

Jacopo Pasotti
WIE VIEL WIEGT EIN BERG?
WISSENSCHAFT ÜBER DER BAUMGRENZE

Das Buch

Wie entstehen Gebirge? Warum ist es im Tunnel warm und nicht bitter kalt? Weshalb sind die meisten Berge spitz, manche aber auch nicht? Wie schützt man sich am besten vor einer Lawine und was tut man, wenn man doch mal von einer überrollt wird? Und schließlich: Wie viel wiegt ein Berg? Für alle Bergsteiger, Kletterer, Skifahrer, Hüttenfreunde und alle, die die Berge lieben: Wissenswertes, Kurioses und Interessantes aus der Gebirgswelt.

Der Autor

Jacopo Pasotti arbeitet als Autor und Fotograf u.a. für *National Geographic* und *Die Zeit* und hat an Exkursionen nach Nepal, in die Arktis und in die Antarktis teilgenommen. 2011 wurde er mit dem *Piazzano-Preis* für Wissenschaftsjournalismus ausgezeichnet.

Besuchen Sie uns auch auf www.facebook.com/blanvalet
und www.twitter.com/BlanvaletVerlag

Jacopo Pasotti

WIE VIEL WIEGT EIN BERG?



WISSENSCHAFT ÜBER DER BAUMGRENZE

Aus dem Italienischen
von Johannes von Vacano

blanvalet

Die Originalausgabe erschien 2015 unter dem Titel
»La scienza in vetta« bei Codice edizioni, Turin.

Der Verlag weist ausdrücklich darauf hin, dass im Text
enthaltene externe Links vom Verlag nur bis zum Zeitpunkt
der Buchveröffentlichung eingesehen werden konnten.
Auf spätere Veränderungen hat der Verlag keinerlei Einfluss.
Eine Haftung des Verlags ist daher ausgeschlossen.



Verlagsgruppe Random House FSC® N001967

1. Auflage
Taschenbisherstausgabe
Copyright © 2015 by Codice edizioni, Turin
Copyright der deutschsprachigen Ausgabe
© 2015 Hoffman und Campe Verlag, Hamburg
Copyright dieser Ausgabe © 2017 by Blanvalet,
einem Unternehmen der Verlagsgruppe Random House GmbH,
Neumarkter Straße 28, 81673 München
Umschlaggestaltung und -illustration: www.buerosued.de
JB · Herstellung: sam
Satz: Farnschläder & Mahlstedt, Hamburg
Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck
Printed in Germany
ISBN 978-3-7341-0368-1

www.blanvalet.de

INHALT

◇◇◇◇◇

011 Einleitung

DIE BERGE VON UNTEN

1 Eine Frage der Sphären

016 Wie entstehen Gebirge? Plattentektonik

021 Der Ozean gibt nach: Die Anden

024 Kontinente auf Kollisionskurs: Der Himalaja

026 Ozeane unter sich: Japan

2 Wie weich ist doch Gestein!

028 Berge: Auf Biegen ...

030 ... und Brechen

034 Kann man Erdbeben vorhersagen?

3 Fiebernde Berge

042 Warum ist es im Tunnel warm?

043 Wie viel wiegt ein Berg?

4 Gebirge im Ruhestand

046 Wie alt ist dieser Berg?

050 Kann die Zeit Berge versetzen?

055 Der älteste Berg der Welt

5 Hoch, höher, am höchsten

060 Die Vermessung der Berge: Gestern ...

063 ... und heute

DIE BERGE VON INNEN

- ⑥ Der Stoff, aus dem die Berge sind
 - 070 Der Kreislauf der Gesteine
 - 072 Aus Feuer geboren: Magmatisches Gestein
 - 073 Gesteine aus zweiter Hand: Sedimentgestein
 - 075 Niedergeschlagenes Gestein
 - 076 Natürliches Recycling: Metamorphes Gestein
-
- ⑦ Korallenkonstrukte und Bernsteingeschichten
 - 079 Tierische Baumeister: Biogenes Gestein
 - 080 Seeigel in Cortina?
 - 084 Berge mit Loch: Karst
-
- ⑧ Ein König unter den Mineralen
 - 087 Quarz ist Trumpf: Kristalle
-
- ⑨ Feuerberge, auch unter Wasser
 - 092 Vulkane
 - 096 Kann man Vulkanaustrüche vorhersagen?
 - 101 Unterwassergebirge: Seamounts

DIE BERGE VON AUSSEN

- ⑩ Die perfekte Form der Berge
- 106 Weshalb sind Berge spitz?
- 110 Weshalb sind nicht alle Berge spitz?
- 112 ... und manche sogar ein Turm?!

- 11** Berge on the Rocks
114 Steter Tropfen höhlt den Stein – doch Eis höhlt stärker!
116 Was ist ein Gletscher?
117 Warum »fließt« das Eis?
119 Gebirgsgletscher
121 Wie man eine Sonnenbrille auf einem Gletscher wiederfindet
- 12** Zerdrückte Berge
124 Wie hätten die Alpen ohne Eiszeit ausgesehen?
128 Rock and Slide: Wie kommt es zu einem Erdrutsch?
131 Kann man Erdrutsche vorhersagen?
- 13** Grüne Berge
133 Der älteste Baum der Welt
134 Wieso verlieren Lärchen ihre Nadeln, Kiefern aber nicht?
135 Weshalb Wälder gesund machen
138 Gebirgsblumen sagen mehr als tausend Worte
139 Überlebensstrategien am Berg
140 Wenn das Eis sich rosa färbt
- 14** Bewohner der Berge
142 Weshalb der Alpensteinbock (fast) nie abstürzt
143 Gibt es Leben auf dem Eis?
145 Auch Gletscher haben Flöhe
146 Tierische Tricks für das Überleben im Winter
150 Wieso können tibetische Mönche auf 5000 Metern Fußball spielen?
155 Was ist die Höhenkrankheit?
158 Was man bei Höhenkrankheit tun kann – und was man besser lässt

DIE BERGE VON OBEN

- (15)** Wärme und Kälte in den Bergen
- 164 Weshalb wird die Luft immer kälter,
je weiter man nach oben steigt?
- 167 Wieso ist es im Gebirge trotzdem wärmer als im Tal?
- 172 Auf der Sonnenseite oder im Regen?
- 173 Gibt es die perfekte Hüttenpasta?

- (16)** Regen, Wind und Blitze!
- 174 Sommerregen
- 176 Wie entsteht der Föhn?
- 178 Was sind typische Gebirgswolken?
- 180 Ziehen Kiefern und Lärchen Blitze an?

- (17)** Die Wissenschaft vom Schnee
- 182 Wie entsteht Schnee?
- 185 Warum ist Schnee weiß?
- 186 Das Leben einer Schneeflocke
- 191 Der perfekte Schneeball
- 194 Reinigt Schnee die Luft?

- (18)** Die Wissenschaft des Carving
- 196 Weshalb gleiten Skier?
- 197 Das Geheimnis eines guten Carving-Skis
- 200 Wie entstehen Lawinen?
- 205 Wie lange überlebt man unter einer Lawine?

ZUSATZINFORMATIONEN UND WISSENSWERTES

- 029 Welcher ist der höchste Berg?
Mount Everest, Mauna Kea oder Chimborazo?
- 031 Ziehharmonikagebirge, oder: Die Geburt der Alpen
- 035 Unsichtbare Gebirge: Die Mittelozeanischen Rücken und Hotspots
- 044 Gibt es Berge auf dem Mond?
- 049 Unsichtbare Berge: Die Gebirgszüge der Antarktis
- 053 Berge mit Charakter: Der Mont Pelé
- 057 Berge mit Charakter: Der Ayers Rock
- 062 Berge mit Charakter: Das Matterhorn
- 077 Leonardos Irrtum über das Innenleben der Berge
- 082 Leonardos Wissen über Fossilien
- 089 Naica: Die größten Kristalle der Welt
- 098 Die Vulkane Italiens
- 100 Berge mit Donnerschlag: Der Mount St. Helens
- 120 Klimawandel: Weniger Eis, mehr Gletscher?
- 122 Das Leben auf einem Gletscher
- 127 Alpen, Exorzismen und eine kleine Kältezeit
- 149 Spurensuche im Gebirge
- 152 Das Edelweiß
- 157 Eine Überdruckkammer gegen die Höhenkrankheit
- 165 Warum frieren Gebirgsseen nicht zu?
- 168 Was hilft gegen die Kälte?
- 169 Fünf Dinge, die man tun kann, um Erfrierungen zu vermeiden, und fünf Dinge, die man tunlichst lässt
- 188 Stimmt es, dass keine Schneeflocke der anderen gleicht?
- 192 Sind Kunstschnne und echter Schnee gleich?
- 204 Lawinen: Was lehrt uns die Geschichte?
- 206 Wie funktioniert der Lawinen-Airbag?

EINLEITUNG



Als ich mit der Schule fertig war, habe ich mich für Geologie eingeschrieben. Glaubt nicht, ich hätte diesen Entschluss aufgrund meiner innigen Liebe zu Kristallchemie oder Geophysik gefasst, ganz zu schweigen von Angewandter Geologie. Nichts von alledem. Ich liebte Klettern, Bergsteigen und Skifahren, liebte es, mit Freunden in die Berge zu flüchten, unser Lager aufzuschlagen, wo es eben ging, und immer neue Abenteuer in den Bergtälern auszuhecken. Meine Neugier für die geologischen Wissenschaften wurde entfacht vom Granit des Veltlins, dem Kalk der Grigna, dem gleichnamigen Gestein der Dolomiten und dem Gneis des Aostatals. Kurz: Ich habe Geologie studiert, weil ich schon früh am liebsten im Freien war, wo ich die Natur mit meinen eigenen Händen berühren und den kühlen Bergwind auf der Haut spüren konnte – die Geologie war die perfekte Ausrede, um mich in den Bergen herumzutreiben.

Dann haben sich die Dinge gewandelt, und ich fand bald fast genauso viel Gefallen daran, mich in einer Bibliothek oder einem Labor zu verkriechen, wie an meinen Ausflügen ins Gebirge. Ich entdeckte ein gewisses Interesse für Themen, von denen ich niemals gedacht hätte, dass sie mich faszinieren und stundenlang an den Schreibtisch fesseln könnten. Wie konnten nur aus praktisch demselben Magma zwei vollkommen unterschiedliche Gesteine entstehen? Je mehr ich studierte und herausfand, desto mehr begeisterten mich die Vielfalt der Natur und die Fähigkeit der Wissenschaft, eine gewisse Ordnung in ihre Komplexität zu bringen.

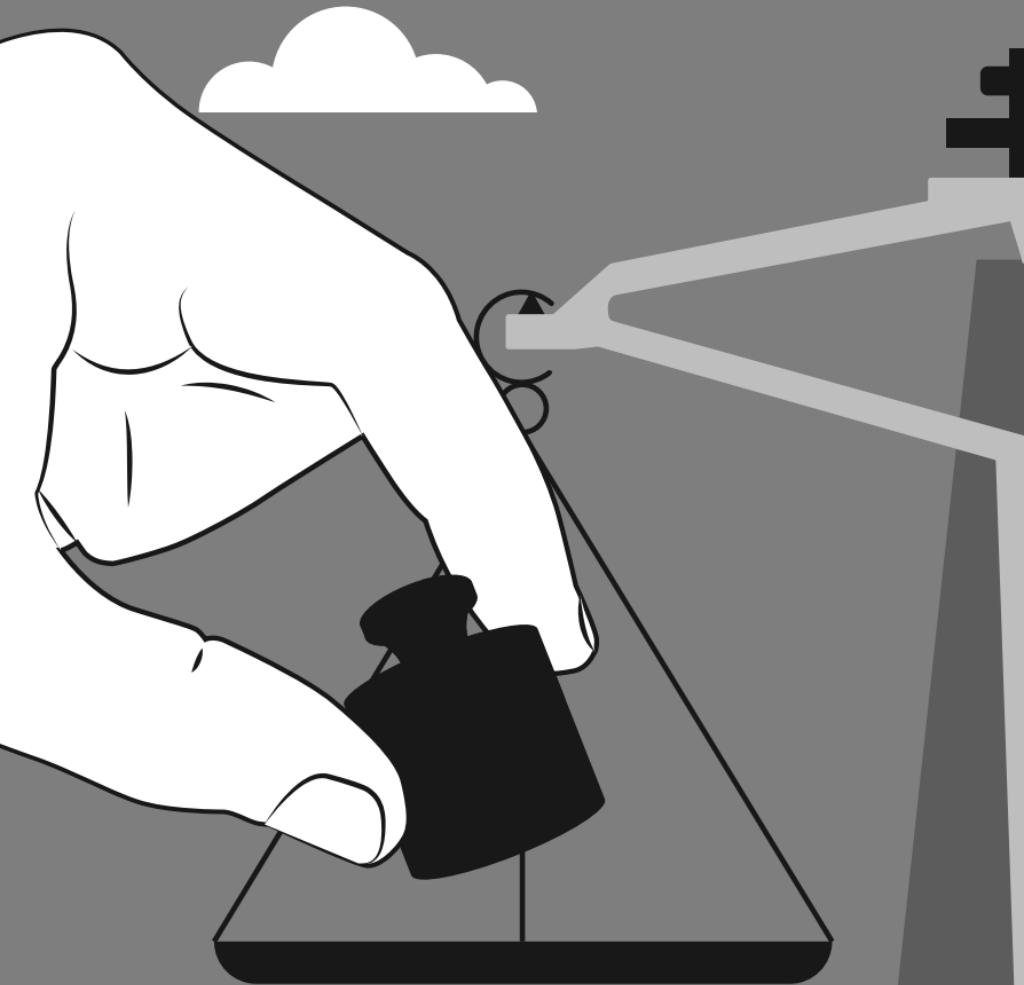
Die Freude an der Auseinandersetzung mit dem Gebirge hat für mich nie nachgelassen. Mein Blick hat sich jedoch verändert, und ich erkenne in den verschiedenen Formen, die mich umgeben, eine Geschichte, eine Abfolge von Ereignissen und Prozessen, die den Tälern, Graten und Gipfeln der Gebirge ihren Stempel aufgedrückt haben. Ich entdecke Zeichen und Merkmale, die ich früher weder lesen noch interpretieren konnte. Ich bin von Geschich-

ten umgeben, die erklären, wie jener Gletscher dort oben entstanden ist oder was die Flechte über das Klima verrät, die vor mir auf dem Felsen wächst.

Nichts anderes erhoffe ich mir für alle, die gerade in diesem Buch blättern. Ich wünsche mir, dass es die Neugier weckt, einem der vielen kuriosen Aspekte der Berge auf den Grund zu gehen. Und dass der Wunsch, mehr über sie zu erfahren, mit der Zeit immer weiter wächst. Ich hoffe, kurz gesagt, dass beim Lesen die Antworten auf einige wissenschaftliche Fragen zugleich immer wieder neue Fragen aufwerfen und neues Interesse entstehen lassen. Sei es auf einer sonnenbeschienenen Wiese im Hochsommer, sei es in einem gemütlichen Sessel, während vor dem Fenster der Schnee fällt.

DIE BERGE VON UNTEN









EINE FRAGE DER SPHÄREN



WIE ENTSTEHEN GEBIRGE? PLATTENTEKTONIK

Unser Planet genießt es, sich zu erneuern. Würden wir ihn wie eine Wassermelone in der Mitte durchschneiden, könnten wir sehen, dass er aus vielen konzentrischen Sphären aufgebaut ist: von seinem Kern bis hin zur Erdoberfläche, die wie eine Art rauе, feste Haut die äußerste Schicht bildet.

Diese Haut, die *Lithosphäre*, regeneriert sich ständig entlang von Gebirgszügen im Ozean, den Mittelozeanischen Rücken, wo geschmolzenes Gestein (*Magma*) aus den Tiefen der Erde aufsteigt. Zugleich werden ihre ältesten Teile unter den Kontinenten aufgezehrt, teilweise auch unter den anderen Ozeanen. Dieser Vorgang wird *Subduktion* genannt und bewirkt, dass die Lithosphäre in die Tiefe hinabsinkt, wo die Erdwärme das Gestein wieder in seinen geschmolzenen Urzustand zurückversetzt.

Die ozeanische Lithosphäre hat eine durchschnittliche Dichte von 2,9 Gramm je Kubikzentimeter (sie ist also etwa dreimal so schwer wie Wasser), während die im Allgemeinen dickere kontinentale Lithosphäre auf 2,7 Gramm je Kubikzentimeter kommt und damit leichter ist. Das ist freilich kein großer Unterschied, aber er reicht aus, damit die ozeanische unter die kontinentale Lithosphäre absinkt. Diese Subduktion und die Ausbreitung der Ozeane sind die Triebkräfte hinter der Kontinentalverschiebung. Sie sind somit die Ursache für die langsame, aber unaufhaltbare Bewegung der Kontinente und für die Entstehung der Gebirge.

Die starre Lithosphäre (sie bricht eher, als dass sie sich verformt) ist in tektonische Platten unterteilt. Diese gewaltigen steinernen Flöße folgen einer Strömungsbewegung, der Konvektion, die wiederum in der *Asthenosphäre* entsteht (in etwa 80 bis 200 Kilometern Tiefe). Tektonische Platten erkennt man an hoher seismischer Aktivität, manchmal an Vulkanen und (da sind sie endlich!) an der Entstehung von Gebirgszügen.

Die Asthenosphäre ist heiß – sehr heiß sogar! –, und da man sie nicht wirklich flüssig nennen kann (es geht hier um geschmolzenes Gestein bei etwa 1600°C), muss man sich vorstellen, dass sie aus einem verformbaren Material besteht, das je nach Temperatur und jeweiliger Zusammensetzung mehr oder weniger gut fließt. Die Rede ist hier von unendlich langsam Bewegungen, von Millimetern pro Jahr, die jedoch ausreichen, um die darüberliegende Lithosphäre mit sich zu ziehen. Was sich hier, in der Asthenosphäre, ereignet, hat große Ähnlichkeit mit Vorgängen, die wir auch

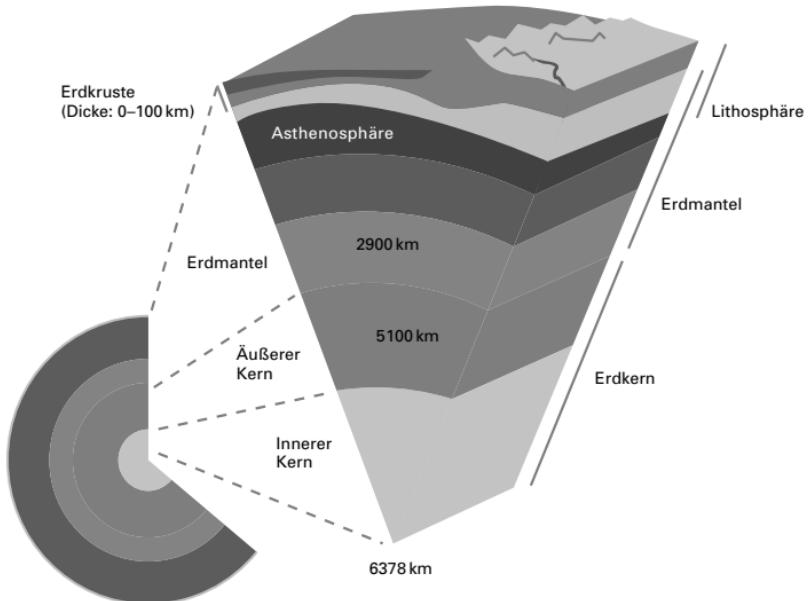


Abbildung 1 – Der konzentrische Aufbau der Erde



Rocky
Mountains

Appalachian

Anden

Ellsworthgebirge

Transantarktisches
Gebirge

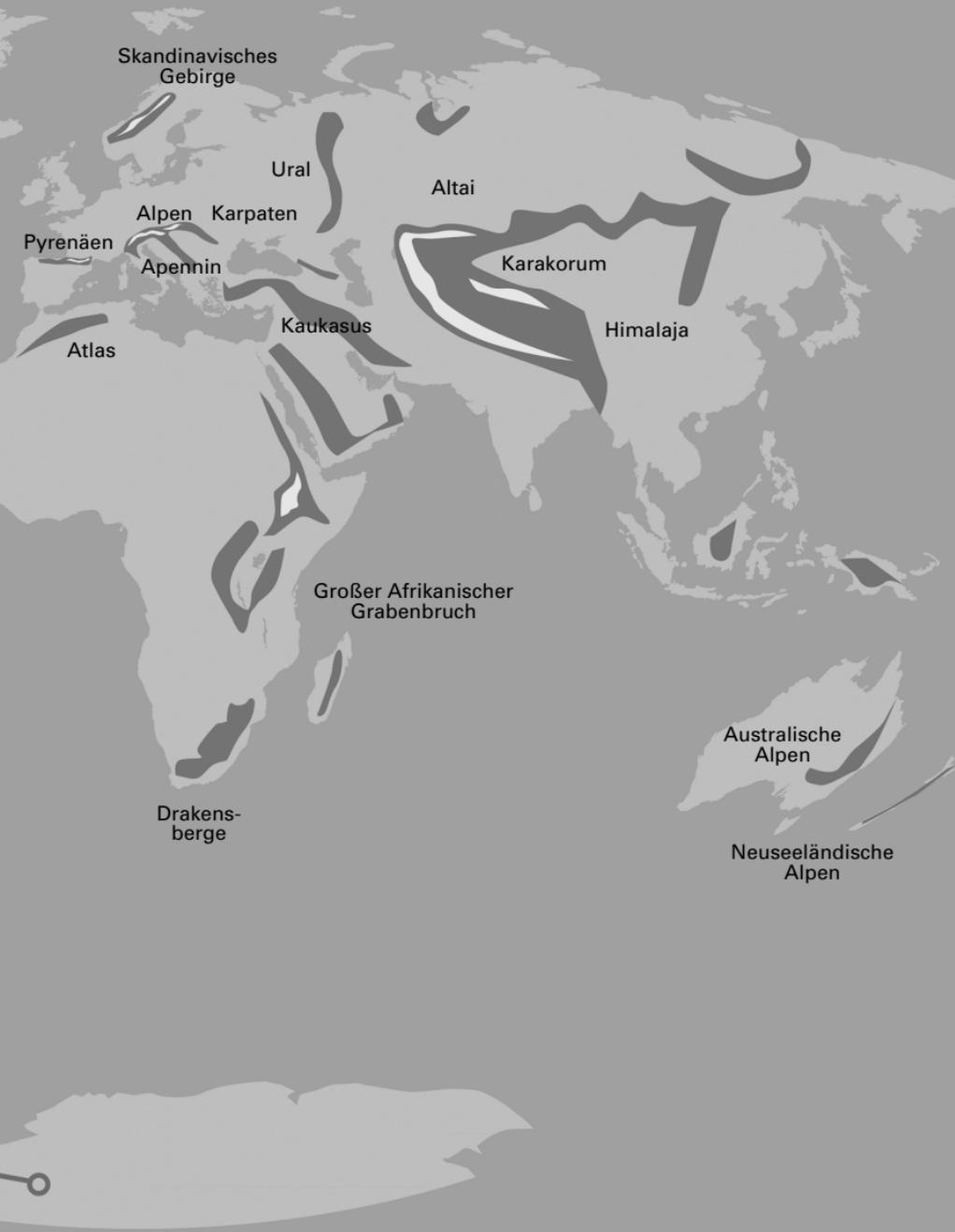


Abbildung 2 – Die wichtigsten Gebirgszüge

in unserem Suppentopf beobachten können: In der Mitte, wo die Hitze der Herdplatte größer ist, ist es heißer, während zu den Rändern hin die Temperatur etwas abnimmt. Die Bewegung der Gemüestücke verläuft in der Mitte von unten nach oben, an den Rändern hingegen von oben nach unten. Auf dieselbe Weise entstehen innerhalb der Asthenosphäre Bewegungen im geschmolzenen Gestein, die an der darüberliegenden Lithosphäre, der Oberfläche unserer Suppe, zerren, sie in Stücke brechen, anschieben und mit anderen Fragmenten der Lithosphäre kollidieren lassen. Dieser Vorgang wurde vor rund hundert Jahren entdeckt und erstmals beschrieben. Wir kennen ihn heute als *Plattentektonik*.

Nach diesem kurzen theoretischen Vorspann können wir nun voll ins Thema einsteigen. Erstens: Gebirge entstehen an den Rändern der lithosphärischen Platten. Zweitens: Letzten Endes ist alles eine Frage der Dichte.

Entlang der Mittelozeanischen Rücken entsteht neue Lithosphäre, die auf der darunterliegenden Asthenosphäre treibt und sich von den Rücken weg bewegt. Wo zwei Platten aufeinander treffen, schiebt sich die schwerere Lithosphäre unter die leichtere. Das Magma, das an den ozeanischen Rücken austritt, bildet lithosphärisches Gestein, dessen Dichte etwas höher ist als die der kontinentalen Lithosphäre. Aus diesem Grund muss es bei einem Zusammenstoß seinem leichten gegenüber den Vortritt lassen und versinken. Nicht zuletzt aufgrund dieser Dichtedifferenz liegen die Meeresgründe tiefer und unter Wasser, während die Kontinente höher liegen, über dem Meeresspiegel.

Offensichtlich ist die Lithosphäre nicht flüssig und bewegt sich nur widerwillig; die Bewegung, um die es hier geht, beläuft sich in der Tat auch nur auf wenige Millimeter pro Jahr, wobei die Steinsschichten, die sich hier unter andere Platten schieben, Dutzende von Kilometern dick sein können. Es ist ein sehr langsamer Vorgang, der große Reibung hervorruft, Brüche und Verformungen im Gestein nach sich zieht, und an dessen Ende schließlich ein Gebirgszug steht. Immerhin sprechen wir hier von Geologie, also von Ereignissen, die man in Erdzeitaltern misst, aber auch von un-

ermesslichen Kräften, die mit der Zeit gewaltige Erhebungen bewirken können.



DER OZEAN GIBT NACH: DIE ANDEN

Gebirgsketten wie die Rocky Mountains oder die Anden entstehen dort, wo die ozeanische Lithosphäre sich wie ein Keil unter die kontinentale schiebt. Dabei wird die Lithosphäre – während sie nach und nach in die Tiefe sinkt – eingeschmolzen und kehrt innerhalb der Asthenosphäre wieder zu ihrem quasiflüssigen Zustand zurück.

Die Erdbeben, Berge und Vulkane, welche die Anden auszeichnen, sind tatsächlich Folgen der Subduktion der ozeanischen Kruste unter die kontinentale Kruste der Südamerikanischen Platte. Die kontinentale Erdkruste – gewissermaßen die Epidermis unseres Planeten: der äußerste, leichteste und unflexibelste Teil der Lithosphäre – neigt dazu, sich aufzutürmen und zu wölben, und das liegt an der Reibung der beiden großen Erdmassen, die aufein-



Abbildung 3 – Entstehung eines Gebirges (1):
Ozeanische Kruste vs. Kontinentale Kruste