

Den Fels begreifen

Zur Geologie von Klettergesteinen

>> **Tobias Ibele**

Wer am Fels klettert, schärft seinen Blick für die Strukturen im Gestein. Wir tasten suchend über die raue Oberfläche oder langen kraftvoll nach einer Schuppe. Manchmal schmiegen wir uns eng und vorsichtig an die glatte Wand, manchmal tanzen wir beinah, in fließenden, raschen Bewegungen, über Dellen und Leisten einer Platte hinauf. Unsere Bewegungen sind immer eine Antwort auf die Strukturen im Fels. Wer klettert, begreift, dass Fels nicht gleich Fels ist. Aber was macht eigentlich den unterschiedlichen Charakter der Gesteine aus?

Wenn Geologen und Kletterer vom Gebirge sprechen, meinen sie nicht zwangsläufig dasselbe. Sowohl dem Wissenschaftler als auch dem Bergsteiger geht es aber um das Gestein. Will man verstehen, was die Strukturen einer Felswand und den Charakter eines Klettergesteins ausmacht, lohnt sich ein Blick in die Tiefe.

Die Systematik der Gesteine

Zunächst unterscheidet die Geologie das Grundgebirge und das Deckgebirge, wobei mit „Gebirge“ im bergmännischen Sinn der Gesteinskörper im Generellen und nicht die topographische Erhöhung gemeint ist. Das alte Grundgebirge wird auch als „Kristallin“ oder im Volksmund als „Urgestein“ bezeichnet und bildet den Sockel, auf dem das jüngere Deckgebirge in Form von Sedimenten abgelagert wird. Die Kristallingesteine des Grundgebirges gliedern sich wiederum in zwei Gruppen mit je zwei Untergruppen: Die Magmatischen Gesteine, welche durch Abkühlung glutflüssiger Magma entstanden sind, und die Metamorphen Gesteine, welche durch Umwandlung ihres Mineralbestandes aus anderen Gesteinen hervorgegangen sind, als diese erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen ausgesetzt waren. Die Magmatischen Gesteine gliedern sich weiter in die langsam im Erdinnern abgekühlten Plutonite – der bekannteste Vertreter davon ist der Granit – und in die im Bereich der Erdoberfläche rasch abgekühlten Vulkanite, von denen der Basalt genannt sei. Die Metamorphen Gesteine können, je nachdem, ob ihr Ausgangsgestein ein Kristallingestein oder ein Sediment war, in Gneise und Schiefer unterteilt werden.

Auch die Gesteine des Deckgebirges gliedern sich in zwei Gruppen: Die klastischen Sedimente sind Umlagerungsprodukte, die durch die rein physikalischen Prozesse von Abtragung, Transport und Ablagerung entstehen und je nach ihrer Korngröße als Tonstein (fein), Sandstein (mittel) oder Konglomerat (grob) bezeichnet werden. Bei den karbonatischen Sedimenten sind entweder zusätzlich zur Ablagerung von andernorts erodiertem Material oder ausschließlich die von fossilen Lebewesen produzierten Hartteile und chemische Ausfällungen aus (Meer-)Wasser für die Gesteinsbildung verantwortlich. Dabei entstehen – je nach Anteil des eingetragenen Materials,

der fossilen Lebewesen und der Umweltbedingungen, wie etwa dem Salzgehalt des Meeres – Kieselkalke, Riffkalke, gebankte Kalke oder Dolomite.

Die Realität ist natürlich komplexer als diese einfache, auf den Entstehungsmechanismen beruhende Systematik. In jeder der genannten Gesteinsgruppen gibt es eine Vielzahl tatsächlicher Gesteine (Tabelle 1). Bei den magmatischen Gesteinen ist der Chemismus der Schmelze, aus der sie durch Abkühlung entstehen, für die Bildung unterschiedlicher Plutonite und Vulkanite verantwortlich. Ein Granit entsteht aus einer chemisch sauren Schmelze, ein Basalt dagegen aus einer chemisch basischen Schmelze. Dringt eine granitische Schmelze an die Erdoberfläche und erstarrt rasch, so bildet sich der Vulkanit Rhyolith, erstarrt eine basaltische Schmelze langsam im Erdinneren, so bildet sich ein Gabbro. Rhyolith und Gabbro sind uns nur deshalb weniger geläufig als Granit und Basalt, weil sie aufgrund geodynamischer Prozesse weniger häufig an der Landoberfläche auftreten.

Stellen wir uns nun vor, dass ein klastisches Sedimentgestein aus unterschiedlichen Komponenten besteht, je nachdem was abgetragen, transportiert und abgelagert wurde, dass es zusammen mit unterschiedlichen karbonatischen Sedimenten aus unterschiedlich tiefen, unterschiedlich warmen Meeren mit unterschiedlichen Salzgehalten und Lebewesen ein „buntes“ Deckgebirge aufbaut und dass es – ebenso wie aus unterschiedlichen Schmelzen erkaltete Magmatische Gesteine – unter verschiedensten Kombinationen von erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur eine Umwandlung durchlaufen kann, so beginnen wir zu ahnen, wie vielgestaltig die tatsächliche Gesteinswelt ist.

Was ein Gestein aufbaut

Ein Gestein wird aus Mineralien zusammengesetzt, die ihrerseits anorganisch chemische Elementverbindungen sind. So besteht ein Granit aus den Mineralen Feldspat, Quarz und Glimmer, und der Feldspat zum Beispiel ist ein Silikat, das die Elemente Silizium und Aluminium sowie Kalium, Kalzium oder Natrium enthält. Bei klastischen Sedimenten, die aus Fragmenten anderswo abgetragener Gesteine bestehen, handelt es sich bei

„The Gift“ an den Klippen von Reiff, Schottland: In diesem Sandstein bilden Schichtfugen (etwa horizontal) und Klüfte (etwa vertikal) größere Strukturen. Reihen feiner Löcher (im zweitobersten Schichtpaket) entstanden durch Auswaschungen feinen Materials. Das „Absanden“ der Oberflächen schafft runde Kanten.

@ alle Fotos R. Gantzhorn

Im Granit der Schweizer Führe am Grand Capucin (Montblanc-Gebiet) bilden vertikale Klüfte Risse und Schuppen, es fehlt aber eine Schichtung für weitere größere Strukturen in anderer Richtung. Leisten und Bänder gibt es damit nur auf der Oberseite von Schuppen.

den Komponenten in Sand- und Tonsteinen in der Regel um Mineralkörner und bei Konglomeraten um Gesteinsfragmente, die ja ihrerseits schon aus Mineralen bestehen. Bei karbonatischen Sedimenten spielt das Mineral Kalzit, dass eine Verbindung von Kalzium und CO₂ darstellt, eine wichtige Rolle. Kalzit kann unter Oberflächenbedingungen aus dem Meerwasser ausfallen und wurde von vielen fossilen Lebewesen zum Aufbau von Schalen und Hartteilen verwendet. Kalke sind häufig reine, monomineralische Kalzit-Gesteine. Die Minerale der Metamorphen Gesteine wurden gebildet, als erhöhte Druck- und Temperaturbedingungen im Ausgangsgestein zu Mineralreaktionen führten, an deren Ende neue Minerale und ein neues Gestein stehen.

Was Strukturen einer Felswand bildet

Die Oberflächengestalt einer Felswand beruht meist auf gesteinsinternen Strukturen wie Schichtung, Klüften sowie der Form und räumlichen Anordnung der Minerale oder abgelagerten Fragmente. Die Anordnung der Minerale oder abgelagerten Fragmente und die Schichtung werden bei der Bildung des Gesteins angelegt. Erstarrt ein Gestein aus flüssigem Magma, so verteilen sich die Minerale gleichmäßig und sind im Raum richtungslos orientiert. Ihre so entstehende regellose Anordnung hat keinen bestimmenden Einfluss auf die Oberflächenstruktur einer Felswand. Lediglich die Abkühlgeschwindigkeit macht einen

Unterschied. Je rascher die Abkühlung, desto kleiner die Minerale. Ein Basalt ist deshalb feinkörnig und seine Oberfläche glatt, während sich in einem langsam erstarrenden Granit große Mineralkörner ausbilden, die zu einer rauen Oberfläche führen. Im Gegensatz zu Magmatischen Gesteinen weisen Metamorphe Gesteine eine Vorzugsorientierung auf. Die unter erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen sich bildenden Minerale richten sich nach dem Druckfeld aus. Ein längliches oder plattiges Mineral wächst in diejenige Richtung, aus der ihm kein Druck entgegenkommt. Kommt der Druck senkrecht von oben, wächst es in die Horizontale, kommt er schräg von einer Seite, wächst es in der Ebene senkrecht zu dieser Druckrichtung. Mit diesem Einregeln der Minerale in eine oder mehrere Richtungen entstehen Vorzugsorientierungen, die sich bei Schiefern und Gneisen in der Oberflächenstruktur auswirken. Auch bei der Ablagerung in Sedimenten werden sich plattige Minerale und Fragmente „hinlegen“ und zu einer Vorzugsorientierung führen.

Die häufigste, aus der Ablagerungszeit mitgebrachte Struktur der Sedimente ist aber die Schichtung. Sie entsteht durch episodische Wechsel in den Umweltbedingungen während der Ablagerung. Ein kurzer Unterbruch der Sedimentation oder ein vorübergehender Eintrag von Schwebstoffen nach einem Unwetter über angrenzendem Land können zu Schichtfugen zwi-

Tabelle 1: Zugehörigkeit der Gesteine (ganz rechte Spalte) zu Gruppen und Untergruppen gemäß ihren Entstehungsprozessen.

Gruppe		Untergruppen		Entstehung	Entstehungsprozesse			Gestein	
Deckgebirge	Sedimentgesteine	Klastische Sedimente		Verfestigung durch Zementation	Aus Ton verfestigt			Tonstein	
					Aus Sand verfestigt			Sandstein	
					Aus Kies und Steinen verfestigt			Konglomerat	
		Karbonatische Sedimente		Ablagerung	Ausfällung von Kalzit aus dem Meerwasser	Zusätzlich Quarz durch Eintrag oder von Organismen			Kieselkalk
						Schlamm am Grund verfestigt durch Ausfällen von Kalzit aus Meerwasser	Offenes Meer, gemäßigtes Klima		Gebankter Kalk
							Warmes, eher trockenes Klima		Dolomit
			Korallenriff						Riffkalk
Grundgebirge	Kristallingesteine „Urgesteine“	Metamorphe Gesteine		Umwandlung	Überwiegend aus Sedimentgesteinen			Schiefer	
					Überwiegend aus Kristallingesteinen			Gneis	
		Magmatische Gesteine	Plutonite	Abkühlung	Langsame Abkühlung im Erdinnern	Aus chemisch basischer Schmelze		Gabbro	
			Aus chemisch saurer Schmelze			Granit			
			Vulkanite		Schnelle Abkühlung an der Erdoberfläche	Aus chemisch saurer Schmelze		Rhyolith	
						Aus chemisch basischer Schmelze		Basalt	





Kalk (und auch Dolomit) ist meist fester, je steiler er ist. Wo der Fels regelmäßig mit Wasser in Kontakt ist, wird er häufig grau und bildet durch Lösungserscheinungen eine raue, fest versiegelte Oberfläche. Wo er dagegen gelb ist, bricht er häufig kleinsplittrig ab. „Große Mauer“, Heiligkreuzkofel, und rechts die Wasserrillen-Platten der Neunerspitze (Dolomiten).

schen einzelnen Bänken eines im Meer abgelagerten Kalksteins führen.

Klüfte können sich zu jedem Zeitpunkt im Gestein bilden, wo sie als spröde, bruchhafte Reaktion auf einwirkende Kräfte entstehen. Stauchende und dehnende Spannungen können großräumig auf plattentektonischen Bewegungen der Erdkruste beruhen oder kleinräumig durch Überlast, Entlastung oder Abkühlung im Gestein ausgelöst sein. Diesem Zerbrechen durch Krafteinwirkung sind alle Gesteine ausgesetzt, lediglich die Auswirkung kann unterschiedlich sein. Ein geschichtetes Gestein bildet kleinere Klüfte, die von Schichtfuge zu Schichtfuge reichen. Ein homogenes Gestein, wie beispielsweise ein Granit, bildet tendenziell wenige, dafür große und lange Klüfte. Eine Kluft, entlang derer sich die Gesteine beider Seiten relativ zueinander bewegt haben, ist eine Störung. Störungen sind in der Regel länger als Klüfte.

Endgültiger „Gestalter“ der Felsoberfläche ist schließlich die Erosion. Sie scheidet Weicheres von Härterem und macht aus Schichtfugen und Klüften Leisten, Risse oder Schuppen, aus Schicht- und Störungsflächen Platten, Verschneidungen, Rippen oder Grate. Je nach Größe von Mineralen oder eingeschlossenen Fragmenten hinterlässt sie rauere oder glattere Oberflächen und kann durch Lösung Wasserrillen oder Löcher schaffen.

Was Brüchigkeit ausmacht

Wie brüchig ein Gestein ist, hängt in der Regel vom Zusammenhalt entlang der Klüfte und Schichtflächen ab. Diese bilden ein Netzwerk aus

Fugen, die den Fels in einzelne Gesteinsteile trennen, welche nur noch lose aneinander liegen. Ein eng geklüftetes oder stark geschiefertes Gestein ist dabei oft weniger fest als ein Gestein, dessen Klüfte, wie beim Granit, weit auseinander liegen. Klüftung bedeutet aber nicht automatisch Brüchigkeit. Sind Klüfte nur wenig offen oder durch Mineralausfällungen verheilt, dann ist auch das Gestein in der Regel fest. Andererseits nagt die Erosion beständig an den Felsen, sodass sich Gesteinsstücke zwischen Klüften auch mit der Zeit lösen können. Daher sind selbst in Routen mit festem Fels bei wenigen Begehungen, z. B. nach dem Winter, manche Griffe und Tritte lose, die im Jahr davor noch fest waren. Nur eine viel begangene Route ist in dieser Hinsicht „ausgeputzt“.

Die wichtigsten Klettergesteine

Nach den geologischen Grundlagen soll nun ein Blick auf die wichtigsten Klettergesteine geworfen werden. Die Reihenfolge der Betrachtung bringt zwar die geologische Systematik durcheinander, ist aber bewusst gewählt. Indem der facettenreiche Kalk an den Anfang, der Sandstein in die Nähe des Granits und der von Kletterern oft verkannte Gneis an den Schluss gestellt wird, sollen Ähnlichkeiten im Klettercharakter angedeutet werden.

Der Schwierigste: Kalk ist an sich ein eher weiches Gestein, das seine oft guten Klettereigenschaften dem Hauptbestandteil Kalzit verdankt. Einerseits führt die Weichheit dazu, dass Kalk auf tektonische Beanspruchung weniger spröde reagiert und so weniger Klüfte ausbildet. Anderer-

seits kann sich das Mineral Kalzit unter Oberflächenbedingungen sowohl lösen als auch durch Ausfällung neu bilden. Die leichte Löslichkeit führt zu kalktypischen Oberflächenformen, wie z. B. Wasserrillen und Sanduhren. Ausfällung kann zu den ebenfalls klettertauglichen Strukturen wulstiger Sinteroberflächen führen, aber auch Klüfte wieder verheilen, die sich durch die tektonische Beanspruchung gebildet haben. Je mehr eine Route im Kalk auf Strukturen verläuft, die durch Lösung und Ausfällung gebildet wurden, also etwa Rauigkeiten von Wasserrillen oder Sinteroberflächen nutzt, desto besser ist meist ihre Felsqualität. Oft bestätigt sich die Faustregel „Je schwieriger, desto fester“, und tatsächlich befinden sich die meisten der derzeit schwierigsten Kletterrouten im Kalk (Tabelle 2).

Der „reinste“ Kalk und zugleich beste Kletterkalk ist der überwiegend aus Korallen aufgebaute Riffkalk. Er hat meist keine Schichtung und wenig Klüfte, ist kompakt und fest. Seine Ausdehnung ist allerdings auf die Größe des Riffes beschränkt, aus dem er entstand, und so im heutigen Gebirge oft räumlich begrenzt.

Im Gegensatz zum Riffkalk sind gebankter Kalk und Dolomit meistens in ausgedehnteren Meeren abgelagert worden und können große Massive aufbauen. Neben den durch Lösung entstandenen Formen bieten Schichtung und Klüfte eine Vielzahl von Strukturen wie Leisten, Simse, Bänder, Risse und Kamine, aber auch Zonen mit brüchigem oder kleinsplittrigem Fels. Typisch sind durchaus lange, alpine, oft nicht extrem schwere

Routen, die aber teilweise ausgesetzt, steil und nicht immer fest sind. So zum Beispiel einige Klassiker in den Dolomiten.

Unreine Kalke wie Kieselkalke und Sandkalke sind durch Anteile an Quarz gekennzeichnet, der entweder durch Organismen, die ihre Skeletteile aus Kieselsäure bauen, oder durch Sandeintrag von einem nahen Land in den Ablagerungsraum und so in das Gestein gelangt. Dabei entstehen zwar sehr harte Gesteine, die aber oft brüchig sind, da sie auf tektonische Beanspruchung spröde und mit starker Zerklüftung reagieren. In Ausnahmefällen können hier zwar kleinsplittrige, insgesamt jedoch feste Felsoberflächen entstehen, die, wie am Südpfeiler der Roggspitze in den Lechtaler Alpen, schöne Kletterrouten tragen.

Der Großzügigste: Granit ist ein hartes und sehr homogenes Gestein, dass intern ein regellooses Gefüge und keine Schichtung aufweist. Klettereien im Granit bewegen sich oft fast ausschließlich an Rissen und Schuppen, die als Klüfte entstanden und im Gegensatz zu denjenigen anderer Gesteine meist sehr lang, weit und in großem Abstand zueinander sind. Zwischen diesen Rissen kann der Kletterer im Granit nur von der rauen Oberfläche profitieren, die ihren Grund in den relativ großen und fest miteinander verbundenen Mineralkörnern hat. Der oft große Abstand ausgeprägter Strukturen kann im Granit bisweilen zu einer gewissen Kompromisslosigkeit führen: Ist der nächste Riss nicht erreichbar, bleibt als Alternative nur die klettertechnisch sehr viel schwierigere, raue Oberfläche der Wand.

Der Gabbro ist der dunkle, an der Landoberfläche seltenere und dem Kletterer weniger geläufige Bruder des Granits. Pinnacle Ridge in den Cuillin Hills der schottischen Insel Skye. Ein enges Netzwerk aus Schichtfugen und Klüften schafft im Dolomit oft kleinsplittrigen Fels. Er bietet viele Varianten an Tritten und Griffen, von denen aber nicht alle immer fest sind, wie (links) an der „Gelben Kante“, Kleine Zinne (Dolomiten).



Die Homogenität im Kleinen gilt beim Granit auch im Großen. Ganze Berge und Gebirgsgruppen werden aus meist einheitlich gutem Gestein aufgebaut. Deshalb befinden sich die weltweit großzügigsten Klettereien im Granit, wie etwa an den Trangotürmen (Karakorum), in Patagonien, im Yosemite oder, auf die Alpen herabgebrochen, im Bergell oder Montblanc-Gebiet.

Die Gewöhnungsbedürftigen: Sandstein besteht im Prinzip aus verfestigtem Sand und ist meist sehr homogen. Neben Schichtfugen bilden aus Klüften entstandene Risse und Auswaschungen weicheren Materials durch Erosion die meisten Strukturen. Ist die Bindung zwischen den Sandkörnern gut, kann auch die Rauigkeit der Oberfläche zum Klettern genutzt werden. Nur sehr gut verfestigte Sandsteine eignen sich zum Klettern. Durch ihre Homogenität können harte Sandsteine im Klettercharakter dem Granit ähneln. Zwischen klaren Strukturen aus Rissen oder Auswaschungen ist der Fels kompromisslos einheitlich und lediglich mehr oder weniger rau. Bei den Oberflächen wird man im Sandstein immer damit konfrontiert sein, zwischen haltender Rauigkeit und rutschendem „Absanden“ abwägen zu müssen: ein gewohnheitsbedürftiges Klettergefühl. Auch gesteinsbedingte Kletterregeln in einzelnen Gebieten wie z. B. im Elbsandsteingebirge spiegeln letztlich das Spezielle dieses Klettersubstrats wider.

Konglomerat besteht aus zu Stein verfestigtem Kies und Geröll. Im Gegensatz zum Sandstein sind es aber vor allem die zusammen „zementierten“, meist runden herausstehenden Geröllsteine zwischen den aus Klüften entstandenen Rissen, an denen geklettert wird. Die Vielzahl der Gerölle und der Löcher, die sie zurücklassen, wo sie herausgebrochen sind, bietet meist eine hohe Variabilität an möglichen Griff- und Trittabfolgen. Ähnlich gewöhnungsbedürftig wie das „Absanden“ im Sandstein ist hier das Vertrauen in das Festsitzen der „eingebackenen“ Gerölle. Wer es ausprobieren möchte, kann dies beispielsweise in den Klettergärten Herrgottschrofen bei Garmisch oder am Känzele bei Bregenz tun; wer dazu einen Gipfel möchte, besteigt die Siplinger Nadel im Allgäu.

Der Freundliche: Gneis ist ein Metamorphes Gestein, dessen Oberflächenstruktur neben Klüften durch die Vorzugsorientierung und Einrege-

lung seiner Minerale geprägt wird. Herausstehende, oft geschwungene Bänder und Ansammlungen harter Minerale wie Quarz bilden Rauigkeiten bis Tritt- und Griffgröße, während in anderen Bereichen die Ansammlungen weicherer und leichter löslicher Minerale Mulden oder gar Löcher formen können. Zu Ebenen eingeregelter Mineralansammlungen führen auch häufig zur Bildung von Platten. Da Gneise oft alte Gesteine sind, die in mehreren Phasen mit erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen mehrere Vorzugsorientierungen entwickelt haben, finden sich in den Wänden oft auch mehrere Orientierungen von Platten, die zusammen große Verschneidungen formen. Gneis wirkt auf den ersten Blick manchmal abweisend, plattig und dunkel, erweist sich aber beim Klettern aufgrund seiner Vielzahl an unterschiedlichen und weit verteilten Strukturen als variabel, kompromissreich und verspielt. Überdies bietet er festen Fels oft auch schon in den unteren Schwierigkeitsgraden und bei mäßiger Steilheit.

Gneis ist zwar weit verbreitet, aber dennoch das am wenigsten bekannte Klettergestein. Als „Urgestein“ wird er hin und wieder mit dem Granit in einen Topf geworfen, obwohl ihn von diesem sowohl geologisch als auch klettertechnisch einiges unterscheidet. Gneis hat wenig Spektakuläres zu bieten. Die Klettergärten sind in den Mittelgebirgen, zum Beispiel im Hochschwarzwald, häufig unscheinbar zwischen Bäumen versteckt oder, wie in den Tessiner Tallagen, zu Recht die Spielwiese der Genießer, und nicht der Extremen. Im Hochgebirge sind Gneise dagegen, ähnlich wie die gebankten Kalke und Dolomite, meist das Substrat hoher Berge und „nur“ mäßig schwieriger, aber alpin anspruchsvollere Routen.

Route/Schwierigkeit	Gebiet	Gestein	Erstbegeher
La Dura Dura/9b+	Oliana/E	Kalk	A. Ondra
The Change/9b+	Flatanger/N	Gneis	A. Ondra
Geocache/9a+	Frankenjura/D	Kalk	A. Megos
Stoking the Fire/9b	Santa Linya/E	Kalk	C. Sharma
C.R.S./9b	Mollans/F	Kalk	A. Ondra
Vasil Vasil/9b+	Moravský kras/CZE	Kalk	A. Ondra
First Round First Minute/9b	Margalef/E	Konglomerat	C. Sharma
Overshadow/9a+	Malham/GB	Kalk	S. McClure
Open Air/9a+	Schleierwasserfall/A	Kalk	A. Huber
El Bon Combat/9b+	Cova de Ocell/E	Kalk/Konglomerat	C. Sharma
Jumbo Love/9b	Clark Mountain/USA	Kalk?	C. Sharma

Quelle: <https://de.wikipedia.org>, <http://climbingaway.fr>, <http://www.kletterdorf.de>, <https://www.frankenjura.com/klettern/>, jeweils abgerufen am 24.04.2017

Gebankter Kalk und Dolomit können große Massive aufbauen. Dort befinden sich oft klassische alpine Routen in steilem und nicht immer festem Fels, wie hier an den Vajolettürmen in den Dolomiten.

Tabelle 2: Auswahl der aktuell schwierigsten Kletterrouten. Neun von elf der ausgewählten Routen befinden sich im Kalk.