

Die meisten Gesteine der Alpen entstanden am Grunde eines längst vergangenen Meeres. Sie wurden während der Gebirgsbildung verfal- tet und in Form riesiger Pakete übereinander geschoben. Im nördlichen Alpenrheintal treffen wichtige solcher alpinen Decken zusammen. Auf der kleinen Fläche Liechtensteins kommen daher Gesteine aus allen Bereichen des Tethysmeers vor. Auch gibt es Überreste des verschwun- denen Kontinents Pangäa. Die Geologie Liechtensteins widerspiegelt damit zu grossen Teilen die Geologie der gesamten Alpen. Eine Durch- querung des Landes kommt einer Seereise durch sämtliche alpine Ab- lagerungsräume gleich. Es ist auch eine Zeitreise, die uns vom Erdalter- tum bis in die Gegenwart führt.

Miescher

Daniel Miescher

# Geologie Liechtensteins

EIN GROSSES MEER IN EINEM KLEINEN LAND

Geologie Liechtensteins



### **Der Autor**

Daniel Miescher, Dr. rer. nat., studierte Erdwissenschaften und Biologie in Fribourg und Sydney. Er unterrichtete am Liechtensteinischen Gymnasium sowie an der Interstaatlichen Maturitätsschule für Erwachsene in Sargans. Ausserdem leitet er Kurse und Exkursionen in der Erwachsenen- und Lehrerfortbildung. Heute ist er Rektor der Berufsmaturitätsschule Liechtenstein.

### **Impressum**

1. Auflage, 2014

© Liechtensteiner Alpenverein, Schaan

Herausgeber:	Liechtensteiner Alpenverein, Schaan
Autor:	Daniel Miescher, Vaduz
Verlag:	Alpenland Verlag AG, Schaan
Fachlektorat:	Peter Kindle, Zürich/Triesen
Korrektorat:	Konrad Kindle, Vaduz
Bilder und Grafiken :	Daniel Miescher, Vaduz (soweit nicht andere Quellenangaben vermerkt sind)
Gestaltung und Druck:	Gutenberg AG, Schaan

ISBN 978-3-905437-36-2

# **Geologie Liechtensteins**

Ein grosses Meer in einem kleinen Land

Daniel Miescher

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

## Einleitung

<b>1. Die Entstehung der Alpen</b>	2
Aus Ozeanen werden Gebirge	2
Pangäa zerbricht – Das Tethysmeer entsteht	4
Aus dem Tethysmeer werden die Alpen	8
<b>2. Die Alpen in Liechtenstein</b>	10
Das Tethysmeer im kleinen Land	10
Erdbeben – Die Hebung ist noch in Gang	18
<b>3. Helvetikum –     Das europäische Schelfmeer</b>	20
Das helvetische Tethysmeer	20
Helvetische Sedimente verschoben und zertrennt – Die Tektonik der Säntis-Decke	24
Stockwerktektonik und die Schichtfolge des nördlichen Fläscherbergs	28
Die Säntis-Decke am Eschnerberg – Ein Schelfmeer in der Kreidezeit	34
Das Ultrahelvetikum – Der Rand des Kontinentalschelfs	44
<b>4. Nordpenninikum – Der Walliser-Trog</b>	46
Das nordpenninische Tethysmeer	46
Unterschiedliche Sedimente in Schelfmeer und Tiefsee	48
Der Flysch – Zeuge einer bewegten Zeit	50
Versteinerte Schlammströme - Die Bouma-Sequenz	52
Weitere Spuren der Dynamik im Flysch	56
Tektonik der Flysch-Decken	58

<b>5. Mittelpenninikum – Der Briançonnais</b>	60
Das mittelpenninische Tethysmeer	60
200 Mio. Jahre Erdgeschichte – Die Schichtfolge der Falknis-Decke	62
Stark verfaltet und oben gekappt – Die Tektonik der Falknis-Decke	68
Verirrte Späne der Sulzfluh-Decke	72
<b>6. Südpenninikum – Der Piemont-Trog</b>	76
Das südpenninische Tethysmeer	76
Die Arosa-Zone – verdreht und vermischt	78
<b>7. Ostalpin – Das adriatische Schelfmeer</b>	82
Das ostalpine Tethysmeer	82
Das Meer überflutet Pangäa – Die Schichtfolge der Lechtal-Decke	84
Massige Schollen – Die Tektonik der Lechtal-Decke	94
<b>8. Quartär – Jüngste Formgebung und aktuelle Dynamik</b>	98
Gletschervorstöße und -rückzüge	98
Spuren der Eiszeit	100
Der nacheiszeitliche Rheintalsee	108
Der Bergsturz von Triesenberg	110
Die Rufen	114
Maurerberg – Der Flysch in Bewegung	116
Massenbewegung in der Malbuner Schlucher-Rüfe	120
Der Verlauf des Alpenrheintals	124
<b>Schluss – Liechtenstein, ein Archiv der Erdgeschichte</b>	129
<b>Glossar</b>	132
<b>Literatur</b>	140

## Dank

Mehrere Personen und Institutionen haben zum Gelingen dieses Buches beigetragen: Die beiden Lektoren Konrad Kindle (Korrektorat) und Peter Kindle (Fachlektorat) haben die inhaltliche Qualität durch kritische Anmerkungen und Ergänzungsvorschläge gefördert. Max Meinherz und seine Mitarbeiter vom Alpenland Verlag betreuten die gestalterische und organisatorische Umsetzung des Projekts.

Durch die grosszügige finanzielle Unterstützung der Stiftung Fürstlicher Kommerzienrat Guido Feger und der RHW-Stiftung wurde die Realisierung erst möglich. Ihnen allen ist zu verdanken, dass sich die reichhaltige, faszinierende und gut erforschte Geologie unseres Landes nun einer breiten Leserschaft eröffnet.

*Liechtensteiner Alpenverein*  
*Herausgeber*

*Daniel Miescher*  
*Autor*

## Vorwort

Anfang des letzten Jahrhunderts begann die geologische Erforschung Liechtensteins. Sie erhielt einen wichtigen Impuls durch Trümpy (1916), der in seiner Dissertation erstmals das Modell des alpinen Deckenbaus im westlichen Rätikon anwendete. Seine wegweisende Arbeit legte den Grundstein für drei Dissertationen in den Nachkriegsjahren. Unter der Leitung von Prof. J. Cadisch erforschten die drei jungen Geologen Schätti (1951), Blaser (1952) und Allemann (1956) flächendeckend das Land. Für einen von ihnen, Franz Allemann, sollte die Erforschung der Geologie Liechtensteins zum Lebenswerk werden. Als Professor der Universität Bern hat er zahlreiche Diplomanden und Doktoranden angeleitet und so das Bild der komplexen Geologie dieses Landes zusehends verfeinert. Das krönende Ergebnis ist die im Jahre 1985 veröffentlichte und bis heute verfügbare Geologische Karte des Fürstentums Liechtenstein im Massstab 1:25'000. Allerdings war mit der Drucklegung dieser Karte die Forschung nicht abgeschlossen. Prof. Allemann und seine Studenten befassten sich auch weiterhin mit noch offenen Fragen; und auch nach seiner Emeritierung blieb Allemann die wichtigste Ansprechperson in Fragen der Geologie Liechtensteins. Im Jahr 2002 veröffentlichte er die Erläuterungen zur geologischen Karte. Diese sind eine hervorragende Zusammenschau der Geologie und eine wertvolle Diskussion der weiterhin offenen Fragen. Das umfassende Literaturverzeichnis der Erläuterungen ist gleichzeitig eine Auffistung vieler für die Geologie Liechtensteins relevanter Forschungsarbeiten.

Das Ziel des hier vorliegenden Buches ist es, die in zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten erfasste faszinierende und reichhaltige Geologie Liechtensteins aufzuarbeiten und in anschaulicher Weise zu dokumentieren. Damit sollen die Leistungen eines Jahrhunderts geologischer Forschung in Liechtenstein gewürdigt und deren Ergebnisse einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

*Daniel Miescher*

# Einleitung

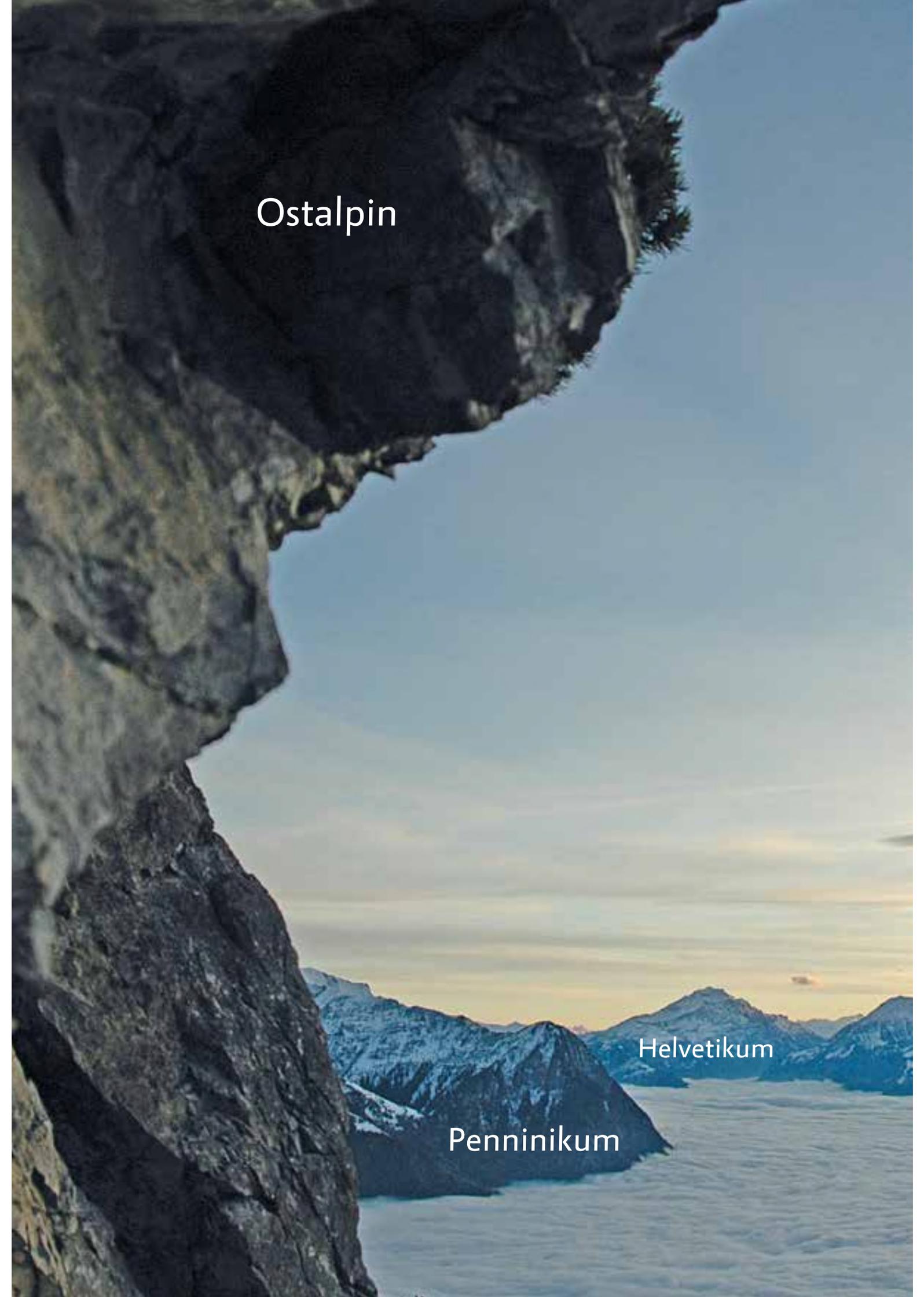
Die meisten Gesteine Liechtensteins entstanden im Tethysmeer, einem Meer, das es heute nicht mehr gibt. Dieses öffnete sich, als Teile des Superkontinents Pangäa vor rund 250 Millionen Jahren absanken. Seit Beginn des Erdmittelalters wurden so Sedimente auf den überfluteten Landmassen und in den jungen Meeresbecken abgelagert. Als Pangäa schliesslich in die beiden Grosskontinente Gondwana und Laurasia zerbrach, entstand neue ozeanische Kruste.

Durch diesen als Kontinentaldrift bezeichneten Vorgang entstehen Meere. Sie verschwinden auch wieder durch diesen Prozess. Als das Tethysmeer durch die Kollision von Kontinenten wieder verschwand, wurden weite Teile des Meeresgrunds zu den Alpen aufgetürmt. Unser Gebirge ist daher übersät mit Spuren des Tethysmeers. Anhand dieser können heute im gesamten Alpenbogen mindestens fünf Bereiche des vergangenen Ozeans wiedererkannt werden. Auch Reste des vorgängigen Kontinents Pangäa wurden in die Alpen eingearbeitet.

Liechtenstein ist geologisch ausserordentlich vielfältig. Hier kommen Sedimentgesteine aus allen fünf Ablagerungsräumen des Tethysmeers vor und es gibt kristalline Überreste des verschwundenen Kontinents Pangäa sowie Teile der jüngeren ozeanischen Kruste. Die gebirgsbildende Gesteinsgruppe sind aber die Sedimentgesteine des Erdmittelalters. Die Geologie Liechtensteins repräsentiert damit zu grossen Teilen die Geologie der gesamten Alpen. Eine Durchquerung Liechtensteins kommt einer Seereise durch sämtliche alpine Ablagerungsräume gleich. Und nicht nur das. Es ist auch eine Zeitreise, die uns vom Erdaltertum vor über 300 Mio. Jahren bis in die Gegenwart führt.

Die zentralen Kapitel dieses Buches begleiten den Leser auf dieser Seereise vom helvetischen Ablagerungsraum im Norden über die drei penninischen Räume hin zum ostalpinen Ablagerungsraum im Süden des Meeres. Vorangestellt sind zwei Kapitel zur Gebirgsbildung und Alpenentstehung im Allgemeinen. Abgerundet wird die Reise mit der Darstellung der jüngsten Formungsprozesse während und nach der Eiszeit. Einige von ihnen sind bis heute aktiv.

Blick vom Fürstensteig gegen Süden. Der kleine Ausschnitt des Alpenrheintals enthält Gesteine, die Ablagerungsräumen des gesamten Tethysmeers entstammen. Zum Ostalpin gehören die Gesteine der südlichen untiefen Tethys. Dem Penninikum gehören die offenen Ozeanbereiche an. Das Helvetikum bilden die Gesteine des nördlichen Tethysmeers.



Ostalpin

Helvetikum

Penninikum

# 1. Die Entstehung der Alpen

## Aus Ozeanen werden Gebirge

Gebirge und Ozeanbecken resultieren aus einem Vorgang, der annähernd so alt ist wie die Erde selbst. Es ist der Prozess der Kontinentaldrift. Angetrieben von heißen Gesteinsströmen im zähplastischen Erdmantel, ist die Erdkruste zu einzelnen Platten zerbrochen, die sich wenige Zentimeter pro Jahr gegeneinander verschieben. Die Platten bestehen aus ozeanischer Kruste und tragen die Kontinente in sich. Die Plattengrenzen sind nicht identisch mit den Küstenlinien der Kontinente. Sie grenzen direkt aneinander und verschieben sich in verschiedenster Weise gegeneinander. Aus dieser Bewegung ergeben sich drei Arten von Plattengrenzen: konstruktive, destruktive und konservative.

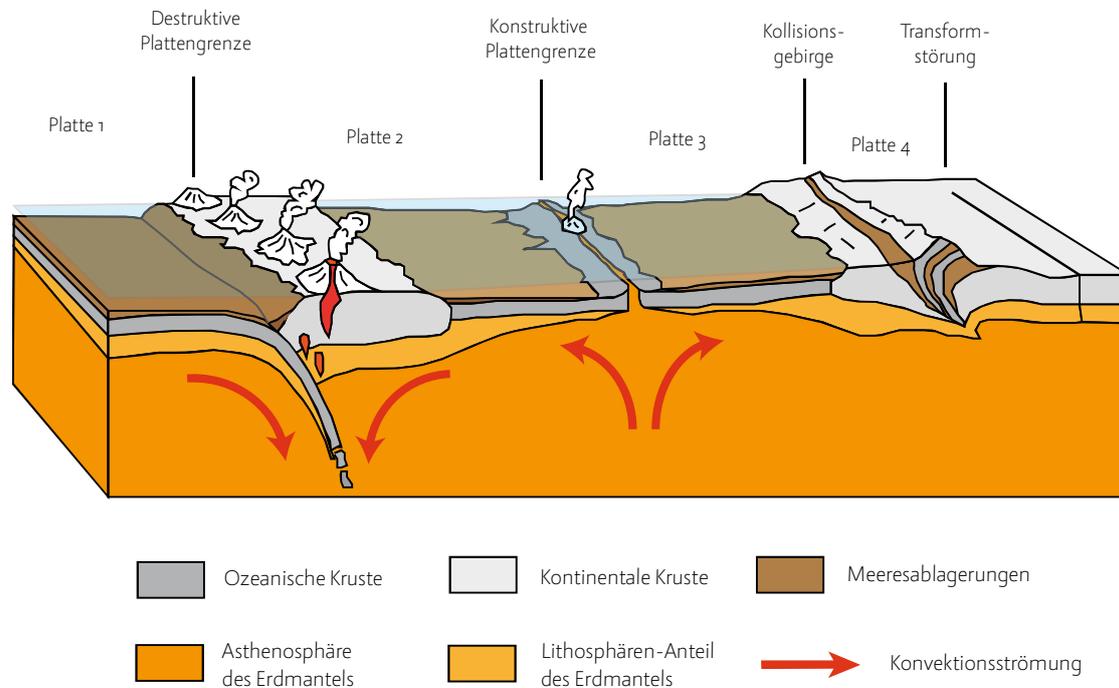
An konstruktiven Plattengrenzen entfernen sich zwei Platten voneinander. Die dabei entstehende Kluft wird fortwährend durch Magma aus dem Erdmantel aufgefüllt. Dieses steigt auf, erstarrt und bildet neue ozeanische Erdkruste. Sie besteht aus Basalt und ist dünner als die kontinentale Erdkruste.

An destruktiven Plattengrenzen wird ozeanische Erdkruste zerstört. Zwei Platten driften aufeinander zu, wobei Teile einer der beiden Platten in die Tiefe gedrängt werden. In der Regel ist dies die dichtere ozeanische Kruste. Allerdings taucht entlang solcher Subduktionszonen nicht alles Material in den Erdmantel ab. Weniger dichte Gesteine, wie Meeressedimente, welche auf der Ozeankruste abgelagert wurden, sowie kontinentale Kruste, tauchen nur widerpenstig ab. Sie werden in einer Plattenkollision komprimiert, verfaltet und in Deckenstapeln übereinander geschoben. So entstehen aus Ozeanen Gebirge.

In einer dritten Art von Plattengrenze wandern die Platten horizontal aneinander vorbei. Da bei diesem Vorgang Ozeankruste weder geschaffen noch zerstört wird, wird sie als konservative Plattengrenze bezeichnet. Für die Gebirgsbildung sind diese Plattengrenzen von untergeordneter Bedeutung.

Durch die Prozesse entlang der Plattengrenzen und die Witterungsvorgänge an der Erdoberfläche werden die Gesteine der Erdkruste immer wieder verändert. Geschmolzenes Material erstarrt zu magmatischen Gesteinen. Durch Verwitterung, Abtransport, Ablagerung und Verfestigung entstehen aus vorangegangenen Gesteinen Sedimentgesteine. Unter hohem Druck und hoher Temperatur werden beliebige Ausgangsgesteine zu metamorphen Gesteinen. So zeugen sie alle von ihrer Entstehungsgeschichte.

## Vorgänge entlang verschiedener Plattengrenzen



**Bau von Erdkruste und Erdmantel:** Die feste Erdkruste ist auf den Kontinenten durchschnittlich 30 km dick. Unter den Meeren ist sie rund 5 km dick. Kontinentale und ozeanische Kruste bestehen aus verschiedenartigem Gestein. Die Ozeankruste besteht aus recht eintönigem, dunklem, schwerem vulkanischem Basalt. Die kontinentale Kruste besteht aus sehr vielfältigen Gesteinen. Ihr Hauptbestandteil ist dem Granit sehr ähnlich. Während die ozeanische Kruste kaum älter als 250 Millionen Jahre wird, können wir auf den Kontinenten auf Gesteine bis zu einem Alter von 4000 Millionen Jahren treffen. Der Grund für diesen Unterschied liegt in der Plattendrift. Wo Platten sich voneinander entfernen, entsteht junge ozeanische Kruste. Wo Platten aufeinander zu driften, wird diese wieder verschluckt. Angetrieben wird die Drift von Wärmebewegungen im plastischen Teil des Erdmantels, in der Asthenosphäre. Über der Asthenosphäre befinden sich die Erdkruste und die harten Bereiche des Erdmantels. Diese bilden zusammen die Lithosphäre, welche in Schollen zerbrochen ist, die sich gegeneinander verschieben.

**Plattengrenzen:** Die Lithosphären-Platten tragen die Kontinente in sich. Die Grenzen der Kontinente sind meist nicht die Grenzen der Platten. Wo Asthenosphären-Ströme aufsteigen, entsteht eine konstruktive Plattengrenze. Hier entfernen sich zwei Platten voneinander und es wird neue ozeanische Kruste gebildet. Wo Platten aufeinander zu driften, wird die ozeanische Lithosphäre verschluckt und zerstört. An solchen destruktiven Plattengrenzen entstehen Vulkaninseln oder Gebirgsränder an Kontinenten, so wie die Anden in Südamerika. Treffen bei einer destruktiven Plattengrenze zwei Kontinente aufeinander, so kommt es zur Kollision und zur Bildung eines Kollisionsgebirges, wie des Himalayas oder der Alpen. Transformstörungen sind konservative Plattengrenzen. Hier driften zwei Platten aneinander vorbei.

## Pangäa zerbricht – Das Tethysmeer entsteht

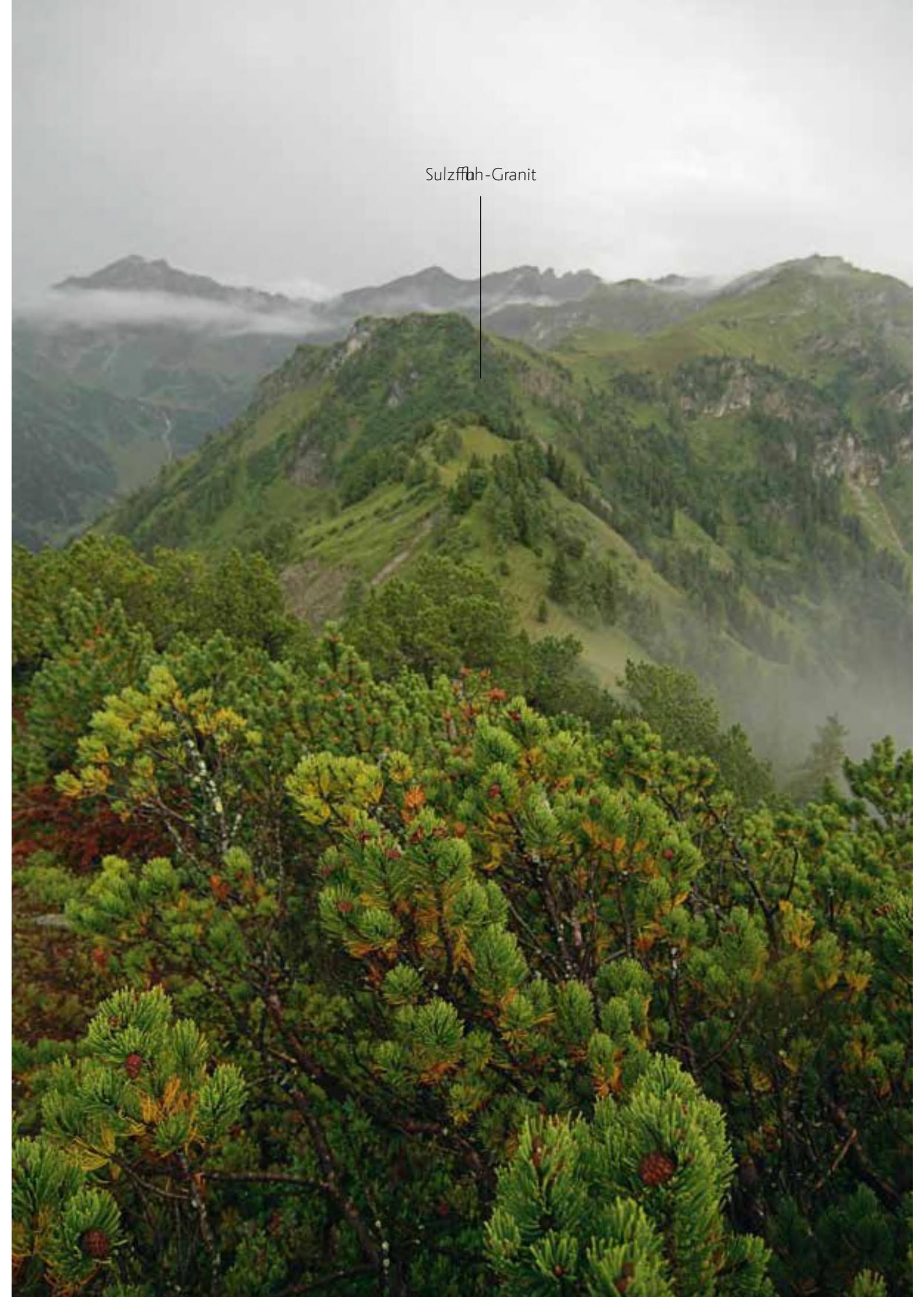
Gegen Ende des Erdaltertums, im Perm (S. 131), waren alle Kontinente im Superkontinent Pangäa vereint. Dieser begann in der frühen Trias zu zerbrechen, wobei sich zuerst die beiden Grosskontinente Gondwana und Laurasia voneinander trennten. Laurasia zerteilte sich später in die Kontinente Nordamerika und Eurasien. Gondwana umfasste die heutigen Kontinente der Südhalbkugel inklusive Indien. Zwischen Laurasia und Gondwana öffnete sich das Tethysmeer.

Die nachfolgenden Abbildungen (S. 6 und 7) zeigen, wie durch Plattendrift der Kontinent Pangäa zerbrach. Durch Ausdehnung der kontinentalen Kruste entlang einer konstruktiven Plattengrenze tiefte sich zuerst ein Grabenbruch ein und das Meer drang vor. Weitere Ausdehnung führte zur Bildung ozeanischer Kruste. Ein neues Ozeanbecken entstand. Die Öffnung des Tethysmeeres hinterliess eine Vielzahl von Mikrokontinenten, welche durch Grabenbrüche und Randmeere voneinander getrennt waren. Für die Geschichte der Alpen sind die beiden Mikrokontinente namens Adria und Briançonnais bedeutsam. Diese waren durch verschiedene Seitenarme von Tethys, sowohl voneinander als auch von Afrika und Europa getrennt. Zwei dieser Seitenarme waren der Walliser-Trog und der Piemont-Trog.

Der Piemont-Trog begann sich bereits in der Trias (vor rund 250 Mio. Jahren) aus einem Grabenbruch zu bilden und erreichte in der frühen Kreidezeit (vor 130 Mio. Jahren) eine Ausdehnung von mehreren 100 km. In der frühen Kreidezeit hatte sich ein weiterer seitlicher Grabenbruch geöffnet, der Walliser-Trog. Damit erlangte das Meer, aus dem in der späten Erdneuzeit (Tertiär) die Alpen hervorgehen würden, seine grösste Ausdehnung von rund 1500 km. Über einen Zeitraum von nahezu 250 Mio. Jahren wurden darin Meeressedimente auf junger ozeanischer Kruste und auf den kontinentalen Krustenteilen Pangäas abgelagert. Die Sedimente sind charakteristisch für die verschiedenen Ablagerungsräume. Von Norden nach Süden sind dies: Die Flachwasserablagerungen des europäischen Schelfmeeres (Helvetikum der Alpen), die Tiefseeablagerungen des Walliser-Trog (Nordpenninikum der Alpen), die Flachwasserablagerungen der überfluteten Briançonnais-Schwelle (Mittelpenninikum der Alpen), die Tiefseeablagerungen des Piemont-Ozeans (Südpenninikum der Alpen) und die Flachwasserablagerungen des adriatischen Schelfs (Ost- und Südalpin der Alpen).

Fast alle Gesteine, die uns dieser Blick vom Heubühl aus zeigt, sind Sedimente des Tethysmeeres. Auf Wanghöhi können aber kleine Aufschlüsse des Sulzfluh-Granits (S. 16 und 74), Reste Pangäas, gefunden werden.

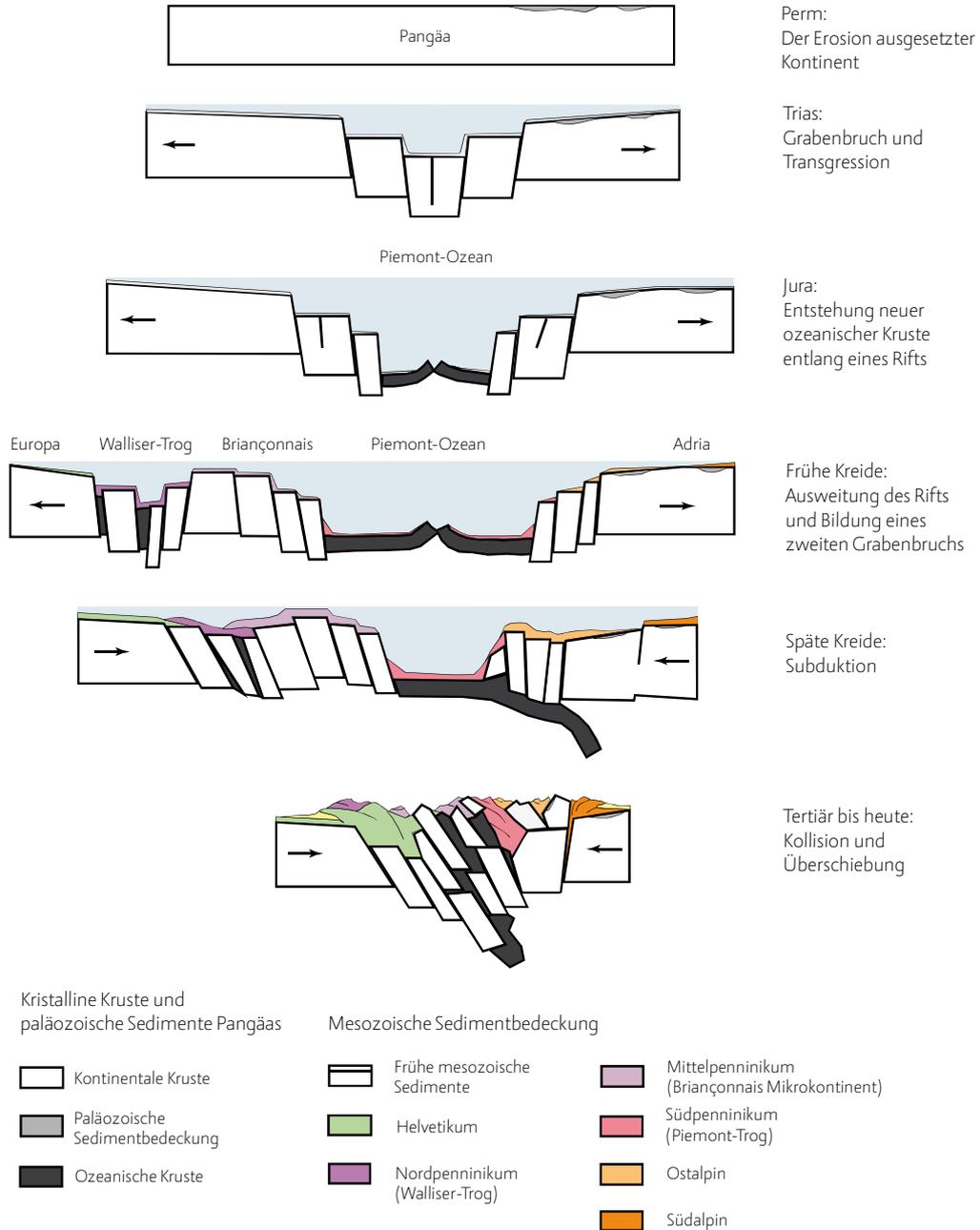
Sulzfluh-Granit



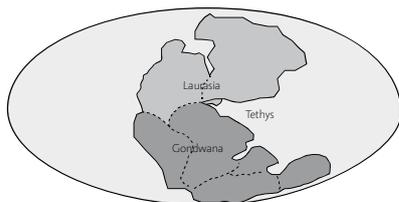
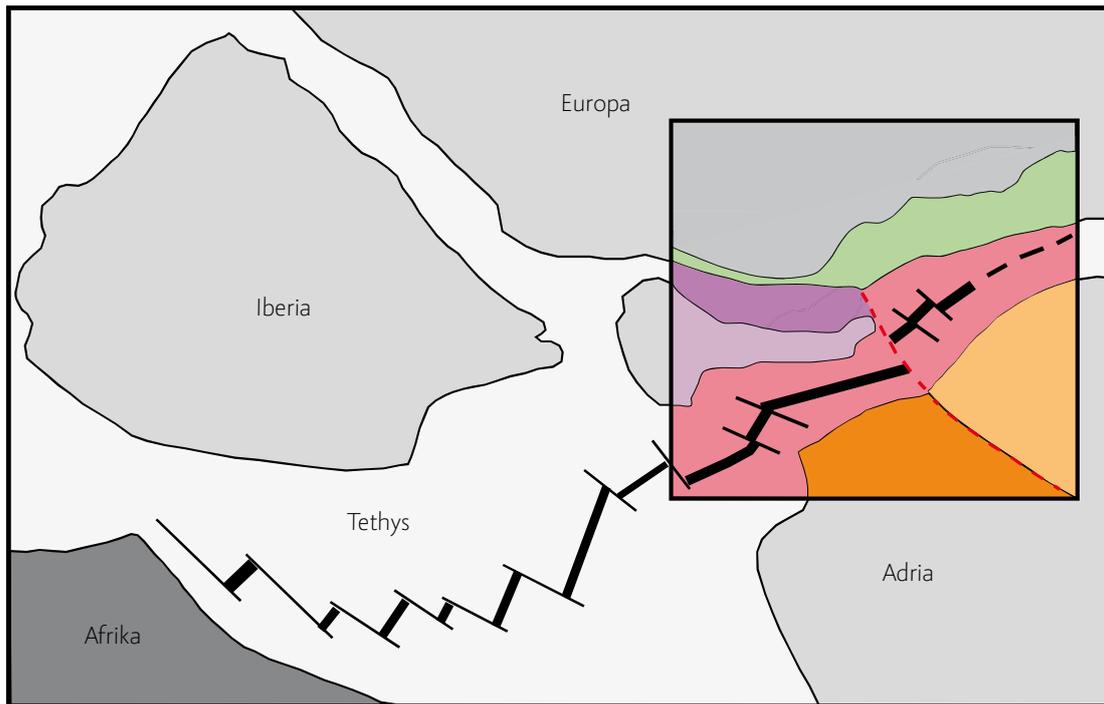
## Von Pangäa über Tethys zu den Alpen

NW

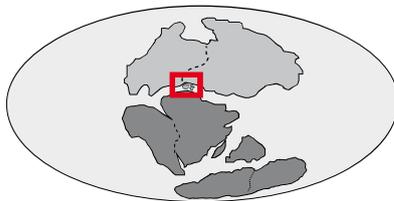
SE



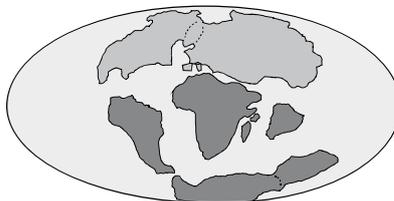
Entstehen und Vergehen des Tethysmeers im Laufe der letzten 250 Millionen Jahre. Es beginnt mit der Entstehung eines kontinentalen Grabenbruchs (Rift) auf Pangäa. Eine neue Plattengrenze tut sich auf und weitet sich aus. Diese divergente Drift führt zur Bildung neuer ozeanischer Kruste und zur Ausweitung des Ozeanbeckens. Schliesslich ändert sich die Driftrichtung: Konvergente Drift, Abtauchen der ozeanischen Kruste und Kontinent-Kontinent Kollision führen zum Verschwinden des Ozeans und zur Gebirgsbildung. Die Farben unterscheiden die Ablagerungsgebiete und die darunterliegende Kruste, welche heute grosse tektonische Bauelemente der Alpen (Decken) darstellen.



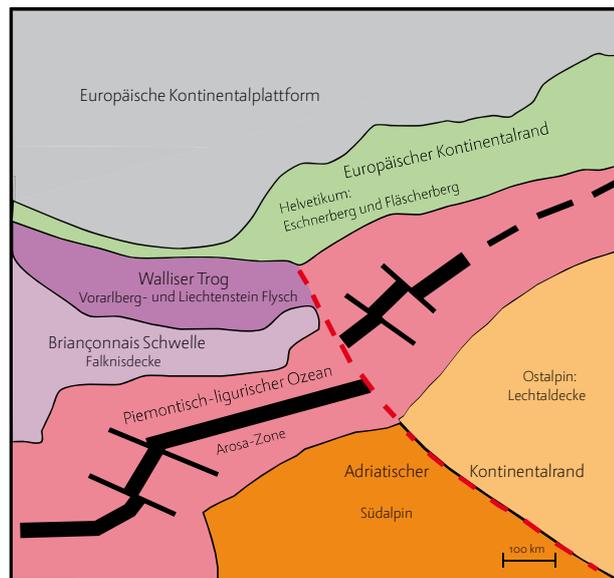
Trias (vor 200 Mio. Jahren)



Frühe Kreide (vor 130 Mio. Jahren)



Späte Kreide (vor 70 Mio. Jahren)



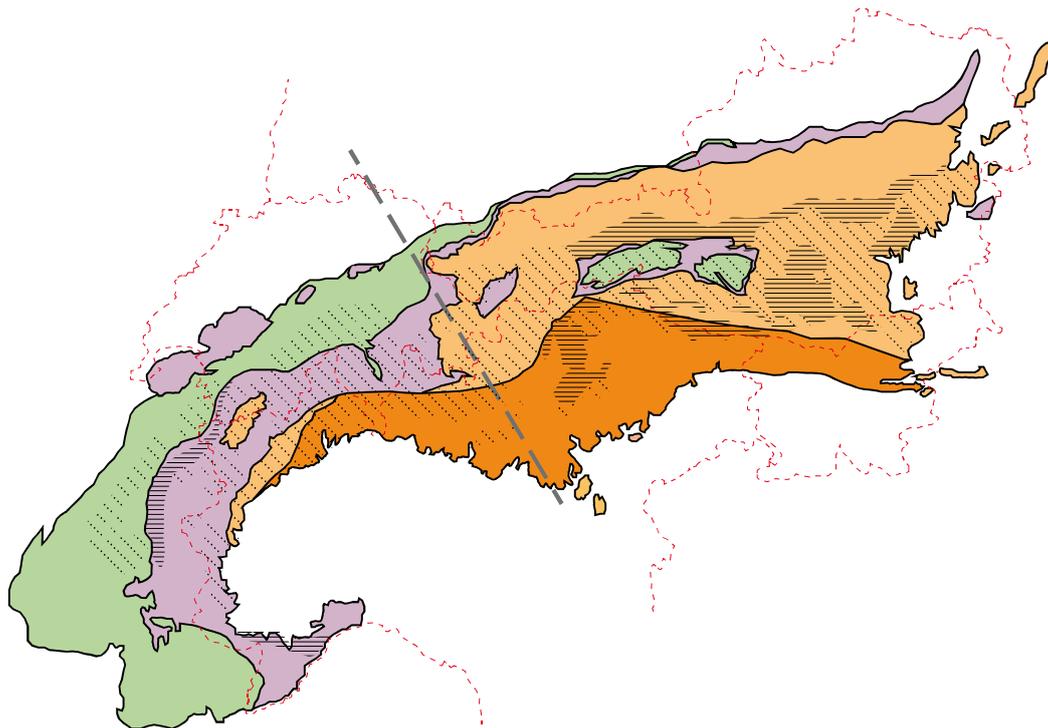
Karte der verschiedenen Ablagerungsräume der zukünftigen Alpen zur frühen Kreidezeit (vor rund 130 Mio. Jahren). Der rote Rahmen in der mittleren Erdabbildung der frühen Kreide zeigt den Ausschnitt der oberen Karte. Die Farben entsprechen denen in der vorhergehenden Abbildung und erlauben die Zuordnung der ehemaligen Meeresgebiete zu den Gebirgsdecken Liechtensteins. Diese sind in der tektonischen Karte Liechtensteins in diesem Buch mit entsprechenden Farben dargestellt (S. 14). Nach Pfiffner (2002) und der tektonischen Karte der Schweiz (2005).

## Aus dem Tethysmeer werden die Alpen

In der späten Kreidezeit (vor rund 100 Mio. Jahren) änderte sich die Richtung der Plattendrift im Tethysraum. Das Meer öffnete sich nicht mehr weiter. Verursacht durch die Öffnung des Atlantiks begann sich der afrikanische Kontinent im Gegenurszeigersinn zu drehen. In der Folge driftete der adriatische Mikrokontinent gegen Norden. Die ozeanische Kruste des Piemont-Ozeans tauchte gegen Süden unter. So begann sich das Tethysmeer zu schliessen (S. 6 und 49). Seit dem frühen Tertiär (vor rund 60–10 Mio. Jahren) kollidierten Europa, der Briançonnais- und der adriatische Mikrokontinent. Die Meeresablagerungen wurden dabei noch unter dem Meeresgrund verfault, als zusammenhängende Decken von ihrem kristallinen Untergrund abgeschert und übereinander geschoben. Dadurch wurden häufig ältere Sedimente über jüngeren Sedimenten platziert. Auch der kontinental-kristalline und der ozeanisch-basaltische Untergrund, auf dem sich ursprünglich die Sedimente abgelagert hatten, wurden in den Deckenbau der Alpen integriert. (Weissert & Stössel, 2009)

Die alpinen Decken weisen heute eine generelle Überschiebungsrichtung von Südosten nach Nordwesten auf. Südlich gelegene Bereiche des adriatischen Kontinentalschelfs wurden als ostalpine Decken über die südpenninischen Gesteine des Piemont-Ozeans geschoben. Diese wiederum wurden den mittelpenninischen Decken der Briançonnais-Schwelle überschoben, welche sich tektonisch über dem Nordpenninikum des Walliser-Trogs befinden. Das Penninikum insgesamt liegt über dem Helvetikum, also den Sedimenten und kristallinen Elementen des ehemaligen europäischen Kontinentalschelfs.

Die Deckenüberschiebung führte zur Verdickung der Erdkruste. Diese erfuhr wegen des Dichteunterschieds von Kruste und Mantel einen Auftrieb. Das Gebirge wurde angehoben. Der Hebungsprozess hält bis heute an. Gegenwärtig sind es etwa 0,5–1 mm pro Jahr. Hebung und Abtragung befinden sich im Gleichgewicht. Während die Oberfläche abgetragen wird, kommen dadurch langsam die tiefen Bereiche des Gebirges an die Oberfläche. Grosse Anteile des abgetragenen Gesteins befinden sich heute in den bis zu 6000 m mächtig aufgefüllten Molassebecken des Alpenvorlandes. Während der Hebung im späten Tertiär glitten die helvetischen Decken von ihrer kristallinen Unterlage, dem Aar-Gotthard-Massiv ab und überführen dabei ihren eigenen Erosionsschutt. Somit befindet sich die sogenannte subalpine Molasse sogar unter den helvetischen Gesteinen des Rheintals (S. 9 unten).



#### Adriatischer Kontinentalrand

 Ostalpine Decken

 Südalpin

 Adriatische Kontinentalkruste

#### Penninischer Ozean

 Penninische Decken

 Ozeanische Kruste

#### Europäischer Kontinentalrand

 Helvetische Decken

 Europäische Kontinentalkruste

 Tertiäre Intrusionen und Vulkane

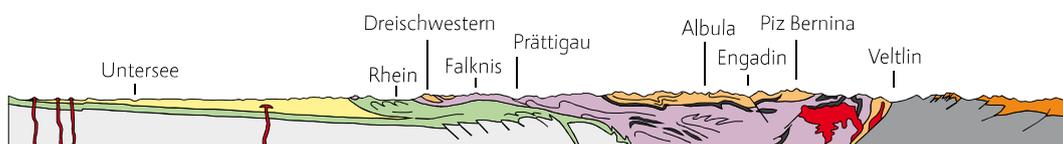
 Paläozoische Sedimente

 Kristallin

 Molasse

 Staatsgrenzen

 Verlauf des geologischen Schnitts



Tektonische Karte und tektonischer Schnitt durch die Alpen. Basierend auf Pffner (2009), Spiess (1993) und Tektonische Karte der Schweiz (2005). Ost- und südalpine Decken enthalten Meeresablagerungen des südlichen untiefen Tethysmeers und die darunter liegenden überschwemmten Bereiche des Kontinents Adria (Die südalpinen unterscheiden sich von den ostalpinen Decken durch ihre tektonische Ausrichtung). Die helvetischen Decken bestehen grössten Teils aus Ablagerungen des nördlichen untiefen Meeres (von Tethys überschwemmte Bereiche Europas). Die penninischen Decken enthalten Sedimente des offenen tiefen Ozeans und des überschwemmten Kleinkontinents Briançonnais. Von Südosten her wurden ostalpine über penninische Decken geschoben. Die penninischen Decken wurden über die helvetischen Decken geschoben. Der jüngste Erosionsschutt der Alpen, die Molasse des nördlichen Alpenvorlandes, wurde von den helvetischen Decken überschoben.

## 2. Die Alpen in Liechtenstein

### Das Tethysmeer im kleinen Land

Im kleinen Territorium des Fürstentums Liechtenstein kommen Sedimentgesteine aller fünf Bereiche des Tethysmeers vor. Vom Ostalpin über die drei penninischen Ablagerungsräume bis zum Helvetikum. Zudem gibt es Überreste des kristallinen Grundgebirges und der ozeanischen Kruste (S. 16).

Die tektonische Karte (S. 14) zeigt die räumliche Verbreitung dieser Meeresräume in Liechtenstein. Verglichen mit der tektonischen Karte der gesamten Alpen (S. 9) ist im grossen Massstab der Liechtensteiner Karte eine weitere Untergliederung der grossen Deckenpakete möglich. Der geologische Querschnitt veranschaulicht, in welcher Weise die Decken in Liechtenstein übereinander liegen.

In Liechtenstein bildet die Lechtal-Decke die höchste tektonische Einheit. Sie gehört dem Oberostalpin an und ist dem Südpenninikum überschoben, welches durch die komplex deformierte Arosa-Zone repräsentiert wird. Das tektonisch darunter liegende Mittelpenninikum der Briançonnais-Schwelle wird durch die Falknis-Decke und kleine Späne der Sulzfluh-Decke gestellt. Der Flysch des Rheintal-Randes sowie des Samina- und des Valorsch-Tals gehören zum Nordpenninikum. Im Helvetikum sind zwei Bereiche zu unterscheiden, welche in der jüngsten Phase der Alpenfaltung, dem Pliozän (vor 5 Mio. Jahren), voneinander abgeschert wurden. Mit der Hebung des Aar-Massivs in den Zentralalpen wurden die Kreidgesteine von dem darunter liegenden älteren Juragestein abgelöst und glitten über die subalpine Molasse nach Norden. Diese bilden heute die Säntis-Decke. Die Jura-Schichten darunter bilden die Gonzen-Schuppenzone.

Hinsichtlich der Gesteinszusammensetzung und des tektonischen Baus unterscheiden sich die Decken deutlich voneinander.

Die Lechtal-Decke wird dominiert von massigen Evaporiten, also von Ablagerungen, die durch Verdunstung von küstennahem, untiefen Meerwasser im trockenen Klima der Triaszeit entstanden. Dazu gehört der mächtige Hauptdolomit, dessen Schollen gegeneinander und teilweise übereinander verschoben sind.

Die alpinen Decken in Liechtenstein. Blick vom Hohen Kasten. Die Dreischwesternkette gehört den ostalpinen Decken an. Deren Gesteine sind bedeutend älter als die aus der Tiefsee stammenden Flysche des Nordpenninikums, welche sich von Schaanwald bis Triesen entlang des Talrandes erstrecken. Die mittelpenninischen Decken bilden das Falknismassiv. Ihre Gesteine wurden auf dem damals überschwemmten Briançonnais-Kontinent abgelagert. Die helvetischen Decken treten in Liechtenstein am Eschnerberg und am Fläscherberg auf. Ihre Gesteine repräsentieren die Ablagerungsbedingungen des nördlichen untiefen Tethysmeers.

An aerial photograph of a mountain valley, likely in the Alps, showing various geological units. The image is hazy, with a clear sky and some clouds. The foreground shows a steep, forested slope. The middle ground is a wide valley with a river and some settlements. The background shows distant mountain ranges.

Ostalpin

Mittelpenninikum

Nordpenninikum

Helvetikum

Helvetikum

Die Flysch-Decken bestehen aus tonhaltigen Tiefseeablagerungen. Vorarlberg- und Liechtenstein-Flysch bilden mächtige Keile, die einander von Südosten her überschoben sind und sich gegen Südosten ausdünnen. Der Prättigau-Flysch erscheint ebenfalls als grosser Keil, der gegen Norden abtaucht und ausläuft. Die Flysch-Decken formen damit eine Vertiefung, in der die Falknis-Decke mit den höchsten Gipfeln des Landes sitzt. Diese ist sehr stark verfaltet. Liegende Falten wurden als grosse Schuppen, die in sich mehrfach gefaltet sind, übereinander geschoben.

Europäischer Kontinentalrand  
Säntis-Decke

Walliser-Trog  
Vorarlberg-Flysch



Ausschnitte sämtlicher fünf grosser Bereiche des Tethysmeers bauen die Berge um das Liechtensteiner Rheintal auf.

Die Kreide-Kalke der Säntis-Decke entstanden in tropisch warmem Wasser des küstennahen nördlichen Tethysmeers. Sie formen eine langgezogene Falte (Antiklinale), welche in Form des Eschnerbergs aus der nacheiszeitlichen Füllung des Rheintals auftaucht. Sie bilden auch den nördlichen Fläscherberg. Der südliche Fläscherberg wird dem Ultrahelvetikum, das Ellhorn der Gonzen-Schuppenzone zugeordnet (S. 29 und 44). Der Bau der einzelnen Teildecken wird in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

## Adriatischer Kontinentalrand

Lechtal-Decke

Walliser-Trog  
Liechtenstein-Flysch

Piemont-Ozean  
Arosa-Zone

Walliser-Trog  
Liechtenstein-Flysch

Briançonnais-Schwelle  
Falknis-Decke

Walliser-Trog  
Prättigau-Flysch

