

Karrenbildung in den Basaltgesteinen der Hawaiischen Inseln.

Von **Harold S. Palmer**,
Universität Hawaii, Honolulu, Hawaii.
(Mit 2 Abbildungen auf Tafel 1.)

Karsterscheinungen kommen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika nur verhältnismäßig selten vor und sind den amerikanischen Geologen hauptsächlich aus europäischen Beispielen bekannt. Die Kalksteine der Appalachen weisen mehrere Dolinen und Einsturztrichter auf. Kalkhöhlen sind nicht nur in den Appalachen, sondern auch in den westlichen Gebirgen zu finden. So viel ich weiß, gibt es kein auffallendes Vorkommen von Karren oder Schratten in den Vereinigten Staaten, und kein amerikanisches Lehrbuch der Geologie beschreibt diese oberflächlichen Erosionsformen. Der Mangel an diesen durch Lösung entstandenen, wechselweise nebeneinander liegenden Furchen und Rücken ist wahrscheinlich auf den Mangel der nötigen klimatischen Bedingungen in den Kalkgebieten zurückzuführen. Karren kommen jedoch auf den Basalten der Hawaiischen Inseln an einigen Orten vor, wo es kleine, aber unablässige Strömungen von Wasser über steile Felsen gibt.

Zwei Typen der Karren aus Hawaii, die sich in ihrer Größe stark unterscheiden, sind zu besprechen. Der kleinere Karrentypus ist von viel geringerem Ausmaße als der größere und besteht aus einer Kannelierung der Gesteinsoberflächen. Die Rückenlinien, bzw. die Furchentiefenlinien sind im allgemeinen 5 bis 15 cm voneinander entfernt. Die Furchen schwanken von einer Tiefe von 3 cm bis zu einer Tiefe von 25 cm, eine viel größere Schwankung als die der Entfernungen, bzw. Breiten der nebeneinander liegenden Furchen. Wenn wir nur eine einzige Furche betrachten, finden wir nur unbedeutende Schwankungen der Breite und der Tiefe von oben nach unten. Felsblöcke im Kalihital, hinter dem westlichen Teil der Stadt Honolulu, zeigen solche Kannelierungen. Man kann sie auch an

Diese Abhandlung wurde im Geographischen Institut der Hochschule für Welthandel in Wien niedergeschrieben.

manchen der kleineren Wasserfälle sehen, obwohl die Verhältnisse an solchen Stellen nicht sehr günstig sind und die Furchen nur seicht und undeutlich entwickelt sind. Die besten Beispiele sind nach meiner Erfahrung auf der südwestlichen Landzunge der Waimea Bai an der Nordwestküste der Insel Oahu zu beobachten. Diese sind in Abb. 1 dargestellt, wo das Taschenmesser den Maßstab zeigt. Das Gestein ist Basalt mit nur wenigen, kleinen, rundlichen Blasen und mehreren Olivineinsprenglingen von 1 bis 4 mm Durchmesser. Es bildet eine für Hawaii außerordentlich mächtige und dichte Lavadecke. Der Rand der Decke war früher von der Brandung unterwaschen, so daß eine senkrechte, 5 bis 8 m hohe Wand entstanden ist. Die Decke hat eine große Widerstandsfähigkeit gegen Erosion gehabt und bildet jetzt eine große Terrasse. Die wagrechte Oberfläche dieser Terrasse war durch die Widerstandsfähigkeit dieser Decke bestimmt und nicht durch die Wirkung eines Erosionsvorganges, der wegen der Schwerkraft auf ein bestimmtes Niveau beschränkt geblieben wäre. Wegen ihrer dichten Struktur ist die Decke sehr undurchlässig im Vergleich zu den gewöhnlichen Basalten der Hawaiischen Inseln, die für Grundwasser höchst durchlässig sind. Ein ganz kleiner Tümpel ist immer, auch in den trockensten Zeiten, auf ihrer Oberfläche zu finden und ist vermutlich der Abfluß eines kleinen Grundwasserstockwerkes. Das Wasser fließt ab, indem es über die Kanten oder durch die wenigen senkrechten Spalten der Decke hinabtröpfelt. Es ist klar, daß der Abfluß von diesem kleinen Grundwasserstockwerke nie so groß ist, daß ein freifallender Strom entstehen kann. Der Strom ist immer so dünn, daß das Wasser durch molekuläre Anziehung in Berührung mit der Gesteinsoberfläche gehalten wird, wodurch seine Fallgeschwindigkeit stark vermindert wird. Deswegen haben die Strömchen nur unbedeutende mechanische Wirkung gehabt. Andererseits übt ihre Lösungskraft eine unaufhörliche Wirkung aus. Da Basalte verhältnismäßig reich an Eisen, Kalzium und Magnesium sind, haben sie nur eine verhältnismäßig kleine Widerstandsfähigkeit gegen chemischen Angriff, und es scheint, daß die fortwährend hinabtröpfelnden Strömchen fähig gewesen sind, die Furchen durch Lösung zu erzeugen. Wenn einmal eine Furche entstanden ist (wenn sie auch sehr seicht ist), genügt sie doch, das Wasser zu sammeln und seine Bewegung zu

regeln mit dem Erfolg, daß die Furche weiter vertieft wird. Die fortwährende, wenn auch nur schwach wirkende Bewegung des Wassers ist fähig zur Abtragung nicht nur der gelösten Stoffe, sondern auch eines Teiles der zersetzten Mineralkörner auf mechanische Weise.

Diese Erklärung der Furchen zu Waimea Bai und anderswo ist als gültig angenommen, weil (1) eine Quelle der nötigen kleinen, aber unaufhörlichen Wassermenge vorhanden ist, weil (2) die Bewegung des Wassers, da sie durch die Schwerkraft verursacht ist, die vorherrschende senkrechte Richtung der Furchen erklärt, und weil (3) die anderen Vorgänge der Erosion auf den Hawaiischen Inseln andere Kleinformen oder Skulpturen verursachen. Die senkrechte Kannelierung existiert auf den wandähnlichen Böschungen, die die gegenwärtigen Überreste der mächtigen Lavadecke begrenzen, und auch auf den wenigen Spalten, die die Decke durchqueren. Solche Kannelierungen oder kleinere Karren kommen in Hawaii selten vor wegen des Mangels an undurchlässigen Schichten in Lagen, wo sie das Grundwasser zutage zwingen können, um fortwährende kleine Abflüsse zu bilden. Es gibt Lagen, wo fortwährende, aber große Wassermengen zutage treten, aber in solchen Lagen herrscht mechanische Erosion, die andere Formen als Basaltkarren erzeugt.

Der größere Typus der Basaltkarren erreicht ein riesiges Ausmaß. Er ist am besten auf der Felswand hinter Waimanalo, nahe dem östlichen Ende der Nordostküste der Insel Oahu, entwickelt. Nur etwas weniger auffällig sind die Riesekarren in den Lualualei- und Makahatälern der Südwestseite von Oahu, in den Iao- und Waikaputälern der Insel Maui usw.

Der untere Teil der Felswand zu Waimanalo (Abb. 2) hat im Durchschnitt eine Böschung von etwa 75° . Die Felswand ist durch die Wirkung von Brandung auf Gesteine mit mehr oder minder senkrechten Abkühlungsspalten als eine zurückgeschobene oder zurückerodierte Bruchwand entstanden. Die Furchen und Rücken erstrecken sich zirka 500 m senkrecht von dem oberen Saum der alluvialen Böschungen, 180 bis 250 m hoch. Die Rücken, bzw. die Furchen zu Waimanalo sind im allgemeinen wagrecht 45 bis 60 m voneinander entfernt. Wegen der üppigen Vegetation und des unebenen Geländes ist es unmög-

lich, eine nähere photographische Aufnahme zu machen, um den genauen Charakter dieser Furchen und Rücken auf befriedigende Weise darzustellen. Die Furchen, die ich untersucht habe, haben Wände, die 75 bis 85° steil sind, jedoch fast ganz mit Vegetation, hauptsächlich Gräsern, Farnen und Schlingpflanzen, bedeckt sind. Im Talschluß findet man ein oder mehrere kahle Streifen, 30 bis 150 cm breit, die fast ohne Vegetation sind und längs welchen fast immer Wasser hinabtröpfelt. Der ganz außerordentliche Anblick dieser Furchen und Rücken führt dazu, daß man ganz ungewöhnliche Wörter zu ihrer Beschreibung verwendet. In Hawaii ist der Ausdruck „vertical valleys“, d. h. „senkrechte Täler“, für die Furchen von Vaughan MacCaughey vorgeschlagen. „Washboard topography“, d. h. „Waschbrettgelände“, ist ein Ausdruck für die Gesamtheit der Rücken und Furchen.

Das Einzugsgebiet des Stromes jeder Furche hinter Waimanalo hat nur einen sehr geringen Flächeninhalt, da die Wasserscheide nahe dem oberen Saum der Felswand liegt. Im Durchschnitt ist der Flächeninhalt jeder Zuflußmulde nur zirka 3 ha. Der Niederschlag ist zirka 250 cm im Jahr und ist ziemlich gleichmäßig auf die Jahreszeiten verteilt. Diese Regenmenge würde einer mittleren ausströmenden Wassermenge von etwa 2 Liter pro Sekunde entsprechen, wenn man keinen Verlust durch Verdunstung oder Einsickerung annimmt. Die Waimanalofelswand wendet sich nach NNO und hat deshalb eine günstige Lage, um die orographischen Niederschläge des Nordostpassates aufzufangen. Wegen der Kleinheit der Einzugsgebiete ist der Abfluß nie oder nur sehr ausnahmsweise groß, aber er ist verhältnismäßig sehr unveränderlich und beharrlich wegen der günstigen Lage zum regenbringenden Passatwind. Die Wolken, die den oberen Saum der Felswand rechts in Abb. 2 verstecken, hängen oft viel weiter nach unten. Es war z. B. nötig, eine halbe Stunde zu warten, bis die Wolken sich hoch genug gehoben hatten, um einen günstigen Augenblick für diese Aufnahme zu bekommen. Die kleinen, aber dauerhaften Abflüsse von diesen Zuflußmulden verschaffen eine sanfte, fortwährende Strömung von Wasser, nicht genug, daß es frei fallen kann, aber genug, um die kahlen Streifen, die sich hinten in den Furchen finden, entlang zu tröpfeln und sie langsam zu

vertiefen. Molekuläre Anziehung zwingt das Wasser, als eine dünne Schicht an den Felsen hinabzugleiten. Das Wasser kann sich nicht losreißen, es kann nicht frei fallen und eine hohe Geschwindigkeit erreichen und es entwickelt deswegen keine starke mechanisch erodierende Kraft. Die Erosion ist hauptsächlich durch Lösung und Auswaschen vollführt, wie bei den kleineren Furchen, die zuerst beschrieben und erklärt wurden.

Soweit meine Beobachtungen gehen, gibt es in Hawaii keine Basaltkarren von mittlerer Größe.

Aus den vorangegangenen Ausführungen ist ersichtlich, daß in den etwas lösbaaren Basalten der Hawaiischen Inseln unter den nötigen Bedingungen von anfänglich steilem Gelände und kleiner, aber fortwährender Wasserströmung Karren sich entwickeln können, die den Karren von Kalkgebieten sehr ähnlich sind und die auch auf chemische und nicht auf mechanische Erosionsvorgänge zurückzuführen sind. Ich möchte in dieser Beziehung aufmerksam machen, daß hier das Hauptwort „Erosion“ von dem Eigenschaftswort „chemisch“ statt von dem gewöhnlichen „mechanisch“ bestimmt ist. „Chemisch“ wird meistens zu „Verwitterung“ oder „Zersetzung“ geschrieben, dennoch scheint „chemische Erosion“ in dieser Verbindung vollständig zu passen.

Andere Ähnlichkeiten zwischen den Kalksteinen der Karstgebiete und den Hawaiischen Basalten mögen erwähnt sein. Die Basalte Europas sind hauptsächlich undurchlässige Gesteine. Die hawaiischen Basalte sind dagegen sehr durchlässig, da sie große Hohlräume und eine Porosität von 5 bis 30 %, ausnahmsweise bis 70 % aufweisen. In Karstgebieten und in Hawaii liegt der Grundwasserspiegel sehr tief. Diese Tatsache ist fast sprichwörtlich für die Karstgebiete. Daß sie auch für Hawaii gilt, ist dadurch bewiesen, daß die Geologen, Ingenieure und Techniker, die mit Grundwasser in Hawaii zu tun haben, nicht von der „Tiefe“ des Grundwasserspiegels unter der Erdoberfläche, sondern immer von dessen „Höhe“ über dem Meeresspiegel sprechen. In Hawaii liegt der Grundwasserspiegel nahe dem Meeresspiegel.

Wie oben erwähnt, sind die Basalte der Hawaiischen Inseln sehr durchlässig für Wasser. Wenn Wasser als Regen fällt, sinkt ein großer Teil davon sofort in den Boden hinein, statt

Bächlein zu bilden. Diese Behauptung gilt für alle Gegenden von Hawaii, aber im besonderen für die, die wenig verwittert und zersetzt sind. Deshalb gibt es nur wenige Bäche, Wasserläufe usw. in Hawaii wie in Karstgebieten. Viele Kilometer der Landstraße auf den Böschungen des Mauna-Loa-Kegels sind ganz ohne Durchlässe, da das Wasser in den Boden hineinsinkt, ohne Bäche zu bilden. Dem Basaltgebiet der „Columbia River Plateaus“ im Nordwesten der U. S. A. mangelt es auch an Strömen.

Noch eine Ähnlichkeit besteht darin, daß die Quellen, obwohl sie nur selten vorkommen, zum größten Teil von großer Ergiebigkeit sind. Sieben Quellen und Gruppen von Quellen nahe dem Strand des Pearl Harbors auf der Insel Oahu ergeben 2500 bis 117.000 Kubikmeter in 24 Stunden. Mehrere artesische Brunnen in der Stadt Honolulu liefern 10.000 Kubikmeter in 24 Stunden, ohne daß man sie pumpt. Die Basalte ähneln also den Karstkalksteinen darin, daß in günstigen Lagen größere Wassermengen zu finden sind.

Außer Karren fehlen ähnliche Geländeformen, die auf die Wirkung der Lösungskraft des Wassers zurückzuführen sind.

Reiseeindrücke aus Spanien.

Von **Gustav Götzinger.**

(Mit 6 Abbildungen auf Tafel 2 und 3.)

Als ein wahres Mosaik von Gesteinen, Gebirgen und Landschaften, bald in bunter Vegetationspracht, bald mit dürftigem Pflanzenwuchs, teilnehmend an den verschiedensten und extremsten Klimaarten, erscheint das Naturbild Spaniens. Die Durchflutung des Landes durch die mannigfaltigsten Völkerstämme hat auch im Volk eine große Buntheit bewirkt, trotz der ziemlichen Einheitlichkeit der romanischen Sprache. Wie prallen erst die Gegensätze der berühmten Denkmale der Kultur, der Bauwerke des Landes, der maurischen Paläste und der gotischen Prachtkathedralen aneinander.

Spanien ist das Land der Gegensätze in Natur und Kultur. Die geologisch alten Massen des iberischen Grundgebirges grenzen sich scharf von den jüngeren Kettengebirgen der Pyre-

Tafel 1.



Abb. 1. Karren des kleinen Typus auf dem dichten Olivinbasalt der südwestlichen Landzunge der Waimea Bai auf der Nordwestküste der Insel Oahu, Hawaii.



Abb. 2. Karren des größeren Typus auf der Felswand hinter Waimanalo, im Südosten der Nordostseite der Insel Oahu, Hawaii.