

Werk

Titel: Die Bedingungen zur Bildung einer Brandungskehle

Autor: Werth, Emil

Ort: Berlin

Jahr: 1911

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1911 | LOG_0015

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

bei Mochudi neue Buschmann-Gravierungen auffinden, ferner viele, bisher noch nicht kopierte, im Kenhardt-Distrikt, sowie solche am Ostrande der südlichsten Kalahari, zwischen Upington und Kuruman (s. o.).

Zweifellos sehen wir in den Buschmännern das älteste jetzt lebende Volk in Süd-Afrika, und wir müssen auch sein absolutes Alter in diesem Lande als sehr hoch einschätzen, wegen der hochgradigen Anpassung an die Umgebung. Verwandt sind den Buschmännern unter den heute in Süd-Afrika lebenden Völkern nur die Hottentotten, die zweifellos aus einer Vermischung von Buschmännern mit einem anderen Elemente hervorgegangen sind (die alte Ansicht, das hamitische Elemente beigemischt sind, erfährt durch die Sprachforschung C. Meinhofs eine neue Stütze, für die auch F. von Luschan nachdrücklich eintritt). Aber nicht nur in Süd-Afrika, auch gegenüber der übrigen Menschheit nimmt die Buschmannrasse eine ziemlich isolierte Stellung ein. In ihrer ursprünglichen Verbreitung scheint sie allerdings über einen großen Teil Afrikas gegangen zu sein und mag Spuren, sowohl im Typus, als auch in der Kultur, in anderen Teilen Afrikas hinterlassen haben; so kann man z. B. das Vorkommen von Schnalzlauten, der durchlochten Beschwersteine, der Steatopygie u. s. w. erklären. In dem ganzen Körperbau, dem eigentümlichen, fast orthognathen, sehr niedrigen Schädel stehen sie jedenfalls weit ab von einem anderen Urtypus der Menschheit, der sich sowohl in dem Australier, als auch in dem prähistorischen europäischen Menschen abbildet.

Die Bedingungen zur Bildung einer Brandungskehle.

Von Dr. Emil Werth in Berlin.

In einem lehrreichen, von zahlreichen instruktiven Lichtbildern begleiteten Vortrage über „Zerstörungsformen der Steilküste“ auf dem Richt-hofen-Tage zu Berlin am 8. Oktober 1909 behandelte Dr. G. W. v o n Z a h n auch die Bildung der Brandungskehle. Da die hierüber vorgetragene Ansicht in der Diskussion nicht ohne Widerspruch blieb, und der Vortragende das gleiche Thema sodann auch in seiner Habilitationsschrift¹⁾ in dem gleichen Sinn behandelt hat, so sei es mir gestattet, an dieser Stelle, gewissermaßen als eine kleine Ergänzung zu letztgenannter, eine große Summe eigener Beobachtungen verarbeitender Publikation, einige Bemerkungen über Entstehungsursachen der Brandungskehle zu geben.

¹⁾ G u s t a v W. v o n Z a h n, Die zerstörende Arbeit des Meeres an Steilküsten nach Beobachtungen in der Bretagne und Normandie in den Jahren 1907 und 1908. Hamburg 1909, Mitt. Geogr. Ges. 24, S. 193—284. 16 Taf.

Das äußerst seltene Vorkommen einer typischen Brandungskehle an den Küsten der Bretagne und der Scilly-Inseln veranlafte von Zahn, der Frage der Hohlkehlenbildung auch an der Hand photographischer Aufnahmen und der in der Literatur gegebenen Abbildungen näher zu treten. Er gelangte schlieslich zu dem durch die folgenden Worte wiedergegebenen Resultat. „Es scheint nun im allgemeinen, als ob in Nebenmeeren, zum Beispiel im Altwelt-Mittelmeer und in der Ostsee, und vielleicht auch auf ozeanischen Inseln das Vorkommen von Hohlkehlen häufiger wäre, als an anderen Küsten. Ebenso scheinen die Ufer von größeren Binnenseen diese Form der Brandungswirkung häufig zu zeigen, so z. B. die großen amerikanischen Seen“.

Von Zahn unterscheidet als Bedingungen, welche die Bildung einer Hohlkehle erschweren, die folgenden:

1. Ein sehr starker Gezeitenausschlag, der in der bestimmten Zeit vom Niedrig- bis zum Hochwasserstand die zur Verfügung stehende Kraft auf einen viel größeren Raum verteilt. Diese Ursache würde besonders das [vermutete] häufigere Auftreten einer Brandungskehle in Nebenmeeren und an ozeanischen Inseln erklären.

2. Die Hebung des ganzen Wasserstandes bei gleichbleibendem Gezeitenausschlag durch auflandige Winde, besonders aber bei Sturmflut.

3. Vergrößerung der zu bearbeitenden Fläche durch die Stärke der Brandungswellen, indem „die Kämme der Wellen über den Meeresstand hinausreichen und die emporspritzende Brandung in einer noch größeren Höhe anschlägt“¹⁾.

4. Das der Brandungswelle entgegenstehende Gesteinsmaterial ist nicht fest genug, um eine tiefgehende Unterhöhlung zu vertragen.

a) Das Gestein kann vollkommen unverfestigt sein, so daß es nach kurzer Zeit stets seinen charakteristischen Böschungswinkel annehmen wird (Sand [Dünen], Kies-, Schotter-, Grus-, Geröll- und Blockablagerungen).

b) Die Verfestigung kann nur einen geringen Grad erreicht haben (weiche Sandsteine, Konglomerate, Breccien, erdige Tone und Kalksteine, Tuffe u. a. m.).

c) Die Verfestigung kann sehr leicht löslich sein (Sandsteine und dergleichen mit kalkigem Zement).

d) Die geringe Haltbarkeit kann sekundär erworben sein durch tiefgründige Verwitterung des Gesteins, Durchsetzung mit Spalt- und Kluftsystemen (durch Absonderung oder tektonische Ereignisse entstanden).

5. Ungünstige Lagerungsform der Gesteine erschwert das Zustande-

¹⁾ F. von Richthofen, Führer für Forschungsreisende. Neudruck. Hannover 1901. S. 332.

kommen einer Hohlkehle. Bei senkrecht stehenden und seewärts einfallenden Schichten ist ein Abbrechen oder Nachrutschen ganzer Schichttafeln sehr leicht.

6. Der über der Hohlkehle emporragende Teil des Kliffs, der Überhang, ist den Angriffen von Verwitterung und Erosion ausgesetzt. Je stärker und ausdauernder diese, vor allem aber die zweite, arbeiten, desto rascher wird der Überhang verschwinden. Es werden also regenreiche Küsten in dieser Beziehung schlechter gestellt sein als regenarme (Auflösung und Durchtränkung des Gesteins, sowie oberflächliche Abspülung).

Hierzu möchte ich zunächst einige theoretische Einwendungen mir gestatten. Zu 1., 2. und 3.: Der starke Gezeitenausschlag an den Küsten der offenen Ozeane im Gegensatz zu den Nebenmeeren ist hier verbunden mit einer um ebensoviel erheblicheren Kraft der Brandungswelle, wodurch theoretisch der Nachteil in bezug auf die Begünstigung der Ausbildung einer Brandungskehle wieder aufgehoben scheint. Das Gleiche gilt für 2., indem bei Sturmflut auch die Kraft der Welle vergrößert wird, und für 3., indem die Stärke der Brandungswelle als begünstigender Faktor im gleichen Maße mit der erwähnten ungünstigen Nebenwirkung wächst.

In den bei 4 a) und b) angegebenen Bedingungen: ungünstige Beschaffenheit des Gesteinsmaterials, sehe ich den einzig nennenswerten Faktor für die Verhinderung oder Erschwerung der Ausbildung einer Hohlkehle. a) und b) gehen vollständig ineinander über und können nicht getrennt werden. Die Verfestigung kann um so geringer sein, je mäfsiger die Kraft der Brandungswelle ist. Daher die Ausbildung einer Hohlkehle in relativ weichen Bodenarten selbst bei kleineren Binnenseen, wie die von Dr. von Zahn (S. 238) angeführte Beobachtung an dem Geschiebemergel-Kliff des kleinen Kalksees bei Rüdersdorf bei Berlin zeigt. Die hierdurch gegebene Begünstigung der Nebenmeere und Binnenseen wiegt aber den Nachteil nicht auf, den sie durch die geringere Wellenstärke erfahren, die unter Umständen härtere Felsarten nicht mehr genügend zu bearbeiten gestattet.

Die unter 4 d) genannten Bedingungen fallen mit 4 a) und b) zusammen; es handelt sich eben auch um eine geringe Verfestigung des Gesteines. Die hier genannten Faktoren dürften vor allem, wie von Zahn auch hervorhebt, für die Küsten aus dem klüftigen, grobkristallinen Granit maßgebend sein. Ich kann mich nicht entsinnen, je eine Brandungskehle im Granit gesehen zu haben. Ich habe vielmehr den Eindruck, daß bei keinem Gestein sich die im Bereiche der Brandungswelle geschaffenen Formen so wenig von denen im Binnenlande unterscheiden wie beim Granit. Dies bestätigt auch z. B. ein Vergleich der Abbildung 24 der Arbeit von

v. Zahn mit einem der oft gegebenen Bilder einer der Granitfelsgruppen auf dem Ober-Harz oder dem Kamm des Riesengebirges.

Die unter 4 c) gegebene Bedingung möchte ich nicht gelten lassen. Ein Zement aus wasserlöslichem Kalke kann kaum die Ausbildung einer Brandungskehle verhindern, da in reinem Kalkstein (Korallenkalk) und, wie Dr. von Zahn selbst hervorhebt, in den noch viel leichter löslichen Eisbergen sehr schöne Hohlkehlen ausgearbeitet werden.

Gegen die unter 5. angegebenen Gründe kann ich keine theoretischen Einwände machen; trotzdem aber scheinen, wie wir gleich sehen werden, auch diese nicht haltbar zu sein.

Der unter 6. genannte Grund scheint mir nicht recht einleuchtend zu sein. Auflösung des Überhanges durch Regen kann doch meines Erachtens unmöglich schneller fortschreiten, wie die Einarbeitung der Hohlkehle durch das ständig benetzende, ebenfalls lösende Seewasser, das außerdem die enorme mechanische Wirkung voraus hat. Oberflächliche Abspülung und Durchtränkung sind aber nur möglich unter den schon unter 4 a) und b) genannten Bedingungen.

Die hier gemachten theoretischen Einwendungen lassen die Ansicht

Abbild. 2.



Brandungskehle an der Insel
Chapuani bei Sansibar

Abbild. 3.



Küstenpartie bei Sydney.
(Nach J. M. Curran: Geology of Sydney.)

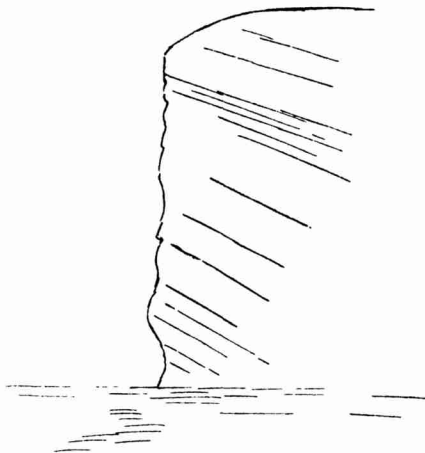
von Zahns, daß Hohlkehlen an den Küsten der Nebenmeere häufiger seien, als an denjenigen des freien Ozeans, wofür er namentlich in den unter 1.—3. genannten Ursachen eine Erklärung findet, nicht gelten. Die nachfolgenden Beispiele, welche ich meinen Reiseaufzeichnungen entnehme, mögen meinen vorgetragenen Ansichten zur weiteren Stütze dienen.

Abbild. 2 und 3 illustrieren zunächst das Auftreten einer Brandungskehle an Küsten offener Ozeane, Abbild. 2 an der Ostküste Afrikas, Abbild. 3 an der ebenso frei liegenden Ostküste Australiens. Eine auflandigen Winden besonders stark ausgesetzte Küste ist die Südwestküste Helgolands. Daß auch hier die Bildung einer Hohlkehle nicht ausgeschlossen ist, zeigt Abbild. 4.

Zusammen mit Abbild. 5 zeigt dieselbe Zeichnung, daß die Lagerungsform der Gesteine nicht ausschlaggebend ist, und auch in dem besonders ungünstig erscheinenden Falle der seewärts einfallenden Schichten eine Brandungskehle zustande kommen kann. Während diese beiden letzten Abbildungen schräg gestellte Gesteinschichten zeigen, haben wir in Abbild. 3 horizontal gelagerte vor uns, und Abbild. 2 repräsentiert eine ungeschichtete Gesteinsmasse. Abgesehen von dem gewiß sehr seltenen und von mir nicht beobachteten Falle senkrecht stehender (und parallel der Küste streichender) Felsschichten, wären damit alle denkbaren Lagerungsverhältnisse vorgeführt.

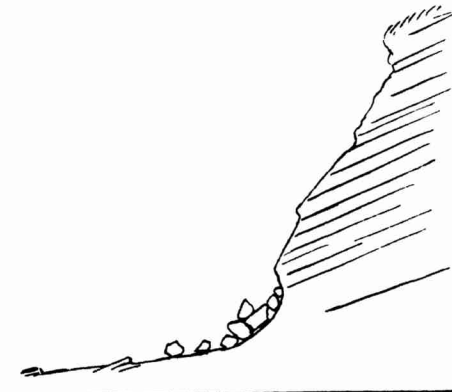
Im Eingange des Hafens von Mindello auf S t. V i n z e n t (Kapverden) erhebt sich die steile Pyramide der Ilha dos Passaros als letzter Rest des an dieser Stelle durchbrochenen vulkanischen Ringwalles der Hauptinsel. Dementsprechend fallen auch die Tuff- und Lavaschichten des Inselchens nach dem offenen Ozean zu ein. Nichtsdestoweniger beobachtete man

Abbild. 4.



Kliff mit Brandungskehle
an der Südwestküste Helgolands.

Abbild. 5.



Uferprofil des Limonit-Sand-
steins des Morsum-Kliffs auf Sylt.

sowohl auf der Innen- wie auf der Außenseite der Ilha dos Parranos eine Hohlkehle. Auf einer von dort mitgebrachten Zeichnung ist die letztere sogar auf der Außenseite (also bei seewärts einfallenden Schichten) tiefer ausgearbeitet, was jedoch an der größeren Brandungswirkung hier draussen liegen mag.

Was nun schließlic die Gesteinsbeschaffenheit, d. h. die mehr oder weniger große Verfestigung derselben, angeht, welche ich für den einzig wesentlichen Faktor bei der Ausbildung einer Hohlkehle durch die Bran-

dungswelle halte, so zeigt zunächst Abbild. 3, welche die typische Form der Kehle im Hawkesbury-Sandstein bei Sydney darstellt, daß das Gestein in seinen verschiedenen übereinander gelagerten Bänken verschiedene Härte und Festigungsgrade aufweist. Es beweisen dies die verschiedenen Einkehlungen in den höheren Teilen des Kliffs sowohl, wie die eckige, nicht gerundete Form der Brandungskehle unten. Es ist ganz offenbar, daß die Wellen hier zufällig auf eine weichere Gesteinsbank haben einwirken können; sie ist bis in ziemliche Tiefe ausgeräumt, während die darüber liegende härtere Bank kaum angegriffen wurde. In der Tat ist der wechselnde Verfestigungsgrad der einzelnen Bänke für den Hawkesbury-Sandstein bezeichnend. Demgemäß ist eine Hohlkehle bei ihm auch nicht im ganzen Küstenverlauf anzutreffen, sie ist vielmehr an bestimmte Stellen gebunden.

Dies letztere gilt nach meinen Erfahrungen übrigens für die meisten Kliffküsten: nur unter dafür besonders günstigen Verhältnissen in der Gesteinsbeschaffenheit findet man auf kürzere Strecken eine Brandungskehle ausgearbeitet. Die Regel bildet das nicht unterhöhlte glatte Kliff. So ist es z. B. auch an den Stellen, denen die Abbild. 4 und 5 entstammen. Hierbei sei bemerkt, daß die in Abbild. 5 dargestellte Hohlkehle in einem sehr mürben Gesteine ausgebildet ist; dem entspricht eine relativ geringe Brandungswirkung: das Morsum-Kliff ist auf der Leeseite der Insel Sylt dem Wattenmeere zugekehrt.

Nur ein einziges Gestein habe ich auf meinen Reisen kennen gelernt, welches eine Brandungskehle auf längere Erstreckungen hin zeigt, und bei dem man so gut wie überall am Strande eine Hohlkehle antreffen kann. Es ist der harte, ungeschichtete Korallenkalk. Schon die Abbild. 2 zeigt, daß die Kehle hier besonders elegant und tief ausgebildet ist. Sie ist hier (Abbild. 2) nur in eine niedrige Tafel eingelassen, während sich in anderen Fällen über der Brandungskehle eine mehr oder weniger senkrechte Kliffwand erhebt (vgl. z. B. Abbild. 3 auf Taf. 20, Bd. XXXVI, 1901, dieser Zeitschrift, wo ich eine Abbildung vom Ras Rongoni bei Daressalam gegeben habe). Es wird durch die Beschaffenheit dieses Riffkalkes leicht verständlich, daß in ihm die Brandungskehle besonders leicht und schön zur Ausbildung gelangt. Der Kalk stellt ein hartes, dichtes und sehr festes Gestein dar, welches Unterhöhlungen gut verträgt, ohne alsbald nachzubrechen. Daneben aber wird es vom Wasser relativ leicht gelöst, wodurch die rein mechanische Wirkung der Brandungswoge erheblich unterstützt wird. Es sind dieselben Eigenschaften, welche allgemein die harten Kalke zur Höhlenbildung geeignet machen, welche hier in den in den Tropen in so großer Ausdehnung im Meeresniveau anstehenden, fossilen Korallenkalken eine Brandungskehle so schön zur Darstellung bringen.

Dafs es nicht bestimmte örtliche, die Brandungswelle direkt beeinflussende Verhältnisse, sondern lediglich die spezifische Beschaffenheit des Gesteins ist, welche in diesem festen Korallenkalk die schönen Brandungskehlen ausarbeiten läfst, erkennt man besonders klar und deutlich da, wo nebeneinander dieser ältere verfestigte und ein ganz junger, noch unverfestigter, kreibiger Korallenkalk am Strande auftreten. Ich habe früher in dieser Zeitschrift eine ausführliche Beschreibung dieser beiden Gesteinsarten gegeben und ihre verschiedenartige Reaktion auf die formbildenden Faktoren scharf hervorgehoben¹⁾. Ich sagte dort u. a.: Unter günstigen Verhältnissen, wie am Ras Mbueni auf der Insel Sansibar, finden wir beiderlei Riffkalke in unmittelbarer Nachbarschaft bis in das Strandniveau hinabreichen. Die vorspringende Spitze dieses Ras besteht im unteren Teil aus älterem Kalk, der stark unterwaschen, durch Höhlungen ausgezeichnet ist und eine schwammartig unregelmäßig zerfressene Oberfläche zeigt. Über diesem erhebt sich, wie eine Mauer senkrecht abstürzend, der aufgelagerte, ganz junge Kalk. Unmittelbar im Süden der vorragenden Felspitze wird auch dieser letztere von der über einen sandigen Strand aufrollenden Brandungswelle direkt bespült. Diese ist auch hier bestrebt, wagerecht in die Steilwand Höhlungen zu graben. Dieselben bleiben jedoch ganz flach, da die oberen Partien des Riffes alsbald nachstürzen und die gleichmäßig senkrechte Front wieder herstellen.

Die angeführten Beispiele mögen die folgenden Schlufssätze berechtigt erscheinen lassen. An den Steilküsten der Ozeane fehlen Brandungskehlen keineswegs. Hier, wo im allgemeinen eine erhebliche Höhendifferenz zwischen dem Ebbe- und Flutniveau besteht, verschiebt sich zwar die Angriffsstelle der Brandung mit den Gezeiten nicht unbedeutend, und nach längerer Einwirkung der Meereswelle auf die Küste wird die Steilwand nur noch bei höherer Flut erreicht. Es ist also jedesmal nur eine verhältnismäßig kurze Zeit, während welcher die Brandung die felsige Uferwand angreifen kann. Doch scheint dieser Nachteil dadurch vollständig ausgeglichen zu werden, dafs die Meere mit Gezeiten weit kräftigere Wellen erzeugen, als die tidenlosen Mittelmeere.

In der Tat erfordert jedes Kliffufer theoretisch die Bildung einer Hohlkehle. Die Brandungswelle untergräbt durch ihre zerstörende Arbeit mit Hilfe der ihr zur Verfügung stehenden Gesteinstrümmer die Felswand, so dafs die über dem Brandungsniveau aufragenden Teile derselben herabstürzen. Geschieht das Nachstürzen im gleichen Tempo mit dem Vordringen des Meeres im Niveau der Brandungswelle, so resultiert eine von

¹⁾ E. W e r t h , Lebende und jungfossile Korallenriffe in Ost-Afrika. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin. Band XXXVI, 1901, S. 115—144.