

# Die Entstehung der Alpen

## 1. Grundprozesse der alpinen Gebirgsbildung

### 1.1. Übersicht

Im Erdmittelalter beginnt der Großkontinent (Pangäa) zu zerfallen. Zwischen Europa und Afrika eröffnet sich ein Ozeanbecken (Thetys). In ihm werden im Jura bis zur Mitte der Kreide mächtige Sedimentschichten abgelagert. Am Ende des Erdmittelalters, in der oberen Kreide (100-60 Mio a), setzt eine der bisherigen Öffnung entgegengesetzte Annäherung der beiden Kontinente ein. Dabei werden die Sedimentschichten, z.T. zusammen mit ihrem Untergrund, über weite Entfernungen verfrachtet. Bei der Kollision der Kontinente werden diese Materialien als Decken übereinandergeschichtet und verfaltet.

### 1.2. Herkunft des Materials (Ablagerungsräume)

Im Prinzip gelangt beim Zusammenschieben weiter entfernt liegendes Material über das weniger weit transportierte. So können für die meisten Schichten der heutigen Alpen bestimmte Ablagerungsräume rekonstruiert werden. Zur Bezeichnung der Hauptgebiete werden die ursprünglich tektonisch definierten Begriffe helvetisch, penninisch, ostalpin und südalpin verwendet:

– helvetischer Bereich:

Flaches Schelfmeer am Südrand des europäischen Kontinentes, der Abhang zum Meer wird als „Ultrahelvetikum“ bezeichnet.

– penninischer Bereich:

Mitteltiefes Meer über den südlichen, abgesenkten Randbereichen Europas mit Schwellen und Trögen.

– ost- und südalpiner Bereich:

± tiefe Meeresbereiche über dem abgesenkten Rand des afrikanischen Kontinentes; liegen im östlichen und südöstlichen Teil des Ablagerungsraumes, die hier sedimentierten Schichten treten daher nur im südlichen und östlichen Alpenbereich auf.

### 1.3. Plattenwanderung

Im Verlauf der Plattenwanderung wird Material aus einem 500-700 km (vielleicht bis zu 1000 km) breiten Ablagerungsraum auf die heutige Breite der Alpen von 120-150 km zusammengeschoben. Die Hauptrichtung der Bewegung verläuft von SO nach NW. Dabei treten verschiedene Veränderungsmechanismen auf:

a. Deckenverschiebung

Im Verlauf der Plattenkollision wird das Material in großen, flächigen Materialpaketen, („Decken“) übereinandergeschoben. Als Grundreihenfolge gilt von unten nach oben: helvetisch, penninisch, ostalpin, südalpin.

b. Faltung

Bei der Einengung werden die Sedimente, z.T. mit darunter liegendem kristallinen Untergrund, verfaltet. In jeder Falte erscheint das verfaltete Schichtpaket zweimal, wobei einmal das ursprünglich unten liegende Material noch oben zu liegen kommt. Durch häufig mehrfache Faltung entstehen komplizierte Schichtungen, in denen die gleiche Ursprungsschicht mehrfach übereinander liegt.

c. Aufspaltung

Beim Gleiten können die Decken zerbrechen und sich damit in Teile aufspalten.

d. Flyschbildung

In Meeresbecken an sich rasch hebenden Plattengrenzen abgelagerte Sedimente. Das Material wird auf kurzem, steilem Transportwege, oft in Form von Schuttlawinen in ein Tiefseebecken befördert. Dabei tritt im Wasser eine Korngrößensortierung ein, weshalb sich in den Sedimenten eine Abfolge von stetig feiner werdendem Material rhythmisch wiederholt. (s. Abb. 31 LABHART Schweiz) Die Flyschablagerungen werden meist schnell in die sich bewegenden Decken miteinbezogen.

e. Hebung und Abtragung

Sobald Gebiete über den Meeresspiegel angehoben werden, tritt eine Abtragung ein, durch die Entstehung von Tälern wird die Oberfläche zerteilt. Dadurch werden ursprünglich zusammengehörige Bereiche zerstückelt, sodass oftmals nur noch einzelne Gipfel als Relikte erhalten bleiben.

f. Metamorphose

Im Zuge der Bewegungen gelangen Schichten von der Oberfläche in größere Tiefen, wo sie unter der Einwirkung von Temperatur und Druck chemisch verändert werden.

## 2. Der historische Ablauf

### 2.1. Paläozoikum

Bis Ende Devon (360 Mio a)

Entstehung des Altkristallins (Grundgebirge).

Karbon (360-290 Mio a)

Alpenbereich Festland, Klima feucht-heiß. Variscische Gebirgsbildung mit starkem Vulkanismus.

Perm (290-250 Mio a)

Klima heiß-trocken, kontinentale Verwitterung (rotgefärbte Sedimente), Vulkanismus (Bozner Porphyry), Ende der variscischen Faltung.

### 2.2. Mesozoikum

Trias (250-210 Mio a):

Der Großkontinent Pangäa beginnt zu zerfallen. Es entsteht eine Bruchgrenze in N-S-Richtung (Atlantik), die eine weitere in O-W-Richtung nach sich zieht. Letztere lässt die heutigen Kontinente Europa und Afrika entstehen. Eine Bruchlinie senkt sich zum Urmittelmeer (Thetys) ab. Durch das Auseinanderweichen der Kontinente senkt sich die Landmasse leicht ab. Europa ist durch das vindelicische Land (ungefähr im Gebiet der heutigen Alpen) zweigeteilt. Nordwestlich davon entstehen auf der Landfläche Gräben, die sich z.T. mit Wasser füllen und in denen sich terrestrische oder binnenmeerische Ablagerungen sammeln („germanische Trias“: Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper). Südöstlich entsteht ein Flachmeer. Es ist von Schwellen und Gräben durchzogen, die an diesem passiven Kontinentalrand durch Brüche entstehen. Die Meeresablagerungen im Thetys-Trog werden das Material für die Alpen liefern. Die östlichen Kalkalpen (Allgäu, Tirol, Salzburg, Dolomiten) sind überwiegend triassischer Herkunft. (Tab.:BEURLEN S.251).

Jura (210-140 Mio a):

Durch die Überflutung des vindelicischen Landes vereinigt sich die Thetys mit den nördlich gelegenen Meeren, dadurch erreichen die Meere ihre größte Ausdehnung. Ablagerungen bleiben rel. gering, da sich kein Festland als Materiallieferant in unmittelbarer Nähe befindet. (*BEURLEN S.264/265*). Gegen Ende des Jura zieht sich das Meer zurück.

Kreide (140-66 Mio a)

Untere Kreide (140-98 Mio a)

Das Thetysmeer erreicht seine größte Ausdehnung.

Obere Kr. (98-66 Mio a)

Die auseinandergebrochenen Kontinente Afrika und Europa beginnen sich wieder zu nähern, wobei Europa weitgehend ortsfest bleibt und Afrika sich nach N bewegt. Ursache ist die zum Südatlantik hin fortschreitende Öffnung des Atlantiks, durch die die afrikanische Platte im Gegenuhrzeigersinn gedreht und nach NW verschoben wird. Im penninischen Ablagerungsraum wird die ozeanische Kruste mit den darauf liegenden Ablagerungen unter die heranwandernde afrikanische Kruste (Süd- und Ostalpin) versenkt (Subduktion). Die afrikanische Plattenkante stellt sich dabei auf und es kommt zu ersten Flyschablagerungen.

Die erste Gebirgsbildung setzt im oberostalpinen Bereich ein, als dieser in der oberen Kreide über die nördlich davon liegenden Zone (Unterstalpin und Teile des Penninikums) hinweggeschoben und dabei aus dem Meer gehoben wird. Im zentralen Teil der Ostalpen beginnt eine Gebirgsbildung, nördlich davon eine Absenkung, in die hinein die Flyschablagerungen sedimentiert werden. Im Gebiet der Westalpen hält die Absenkung an, mächtige Ablagerungen sind die Folge. Die westlichen Kalkalpen sind daher weitgehend Kreide-Kalkgebirge. Am Ende der Kreide ziehen sich in Zusammenhang mit der verstärkt einsetzenden alpinen Gebirgsbildung die Meere zurück.

### 2.3. Känozoikum

Tertiär (66-1,7 Mio a)

Übersicht:

Afrika wandert nach Norden und kollidiert mit der europäischen Platte. Infolge der Hauptbewegungsrichtung wird südlicher gelegenes Material meist über nördliches geschoben, es entstehen dachziegelartige Deckenstapel, die im weiteren Verlauf der Einengung gefaltet werden. Entsprechend der Wanderungsrichtung erfasst die Deckenbildung zuerst den penninischen und ostalpinen, zuletzt den helvetischen Bereich. Da sich gleichzeitig im Untergrund die afrikanische Kruste in die europäische hineinbohrt, werden die südlichen Endbereiche der auflaufenden Decken steil aufgestellt („Wurzelzonen“).

Die Faltung und Deckenbildung verläuft zunächst noch unter Wasser. Erst seit ca. 30 Mio tritt eine Hebung ein, zuerst in den östlichen Teilen, danach erfolgt auch eine starke Hebung der Westalpen. Der Hebungsvorgang verläuft in mindestens zwei Phasen. Dazwischen wird das bereits gehobene Land abgetragen. Die dabei entstehenden Abtragungsflächen werden nach der zweiten Hebung zerteilt, es entstehen die Gipfelfluren mit nahezu gleich hohen Gipfeln und Firnfeldern (Firnfeldniveau).

Die tiefer liegenden Schichten des Deckenstapels werden metamorphosiert.

Auch vor den westlichen Alpen entsteht eine nördlich davor gelegenen Senke. In sie

wird Abtragungsmaterial als Molasse (→Flysch der Kreide) abgelagert, sobald Teile des neu entstehenden Gebirges über den Meeresspiegel heraussteigen. Dabei wechseln sich Meeres- und Süßwasserablagerungen ab, da durch Hebungen und Senkungen das Gebiet vom Meer überflutet oder wieder abgetrennt wird.

Entstehung des heutigen Mittelmeeres.

Einbruch des Rheintalgrabens, Kaiserstuhl- und Hegau-Vulkanismus im Miozän (24-5 Mio a).

Paläozän und Eozän (66-36 Mio a)

Die südlichsten Bereiche des europäischen Kontinentes (penninischer Bereich) werden unter der ozeanischen Kruste und dem Nordrand der afrikanischen Platte versenkt (Subduktion).

Oligozän (36-24 Mio a)

Der penninische Bereich wird beim Auftreffen des nordwestlichsten Teiles der afrikanischen Platte („adriatischer Sporn“) in „Späne“ zerteilt und nach N geschoben. Dabei werden seine Sedimentschichten untereinander und gegen den Untergrund zerschert und zu einem Deckenstapel geschichtet. Über diesen penninischen Stapel schiebt sich der nördliche Teil der afrikanischen Platte, das Ostalpin.

Material der ostalpinen Decken wird als untere Meeres- und Süßwassermolasse abgelagert.

Miozän (24-5 Mio a)

Auch der helvetische Bereich wird von der Schubbewegung erfasst und wird zum helvetischen Deckenstapel.

Helvetische und obere penninische Decken liefern das Material für die obere Meeressmolasse, die obere Süßwassermolasse entstammt penninischen Decken.

Pliozän (5-1,7 Mio a)

Der nördliche Rand der helvetischen Decken überfährt die angrenzende Molasse und faltet sie dabei auf.

An der Westgrenze des Molassebeckens werden die helvetischen Sedimente aus dem Mesozoikum zum Jura aufgefaltet.

Quartär (1,7-0 Mio a)

Pleistozän (Diluvium, 1,7-0,015 Mio a):

Das Klima durchläuft mehrfache Kaltzeiten. Die Schneegrenze in den Alpen liegt während der Kaltzeiten ca. 1200 m tiefer als heute.

Aus dieser Zeit stammen viele landschaftsgestaltende Bildungen (z.B. Lößbildung während der Kaltzeiten, weitere s. Kap. 3).

Holozän (Alluvium, 15000-0 a):

Abschmelzen der Gletscher (bis 9500). Temperaturzunahme über heutige Werte (Eichenmischwald) bis ca. 500 v.Chr., danach Temperaturrückgang (Buchenwald).

### 3. Diluviale Spuren

#### 3.1. Moränen

Die Gletscher hinterlassen Moränen. Vor den noch gut erhaltenen Endmoränen der letzten (Würm-)Eiszeit (Jungmoränen) liegen Reste früherer, weiter vorgedrungener Vereisungen (Altmoränen).

#### 3.2. Flussterrassen

Bei geringer Wasserführung (Kaltzeiten, wenig Schmelzwasser) bleibt das Schuttmaterial liegen, das Flußbett füllt sich auf. Größere Wassermengen (Warmzeiten, Gletscher schmelzen ab) führen zu Tiefenerosion, der Fluß schneidet sich ein, der aufgeschotterte Talboden wird zu einer Schotterterrasse. Bei wiederholtem Wechsel von Eintiefung und Aufschotterung schneidet sich der Fluß immer tiefer ein. Die älteren Ablagerungen finden sich deshalb als höher gelegene Hochterrasse. Die jüngsten, die nur wenig über dem derzeitigen Talboden liegen, bilden die Niederterrasse.

#### 3.3. Zeichen für Dauerfrostböden außerhalb der vereisten Gebiete:

- a. Löß- oder Lehmkeile: Entstehen durch Ausfüllung von Frostspalten.
- b. Würge- und Taschenböden: Im Sommer aufgetauter Boden wird zu Beginn des Winters zwischen dauergefrorenem Untergrund und neu gefrorener Oberfläche herausgepresst.
- c. Asymmetrische Täler: S-Hänge tauen früher auf und werden durch Erosion oder Solifluktion stärker abgetragen als die N-Hänge

#### 3.4. Regen- (Pluvial-)zeiten in heutigen Trockengebieten

Während der Kaltzeiten sind die Zonen mit starken Niederschlägen nach S verschoben. Viele Seen sind daher wasserreicher als heute. Nachweis dafür sind alte Strandterrassen, die deutlich über dem heutigen Wasserspiegel liegen (Lake Bonneville bei Salt Lake City, Tschadsee, Jordangraben)