



Christian Gnägi / Toni P. Labhart

# Geologie der Schweiz



9., vollständig überarbeitete Auflage



# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	7
<b>1 Grundwissen kompakt – Geologie der Schweiz im Überblick</b>	
Zum Gebrauch dieses Buches	10
1.1 Die Schweiz im geologischen Gesamtbild Europas	11
1.2 Die Grosslandschaften – Mittelland, Jura und Alpen	14
1.3 Die geologische Erforschung der Schweiz	17
1.4 Der aktuelle Kenntnisstand	20
1.5 Der Kreislauf der Gesteine	23
1.6 Entstehung des Landschaftsreliefs	28
<b>2 Mittelland</b>	
2.1 Grundgebirge bis Mesozoikum – der unsichtbare Untergrund	43
2.2 Molassebecken – was von den Alpen übrig geblieben ist	43
2.3 Deformation: Falten, Brüche und Schuppenbildung	49
2.4 Das <i>Quartär</i> – der letzte Schliff	51
<b>3 Jura</b>	
3.1 Kristallines Grundgebirge und Oberrhein-Graben – der geheimnisvolle Untergrund	56
3.2 Der Ablagerungsraum vom <i>Karbon</i> bis zum <i>Quartär</i> – Saurier, Krokodile und Eiskappen	58
3.3 Deformation: Falten, Brüche und Überschiebungen	61
<b>4 Alpen</b>	
4.1 Der Aufbau der Alpen	69
4.2 Helvetikum – Höhlensysteme mit Anschluss ans Mittelmeer	73
4.3 Zentralmassive – so unverrückbar sind sie nicht	86
4.4 Penninikum – der Farbtupfer der Alpengesteine	93
4.5 Ostalpin – ein Gruss vom Südufer des Ozeans	112
4.6 Südalpin – Saurier, tiefe Seen und rote Pflastersteine	117
<b>5 Geologische Entwicklung der Schweiz –     eine chronologische Zusammenfassung</b>	
5.1 Vom kristallinen Grundgebirge bis zum <i>Perm</i>	130
5.2 <i>Trias</i> bis <i>Mittlere Kreide</i> : Zerbruch Pangäas und Öffnung von Ozeanen	131
5.3 <i>Kreide</i> bis <i>Neogen</i> : Vom Ozean zum Hochgebirge	134
5.4 <i>Quartär</i> bis heute: Kalt- und Warmzeiten	137
5.5 Altersbestimmung	138
<b>6 Vertiefung</b>	
6.1 Plattentektonik	142
6.2 Eiszeiten – die Vergletscherung der Schweiz im <i>Quartär</i>	148
6.3 Und sie bewegt sich immer noch – Neotektonik, Bergstürze und Erdbeben	158
6.4 Karst und Höhlen	164
6.5 Metamorphose und metamorphe Gesteine	171
6.6 Strahler, Kristalle, Bodenschätze und Meteoriten	174

## **7 Anhang**

Weiterführende Literatur	186
Glossar – einige wichtige Fachausdrücke	188
Stichwortverzeichnis	196

# Vorwort

Wie sind die Riesenbergkristalle vom Plangensteinstock entstanden? Warum findet man auf der Scesaplana auf 3000 m ü.M. versteinerte Meerestiere? Woher kommen die farbenprächtigen Kiesel in der Emme? Sicher haben Sie auch schon unterwegs über skurrile Felsen, verbogene Gesteinsschichten oder auffällige Steine gestaunt. Da möchte man doch wissen, wie diese Felsform entstanden ist, wie jene Versteinerung heisst, wie alt die Berge sind – und vieles mehr. Bei solch alltäglichen Beobachtungen setzt dieses Buch an: Hintergründe erleuchten, Verständnis vermitteln und «Gwunder» wecken nach mehr. Es möchte helfen, die in der Landschaft verborgenen Geschichten über ihr Werden und Vergehen zu entdecken – und dabei die Sprache der Geologie nahebringen. Naturbegeisterten und Lernenden, die sich mit der Materie befassen (müssen), wird hiermit ein knapp gehaltenes und gut illustriertes Werk zum Einstieg angeboten. Wir haben uns auf die Darstellung der grossen, wesentlichen Zusammenhänge beschränkt. Angaben zu weiterführender Literatur finden sich im Anhang.

Mit dieser Auflage erhält das Buch eine neue Struktur, und die Inhalte wurden aktualisiert. Einige Kapitel sind gänzlich überarbeitet, da die Forschung immer tiefer vordringt. Nachdem Toni Labhart über bald dreissig Jahre das Buch «Geologie der Schweiz» geprägt und immer erweitert hat, übergibt er bei dieser Ausgabe den Stab an Christian Gnägi.

Vielen Kolleginnen und Kollegen sind wir zu grossem Dank verpflichtet: für Anregun-

## ► Abb. 1.1

### Calcit

Kleinode am Wegrand – Calcitkristalle begegnen uns in einer grossen Vielfalt an Formen. Sie erreichen nur selten die Grösse der bekannten Bergkristalle (Quarz), sind aber viel häufiger zu finden und auch schön.

gen, das Überlassen von Illustrationen und Fotos oder auch einfach für die wohlwollende Ermutigung bei dem nicht einfachen Unterfangen, ein kurzes, leicht verständliches und zeitgemässes Buch über die Geologie der Schweiz zu verfassen.

Der Kontakt mit den Lesenden ist uns wichtig. Schreiben Sie uns, wenn Sie Bemerkungen oder Änderungsvorschläge haben. Kontaktadresse:

Christian Gnägi, Länggasse 7  
CH-3360 Herzogenbuchsee  
E-Mail: christian.gnaegi@gmx.ch



# 1

## Grundwissen kompakt – Geologie der Schweiz im Überblick

## Zum Gebrauch dieses Buches

Dieses Buch ist nicht chronologisch nach der Entstehung der geologischen Baueinheiten gegliedert, denn das Alter sieht man einem Berg oder Tal nicht an. Wir orientieren uns im Folgenden an dem, was alle sehen können, wenn sie mit offenen Augen durch die Landschaft streifen, an den Phänomenen und den Besonderheiten, die unser Interesse wecken. Schroffe Felsen, Karrenfelder, Höhlen, farbige Gesteine, Versteinerungen und Kristalle fallen auf, wollen erklärt und verstanden werden. Die Struktur dieses Buches geht deshalb zuerst einmal von den drei auffälligen Grosslandschaften der Schweiz aus: Das flache bis hügelige Mittelland liegt zwischen den zwei Gebirgen des Juras und der Alpen (► **Kap. 2–4**). Vorausgehend wird in Kapitel 1 geologisches Fachwissen zusammengefasst, das zum Grundverständnis nötig ist. Die Entstehungsgeschichte wird in Kapitel 5 als Gesamtschau präsentiert. In Kapitel 6 folgen dann vertiefende und erweiternde Abschnitte zu übergreifenden Themen, für diejenigen, die noch mehr wissen wollen.

Auch wenn die Struktur dieses Buches also vom Räumlichen und seinen geologischen Besonderheiten ausgeht, wird doch immer wieder von bestimmten Zeitabschnitten (z. B. *Perm* oder *Mesozoikum*) und ihrem Alter die Rede sein. Als Hilfe hierzu dient die Übersichtstabelle im hinteren Einband. Zeitliche Begriffe sind zur besseren Erkennung *kursiv* gesetzt. Etwas gewöhnungsbedürftig ist dabei, dass in der Geologie oft Zeiteinheiten und die während dieser Zeit entstandenen Gesteinseinheiten den gleichen Namen tragen. «Kreide» meint also einerseits einen Zeitabschnitt im *Späten Mesozoikum*, andererseits Ablagerungen

dieser Zeit, oder «Jura» den mittleren Abschnitt des *Mesozoikums*, aber gleichzeitig auch das Juragebirge.

Wir haben uns um eine möglichst verständliche Sprache bemüht. Allerdings gehören zum Eintauchen in ein Fachgebiet gewisse Fachausdrücke dazu, nicht zuletzt, um auch den Bezug zur übrigen Literatur herzustellen. Diese Fachbegriffe sind meist beim erstmaligen Gebrauch im Text erklärt oder Erklärungen in Klammern angefügt. Die in Kapitel 1 eingeführten Fachbegriffe werden später vorausgesetzt. Viele Begriffe werden zudem im Glossar am Schluss des Buches erklärt. Die Karte im vorderen Einband enthält die wichtigsten Namen der geologischen Einheiten der Schweiz. Sie werden im Glossar nicht nochmals aufgeführt. Im hinteren Einband sind drei Querprofile durch die Schweiz abgebildet. Diese beiden Karten sollen helfen, eine dreidimensionale Vorstellung der Schweiz aufzubauen.

Im Laufe der Zeit wurden durch die vielen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen Namen für Gesteinseinheiten geprägt, die zwar heute noch gebräuchlich, aber veraltet oder nicht offiziell akzeptiert sind, weil sie nicht den aktuellen Nomenklatur-Regeln entsprechen. Da sie aber in der älteren Literatur vorkommen, ist es hilfreich, wenn man sie kennt (z. B. «Würm» für die letzte Kaltzeit). Wir weisen teilweise in Klammern auf solche Namen hin, oder setzen sie in doppelte Anführungszeichen. Auch in der neueren geologischen Fachliteratur sind solche Begriffe in Anführungszeichen gesetzt. Ebenfalls in Anführungszeichen sind übertragene Begriffe.

## ► Abb. 1.2

**Die schweizerischen Grosslandschaften als Teil Mitteleuropas**

Der Alpenbogen (3) erstreckt sich über 1000 km und acht Staaten. Der schweizerische Anteil besteht aus den Zentralalpen (im Unterschied zu den West- und Ostalpen). Der grössere Teil des Juras (1) und seine höchste Erhebung liegen in Frankreich. Das Mittelland (2) reicht von Frankreich bis weit nach Süddeutschland und Österreich. Die rote Linie zeigt die ungefähre Plattengrenze zwischen der Europäischen und der Adriatischen Platte. In den Alpen heisst diese Grenze Periadriatisches Lineament und der schweizerische Abschnitt Insubrische Linie. In der Vergrößerung des Satellitenbilds (die blaue Linie markiert die Schweizer Landesgrenze im Südtessin) wird deutlich, dass diese unterirdische Plattengrenze die Entstehung ganzer Talfolgen bestimmte ► Kap. 4.6).

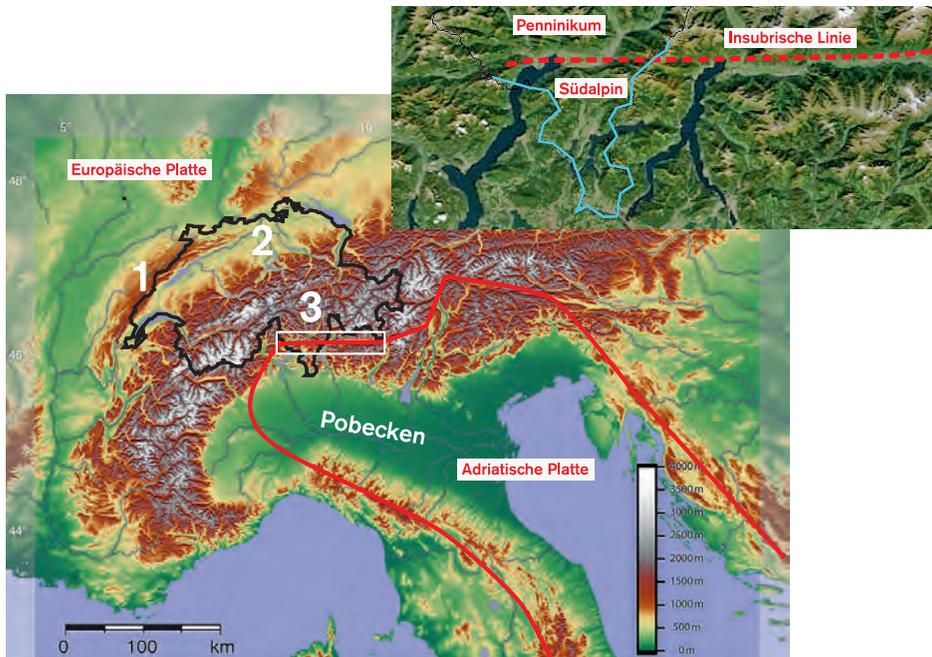
© [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alpenrelief\\_01.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alpenrelief_01.jpg)

## 1.1

**Die Schweiz im geologischen Gesamtbild Europas**

Die Staatsgrenzen der Schweiz beruhen nicht auf geologischen, sondern auf geschichtlichen Gegebenheiten. Geologisch gesehen, ist die Schweiz ein Ausschnitt aus viel grösseren Einheiten. Für viele ist es

Teil des schweizerischen Identitätsbewusstseins, dass Jura, Alpen und Mittelland «uns» gehören. Doch sie erstrecken sich weit über die Schweizer Grenzen hinaus und sind Teilgebiete Mitteleuropas (► Abb. 1.2). Es ist daher für das Verständnis der Geologie der Schweiz wichtig, aus einem grösseren Blickwinkel auf die Schweizer Besonderheiten zu zoomen.

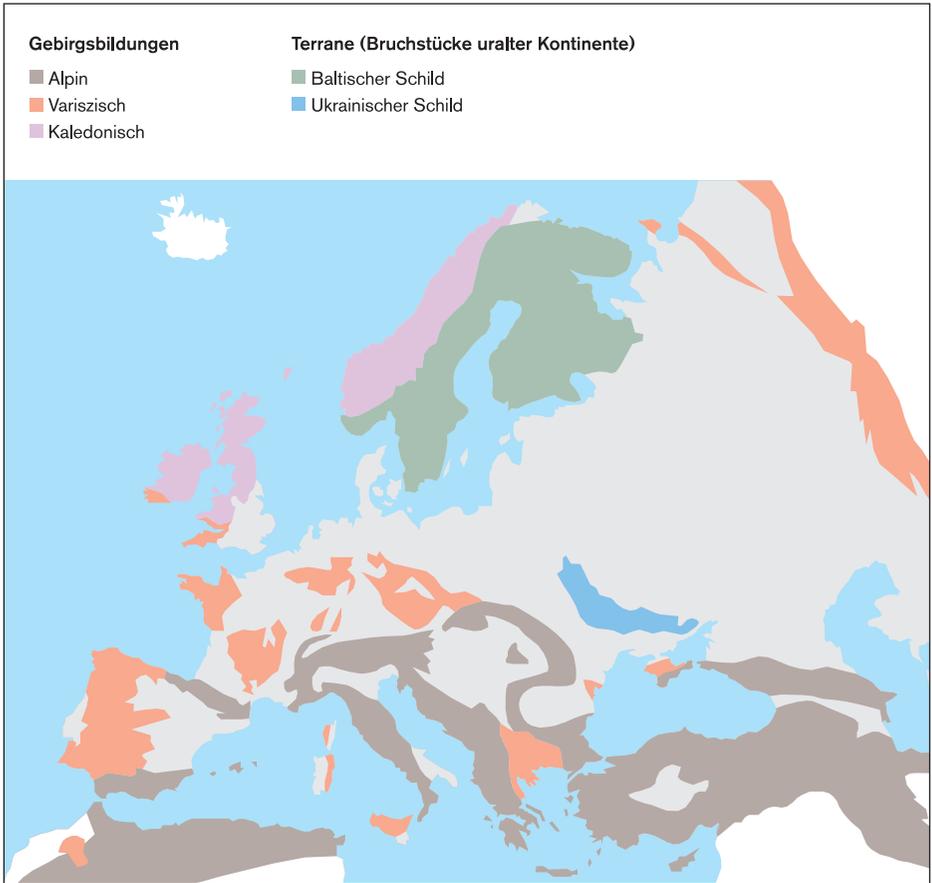


► **Abb. 1.3**  
**Die Bauelemente Europas**

*geändert nach O. Adrian Pfiffner (2009): Geologie der Alpen. Haupt, Bern*

Der euroasiatische Kontinent, auf dem die Schweiz liegt, hat schon eine lange Geschichte. In den Gesteinen der Schweizer Alpen wurden Mineralkörner gefunden, deren Alter auf über 3 Mrd. Jahre datiert wurde. Der heutige Zeitpunkt zeigt nur eine Momentaufnahme. Der Kontinent besteht aus einem Mosaik verschieden alter Erdteile (= Platten), die aneinanderstossen und so «zusammengeschweisst» wurden (► **Kap**

**1.5** und ►**6.1**). Dadurch änderten sich Form und Grösse unseres Kontinents immer wieder. Mindestens zweimal war er Teil eines «Superkontinents», in dem alle Landblöcke zusammengeschlossen waren, der aber wieder auseinanderbrach. Der Baltische Schild ist das älteste Teilstück Europas (► **Abb. 1.3**). Er enthält bis zu 3,5 Mrd. Jahre alte Gesteine.



Riesige Areale davon liegen aber nicht an der Oberfläche, sondern unter jüngeren Ablagerungen. Wenn wir zu den Alpen aufschauen, so erscheinen sie wie für die Ewigkeit geschaffen. Es ist schwer vorstellbar, dass da vorher schon mehrere andere Gebirge standen, die alle wieder abgetragen (eingeebnet) wurden. In seiner «jüngeren» Vergangenheit ist Europa etwa alle 100 bis 200 Mio. Jahre wieder mit einer anderen Platte zusammengestossen und erlebte dadurch eine neue Gebirgsbildung (vereinfacht kann man sich dies vorstellen wie die Knautschzone, wenn zwei Autos frontal zusammenstossen).

Die drei jüngsten Gebirgsbildungen sind:

- Die kaledonische (*Ordovizium* bis *Silur*): Sie prägte die Gebirge Nordwesteuropas (Norwegen, Schottland, Irland), erfasste aber auch andere Regionen und kann ebenfalls im Grundgebirgssockel der Schweiz nachgewiesen werden.
- Die variszische (*Karbon* und *Frühes Perm*): Es entstanden u. a. Ural, Ardenen, Rheinisches Schiefergebirge, Harz, Erzgebirge, Fichtelgebirge, Odenwald, Spessart, Vogesen, Schwarzwald, Böhmisches Masse, Massif central sowie Teile Spaniens und Portugals, Sardiniens und Korsikas. An vielen Orten stieg Magma (= flüssiges Gestein aus dem Erdinnern) auf, das zu ausgedehnten Gesteinskörpern aus Granit erstarrte oder in Vulkanen ausbrach. Diese Granite bilden den Kern der Zentralmassive in den Schweizer Alpen (► **Kap. 4.3**) und sind auch in den penninischen Decken (► **Kap. 4.4**) vorhanden. Fast alle Granite der Schweiz entstanden in dieser Phase. Im Südalpin und Penninikum liegen grösstenteils vulkanische Gesteinseinheiten aus dieser Zeit (*Perm*).
- Die alpine (Ende *Kreide* bis heute): Sie umfasste nicht nur die Alpen, wie man denken könnte, sondern auch die Karpaten, den Apennin, die Dinariden, die Pyrenäen und den Atlas. Als noch wenig abgetragene Ketten entsprechen sie in Form und Höhenlage am besten unserer Vorstellung von Gebirgen. Teilweise umschliessen sie Beckenlandschaften, die mit Abtragungsschutt gefüllt sind, oder werden durch solche begrenzt (z. B. das nordalpine Mittelland und die Poebene).

Grundlegend für den geologischen Aufbau der Schweiz – und damit für das Verständnis der Geologie der Schweiz – ist, dass nach der variszischen Gebirgsbildung bis zur *Trias* der grosse Superkontinent Pangäa bestand, in dem die heutigen Kontinente alle vereinigt waren. Seine Gesteine waren aus Resten früherer Gebirgsbildungen, sogenanntem Altkristallin, aufgebaut. Denn bei jeder neuen Gebirgsbildung wurden Reste älterer Gebirge und ihr Abtragungsschutt wieder eingefaltet. Altkristallin ist somit keine einheitliche Bildung, sondern für die Alpen ein Sammelbegriff, der alle metamorphen Gesteine (zur Metamorphose siehe ► **Kap. 6.5**) mit einem Altersspektrum bis und mit der variszischen Gebirgsbildung umfasst. Die Entzifferung ihrer Geschichte ist spannend wie ein Krimi. Während der variszischen Gebirgsbildung stieg an vielen Orten Magma ins Altkristallin auf, das zum Teil in Vulkanen ausbrach. Damals war hier Festland, und die Gebirge unterlagen starker Abtragung. Die daraus entstandenen Sedimente des *Karbons* und *Perms* bestehen denn auch aus erodiertem Altkristallin und Vulkaniten (sowie untergeordnet Kohlelagen, daher der Name «Karbon»). Wenn sich die Erdkruste durch Bewegun-

gen im Erdinneren dehnt, sinkt der ausgedünnte Teil ein. Es entsteht ein Graben, wie z. B. der Oberrhein-Graben zwischen Schwarzwald und Vogesen (► **Kap. 3.1**). In solchen eingesenkten Mulden (Permkarbon-Tröge, ► **Kap. 5.1**) sind die Sedimente des *Perms* und *Karbons* erhalten geblieben. Dieser alte kontinentale Sockel ist als Grundgebirge unter der ganzen Schweiz zu finden. Zugleich bildet er den kristallinen Anteil vieler Decken in den Alpen. Das Grundgebirge beinhaltet also drei Elemente:

- Altkristallin: metamorphes Kristallin von abgetragenen Gebirgen,
- Erstarrungsgesteine (= Magmatite) aus der variszischen Gebirgsbildung,
- Sedimente des *Perms* und *Karbons*.

### Der Gasternt-Granit – Gruss aus dem Perm

Einen Hinweis auf die *permische* Verwitterung erhalten wir im Gasterntal. Im Schutt fallen unter hellen bis grünlichen auch rotgesprenkelte Granitgerölle auf (► **Abb. 4.24**, S. 90). Der Gasternt-Granit ist einer der variszischen Granitkörper im Aar-Massiv. Er war bereits beim ersten Mal der Verwitterung ausgesetzt, weil das ihn einhüllende Altkristallin abgetragen worden war. Das heisse und trockene Klima dieser Zeit führte zur Verwitterung und damit Rotfärbung von Feldspäten. Im *Mesozoikum* sank der Gasternt-Granit durch die Dehnungsbewegungen in Pangäa wieder unter den Meeresspiegel und wurde erneut von Sedimenten überdeckt. Das helle Band der Trias unterhalb des Kanderfirs markiert die Grenze Sediment/Kristallin deutlich.

Als Pangäa im *Mesozoikum* auseinanderbrach, wurden in den zwischen den Kontinenten entstandenen Meeren erneut Sedimente abgelagert. Der Unterbau des Gebiets, aus dem während der alpinen Gebirgsbildung dann die Schweiz zusammengeschiebt wurde, war also ein alter, abgetragener Grundgebirgssockel mit einer jüngeren Sedimentbedeckung. Diese Zweiteilung in Grundgebirge und *mesozoische* Sedimentbedeckung findet man überall im Aufbau der Schweiz wieder, vom Jura bis ins Tessin.

## 1.2 Die Grosslandschaften – Mittelland, Jura und Alpen

Unsere umgangssprachliche Einteilung in die drei Grosslandschaften beruht auf den Landschaftsformen. Während Mittelland die anschauliche Bezeichnung für das flache und hügelige Gebiet zwischen Jura und Alpen ist, gelten die steilen Kalkwände der Voralpen als nördlicher Alpenrand (► **Abb. 1.4**). Geologisch betrachtet, sieht dies etwas anders aus. Die Entstehung aller drei Landschaften ist mit der Faltung und Abtragung der Alpen verknüpft – überprägt durch die Eisvorstösse der letzten 2,5 Mio. Jahre. Ob etwas markant in Erscheinung tritt, hat vor allem mit der Härte und damit der Erosionsresistenz der Gesteine zu tun. Landschaftskörper aus weicheren Gesteinen neigen zu runderen Formen und flacheren Hangwinkeln.

### Das Mittelland

Das Mittelland (► **Abb. 1.5**, S. 16) ist die fruchtbarste und am dichtesten besiedelte Landschaft der Schweiz. Es weist ein engmaschiges Strassen- und Eisenbahnnetz sowie viel Platz für Industrie und Landwirtschaft auf. Zum Mittelland gehören nicht nur die Fluss-

## ► Abb. 1.4

**Hohgant-Nordwand – der morphologische Alpenrand**

Die Nordwand des Hohgant im hintersten Emmental tritt prominent in Erscheinung, weil sie vor allem durch harte, erosionsresistente Kalke aufgebaut wird (z. B. Schrätkalk vom damaligen europäischen Kontinentalrand=Helvetikum). Die Niederhorn-Hohgant-Kette wird deshalb oft als «Helvetische Randkette» der Alpen bezeichnet. Die darunterliegenden Schichten des Flyschs und der Subalpinen Molasse sind weicher und deshalb nicht als Fels sichtbar, wurden aber durch die Alpenfaltung ebenfalls abgeschert und aufs Vorland überschoben. Die Lage des Alpenrands hängt somit von der Definition ab, was als Alpen bezeichnet wird.

sebenen, sondern auch das voralpine Hügelland vom Appenzellerland bis zum Genfersee. Es beginnt im SW nördlich von Chambéry in Frankreich, dort, wo sich Jura und Alpen auftrennen. Die Breite nimmt nach NE bis ins süddeutsche und österreichische Alpenvorland auf 140 km zu (► **Karte im vorderen Einband**). Das Mittelland war ursprünglich ein Becken längs der Alpen, das auch das Gebiet des heutigen Juras umfasste (der damals noch nicht aufgefaltet war). Darin lagerten die Alpenflüsse seit

dem *Paläogen* die Molasse ab (Abtragungsschutt der Alpen). Es wurde gleichzeitig laufend umgestaltet und sogar in die Alpenfaltung einbezogen (Subalpine Molasse). Ein später Schub aus SE formte aus dem Nordrand des Beckens den Jura. Die Gletschervorstöße im *Quartär* schürften in der Molasse tiefe Täler und Becken aus. In diesen Übertiefungen liegen die Alpenrandseen, oder sie wurden mit glazialen Sedimenten aufgefüllt und enthalten grosse Grundwasservorkommen.



► **Abb. 1.5****Das westliche Mittelland**

Gewitterstimmung über dem blinkenden Seeland. Im Vordergrund die spätglaziale Schwemmebene zwischen Biel und Solothurn mit der Aare, im Hintergrund die drei Jurarandseen: Murtensee (links), Neuenburgersee (rechts hinten) und davor der Bielersee mit der St. Petersinsel (Blickrichtung von der ersten Jurakette nach SW). Schwach erkennbar sind auch die talparallelen, längsgeschliffenen, bewaldeten Hügelzüge, die die Gletscherflussrichtung anzeigen.

**Der Jura**

Der Jura ist neben den Alpen das zweite Gebirge der Schweiz und macht etwa 10 Prozent der Landesfläche aus (► **Abb. 1.6**). Er beginnt in Frankreich südlich des Genfersees und verläuft dann über 300 km in einem lang gezogenen Bogen beidseits der französisch-schweizerischen Grenze bis über Schaffhausen hinaus nach Deutschland. In Frankreich liegen Alpen- und Jurakette zuerst noch nebeneinander. Dann löst sich der Jura gegen NE ab und wird ein eigenes Gebirge. Der höchste Punkt liegt westlich des Genfersees (Crêt de la Neige, 1718 m ü. M.). Bedeutende Gipfel in der Schweiz sind La Dôle (1677 m ü. M.), Mont Tendre (1679 m ü. M.) und der Chasseral (1607 m ü. M.). Nach dem Juragebirge wurde die mittlere Periode des *Mesozoikums* benannt (*Trias – Jura – Kreide*). Die Hauptfaltung des Juras fand vor 10 bis 3 Mio. Jahren statt. Im W wurden die *mesozoischen* Sedimente durch den Druck aus SE abgeschert und mit dem Mittelland auf der

schiefen Ebene der Europäischen Platte gegen NW geschoben. Dies führte zur Entstehung eines Faltengürtels (Faltenjura). Der nördliche Teil des betroffenen Gebiets zerbrach in Blöcke. Durch den Druck aus S wurden einige davon im Vergleich zu den andern etwas herausgepresst (Tafeljura).

**Die Alpen**

Die Alpen (► **Abb. 1.7**, S. 18) erstrecken sich über nahezu 1000 km von Nizza bis Wien. Der schweizerische Teil wird als Zentralalpen bezeichnet. Die Schweizer Alpen bilden von den Hauptkämmen her stark vereinfacht ein lang gestrecktes «X» mit dem Kreuzungspunkt im Gotthardgebiet. Dadurch gibt es eine Alpennordseite, eine Alpensüdseite und einige inneralpine Längstäler (Rhonetal, Rheintal, Engadin). Die Alpen weisen ein ausgesprochenes Hochgebirgsrelief auf, mit tief eingeschnittenen Tälern, markanten Bergketten und Gipfeln. Dies unterscheidet sie deutlich von den



► **Abb. 1.6****Juralandschaft**

**Schroffe Kalkfelsen, weiche Hügelzüge und Fichtenwälder mit Weiden: Ausblick auf den typischen Faltenjura (vom Chasseron Richtung N nach Frankreich).**

älteren europäischen Gebirgen, die bereits zu hügeligen Mittelgebirgen abgetragen wurden (► **Abb. 1.3**, S. 12). Wegen der grossen Höhendifferenzen ist die Abtragung in den Alpen intensiv. Sie wird aber durch die noch andauernde Hebung des Gebirgskörpers nahezu ausgeglichen (► **Abb. 6.19**, S. 164). Die Vergletscherung ist trotz erwärmungsbedingtem Gletscherschwund immer noch beträchtlich – doch dies ist nur eine klimatische Momentaufnahme. Die lang andauernden Gletschervorstösse im *Quartär* trugen durch ihren Geländeabtrag entscheidend zum heutigen Landschaftsrelief bei.

Die Zentralalpen entstanden durch die Kollision von Europa mit dem Kleinkontinent *Adria-Apulia*. Dabei wurden Krustenteile beider Kontinente abgeschert und als Decken übereinandergeschoben. Die Südgrenze der Schweiz liegt noch ganz in den Al-

pen. Erst in Italien schliesst das Pobecken an (► **Abb. 1.2**, S. 11). Der nördliche Alpenrand ist nur der heutige Erosionsrand von alpinen Decken aus etwas härteren Gesteinen (► **Abb. 1.4**, S. 15).

**1.3****Die geologische Erforschung der Schweiz**

Die geologische Forschung geht von dem aus, was heute beobachtbar ist, und schliesst daraus auf die Vergangenheit. Das nennt man Aktualismus. Ob die geologischen Prozesse in der Vergangenheit wirklich gleich abliefen wie heute, wissen wir kaum. Geologische Erkenntnisse sind also stets mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Auch wenn wir dies hier nicht mit jeder Formu-



► **Abb. 1.7****Die Alpen: berühmte Gipfel, Gletscher und Bergseen**

Der Lac de Fully, ein blauer Edelstein unterhalb der Dent de Morcles in den Walliser Alpen, im Hintergrund der vergletscherte Grand Combin (4314 m ü.M.), dazwischen unsichtbar das Rhonetal.

lierung andeuten, sondern den aktuellen Wissensstand als heute gültige Fakten präsentieren, sollte dies im Hinterkopf bewahrt werden. Es ist sogar so, dass sich die Wissenschaft über verschiedene Fragen nicht einig ist. Der Mensch hat ein Bedürfnis nach absoluten Wahrheiten, nach Beweisen. Doch der geologische Erkenntnisprozess ist im Fluss, und der Stand des Wissens wird immer wieder durch Entdeckungen überholt. Dies macht Geologie erst so richtig spannend. Es kann noch Neues aufgespürt werden – vielleicht durch Ihre Beobachtungen?

Der heutige Wissensstand scheint so selbstverständlich. Wissen ist jederzeit im Internet abrufbar, in Zeitschriften publizierte neueste Forschungsergebnisse sind online einzusehen. Die Forschung profitiert durch die weltweite Vernetzung. Es ist uns kaum bewusst, dass das heutige Wissen das Resultat

von über zweihundert Jahren Forschung ist. Es ist das Gemeinschaftswerk vieler Hunderter von Geologinnen und Geologen, die in mühsamer Kleinarbeit unter oft viel schwierigeren Bedingungen als heute die Bausteine der aktuell gültigen Theorien zusammmentrugen. Um diese Entwicklung transparent zu machen, folgt hier ein kurzer wissenschaftsgeschichtlicher Abriss davon – zur Würdigung der Pioniere, auf deren Erkenntnissen wir aufbauen.

### Die Pioniere

Es waren Gelehrte, die aus Wissensdurst ihre Angst vor dem Gebirge überwandten. Sie entdeckten Mineralien, Gesteine und Versteinerungen, machten viele oft richtige und wichtige Beobachtungen, waren aber begreiflicherweise ausserstande, sie in einen grösseren Zusammenhang zu stellen.

