschrieben werden.
Foto: Thomas Scheiber (rechts-unten im bildblock letztes bild)

**Was ist überhaupt ein Gestein?**

Während schroffe Felsgebilde für Alpinisten und Kletterer den Spielplatz ihrer Träume darstellen und einen Raum für immer wieder neue Herausforderungen, Linien und Routen bieten, so sind sie für andere nur ein unnahbarer „Haufen Steine". Wieder andere, nämlich Geologen, sehen Gesteine als Zeitzeugen.

Und tatsächlich bieten sich bei näherer Betrachtung dieses Materials zum Teil atemberaubende Blicke in die erdgeschichtliche Vergangenheit! Anhand der Zusammensetzung und Struktur kann ein Gestein Auskunft geben, wie und wo es entstanden ist und welche geologischen Prozesse es mitgemacht hat. Auch wenn ein Gestein mit bloßem Auge oft als einheitlich erscheint, so ist es doch ein Gemenge von Mineralen, Gesteinsbruchstücken oder Organismenresten. Die meisten chemischen Elemente kommen in der Natur nur in chemischen Verbindungen vor; einige wenige, wie zB Gold, Kupfer oder Schwefel, können ungebunden bestehen. Gehen die chemischen Elemente oder Verbindungen in der Lithosphäre in den festen Zustand über, so richten sich die Atome nach einem charakteristischen Kristallgitter aus und das Produkt sind Minerale. Winzige Quarzkörner in einem Granit haben somit dieselbe Struktur wie ein großer Bergkristall!

Unter dem Mikroskop betrachtet können Minerale aufgrund ihrer unterschiedlichen optischen Eigenschaften auseinandergehalten werden (Abb. 8). Von den ca. 4500 heute bekannten Mineralen sind etwa 200 gesteinsbildend, wobei die 10 häufigsten über 90 % der Erdkruste aufbauen.

**Tohuwabohu – Namensgebung der Gesteine**

Die Botaniker haben ihren Linné, der Ordnung in die Vielfalt brachte und eine systematische lateinische Namensgebung schuf. Nichts dergleichen in der Geologie. Bei Mineralien und Gesteinen herrscht das reinste Namenschaos. Seit Beginn der geologischen Forschung werden fröhlich Namen vergeben, die mal auf alten Bergwerksausdrücken beruhen (Quarz vom knarrenden „Quarzen" beim Zerreiben), mal auf den Griechen (Phonolith, der „tönende Stein", ein hartes Vulkangestein), mal auf dem Forscher selbst (Dolomit nach Dolomieu), mal auf dem Ort des erstmaligen Findens (Gabbro, ein Tiefengestein, nach dem gleichnamigen Dörflein in Ligurien) usw.
Kommt noch dazu, dass es zwischen Gesteinen fast beliebige Mischungen geben kann, so etwa zwischen reinem Kalkstein und reinem Sandstein. Man kann dann so schöne Zwischendinge wie „leicht sandiger Kalkstein" definieren. Oder bei den Schiefern den Namen nach zunehmender Häufigkeit der Mineralien geben, etwa den „Disthen führenden Staurolith-Granat-Zweiglimmerschiefer". Alles sehr hilfreich, besonders für den Laien.



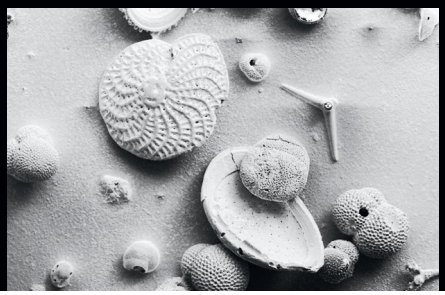


**Abb. 9 Blockschutthalde im Granit des Rotondogebiet/Gotthard.** Foto: Jürg Meyer (oben links)
**Abb. 10 Kalkstein (Schrattenkalk, mittlere Kreidezeit) aus den Berner Voralpen.** Foto: Jürg Meyer (oben mitte)
**Abb. 11 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Mikrofossil-Schalen,** die einen feinkörnigen Kalkstein aufbauen (Bildbreite rund 2 mm). Foto: Thomas Scheiber (oben-rechts)
**Abb. 12 Feinkörniger, dichter Kalkstein,** sogenannter Hochgebirgskalk (Obere Jurazeit, Malm) am Eiger. Foto: Jürg Meyer (untergrundbild rechts)

rallele Entlastungsklüfte, die nach dem Rückzug der riesigen Gletscherlasten der Eiszeiten entstanden. Diese Klüfte führen zu den Verschneidungen, Rissen, Piazschuppen, welche dem Kletterer die großzügigen Granitklettereien ermöglichen. Sie sind andererseits auch zu fürchten, weil sie das typische Bruchmuster der Granite definieren, wo gerne ganze Plattenschuppen oder ganze Riesenblöcke instabil werden und losbrechen können. Dramatisch zeigt sich das an steilen Granitzacken des Mont Blanc-Gebiets, wo infolge des Auftauens des Permafrostes ganze Bergteile losbrechen – so wie etwa der Bonattipfeiler am Petit Drus, eine Klettertour, die Klettergeschichte geschrieben hat und heute einfach wegradiert ist.

Erodierter Granit führt zu einem blockigen Schutt aus recht großen, teilweise bis über hausgroßen Blöcken (Abb. 9). Du wirst nie eine feinkiesige Granit-Schutthalde antreffen, über die du genüsslich in die Tiefe rauschen kannst. Granit bildet Blockhalden, deren Begehung ein gerütteltes Maß an Vorsicht erfordern. Denn wehe, einer der Blöcke ist nicht stabil verkeilt und wird falsch belastet. Je jünger die Blockhalde oder Moräne, desto instabiler ist sie, und desto scharfkantiger sind die Blöcke.

Ältere Granitblockhalden sind zwar stabiler, dafür meist viel dichter mit Flechten bewachsen, was sie dann wiederum bei Nässe zu gemeinem Gelände macht. Also Respekt und Vorsicht!

## Kalkstein und Dolomit

Im Gegensatz zu Granit, Gneis und Schiefern, welche ihre Entstehung Vorgängen in der Erdkruste verdanken, sind Kalkstein und Dolomit Bildungen an der Erdoberfläche. Kalksteine entstehen als eine Art gewaltige Friedhöfe aus den Unmengen von Schalenmaterial von all dem Getier, welches sich in den Meeren tummelt. Sind das etwa Muschel- oder Schneckenschalen oder Haifischzähne, sind die mit bloßem Auge sichtbar und entzücken die Fossiliensammler (Abb. 10). Doch das weitaus häufigste Getier in den Ozeanen ist Plankton, winzige Lebewesen, die frei im Wasser treiben, für uns unsichtbar sind und doch die Basis der Lebensketten der Ozeane darstellen. Erst unter dem Mikroskop ist zu erkennen, dass diese planktonischen Tierchen höchst komplexe Skelette bauen, die an die Formen von Neuschneekristallen erinnern (Abb. 11). Aus der Ablagerung und späteren Verfestigung solcher Mikrofossilien entstehen all die kompakten, feinkörnigen Kalksteine der Alpen (Abb. 12).

### Riffe, Lagunen und Muschelfriedhöfe

Meereslandschaften sind äußerst vielfältig - von gezeitengeprägten Wattenmeeren über Riffgebiete und Tiefseebecken bis



zu submarinen Vulkanen. Überall gibt es Leben, überall wird sedimentiert und entstehen ganz verschiedenartige Kalksteine. Nehmen wir etwa ein Riffgebiet: Die Korallen bauen Strukturen aus Calciumkarbonat auf, diese werden bevölkert von einer großen Vielfalt von Lebewesen, welche ebenfalls Skelette produzieren. Aus diesem Material können massive Riffkalke entstehen, bei denen man teilweise noch die viele Millionen Jahre alten Riffstrukturen erkennen kann. In den Dolomiten gibt es ganze Berge, die nichts anderes sind als rund 230 Mio Jahre alte Riffe, wo man in den Wänden Profilschnitte durch die alten Riffstrukturen erkennen kann.

**Calcium- und Magnesiumkarbonat**

Im Meerwasser sind Calcium- (Ca++) und Karbonat-Ionen (CO3--) gelöst, und die meisten Mikroorganismen bauen sich ihre Schalen, indem sie die beiden zu Calciumkarbonat CaCO3 verbinden. Diese mineralische Verbindung ist als Calcit oder Kalkspat bekannt. In geringerer Menge hat es im Meerwasser auch Magnesium-Ionen Mg++, chemisch dem Ca nah verwandt. Es braucht aber höhere Konzentrationen, bis aus Meerwasser Mg-Karbonat ausgeschieden werden kann. Solche Bedingungen herrschen an tropischen Küsten, wo die Porenwässer in den Kalkschlämmen durch die starke Verdunstung mineralisch angereichert werden. Dort kann dann Ca-Mg-Karbonat entstehen, welches mineralogisch Dolomit genannt wird, benannt nach – nein! nicht den Dolomiten, sondern nach Déodat de Dolomieu (1750–1801). Nach diesem Geologen wurde zuerst das Dolomitgestein, dann das Mineral und schließlich die Bergregion benannt, aus welcher er das Gestein erstmals beschrieb. Die Dolomiten selbst hießen vorher „Monti Pallidi", bleiche Berge, was eigentlich viel passender wäre. Es kommt dazu, dass nur ein Teil der Dolomiten wirklich aus Dolomit besteht, es gibt auch viel Kalkstein. Ein hübsches Beispiel für die verschlungenen Wege der geologischen Nomenklatur!
Kalkstein und Dolomit können in der Regel weder vom Laien noch vom Fachmann im Felde unterschieden werden. Der Geologe hat dazu ein Fläschchen verdünnter Salzsäure bei sich. Der Kalkstein reagiert darauf mit heftigem Schäumen, der Dolomit nicht.

**Sand und Ton, beliebig beigemischt**

Die Flüsse tragen ständig Material in die Meere, entweder Sand oder Tontrübe. Beide können bis zu Hunderten von Kilometern weit ins Meer hinausgetragen werden, bevor sie absinken und sich mit dem Kalkschlamm vermengen. So können beliebige Mischungen zwischen reinem Kalk-, reinem Ton- und reinem Sandstein enstehen. Ein Kalkstein mit beträchtlichem Sandanteil wird sich für den Kletterer auch „sandig" anfühlen, ein Kalkstein mit Tonmaterial ist weicher und bröckliger als reiner Kalk und

**Abb.13 Gneisgerölle mit rostbrauner Patina.** Der eisenfreie Kalkstein daneben bleibt ohne solchen Überzug. Foto: Jürg Meyer (unten 1)
**Abb.14 Gneisblock mit der für Silikatgesteine typischen Landkartenflechte, welche ganze Felsflanken grünlich färben kann.** Foto: Jürg Meyer (unten 2)





**Gesteins-Make up: Trügerische Oberflächen von Gesteinen**

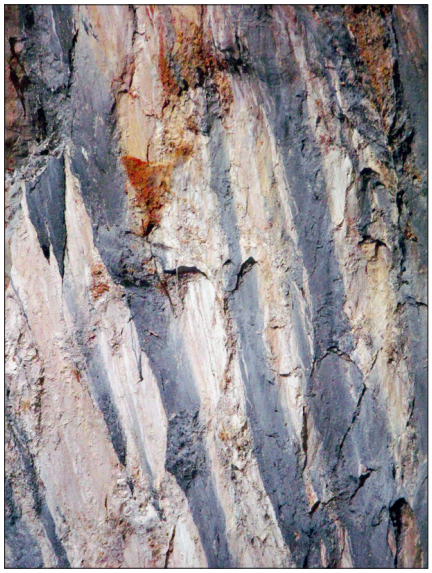
Viele alpine Gesteine weisen eine Art „Sonnenbrand" auf, der ihre Oberflächen rötlich bis gelbbraun färbt, was in der Abendsonne zu manchmal fast schon kitschigem „Alpenglühen" führt. Es handelt sich um eine dünne Oberflächenerschei-nung, ganz simpel Rost (Abb. 13). Überall in der Gesteinswelt, wo rostbraune Farben vorkommen, handelt es sich um Bildungen von oxidiertem Eisen, mineralogisch um Eisenhydroxide, umgangssprachlich einfach Rost. In fast allen Gesteinen gibt es Mineralien, die Eisenatome in ihrem Kristallgitter haben, welches an der Oberfläche oxidiert und zu den feinen Rostüberzügen führt. Viele Gesteinsoberflächen werden auch gerne von Flechten (und Algen, Moosen) besiedelt. Am häufigsten ist die gelbgrü-ne Landkartenflechte (Abb. 14).

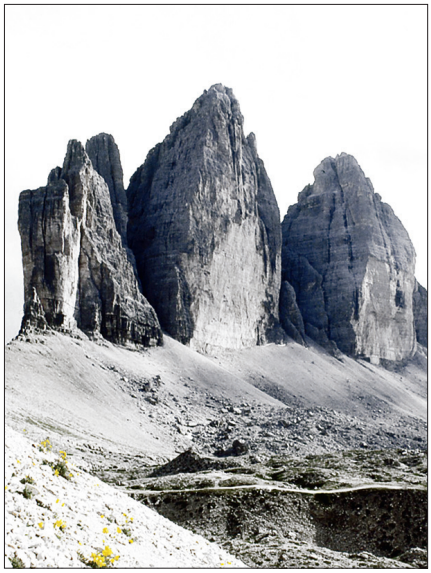
Diese wächst nur auf Gesteinen, welche viel Silikatmineralien enthalten, was bei uns vor allem auf Granite, Gneise, Schiefer und Sandstein zutrifft, nie auf Kalk oder Dolomit. In manchen Gebieten ist dieser Flechtenbewuchs so intensiv, dass die Felsen in der Landschaft eine grünliche Farbe erhalten. Die zweithäufigste Flechte auf den Silikatgesteinen ist ein schwarzes, krustiges Biest namens „Umbilicaria". Erstaunlicherweise wurde sie bis heute nicht mit einem umgangssprachlichen Namen geehrt, obwohl sie für Bergsteiger und Wanderer aufgrund ihrer extremen, seifigen Rutschigkeit bei Nässe einen Namen wie etwa „Schwarzer Seifenteufel" o.Ä. verdient hätte. Auf Kalksteinen und Dolomiten sind oft extrem dünne, gräulich-weiße Krustenflechten zu beobachten und hie und da die prächtig orangen „Xanthoria"-Arten. Dort, wo Wasser regelmäßig über Gesteinsoberflächen rinnt, bilden sich gerne auch Bakterien- und Algenfilme, die manchmal schwer zu erkennen sind, bei Nässe aber ebenfalls extrem rutschig werden. An vertikalen Wänden bilden sich so schwarze „Tintenstriche" (Abb. 15).

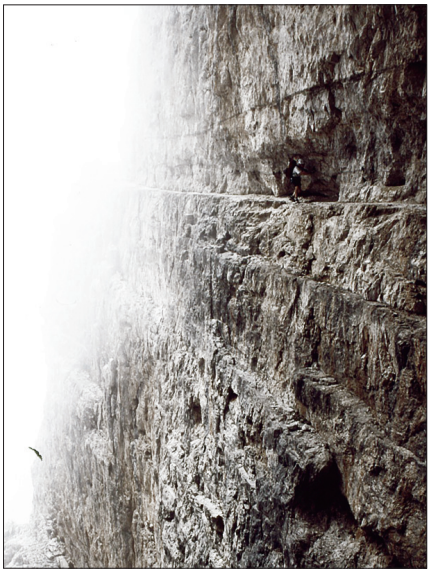


Thomas Scheiber ist Geologe, Bergführer und Exiltiroler und arbeitet seit 2009 am Geologischen Institut der Universität. Bern.

**Abb. 15 Graue Algenstreifen, sog. „Tintenstriche" auf Wettersteinkalk mit gelblicher Verwitterungsfarbe.** Foto: Jürg (unten li)
**Abb. 16 Wettersteingebirge: schräg gestellte und zerscherte Dolomitschichten.** Foto: Jürg Meyer (ug-rechts)
**Abb. 17 Die drei Zinnen bestehen aus horizontal verbliebenen Dolomitschichten aus der Triaszeit.** Foto: Jürg Meyer (unten-mi)
**Abb. 18 Typisch für die Dolomiten: horizontale begehbare Bänder an Schichtfugen in den Dolomit-Serien.** Bocchette-Weg in der Brentagruppe. Foto: Jürg Meyer (unten-re)







wird als Mergel bezeichnet. Ist also die mögliche Vielfalt von Kalkstein und Dolomit an sich schon riesig, wird sie durch diese beliebig möglichen Beimischungen noch einmal potenziert.

**Kalksteine und Dolomite in den Alpen**

Die Alpengeologen erkannten früh, dass das Vorkommen von Kalksteinen in den ganzen Alpen nichts anderes bedeuten konnte, als dass vor der Entstehung des Gebirges das ganze Gebiet während langer Zeit meeresbedeckt gewesen sein musste. Sie nannten diesen verschwundenen Ozean „Tethys", nach der griechischen Meeresgöttin. Dieses Meer entstand vor rund 250 Mio Jahren infolge des Auseinanderbrechens des damaligen Superkontinents „Pangäa", und es bestand in wechselnder Form und Ausdehnung bis vor rund 50 Mio Jahren, als die Kontinentalblöcke von Afrika und Eurasien kollidierten. Es wurden Sedimentserien mit Kalkstein/Dolomit, Mergeln, Tonsteinen, Sandstein von vielen Kilometern Mächtigkeit abgelagert und dann später bei der Alpenbildung übereinandergeschoben, zerbrochen, zerschert und verfaltet. Man kann grob drei Zonen unterscheiden, wo Kalksteine und Dolomite vorkommen (Abb. 3):

**Nördliche Kalkalpen**
Diese Zone erstreckt sich vom Rheintal bis ans Ostende der Alpen und umfasst sämtliche bekannten Kalkklettermassive der östlichen Voralpen. Es handelt sich zum größten Teil um Ablagerungen von Kalken und Dolomiten aus der Zeitperiode der Trias, also der frühen Öffnungsphase des Tethysozeans. Diese wurden auf dem damaligen Kontinentalrand Afrikas abgelagert. Bei der Alpenbildung wurden diese Sedimentserien von ihrer Unterlage abgeschert und als „Decken" weit nach Norden über das entstehende Gebirge verfrachtet. Dementsprechend finden wir dort häufig schräg gestellte, zerscherte, verfaltete und zerbrochene Serien vor (Abb. 16).

**Dolomiten**
Die Kalk- und Dolomitgesteine der Dolomiten wurden ursprünglich etwas weiter südlich abgelagert als diejenigen der nördlichen Kalkalpen, jedoch in vergleichbarer Umgebung. Sie entgingen den Verfrachtungen nach Norden. Sie wurden von den alpinen Bewegungsvorgängen weniger stark erfasst und in etlichen Berggruppen der Dolomiten blieb die ursprüngliche horizontale Lagerung noch erhalten, wodurch die bekannten klotzigen Berggestalten (Abb. 17) mit ihren auf Schichtbändern verlaufenden Klettersteigen entstanden (Abb. 18).

**Kalkgebirge der helvetischen Zone**
Auf der Nord- bzw. Westseite des Alpenhauptkammes vom Rheintal bis in die Provence liegt eine Zone mit intensiv verfalteten Sedimentgesteinsdecken, welche „Helvetische Zone"



**Abb. 19 Intensiv verfaltete Kalkstein- und Mergelschichten der helvetischen Zone am Doldenhorn im Gasterntal/Berner Oberland.** Foto: Jürg Meyer (untergrundbild)
**Abb. 20 Kletterparadies Wendenstöcke/Berner Oberland: die Kletterrouten verlaufen in der hier rund 500 m mächtigen Schicht des Hochgebirgskalks.** Foto: Jürg Meyer (bildreihe li)
**Abb. 21 Typische helle und feinkiesige Schutthalden in Kalk- und Dolomitgebirgen (Rätschenfluh, Prättigau, Graubünden).** Foto: Jürg Meyer (bildreihe mitte)

genannt wird (Abb. 19). Diese Gesteinsdecken bestehen aus Wechselfolgen von Kalkstein, Mergeln und Tonsteinen, welche hauptsächlich in der Jura- und Kreidezeit abgelagert wurden, also jünger sind als diejenigen der nördlichen Kalkalpen und Dolomiten. Sozusagen das „Gerippe" dieser Gebirge wird von einigen markanten massiven Kalksteinen gebildet, einerseits aus der Jurazeit (Malmkalk, Hochgebirgskalk, Abb. 20), andererseits aus der mittleren Kreidezeit („Schrattenkalk" in der Schweiz, „Barre Urgonienne" in Frankreich). Beide Gesteinsfolgen bieten die besten Klettergebiete in dieser Zone, vom Verdon bis zum Alpstein.

### Kalkverwitterung

Jeder Kletterer kennt die komplexen Oberflächenstrukturen im Kalkstein, welche die chemische Lösungsverwitterung durch Regenwasser belegen: Geriffelte Platten und „Gangeln", eingefressene Rinnen, Löcher, aber auch versinterte Platten und Sintersäulen. Regenwasser vermag Calciumkarbonat zu lösen und so werden Kalksteine an der Erdoberfläche langsam aufgelöst und abtransportiert. Die Wirkung des Wassers kann so stark sein, dass es sich entlang von Klüften kilometertief in Kalksteinmassive einfrisst und dort riesige Höhlensysteme bildet (Karst). In diesen kann lokal ein Teil des Kalks auch wieder ausgeschieden werden – es entstehen Sinterbildungen, mit ihren Säulen, Stalaktiten und Stalagmiten.

Das Bruchverhalten von Kalkstein und Dolomit ist verschieden von demjenigen des Granits. Die Gesteine sind meist von zahlreichen feinen Klüften und Rissen durchzogen, entlang denen sie zerbrechen. Deshalb bilden sich unter Kalk- und Dolomitwänden viel eher feinschuttige Halden und weniger grobe Blokkfelder. Diese Schutthalden sind zum Aufsteigen äußerst mühsam, dafür umso herrlicher zum Runtersausen (Abb. 21).

## g Gneis und Schiefer

Ein bedeutender Teil der Alpen ist aus Gneisen und Schiefern aufgebaut (Abb. 4). Hinter diesen beiden Bezeichnungen steckt eine riesige Vielfalt verschiedenster Gesteinsarten. Alle sind metamorphe Gesteine. Ein Resultat der Metamorphose ist eine planare Struktur, eine Schieferung, wie die Geologen sagen. Diese hat nichts mit einer Ablagerungsstruktur zu tun, wie wir sie in Sedimentgesteinen wie Kalk- oder Sandstein finden, und welche die Geologen Schichtung nennen. Die Schieferung entsteht dadurch, dass sich plättchenförmige Mineralien im Gestein auf-

**Gesteine richtig anschauen – Übungssache**

Wer ein Gestein genauer betrachten will, muss drei elementare Regeln beachten:
▌Die meisten Gesteine haben eine oberflächliche Verwitterungskruste oder Patina, die oft völlig anders ist als das frisch gebrochene Gestein. Deshalb: Immer ein Stück abschlagen! Aber auch dann können wir noch perfide getäuscht werden. Viele Gesteine sind von feinsten Rissen durchzogen, in welche Wasserfilme eindringen und Verwitterungsprozesse auslösen konnten. Bricht das Gestein entlang solcher Mikroklüfte, sehen wir wiederum nicht das frische Gestein. Üben!
▌Ein Gestein hat drei Dimensionen – banal. Also muss man es auch immer in drei Dimensionen betrachten. Nimm einen Schiefer, wo in den Schieferungsflächen Glimmermineralien angereichert sind (Abb. 22). Weil das Gestein beim Zerschlagen entlang den Schieferungsflächen bricht, siehst du auf diesen Flächen dann fast 100 % Glimmer. Brichst du es quer zu den Schieferungsflächen, macht der Glimmer dann vielleicht noch ein paar Prozente aus.
▌Bei etlichen Gesteinen reicht das bloße Auge, um eine Vorstellung seiner Struktur und Zusammensetzung zu erhalten. Will man es etwas genauer wissen, braucht es eine Lupe mit 8- bis 12-facher Vergrößerung. Eine solche auf Touren dabeizuhaben lohnt sich – auch eine kleine Alpenpflanze lässt sich so als Tropenblume erleben.

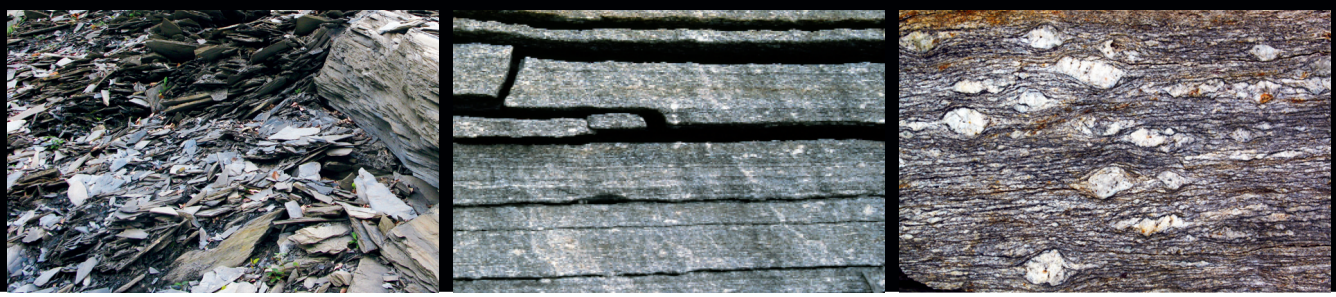


**Abb. 22 Stark metamorpher Glimmerschiefer aus den Tessiner Alpen mit blauen Stengeln von Disthen.** Foto: Jürg Meyer (linke bildreihe rechts)
**Abb. 23 Typische Milli- bis Zentimeter dicke Schieferplättchen in den Glarner Alpen.** Foto: Jürg Meyer (bildreihe oben links)
**Abb. 24 Typische Milli- bis Zentimeter dicke Gneisplatten im Wallis.** Foto: Jürg Meyer (bildreihe oben mitte)
**Abb. 25 Aus einem variszischen Granit entstandener Augengneis im Zermattertal/Wallis.** Foto: Jürg Meyer (bildreihe oben re)

grund der Gesteinsverformung in einer bestimmten Ebene ausrichten und gleichzeitig in diskreten Lagen anreichern – eben den Schieferungsflächen.

**Gneis oder Schiefer – der Hammertest**

Um einen Schiefer von einem Gneis zu unterscheiden, zerdeppert man am besten ein Stück mit einem Hammer. Bricht das Stück sehr klar entlang von glatten Flächen, und sind die Bruchstücke nur mm bis cm breit, kannst du es Schiefer nennen (Abb. 23). Bricht es etwas unregelmäßiger und sind die Bruchplatten cm bis dm dick, musst du es einen Gneis nennen (Abb. 24). So einfach ist das. Schiefer sind immer sehr feinkörnig – oft kannst du die einzelnen Bestandteile mit bloßem Auge nicht erkennen und die auf den Schieferungsflächen angereicherten Plättchen-Mineralien sind nur als feinglänzender Überzug sichtbar. Gneise sind dagegen meist gröber kristallisiert, und du kannst mit bloßem Auge mehrere Mineralien erkennen, mindestens die Glimmermineralien auf den Schieferungsflächen – sei es den dunkelbraunen Biotit oder den silberglänzenden Muskowit.
Gneise und Schiefer können aus ganz verschiedenen Ausgangsgesteinen entstehen, doch wiederum kann hier für den „Hausgebrauch" kräftig vereinfacht werden. Eine Großzahl der Gneise in den Alpen ist nichts anderes als ehemalige Granite, welche bei der Alpenbildung verformt und umkristallisiert wurden. Hat der ehemalige Granit schön große, viereckige Kristalle von Kalifeldspat geführt, bleiben diese bei der Umwandlung zu Gneis oft noch halbwegs erhalten, werden aber zu linsenförmigen Gebilden ausgewalzt. Das Resultat ist ein „Augengneis", der seine Herkunft aus einem Granit nicht verbergen kann (Abb. 25).

**Noch Granit oder schon Gneis? Die große Konfusion**

Es kann dir passieren, dass du über einen alpinen Grat kletterst, der im Führer als Gneis beschrieben ist, und dann triffst du dort auf Passagen, die für dein Empfinden solider Granit sind. Oder du kletterst in einem Granitgebiet herum und findest dich auf schiefrigen Platten, welche du - falls du diesen Beitrag richtig gelesen hast - als Gneis oder gar Schiefer bezeichnen würdest. Sei versichert: du siehst es völlig richtig – und das ist der Grund für viel Konfusion.

Diese hat mit der Art und Weise zu tun, wie ein Granitkörper auf Druck und Scherung reagiert – etwa, wenn er in der Tiefe der sich bildenden Alpen verformt wird. Die Verformung und Umkristallisation erfasst den Granit nicht homogen, sondern entlang von diskreten Scherzonen, die ihn dann wie ein Netzwerk durchziehen. In einer solchen Scherzone kann ein Granit vollständig zu einem feinkörnigen Schiefer umgeformt sein und

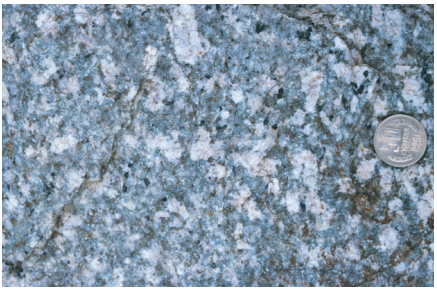
**Achtung, Stein!**

Ist das Gestein Lebenselixir des Kletterers, ist es gleichzeitig auch sein Todfeind – wenn es runterfällt (Abb. 26). „Achtung, Stein!" – der gefürchtete Ruf. Etwas geologische Grundkenntnisse helfen auch, Steinschlaggefahren besser einzuschätzen: Wie verlaufen die Bruchmuster, die Schieferung, die Schichtung? Wie intensiv ist die Klüftung? Wo kann ich eine Zone besseren Gesteins erwarten? In welcher Gesteinszone soll ich den Weiterweg suchen? Welche Gesteinsart kann ich im Couloir erwarten?
Hier die wichtigsten Grundregeln in Sachen Steinschlag:

- Bewege dich immer so, als seien deine Partner direkt unter dir.
- Löst du auch nur kleinere Steine aus, sofort lautest mögliche Warnung – in der jeweiligen Lokalsprache!
- Bis du derjenige unten, wenn jemand ruft „Achtung Stein!" dann gilt es richtig zu reagieren, was normalerweise bedeutet: Kopf schützen, nah an den Fels. Aber auch wegspringen kann eine Option sein ...
- Ein neuwertiger, UIAA-geprüfter Helm ist kein Schwäche- sondern ein Stärkezeichen.
- Mit Gruppen in steinschlagträchtigem Gelände diagonal (zB Moräne) an- oder absteigen, entweder ganz nah aufeinander oder mit sehr weiten Abständen.



**Abb. 26 Steinschlag am Diechterhorn/Urner Alpen.** Foto: Jürg Meyer (oben-rechts)
**Abb. 27 Übergang vom Granit zum Gneis im Arollagranit aus der Dent-Blanche Decke:** Hier ein „alter (variszischer) Alpengranit. (unten 1)
**Abb. 28 Dasselbe Gesteine ein paar Meter weiter: schon leicht „vergneist" ...** (unten 2)





dann folgt ein allmählicher Übergang über einen gneisartigen Granit hinein in einen verschonten Bereich von völlig undeformiertem Granit. In alpinen Gneisgebieten ist ein Großteil der Granite zu Gneis oder Augengneis umgewandelt und geschonte Bereiche mit undeformiertem Granit sind die Ausnahme, und umgekehrt ist in alpinen Granitgebieten der Großteil der Granite undeformiert, vergneiste und verschieferte Partien sind die Ausnahme. In diesen Granitgebieten bilden die verschieferten Partien meistens die Scharten und Couloirs, weil dort die Verwitterung am besten angreifen konnte. Du kannst als Bergsteiger also auf kurzer Strecke vom homogenen Granit über Granitgneis bis in einen verschieferten Granit und wieder zurück gelangen (Abb. 27, 28, 29).

Vor allem in den Klettergebieten des Tessins kommt dann noch eine weitere Komplikation hinzu: Die dortigen Gesteine wurden bei Temperaturen bis über 700°C umgewandelt. Dabei beginnen erste Aufschmelzungen und es entstehen Gesteine, die fast wieder wie plutonisch aussehen – so kommen viele Tessiner Granitgneise schon fast wieder wie echte Granite daher. Die Tessiner Steinbruchleute sagen sowieso zu allem, was körnig und quarzreich ist, „granito". So kletterst du halt im Tessin im „granito", auch wenn der Geologe seufzt und dir zu erklären versucht, dass das alles noch Gneis ist ...



**Abb. 29 … und noch ein paar Meter weiter: zu einem waschechten Granitgneis verformt!** Foto: Jürg Meyer (bildreihe li)
**Abb. 30 Hornblende-Garbenschiefer in den Zillertaler Alpen.** Foto: Jürg Meyer (bildreihe mi)
**Abb. 31 Das Wasenhorn beim Simplonpass ist aus verschiedenen Schiefereinheiten aufgebaut.** Foto: Jürg Meyer (bildreihe re)
**Abb. 32 Charakteristische Schieferberberge beim Grossen St. Bernhard, aus der „Zone Sion-Courmayeur".** Foto: Jürg Meyer (ug-bild)

### Schiefer – „veredelte" Sedimentgesteine

In den Zentralalpen nimmt der Metamorphosegrad vom Alpenvorland in die Alpen hinein fast kontinuierlich zu. Verfolgt man eine bestimmte Gesteinsformation wie beispielsweise einen Tonstein aus der unteren Jurazeit vom Vorland bis in die Alpen hinein, so kann man sehen, was damit mit zunehmender Metamorphosestärke passiert. Im Alpenvorland finden wir den unmetamorphen Tonstein, ein sehr weiches Gestein, das bei Wasserzugabe knetbar wird. Weiter gegen die Alpen zu wandelt sich dieser langsam in einen etwas härteren Tonschiefer um, ein feinstkörniges, schwarzgraues Gestein mit extrem ausgeprägten Schieferungsflächen – früher genutzt als Schreibtafeln (Abb 23). Noch weiter gegen die Alpen zu wird der Tonschiefer etwas „kristalliner", man beginnt einzelne Mineralien zu erkennen, und die Schieferungsflächen werden unregelmäßiger (Abb. 14). Und im Gebiet der höchsten Temperaturen und Drucke findet man einen schönen Glimmerschiefer, mit von Auge erkennbaren Mineralien wie Glimmer, Quarz, Granat, Staurolith, Disthen etc. (Abb. 22).

Fast alle Schiefergesteine, denen du in den Alpen begegnest, sind ehemalige tonreiche Ablagerungsgesteine, die durch Metamorphose „veredelt" wurden. Von ihrer ursprünglichen Charakteristik ist je nach Metamorphosegrad kaum mehr etwas oder gar nichts mehr erhalten geblieben. Weil es so viele verschiedene Arten von tonigen Ablagerungsgesteinen gibt, ist auch die Verschiedenheit unter den Schiefergesteinen so groß. Der Ostalpenbergsteiger kennt vielleicht die schönen Hornblende-Garbenschiefer und Granatschiefer der Zillertaler Alpen (Abb. 31), der Schweizer Alpinist eher die Glimmerschiefer des Tessins mit ihren blauen Disthen-Kristallen (Abb. 22).

### Gneis- und Schieferberge

Die Gestalt von Bergen aus Gneis oder Schiefer wird durch die räumliche Lage der Schieferung bestimmt. Steht die Schieferung steil bis vertikal, resultieren pyramidenförmige Berge mit zahlreichen Rinnen und Couloirs (Abb. 32). Liegt die Schieferung schräg, entstehen asymmetrische Berge mit schieferungsparallelen Hängen und Graten auf der einen Seite, wo Plattenkletterei dominiert, und steilen Flanken mit vertikalen Grataufschwüngen an der Kopfseite der Schieferung, wo athletische Kletterei zu haben ist (Abb. 18). Schwach bis mittelgradig metamorphe Schieferberge sind meist keine Kletterdorados, während in hoch metamorphen Gneisen zahlreiche fantastische Grattouren liegen – etwa die zahlreichen Klettergrate der Walliser Alpen oder viele Grate in den Stubaier und Ötztaler Bergen.

Fotos: ■