

Stoffgeschichten

David R. Montgomery



dreck

Warum unsere Zivilisation den
Boden unter den Füßen verliert

Dieses Buch wurde klimaneutral hergestellt.
CO₂-Emissionen vermeiden, reduzieren, kompensieren –
nach diesem Grundsatz handelt der oekom verlag.
Unvermeidbare Emissionen kompensiert der Verlag
durch Investitionen in ein Gold-Standard-Projekt.
Mehr Informationen finden Sie unter: www.oekom.de



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Lektorat: Christoph Hirsch, oekom

Dreck – Warum unsere Zivilisation den Boden
unter den Füßen verliert in der Reihe ›Stoffgeschichten‹

© 2010 oekom verlag, München
Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH
Waltherstraße 29, 80337 München

Die Originalausgabe erschien unter dem Titel
»Dirt: The Erosion of Civilizations«
© 2007 The Regents of the University of California
published by arrangement with University of California Press

Übersetzung aus dem Englischen: Eva Walter
Visuelle Gestaltung + Satz: Ines Swoboda, oekom
Titelbild: Buried machinery in barn lot, Dallas,
South Dakota, May 13, 1936, © CORBIS, Foto Sloan

Druck: Kessler Verlagsdruckerei, Bobingen
Dieses Buch wurde auf FSC-zertifiziertem Papier gedruckt.
FSC (Forest Stewardship Council) ist eine nichtstaatliche,
gemeinnützige Organisation, die sich für eine ökologische und
sozialverantwortliche Nutzung der Wälder unserer Erde einsetzt.

Alle Rechte vorbehalten
Printed in Germany
ISBN 978-3-86581-197-4
e-ISBN 978-3-86581-615-3



Mix

Produktgruppe aus vorbildlich bewirtschafteten
Wäldern und Recyclingholz oder -fasern
www.fsc.org Zert.-Nr. IMO-COC-26340
© 1996 Forest Stewardship Council



Stoffgeschichten – Band 6

Eine Buchreihe des Wissenschaftszentrums Umwelt der Universität Augsburg in Kooperation mit dem oekom e.V.

Herausgegeben von Prof. Dr. Armin Reller und Dr. Jens Soentgen

Die Dinge und Materialien, mit denen wir täglich hantieren, haben oft weite Wege hinter sich, ehe sie zu uns gelangen. Ihre wechselvolle Vorgeschichte wird aber im fertigen Produkt ausgeblendet. Was wir an der Kasse kaufen, präsentiert sich uns als neu und geschichtslos. Wenn man seiner Vorgeschichte nachgeht, stößt man auf Überraschendes und Erstaunliches. Auch Verdrängtes und Unbewusstes taucht auf. Gerade am Leitfaden der Stoffe zeigen sich die Konflikte unserer globalisierten Welt.

Deshalb stellen die Bände der Reihe *Stoffgeschichten* einzelne Stoffe in den Mittelpunkt. Sie sind die oftmals widerspenstigen Helden, die eigensinnigen Protagonisten unserer Geschichten. Ausgewählt und dargestellt werden Stoffe, die gesellschaftlich oder politisch relevant sind, Stoffe, die Geschichte schreiben oder geschrieben haben. *Stoffgeschichten* erzählen von den Landschaften, von den gesellschaftlichen Szenen, die jene Stoffe, mit denen wir täglich umgehen, durchquert haben. Sie berichten von den globalen Wegen, welche viele Stoffe hinter sich haben.

Dreck – Warum unsere Zivilisation den Boden unter den Füßen verliert ist der sechste Band der Reihe. Der amerikanische Geowissenschaftler David Montgomery zeigt in diesem faszinierenden und doch beunruhigenden Buch, dass fruchtbarer Dreck – der Erdboden, der uns trägt – erschreckend knapp wird. Wir verbrauchen mit unseren landwirtschaftlichen Methoden Erde weitaus schneller als sich neue bildet. Denn überall, wo die Erde von der schützenden Vegetation entblößt ist, wird sie von Wind und Wasser abtransportiert – Krümel für Krümel. In seiner brillant erzählten Synthese aus Archäologie, Geschichte und Geologie beschreibt Montgomery den menschlichen Umgang mit fruchtbarem Dreck – vom alten Zweistromland bis zur Gegenwart. Er zeigt auch, welche Perspektiven es für einen zukunftsfähigeren Umgang mit dem Erdboden gibt – zum Beispiel durch ökologische Landwirtschaft.

Für Xena T. Dog, meine enthusiastische Feldassistentin,
leidenschaftliche Empfangsdame und allerbeste Freundin -
bleib immer an meiner Seite, du gutes Mädchen.

David R. Montgomery

**Dreck – Warum
unsere Zivilisation
den Boden unter
den Füßen verliert**

aus dem Englischen
von Eva Walter

KAPITEL 1

Dreck unter unseren Füßen

11

Der Boden, die dünne Haut der Erde, musste und muss alle menschliche Zivilisation tragen und ernähren. Und doch findet kaum Beachtung, dass alljährlich Milliarden Tonnen fruchtbaren Bodens verloren gehen. Eine Einführung in die kulturelle Dimension eines Stoffes, den wir wie den letzten Dreck behandeln – obwohl er unverzichtbar ist.

KAPITEL 2

Die dünne Haut der Erde

23

Charles Darwin bezeichnete sie als die Gärtner der Natur: Dabei sind Regenwürmer nicht die einzigen Helden im lichtlosen Dunkel. In gesundem Boden blüht das Leben, er ist ein wahres Wunderwerk der Natur. Ein kleines Abc des Bodens, ein Porträt der unbekanntenen Welt zu unseren Füßen.

KAPITEL 3

Flüsse des Lebens

45

Die Erfindung des Ackerbaus revolutionierte die Welt. Doch er schuf nicht nur die Voraussetzung für den Aufstieg der Menschheit. Als die Menschen entlang großer Flusstäler sesshaft wurden, begannen auch Verbrauch und Zerstörung der Böden. Eine (Zeit-)Reise vom Zweistromland über das Alte Ägypten bis nach Fernost an die Ufer des Gelben Flusses.

KAPITEL 4

Friedhof der Imperien

73

Der biblische Garten Eden ist längst Geschichte. Entwaldung und Ackerbau während der griechischen und römischen Antike haben dem einst blühenden Land um das Mittelmeer schwer zugesetzt. Jenseits des Atlantiks betrieben auch die präkolumbianischen Hochkulturen Raubbau an den natürlichen Ressourcen und leiteten damit ihren eigenen Niedergang ein.

KAPITEL 5

Landfraß und Eroberung 115

In weiten Teilen Mitteleuropas trifft der Ackerbau auf exzellente Bedingungen. Die fruchtbaren Böden ermöglichten den einzigartigen Aufstieg hoch entwickelter Kulturen und mächtiger Staaten.

Aber auch die Europäer vernachlässigten die Bodenpflege, fanden jedoch in Übersee eine Lösung für ihre Ressourcenprobleme: Die Kolonien ernährten von nun an den alten Kontinent.

KAPITEL 6

Der Treck nach Westen 155

Auf den Sklavenplantagen der Südstaaten entstehen ab dem 17. Jahrhundert endlose Monokulturen aus Tabak und Baumwolle – mit verheerenden Folgen für die dortigen Böden. Doch die neu entdeckte Welt bietet Land im Überfluss und die Siedler ziehen weiter nach Westen. Das verschwenderische System wird zum Motor für die Erschließung des nordamerikanischen Kontinents.

KAPITEL 7

Boden auf Wanderschaft 193

Oklahoma in den 1930ern: Über weiten Teilen des Mittleren Westens herrscht eine verheerende Dürre. Der Wind trägt die fruchtbare Ackerkrume fort, die Prärie versinkt im Staub. Doch nicht nur Amerika erlebt seine Dust Bowl. In den 1960ern erntet auch die sowjetische Aralsee-Region die bitteren Früchte einer gewinnorientierten, industrialisierten Landwirtschaft.

KAPITEL 8

Schmutzige Geschäfte 233

Brache, Fruchtwechsel und Dung haben ausgedient, revolutionäre Erkenntnisse in Wissenschaft und Technik lassen den Boden zur Fabrik verkommen. Die Chemie erobert die Äcker, das Haber-Bosch-Verfahren beendet das bewährte Zusammenspiel von Ackerbau und Viehzucht, der Grünen Revolution der Moderne wird der Boden bereitet. Doch es regt sich Widerstand: Pioniere alternativer Landbaukonzepte bestellen ihre Felder bodenschonend.

KAPITEL 9

Inselerfahrungen

283

Inselgesellschaften verdeutlichen, dass die Erde letztlich auch nicht mehr ist als eine Oase im Weltall, die nur dank einer dünnen fruchtbaren Haut bewohnbar ist. Historische und aktuelle Beispiele aus den endlosen Weiten des Pazifiks, der Karibik und aus den unwirtlichen Breiten des Nordatlantiks zeigen, welche Wege die Inselbewohner eingeschlagen haben – Wege zwischen Nachhaltigkeit und Raubbau.

KAPITEL 10

Boden der Zukunft

305

Unsere Zivilisation überlebt nur dann, wenn sie den Boden wie ein wertvolles Erbe behandelt – und nicht wie den letzten Dreck. Wie sieht die Zukunft unserer Böden aus? Wie viele Menschen kann unsere Erde (noch) ernähren? Konzepte und Ideen für eine nachhaltige Landwirtschaft vom pfluglosen Anbau bis zur Urbanen Landwirtschaft.

ANHANG

Danksagung	329
Literaturverzeichnis	330
Bildquellen	345
Personenregister	346

Was wir dem Land antun,
tun wir auch uns selbst an.

Wendell Berry

KAPITEL 1

Dreck unter unseren Füßen



An einem sonnigen Augusttag in den späten 1990ern führte ich eine Expedition den Pinatubo auf den Philippinen hinauf, um einen Fluss zu untersuchen, der infolge der gewaltigen Eruption des Vulkans im Jahr 1991 noch immer mit dampfendem Sand angefüllt war. Das Flussbett gab verhalten nach, als wir unter der gleißenden Tropensonne mühsam stromaufwärts marschierten. Plötzlich sank ich erst bis zu den Knöcheln und dann bis zu den Knien ein, um schließlich bis zur Hüfte im heißen Sand festzustecken. Während es mir in meinen hohen Stiefeln zunehmend heiß wurde, zückten meine Studenten ihre Kameras. Nachdem sie meine missliche Lage genau dokumentiert und ein wenig mit mir verhandelt hatten, zogen sie mich endlich aus dem Morast.

Man fühlt sich selten so hilflos wie wenn die Erde unter den Füßen nachgibt. Je mehr man dagegen ankämpft, umso tiefer sinkt man ein. Es geht abwärts und man kann nichts dagegen tun. Nach diesem kurzen Abtauchen in kochend heißen Treibsand fühlte sich selbst das lockere Flussbett steinhart an.

Wir denken normalerweise nicht allzu viel über den Boden unter unseren Füßen, unter unseren Häusern, Städten und Farmen nach. Erde ist eben Erde und als solche eine Selbstverständlichkeit. Doch intuitiv wissen wir, dass guter Boden mehr ist als Dreck. Gräbt man in frischer, reichhaltiger Erde, fühlt man das Leben darin. Fruchtbare Erde ist locker und rutscht von der Schaufel. Bei genauem Hinsehen offenbart sich eine ganze Welt voller Leben, das sich an anderem Leben gütlich tut, ein biologisches Fressgelage, das Totes zu neuem Leben recycelt. Gesunder Boden hat einen betörenden, vollen Duft – es ist der Geruch des Lebens selbst.

Doch was ist Erde überhaupt? Wir versuchen, mit ihr getreu dem Motto zu verfahren, aus den Augen, aus dem Sinn, und verbannen sie nach draußen. Wir spucken auf sie, verunglimpfen sie und kratzen sie von unseren Schuhen. Was aber ist letztendlich wichtiger als sie? Alles ist von der Erde genommen und kehrt wieder zu ihr zurück. Sollte das allein noch keine Achtung vor ihr einflößen, so denke man nur daran, wie tief greifend der Einfluss von Bodenfruchtbarkeit und Bodenerosion den Lauf der Geschichte beeinflusst hat.

Boden und Menschheitsgeschichte

Als die Menschheit begann, Landwirtschaft zu betreiben, ernährten 98 Prozent derer, die das Land bearbeiteten, eine kleine herrschende Klasse, die über die Verteilung von Nahrungsmitteln und Ressourcen entschied. Heute beläuft sich der Anteil der US-amerikanischen Bevölkerung, die in der Landwirtschaft tätig ist und den Rest des Landes ernährt, auf weniger als ein Prozent (in Deutschland waren es im Jahr 2005 rund zwei Prozent – Anm. d. Übers.). Zwar ist den meisten Menschen bewusst, wie sehr wir von diesem kleinen Kreis moderner Landwirte abhängen, doch nur wenige begreifen, welch enormen Stellenwert deren Umgang mit dem Boden für die Zukunft unserer Zivilisation haben wird.

Viele alte Kulturen betrieben in ihrem Wachstumsstreben indirekten Bodenabbau, denn ihre Ackerbaumethoden beschleunigten die Erosion so sehr, dass die natürliche Bodenbildung nicht mehr Schritt halten konnte. Manche von ihnen fanden heraus, dass man etwas für den Boden tun muss, um ihn zu erhalten. Was sie alle verband, war jedoch ihre Abhängigkeit von einer ausreichenden Nachlieferung fruchtbarer Bodens. Obwohl bereits bekannt war, wie wichtig es ist, die Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen, trug der Verlust von Boden von den ersten Agrargesellschaften bis hin zum antiken Griechenland und Rom zum Niedergang ganzer Kulturen bei. Später förderte er den Aufstieg des europäischen Kolonialismus und in Nordamerika die Landnahme gen Westen.

Derartige Probleme sind nicht einfach nur weit zurückliegende Geschichte. Dass die unangepasste Bewirtschaftung von Böden auch für die moderne Gesellschaft eine Bedrohung darstellt, zeigt sich in der Notlage der Umweltflüchtlinge, die in den 1930ern die *Dust Bowl* – die von Staubstürmen verwüsteten Teile des Mittleren Westens der Vereinigten Staaten – verlassen mussten, in der afrikanischen Sahelzone der 1970er und gegenwärtig im gesamten Amazonasbecken. Die Weltbevölkerung wächst fortwährend, doch die Fläche ertragreichen Ackerlandes nimmt seit den 1970er-Jahren ab und die Vorräte an billigen fossilen Brennstoffen zur Herstellung von Kunstdünger werden sich noch in diesem Jahrhundert erschöpfen. Sollte uns nicht anderes Unheil zuvor den Garaus machen, so wird unser Umgang mit dem doppelten Problem der Bodenerschöpfung und der verstärkten Bodenerosion schließlich das Schicksal der modernen Zivilisation bestimmen.

Die wichtige Rolle des Bodens in der Menschheitsgeschichte lehrt uns ganz einfach und deutlich: Unsere moderne Gesellschaft läuft Gefahr, die Fehler ihrer Vorgänger zu wiederholen, die letztlich zu ihrem Niedergang geführt haben. Wir leben auf Kosten der Zukunft unserer Enkel, da wir Boden schneller verbrauchen, als er sich bildet, und sind mit dem Dilemma konfrontiert, dass es gerade die langsamsten Entwicklungen sind, die man am schwierigsten aufhalten kann.

Nahezu in der gesamten bisherigen Geschichte menschlicher Kulturen spielte der Boden eine zentrale Rolle. So zählten zu den allerersten Büchern auch landwirtschaftliche Anleitungen, mittels derer bodenkundliches und landwirtschaftliches Wissen überliefert wurde. Erde ist außerdem das erste der vier von Aristoteles definierten Elemente Erde, Luft, Feuer und Wasser und als solches die Wurzel unserer Existenz und für das Leben auf unserem Planeten unentbehrlich. Wir jedoch behandeln sie wie ein billiges Industrieprodukt. Öl hingegen halten die meisten von uns für ein strategisches Gut. Und dennoch ist Boden langfristig gesehen mindestens genauso wichtig. Doch wer hält ihn schon für eine strategische Ressource? In unserem beschleunigten modernen Leben vergisst man nur zu leicht, dass fruchtbarer Boden noch immer die Grundlage darstellt, um hohe Bevölkerungszahlen erst zu ermöglichen.

Erosion oder warum Kulturen kollabieren

Für das Entstehen von Bodenerosion und für die von ihr verursachten Probleme sind zumeist geografische Faktoren verantwortlich. In manchen Gegenden führt die landwirtschaftliche Bewirtschaftung ohne bodenerhaltende Maßnahmen rasch zu verheerendem Bodenabtrag. In anderen Regionen hingegen findet der Pflug einen beachtlichen Vorrat an unverbrauchtem Boden vor. Nur an wenigen Standorten ist die nachschaffende Kraft des Bodens so hoch, dass eine industrialisierte Landwirtschaft moderner Prägung über menschliche Zeiträume hinweg möglich ist – von geologischen Zeiträumen ganz zu schweigen. Global betrachtet ist jedoch eines gewiss: Unser Vorrat an Boden geht langsam aber sicher zur Neige.

Es sollte uns in der Tat schockieren, dass wir unserem Planeten derart zusetzen und ihm buchstäblich die Haut abziehen. Überall ist dieser Raubbau sichtbar. Wir sehen es an den braun gefärbten Fluten, die überall dort ablaufen, wo wir die Erde aufreißen und entblößen, oder an der hohen Sedimentfracht der Flüsse, die kahl geschlagene Flächen entwässern. Sichtbar ist es überall dort, wo Erosionsrinnen so breit und tief sind, dass sie von Traktoren nicht mehr durchfahren werden können und wo Mountainbikes über tiefe Furchen in unbefestigten Straßen hinwegbrettern. Ein anderer Aspekt ist die Versiegelung wertvoller Flächen, die überall dort offensichtlich ist, wo neue Vororte und Einkaufsmeilen entstehen. Dieses Problem ist also alles andere als ein Geheimnis. Erde ist der natürliche Rohstoff, den wir am geringsten würdigen und schätzen und der doch unverzichtbar ist.

Ich persönlich interessiere mich eher dafür, wie man eine Kultur erhalten kann, statt zu katalogisieren, wie verschiedene unglückliche Umstände Gesellschaften zu Fall bringen können. Als Geologe weiß ich jedoch, dass wir die Spuren, die vergangene Kulturen in ihren Böden hinterlassen



- 1 Liegen Ackerflächen brach, hat das Wasser leichtes Spiel: Bereits bei geringsten Hangneigungen setzt Bodenerosion ein.

haben, lesen können, um festzustellen, ob eine nachhaltige Gesellschaft überhaupt möglich ist.

Historiker geben vielen Übeltätern die Schuld am Niedergang einst blühender Kulturen: Krankheit, Entwaldung und Klimawandel, um nur einige zu nennen. Zwar spielte jeder dieser Faktoren in verschiedenen Fällen eine mehr oder weniger große – manchmal dominante – Rolle, doch in der Regel lehnen Historiker und Archäologen zu Recht Theorien ab, die den Zerfall von Kulturen auf einen einzigen Faktor zurückführen. Moderne Erklärungen gehen von einem Wechselspiel von wirtschaftlichen, ökologischen und kulturellen Einflüssen in bestimmten Regionen und zu bestimmten Zeitpunkten in der Geschichte aus. Doch das Verhältnis einer jeden Gesellschaft zu ihrem Land – also wie die Menschen mit dem Boden unter ihren Füßen umgehen – ist von grundlegender Bedeutung, und zwar im wahrsten Sinne des Wortes. Immer wieder wurden Gesellschaften durch soziale und politische Konflikte unterminiert, sobald mehr Menschen mit Nahrung zu versorgen waren als das Land ernähren konnte. Die Geschichte legt den Schluss nahe, dass der Umgang der Menschen mit ihrem Boden über die Lebensdauer von Kulturen entscheiden kann.

Im Allgemeinen kommen und gehen Kulturen – sie entstehen, gelangen zur Blüte und erleben dann ihren Niedergang. Manche erfahren schließlich

einen erneuten Aufschwung. Natürlich tragen Krieg, Politik, Entwaldung und Klimawandel zum gesellschaftlichen Zerfall bei – hierzu kam es im Verlauf der Menschheitsgeschichte immer wieder. Doch warum sollte die Lebensspanne so vieler isoliert voneinander existierender Kulturen wie der der Griechen, Römer und Maya jeweils etwa tausend Jahre betragen?

Die Gründe für den Aufstieg und den Untergang einer jeden Kultur sind offensichtlich vielschichtig. Es war nicht allein der Raubbau an der Umwelt, der den vollständigen Zerfall dieser Kulturen auslöste. Doch was ihrem Boden zustieß, schuf die Voraussetzungen dafür, dass Wirtschaft, klimatische Extreme und Krieg schließlich ihr Schicksal besiegelten. Das Römische Reich zerbröckelte eher, als dass es zerbrach, es verschwand langsam, als die Erosion die Ertragsfähigkeit seines Kerngebiets erschöpfte.

Die Geschichte vieler Kulturen folgt im Wesentlichen einem gemeinsamen Drehbuch. Zu Beginn konnte eine wachsende Bevölkerung durch die alleinige Bewirtschaftung fruchtbarer Talsohlen ernährt werden. Ab einem bestimmten Punkt war man jedoch gezwungen, auch hängiges Gelände zu bewirtschaften. Sobald der Boden durch Beseitigung der Vegetation und fortwährende Bearbeitung brach lag und damit Regen und Abfluss ausgesetzt war, erfolgte ein geologisch gesehen äußerst rascher Abtrag der Hänge. In den darauf folgenden Jahrhunderten setzten dann Nährstoffverarmung oder Bodenerosion infolge immer intensiverer Bewirtschaftung die lokale Bevölkerung unter Druck, da die Ernteerträge sanken und kein Neuland mehr verfügbar war. Schließlich führte Bodendegradation dazu, dass die wachsende Bevölkerung nicht mehr mittels Ackerbau ernährt werden konnte, wodurch ganze Kulturen gewissermaßen von vornherein zum Untergang verurteilt waren. Dass sowohl kleine, isolierte Gesellschaften als auch ausgedehnte, überregionale Imperien einem ähnlichen Skript zu folgen scheinen, deutet auf ein Phänomen fundamentaler Bedeutung hin. Da die Bodenerosion die natürliche Bodenbildung um Längen überflügelte, konnten Kulturen, die es versäumt hatten, den Boden und damit die Grundlage ihres Wohlstandes zu schützen, nicht überdauern.

Da vom Zustand des Bodens abhängt, was auf ihm wie lange angebaut werden kann, ist es notwendig, Land von Generation zu Generation nachhaltig zu bewirtschaften, um die Grundlage des Wohlstands für künftige Generationen zu erhalten. Bisher haben nur wenige menschliche Gesellschaften Kulturen hervorgebracht, die auf nachhaltiger Bodenbewirtschaftung fußen; Methoden zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit haben indes die meisten entwickelt. Wie schnell sie ihren Boden erschöpften, hing häufig mit dem Entwicklungsstand ihrer Technik zusammen. Daher ist es uns nun auch erstmals möglich, sie alle zu übertreffen. Gleichzeitig wissen wir aber, was wir tun müssen, um ihrem Beispiel nicht zu folgen.

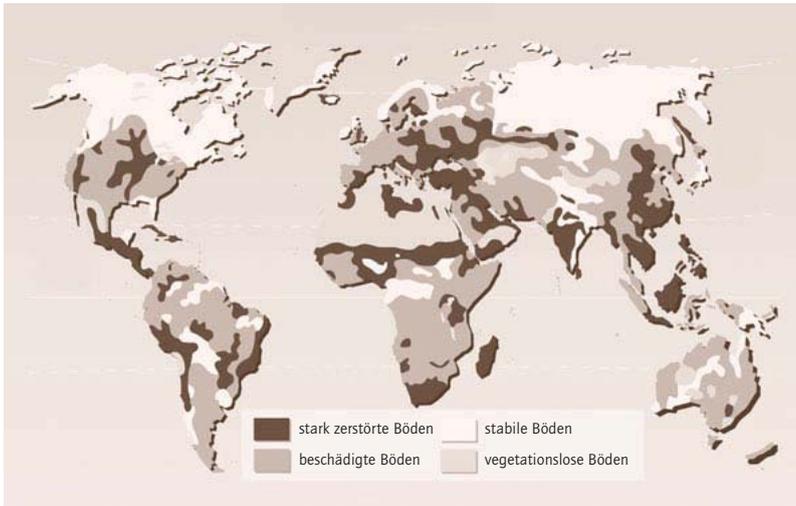
Milliardenschwere Verluste

Schätzungen des US-amerikanischen Landwirtschaftsministeriums zufolge, gehen im Becken des Mississippi trotz beträchtlicher Fortschritte im Bereich der Bodenerhaltung jedes Jahr Millionen Tonnen fruchtbaren Oberbodens durch Erosion verloren. Jede Sekunde befördert der größte Fluss Nordamerikas eine LKW-Ladung Mutterboden in die Karibische See. Jedes Jahr verlieren die landwirtschaftlichen Betriebe in den USA enorme Mengen an Boden – besäße jede US-amerikanische Familie einen Pick-up, man könnte sie damit alle befüllen. Das ist eine gewaltige Menge Erde. Und dennoch sind die Vereinigten Staaten nicht der größte Verschwender dieses entscheidenden Rohstoffs. Schätzungen zufolge gehen weltweit jedes Jahr 24 Milliarden Tonnen Erde verloren – mehrere Tonnen pro Erdenbürger. Trotz solch enormer globaler Verluste geht Bodenerosion langsam genug vonstatten, um in einem einzelnen Menschenleben weitestgehend un bemerkt zu bleiben.

Dort, wo schon vor langem ökologischer Suizid begangen wurde, sind die Folgen der Bodendegradation für den Menschen dennoch offensichtlich. Die Sünden der Vergangenheit verdammen diese Gegenden noch heute zu bitterer Armut – eine Folge der Übernutzung und Erschöpfung ganzer Landstriche. Man denke nur an die Fernsehbilder sandgestrahlter Landschaften im heutigen Irak, die so gar nicht zu unserem Bild der Region als Wiege der Menschheit passen wollen. Seit Jahrzehnten machen Umweltflüchtlinge Schlagzeilen, die auf der Suche nach Nahrung oder fruchtbarem Land gezwungen sind, ihre Heimat zu verlassen. Selbst wenn der Mensch dem stummen Zeugnis zerstörten Landes direkt ins Auge blickt, begreift er nur selten, wie wichtig es ist, unseren Boden zu erhalten. Erst wenn die Auswirkungen spürbar sein werden, wenn die Nahrung beginnt, knapp zu werden, wird sich zeigen, wie tragfähig unsere Zivilisation sein wird, oder ob das, was wir Kultur nennen, letztlich nur eine dünne Fassade ist, die in Zeiten der Not auf dem Spiel steht.

Wie viel Boden braucht der Mensch?

Für uns, die wir in den Industrieländern leben, zerstreut schon ein kurzer Besuch im Lebensmittelladen alle Ängste vor einer baldigen Krise. Zwei technische Innovationen – die Genmanipulation von Kulturpflanzen und die Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch Kunstdünger – führten dazu, dass Weizen, Reis, Mais und Gerste zu den vorherrschenden Pflanzen auf der Erde wurden. Diese vier einst seltenen Pflanzen wachsen nun in Monokulturen auf riesigen Flächen, die über eine halbe Milliarde Hektar bedecken – doppelt so viel wie die gesamte Waldfläche der USA, Alaska inklusive. Doch wie sicher ist die Basis der modernen industriellen Landwirtschaft?



- 2 Bodenerosion ist die größte Bedrohung für unsere Böden; insbesondere in den Steppen und Trockensavannen ist die Bodendecke stark degradiert.

Landwirte, Politiker und Umwelthistoriker verwenden den Begriff der Bodenmüdigkeit zur Beschreibung eines weiten Spektrums von Sachverhalten. Eigentlich bezieht sich der Ausdruck auf jenes Endstadium sinkender Bodenerträge, in dem Kulturland keine ausreichende Ernte mehr gewährleistet. Doch wann ist eine Ernte »ausreichend« und wann nicht? Hier gehen die Meinungen stark auseinander. Die einen definieren einen Zustand als nicht mehr »ausreichend«, wenn sich der Eigenbedarf nicht mehr decken lässt, die anderen verstehen darunter, dass es in diesem Fall gewinnträchtiger ist, neues Land urbar zu machen als alte Felder weiter zu bestellen. Demzufolge ist es notwendig, Bodenmüdigkeit im Kontext sozialer Faktoren, der Wirtschaft und der Verfügbarkeit von Neuland zu interpretieren.

Diverse soziale, kulturelle und ökonomische Einflussgrößen determinieren den Umgang einer Gesellschaft mit ihrem Land. Umgekehrt beeinflusst die Art und Weise, wie die Menschen auf dem Lande wirtschaften, wiederum die Gesellschaft. Ein Feld Jahr für Jahr ohne wirksame Bodenschutzmaßnahmen zu bestellen ist, als betriebe man eine Fabrik mit voller Kraft, ohne in Wartung und Reparatur zu investieren. Eine gute Bewirtschaftung kann Ackerboden ebenso sicher verbessern wie eine schlechte Bewirtschaftung ihn zerstören kann. Boden ist eine Generationen überschreitende Ressource, natürliches Kapital, das geschützt oder vergeudet werden kann. Da nur wenige Dezimeter Boden zwischen Gedeih und Verderb liegen, verschwinden Kulturen, die Raubbau an ihrem Boden betreiben.

Als Geomorphologe beschäftige ich mich mit dem Relief der Erde und mit der Veränderung von Landschaften in geologischen Zeiträumen. Meine

Ausbildung und Erfahrung haben mich gelehrt, dass Aufbau und Mächtigkeit von Böden ein Resultat des Zusammenwirkens von Klima, Vegetation, Geologie und Topografie sind; es sind diese Faktoren, die letztlich über die Ertragsfähigkeit eines Bodens entscheiden. Will man landwirtschaftliche Systeme erhalten, so ist es unerlässlich zu begreifen, wie sich menschliches Handeln auf den Boden auswirkt, und wie wir unsere Umwelt und die biologische Produktivität allen Lebens auf der Erde beeinflussen. Meine Forschungsreisen, auf denen ich mich mit Landschaften und ihrer Entstehung beschäftigte, haben mich gelehrt, wie wichtig es für die künftige Entwicklung der Menschheit sein kann, dass wir dem Boden die ihm gebührende Achtung entgegenbringen.

Die moderne Gesellschaft gibt sich gern dem Glauben hin, die Technik fände schon eine Lösung für nahezu jedes beliebige Problem. Doch wie sehr wir der Technik auch zutrauen, unser Leben verbessern zu können, sie bietet ganz bestimmt keine Lösung für das Problem, dass wir eine Ressource schneller verbrauchen, als wir sie erzeugen – eines Tages wird sie schlichtweg aufgebraucht sein. Die immer stärker verwobene Weltwirtschaft und die wachsende Weltbevölkerung machen den sparsamen Umgang mit Boden wichtiger als je zuvor in der Geschichte. Wenn wir unsere Erde nicht achtsamer bewirtschaften, werden unsere Nachkommen in gravierende Konflikte um unsere grundlegendste Ressource verstrickt werden – ob diese nun wirtschaftlicher, politischer oder militärischer Natur sein werden, ist dabei offen.

Wie viel Boden zur Ernährung einer menschlichen Gesellschaft nötig ist, hängt von der Größe der Bevölkerung, der natürlichen Ertragsfähigkeit des Bodens und von den zum Anbau von Nahrungsmitteln verwendeten Methoden sowie der dabei eingesetzten Technik ab.

Zwar können moderne landwirtschaftliche Betriebe eine gewaltige Anzahl von Menschen ernähren, doch es muss dennoch für jede einzelne Person eine gewisse Menge fruchtbaren Bodens zur Verfügung stehen. Diese simple Tatsache macht deutlich, dass die Lebensdauer einer jeden Kultur maßgeblich vom Erhalt ihres Bodens abhängt.

Das Potenzial einer Landschaft, Menschen zu ernähren, beruht sowohl auf der physischen Ausstattung der Umwelt – Böden, Klima und Vegetation – als auch auf der zur Verfügung stehenden Agrartechnik sowie den Anbaumethoden. Eine Gesellschaft, die sich den Grenzen ihres jeweils spezifischen Bezugssystems zwischen Mensch und Umwelt nähert, wird zunehmend anfällig gegenüber Störfaktoren wie Invasionen oder Klimawandel. Bedauerlicherweise sind Gesellschaften, die an ihre ökologischen Grenzen gelangen, auch häufig dem Druck ausgesetzt, kurzfristig ihre Ernte maximieren zu müssen, um die Ernährung der Bevölkerung sicherzustellen. Dem Schutz des Bodens wird dann zumeist kaum noch Aufmerksamkeit zuteil.

Böden statten uns gewissermaßen mit einem geologischen Rückspiegel aus, der die Bedeutung der guten alten Erde während der Kulturen des Altertums und bis in unsere gegenwärtige digitale Gesellschaft hinein aufzeigt. Diese Geschichte verdeutlicht, dass das Überleben einer Industriegesellschaft ebenso sehr von Maßnahmen der Bodenkonservierung und des sparsamen Umgangs mit ihm abhängen wird wie von technischen Innovationen. Der Mensch ist dabei, den Planeten langsam umzugestalten. Er bewegt dabei mehr Erde als dies alle anderen biologischen oder geologischen Prozesse vermögen.

Lässt man gesunden Menschenverstand und Einsicht walten, so ist es möglich, aus den Erfahrungen der Vergangenheit Lehren zu ziehen. Kulturen verschwinden nicht von heute auf morgen. Sie entscheiden sich nicht für ein Scheitern. Es ist häufig vielmehr so, dass sie ins Wanken geraten und dann ihren Niedergang erleben, da ihr Boden über Generationen hinweg verschwindet. Zwar neigen Historiker dazu, den Untergang von Kulturen einzelnen Ereignissen wie Klimaveränderungen, Kriegen oder Naturkatastrophen zuzuschreiben, doch die Auswirkungen, die Bodenerosion auf Gesellschaften des Altertums hatte, waren tief greifend. Machen Sie sich selbst ein Bild und begegnen Sie der Erde dort draußen mit offenen Augen.

KAPITEL 2

Die dünne Haut der Erde



Charles Darwins letztes Buch erhielt lange nicht so viel Aufmerksamkeit wie sein Hauptwerk über die Entstehung der Arten. Es erschien 1882, ein Jahr vor seinem Tod, und widmete sich der Bildung von Ackererde durch die Tätigkeit von Regenwürmern. In diesem letzten Werk dokumentiert Darwin Beobachtungen eines ganzen Lebens, die man für belanglos halten könnte. Oder hatte er etwas für unsere Welt Grundlegendes entdeckt – etwas, von dessen Wichtigkeit er derart überzeugt war, dass er es in seinen letzten Tagen unbedingt für die Nachwelt festhalten wollte? Einige Kritiker hielten Darwins Buch über die Regenwürmer für das seltsame Werk eines alternden Mannes. Es beschreibt, wie die Erde zu unseren Füßen den Verdauungsapparat von Würmern durchläuft und wie diese die englische Landschaft formten.

Die ersten Erkenntnisse über die Prozesse, die Regenwürmern geologische Bedeutung verleihen, erlangte Darwin auf seinen eigenen Feldern. Bald nachdem er von seiner Weltumsegelung heimgekehrt war fiel dem berühmten *Gentleman*, der sich nebenbei auch als Landwirt betätigte, etwas auf: Eine vor Jahren auf seinen Feldern ausgebrachte Schicht Asche war buchstäblich vom Erdboden verschwunden, überdeckt von einer Schicht feinsten Erde. Wie war das zu erklären? Wie konnte die einst an der Oberfläche befindliche Ascheschicht im Boden verschwinden? Auf den Feldern war seit seiner Abfahrt nichts geschehen; weder wurde Vieh darauf gehalten, noch wurde auf den Flächen irgendetwas angebaut.

Die einzige plausibel erscheinende Erklärung war geradezu grotesk. Jahr für Jahr förderten Regenwürmer kleine Haufen feinen Materials an die Oberfläche. War es wirklich möglich, dass Würmer seine Felder umpflügten? Fasziniert machte er sich daran herauszufinden, ob Regenwürmer tatsächlich Boden erneuern, ja sogar erschaffen können. Manche seiner Zeitgenossen hielten ihn für verrückt – für einen Narren, besessen von der Vorstellung, das Werk von Würmern könne zu irgendetwas gut sein.

Darwin und die Regenwürmer

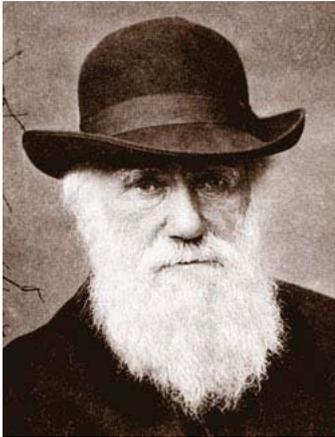
Unbeirrt sammelte und wog Darwin Wurmlosung, um beurteilen zu können, wie viel Erde englische Regenwürmer durch die Landschaft bewegen konnten. Mithilfe seiner Söhne untersuchte er, wie schnell die Ruinen alter Gebäude unter Erdreich verschwanden, nachdem man sie aufgegeben hatte. Was seinen Freunden jedoch besonders seltsam erschien war, dass er begann, Würmer in seinem Wohnzimmer zu halten. In geeigneten Gefäßen aufbe-

wahrt, studierte er deren Gewohnheiten, experimentierte mit ihrer Ernährung und maß, wie schnell sie aus Laub, Asche oder Abfällen fruchtbaren Boden herstellen konnten. Schließlich schlussfolgerte er, »dass die ganze Ackererde über das ganze Land hin schon viele Male durch die Verdauungskanäle der Würmer gegangen ist und noch viele Male durchgehen wird« (Darwin 1881, S. 4). Es ist ein ziemlich großer Sprung von seiner Vermutung, die Würmer hätten seine Felder gepflügt, hin zu dem Verdacht, sie verdauten regelmäßig Englands gesamten Boden. Doch was brachte ihn zu dieser unkonventionellen Annahme?

Es war vor allem eine Beobachtung, die Darwin in diese Richtung denken ließ. Nachdem eines seiner Felder 1841 letztmalig gepflügt worden war, war es von Steinen übersät. Er erinnerte sich noch daran, dass diese Steine ein lautes, charakteristisches Geräusch verursachten als seine damals noch jungen Söhne den Hang des Feldes hinab liefen. Doch 1871, nachdem das Feld dreißig Jahre lang brach gelegen hatte, konnte ein Pferd darüber hinweg galoppieren, ohne auf einen einzigen Stein zu stoßen. Was war mit all diesen klappernden Steinen geschehen?

Fasziniert zog Darwin einen kleinen Graben durch das Feld. Und wirklich: Unter wenigen Zentimetern jungfräulicher Erde lag eine Steinschicht, identisch mit jener, die damals die Oberfläche bedeckt hatte. Dasselbe war Jahrzehnte zuvor der Asche widerfahren. Über die Jahre hatte sich neuer Oberboden gebildet – dank des Fleißes unzähliger Regenwürmer, wie Darwin vermutete.

Um festzustellen, ob seine Felder irgendwie aus dem Rahmen fielen, beauftragte er seine nun erwachsenen Söhne zu untersuchen, wie schnell die Fußböden und Fundamente Jahrhunderte zuvor verlassener Gebäude unter neuem Boden begraben wurden. Darwins Kundschafter berichteten, Arbeiter seien in Surrey 75 Zentimeter unter der Erdoberfläche auf kleine rote Fliesen gestoßen, die charakteristisch für römische Villen seien. Münzfunde aus dem zweiten bis vierten Jahrhundert belegten, dass die Villa mehr als eintausend Jahre zuvor verlassen worden war. Da diese Ruine von einer 15 bis 30 Zentimeter mächtigen Bodenschicht bedeckt war, schloss man auf eine Bodenbildungsrate von ein bis zweieinhalb Zentimetern pro Jahrhundert. Darwins Felder waren also nichts Besonderes. Beobachtungen an anderen Ruinen stützten Darwins Überzeugung, dass Regenwürmer die englische Landschaft umgruben und durchpflügten. Im Jahr 1872 registrierte Darwins Sohn William, dass der Fußboden im Kirchenschiff der Beaulieu-Abtei, die während des Krieges Heinrich des VIII. gegen die katholische Kirche zerstört worden war, mittlerweile unter einer 15 bis 30 Zentimeter mächtigen Erdschicht begraben lag. Die Ruinen einer anderen großen römischen Villa in Gloucestershire lagen über Jahrhunderte im Verborgenen, 60 bis 90 Zentimeter tief unter dem Waldboden, bis ein Wildhüter darauf stieß, als er an einem



- 1 Charles Darwin (hier eine Darstellung aus dem Jahr 1880) widmete sich in seinem Alterswerk intensiv dem Studium von Regenwürmern.
- 2 Das Bild unten zeigt einen »thurm-artigen Excrementhaufen, wahrscheinlich von einer Spezies von *Perichaeta* ausgeworfen, aus dem botanischen Garten in Calcutta«.
(Darwin 1882)

Kaninchenbau grub. Die Betondecke der römischen Stadt Uriconium lag ebenfalls unter einem halben Meter Boden. Diese begrabenen Ruinen belegten, dass die Bildung von dreißig Zentimetern Oberboden Jahrhunderte in Anspruch nahm. Aber waren Regenwürmer dieser Aufgabe tatsächlich gewachsen?

Darwin sammelte und wog Wurmlosung an diversen Orten und kam zu dem Ergebnis, dass Regenwürmer jährlich zwischen 25 und 50 Tonnen pro Hektar, aufwärts beförderten. In einer gleichmäßigen Schicht über das Land verteilt, würde diese Erde jedes Jahr zwischen 0,2 und 0,6 Zentimetern aufwachsen. Um das Phänomen begrabener römischer Ruinen zu erklären, waren diese Befunde mehr als ausreichend. Und sie deckten sich in etwa mit der Geschwindigkeit der Bodenbildung, die er mittels des, wie seine Kinder es nannten, »steinigen Feldes« hergeleitet hatte. Indem Darwin auf seinen eigenen Feldern die Augen offen hielt und Grabungen vornahm, Fußböden alter Gebäude freilegte und Wurmlosung auswog, fand Darwin heraus, dass Regenwürmer maßgeblich an der Bildung von Boden beteiligt sind.

Die Gärtner der Natur

Doch wie genau ging dies vor sich? In den Terrarien, die er von nun an auch noch in seinem beengten Wohnzimmer untergebracht hatte, beobachtete Darwin, wie Würmer organische Substanz in den Boden einarbeiteten. Er kam auf eine große Anzahl von Blättern, die seine neuen Haustiere verspeisten oder als Dämmmaterial in ihre Gänge zogen. Indem sie Blätter zerkleinerten und mit

deren Verdauung begannen, sorgten die Würmer für eine innige Vermischung organischer Substanzen mit feiner Erde.

Darwin stellte fest, dass Würmer nicht nur Blätter zermahlen, sondern auch kleine Steine zu Mineralerde zersetzen. Beim Sezieren der Muskelmägen der Würmer stieß er nahezu jedes Mal auf kleine Steine und Sandkörner. Er fand heraus, dass die Magensäure der Regenwürmer den in Böden gefundenen Huminsäuren entsprachen und verglich ihr Verdauungsvermögen mit der Fähigkeit von Pflanzenwurzeln, im Laufe der Zeit selbst den härtesten Stein zu zersetzen. Würmer schienen zur Bodenbildung beizutragen, indem sie Material aus frischen Steinen langsam durchpflügten, zersetzten und es mit aufbereiteter organischer Substanz vermischten.

Darwin entdeckte, dass Würmer nicht nur bei der Bodenbildung mitwirken, sondern auch an seiner Umverteilung und Bewegung. Wann immer er nach einem heftigen Regenguss auf seinem Grundstück umherstreifte, fielen ihm immer wieder große Mengen Regenwurm Kot auf. Sorgfältig sammelte, wog und verglich er die Menge des Kots an den Wurm gängen und stellte fest, dass hangabwärts doppelt so viel Material landete. Von Würmern zutage gefördert Material bewegte sich im Durchschnitt fünf Zentimeter den Hang hinab. Durch ihre schlichte, grabende Tätigkeit verstärkten Würmer den Materialversatz am Hang. Auf der Grundlage seiner Messungen berechnete Darwin, dass an einem durchschnittlichen englischen Hang pro Meter jedes Jahr etwa ein halbes Kilogramm Boden hangabwärts wanderte. Hieraus schloss er, dass sich die gesamte Grasnarbe Englands langsam die Hänge hinab bewegte, als ein sichtbares Zeichen der Arbeit einer Armada von Würmern, die sich im Verborgenen daran machten, den Boden aufzubereiten. Englische und schottische Würmer bewegten jedes Jahr insgesamt fast eine halbe Milliarde Tonnen Erde. Darwin maß Würmern daher eine wesentliche, gestaltende Kraft zu, die imstande war, Land über Millionen von Jahren umzuformen. Da er begriff, welche Rolle Regenwürmer bei der Bodenbildung spielten, hielt er sie für die Gärtner der Natur.

»Wenn wir eine weite mit Rasen bedeckte Fläche betrachten, so müssen wir dessen eingedenk sein, dass ihre Glätte, auf welcher ihre Schönheit in einem so hohen Grade beruht, hauptsächlich dem zuzuschreiben ist, dass alle die Ungleichheiten langsam von den Regenwürmern geebnet worden sind. Es ist wunderbar, wenn wir uns überlegen, dass die ganze Masse des oberflächlichen Humus durch die Körper der Regenwürmer hindurchgegangen ist und alle paar Jahre wiederum durch sie hindurchgehen wird. Der Pflug ist eine der allerältesten und wertvollsten Erfindungen des Menschen; aber schon lange ehe er existierte, wurde das Land durch Regenwürmer regelmäßig gepflügt und wird fortdauernd noch immer gepflügt. Man darf wohl bezweifeln, ob es

noch viele andere Tiere gibt, welche eine so bedeutungsvolle Rolle in der Geschichte der Erde gespielt haben wie diese niedrig organisierten Geschöpfe.«
(Darwin 1881, S. 313)

Jüngere mikroskopische Untersuchungen der Bodenstruktur im südöstlichen Schottland und auf den Shetland-Inseln bestätigen Darwins Vermutungen. Die Ackerkrume auf seit Jahrhunderten stillgelegten Flächen besteht nahezu ausschließlich aus Wurmexkrementen und Gesteinsfragmenten. Wie Darwin vermutete, benötigen Regenwürmer nur ein paar Jahrhunderte, um den Boden nachhaltig umzugraben.

Ein System in Balance

Darwin war der Ansicht, dass die Bodendecke das Resultat eines ausbalancierten Gleichgewichts darstellt, eines Gleichgewichts aus Abtragung an der Erdoberfläche und zeitgleicher Aufbereitung des Ausgangsgesteins durch Verwitterung. Er glaubte, der Boden verändere sich ständig und bleibe doch immer der gleiche. Durch seine Beobachtungen an Regenwürmern erkannte er, welcher Dynamik die dünne Bodendecke der Erde unterliegt. In den letzten Jahren seines Lebens stieß Darwin die Tür zur modernen Wahrnehmung des Bodens als der Haut der Erde ein Stück weiter auf.

Darwins Vorstellung vom Boden als einem dynamischen Übergang zwischen Gestein und Leben reichte so weit, dass er einen Zusammenhang zwischen seiner Mächtigkeit und den örtlichen Umweltbedingungen herstellte. Er beschrieb, wie eine zunehmend mächtigere Bodendecke das darunter liegende Gestein in immer stärkerem Maße vor der Tätigkeit der Würmer schützt, deren Aktivität lediglich bis in einige Dezimeter Tiefe reicht. Ebenso beobachtete Darwin, dass die von den Regenwürmern in die Erde eingebrachten Huminsäuren abgebaut werden, noch bevor sie tief in den Untergrund eindringen können. Er schlussfolgerte, dass ein mächtiger Boden Gestein vor extremen Temperaturschwankungen und Frostverwitterung schützt. Boden nimmt solange an Mächtigkeit zu, bis sich ein Gleichgewicht zwischen Bodenerosion und Bildung neuen Bodens aus frischem Gestein eingestellt hat.

Hier lag Darwin richtig. Boden ist ein dynamisches System, das auf veränderte Umweltbedingungen reagiert. Wird mehr Boden gebildet als abgetragen, gewinnt er an Mächtigkeit. Darwin erkannte auch, dass die Geschwindigkeit der Bodenbildung ab einer bestimmten Mächtigkeit sinkt, da die bodenbildenden Prozesse das frische Gestein nicht mehr erreichen. Umgekehrt erhält die Verwitterung durch das Entblößen einer Landschaft neue Angriffsfläche auf dem ungeschützten Gestein, wodurch sich die Bodenbildung entweder beschleunigt oder völlig zum Erliegen kommt – je nachdem wie gut Pflanzen auf dem Gestein Fuß fassen können.

Vorausgesetzt es steht genügend Zeit zur Verfügung, strebt jeder Boden einem Gleichgewicht zwischen Bodenerosion und der Bodenbildung durch Verwitterung entgegen. Aus diesem Grunde entwickelt sich in einer bestimmten Landschaft unter bestimmten Umweltbedingungen eine charakteristische Bodenmächtigkeit. Boden, Landschaft und ganze Pflanzengesellschaften entwickeln sich nicht isoliert voneinander, sie sind alle vom Gleichgewicht zwischen Bodenerosion und Bodenbildung abhängig.

Solche Wechselbeziehungen manifestieren sich sogar in der Form der Landschaft. Kahle, schroffe Hänge sind für aride, also trockene Regionen charakteristisch, in denen Sommergewitter fortwährend mehr Boden entfernen als neu entstehen kann. In feuchteren Regionen, in denen die Bodenbildung mit der Erosion mithält, spiegeln sich in der abgerundeten Form der Hügel nicht etwa die Eigenschaften des darunter befindlichen Gesteins, sondern die des Bodens. Während aride Landschaften, in denen die Bodenbildung reduziert abläuft, also in der Regel schroffe Hänge aufweisen, sind für humide und feucht-tropische Landschaften sanfte Hügel charakteristisch.

Darwins Regenwurmforschung war zwar offensichtlich bahnbrechend, doch er wusste längst nicht alles über Erosion. Auf der Grundlage der Sedi-mentfracht des Mississippi errechnete er, dass sich die Appalachen innerhalb von viereinhalb Millionen Jahren zu einer flachen Ebene entwickeln würden, vorausgesetzt, es fände keine Hebung statt. Heute wissen wir, dass die Appalachen seit über 100 Millionen Jahren existieren. Sie sind geologisch inaktiv, es findet also keine weitere Hebung statt, sodass sie seit der Zeit der Dinosaurier der Erosion ausgesetzt sind. Darwin unterschätzte also die zum Abtrag eines Gebirges benötigte Zeit gewaltig. Wie kam es, dass er hier so stark daneben lag?

Darwin und seine Zeitgenossen wussten nichts von Isostasie – dem Prozess, bei dem die Abtragung großer Gesteinsmassen eine parallele Hebung der Erdkruste an eben dieser Stelle zur Folge hat. Diese Theorie setzte sich erst Jahrzehnte nach seinem Tod in Geologenkreisen durch. Heute ist Isostasie ein allgemein anerkanntes Phänomen. Das Konzept besagt, dass Erosion nicht nur Einebnung und Massenverlust bedeutet, sondern dass der Höhenverlust nahezu wieder ausgeglichen wird, indem sich die entlastete Erdkruste hebt.

Zwar scheint Isostasie dem gesunden Menschenverstand zu widersprechen, weil wir uns Erosion als eine Kraft vorstellen, die eine Abtragung der Erdoberfläche verursacht, doch sie ergibt durchaus Sinn, wenn wir uns tiefer hinab geben. Kontinente bestehen aus relativ leichtem Gestein, das auf dem dichteren Erdmantel »schwimmt«. Wie bei einem Eisberg im Meer oder einem Eiswürfel in einem Glas Wasser befindet sich der größte Teil eines Kontinents im Wasser, also unterhalb des Meeresspiegels. Sobald an der Spitze des schwimmenden Eises etwas abschmilzt, steigt der verbliebene Rest