

Furchensteine (Galets sculptés), Rillensteine und Mikrokarren

Autor(en): **Escher, B.G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **14 (1916)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-157594>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Furchensteine (*Galets sculptés*), Rillensteine und Mikrokarren.

Von B. G. ESCHER, s'Gravenhage, Holland.

Typische *Rillensteine* wurden namentlich aus der Sahara beschrieben und Steine mit der Rillensteinsculptur wurden früher als ein echtes Wüstenphänomen aufgefasst. Das eigentümliche Relief wurde der abschleifenden Wirkung des mit Sand beladenen Windes zugeschrieben. Entgegen dieser Anschauung haben in letzter Zeit J. WALTHER (4), KESSLER (6) und der Verfasser (5) betont, dass Lösung die Rillensteinsculptur hervorgerufen habe, und die zwei letztgenannten Autoren habe solche Steine von ausserhalb der Wüste beschrieben und abgebildet.

Kürzlich wurde ich in die Gelegenheit gestellt ausserordentlich schön ciselierte Steine, die von der Timor-Expedition von Prof. MOLENGRAAFF nach Delft (Holland) mitgebracht wurden, zu untersuchen. In dem Werke von G. A. F. MOLENGRAAFF und H. A. BROUWER über die Insel Letti im Timor-Archipel, Niederländisch-Indien, erschien eine Arbeit über *Mikrokarren* auf Magnesit und Kalkstein von meiner Hand (9). Darin werden die Rillensteine als eine Mikrokarrensculptur dargestellt — der Name Mikrokarren stammt von Prof. MOLENGRAAFF — und vorläufig folgende Erklärung für die Entstehung von Mikrokarren gegeben. Durch eine *intermittierende Aetzung, die jeweilen kurz andauern dürfte*, entsteht auf löslichen Gesteinen eine *Mikrokarrensculptur*, während eine lang andauernde Aetzung Makrokarren erzeugt. Lang andauernde Aetzung findet in den Karrenfeldern der Alpen unter der Schneedecke statt und ausserhalb der hohen Gebirge auf grösseren Kalkkomplexen, wo viel oberflächliches Wasser abströmen muss. Dagegen dauert die Aetzung jeweilen kurz bei Kalksteinen in dem Wüstenboden (J. WALTHER), bei lose herumliegenden Kalkblöcken (Letti, Spitzbergen) und bei Magnesitblöcken, die in einer Verwitterungsmatrix von Serpentin liegen (Letti).

Bei meinen Studien über die Mikrokarrensculptur hat sich

mir nun allmählich die Frage aufgedrängt, ob nicht auch gewisse *Furchensteine* zum Mikrokarrenphänomen zu rechnen seien. F. A. FOREL, der sich wohl am ausführlichsten mit den « *Galets sculptés* » beschäftigt hat, hat uns im dritten Bande seiner Monographie über den Léman eine Fülle von Wissenswerten über die Entstehungsmöglichkeiten der Furchensteine hinterlassen (2). Ich will hier nicht über solche Furchensteine reden, die zweifelloso Merkmale von biologischer Bearbeitung tragen, aber nur von dem Typus der von FOREL unter « *sillons méandriques* » zusammengefasst wird, und welche durch die Abbildungen 201, 204, 205, 209, 211, 221, 222 und 225 im dritten Bande von « *Le Léman* » erläutert werden. Was hieran zu sehen ist, zeigt weitgehende Analogie mit den Rillensteinen aus der Wüste, nur fehlt natürlich der Firnisglanz darauf; und auch die Mikrokarren aus Timor und die von GOLDSCHMIDT (7) abgebildeten « Küstensteine von Lovrana (Istrien) » zeigen wiederum ähnliche Skulpturen.

Ausser FOREL haben sich namentlich eine Reihe von Botanikern, wie R. C. CHODAT, O. KIRCHNER und C. SCHRÖTER mit der Erklärung der Furchensteine beschäftigt und die Frage nach ihrer Entstehung ist darum von biologischer Seite genügend gewürdigt. Man hat zuerst versucht Algen für die mäanderartig verlaufende Skulptur verantwortlich zu machen, aber FOREL, SCHRÖTER und KIRCHNER konnten feststellen, dass die Algen gerade nicht in den Rillen, sondern auf den Kämmen der Furchensteine aufgewachsen sind. FOREL hat daraufhingewiesen, dass die « *sillons méandriques* » ausschliesslich auf Kalkstein vorkommen, und dass deshalb hier eine chemische Wirkung, eine Lösungserscheinung auftrete. Die eigenartig wurmförmig gekrümmten Rillen erklärt er folgendermassen: Auf dem Boden des Mikro-Algenwaldes, der auf Kalkstein gewachsen ist, kriecht eine reiche Fauna, die aus Würmern, Mollusken, Crustaceen, Larven von Insekten etc. besteht, herum. Sie folgen den einst gewählten, willkürlich verlaufenden Pfaden im Mikro-Urwald und verhindern dadurch eine Vegetation in diesen Pfaden. Da fehlt also ein Schutz durch Vegetation gegenüber chemischen Angriffen, und werden durch Aetzung Hohlwege herauspräpariert. Zusammengefasst heisst das also: Schutz des Kalksteines gegen Auflösung durch Wasser + CO₂ durch einen Algenteppich; Blosslegen von gekrümmten Pfaden durch eine Mikro-Fauna; Auflösung an den blossgelegten Partien.

Ob damals die Rillensteine aus der Wüste noch kein Gemeingut der Wissenschaft waren, weiss ich nicht. Aber es

scheint mir, dass das nicht der Fall gewesen sein kann, denn sonst hätte ein scharfsinniger Beobachter wie FOREL sicherlich einen Vergleich zwischen den beiden so ähnlichen Skulpturen angestellt. Die bis ins Detail gehende Uebereinstimmung zwischen Rillensteinen, Mikrokarren und den « Galets sculptés à sillons méandriques » scheint mir die Berechtigung zu verleihen für alle drei Ciselierungen die gleiche Ursache anzunehmen.

In allen drei Skulpturen erkennt man schliesslich zwei extreme Zeichnungen, die mit « schwammige Auslaugung » und « Kannelierung nach dem Gefälle » aus ARBENZ's Nomenclatur der Makrokarren (3) übereinkommen. GOLDSCHMIDT nennt dies: « wirr mäandrische Rieselung » und « mäandrisch-abfliessende Rieselung ».

V. GOLDSCHMIDT (7) und K. ANDRÉE (8) haben mit souveränem Blick über die Ansichten von WALTHER, KESSLER und mir hinweggeschaut. Ein solches Vorgehen scheint mir nicht klug.

ANDRÉE hat zwar nichts wesentlich neues gefunden, denn schliesslich ist seine Erklärung von Lösungsrinnen an Kalkgeröllen in einem polygenen Konglomerat von Bic, Quebec, eine Bestätigung von meiner Erklärung der Spaltätzung, und GOLDSCHMIDT hatte dieselben Rinnen schon an Kalkresten in Vertiefungen von Feuersteinknollen aus Kalkstein bei Luxor gefunden und abgebildet. Auch das von ANDRÉE über Furchensteine aus dem Lake Winnipegosis, Manitoba, mitgeteilte, vertieft unsere Anschauung über deren Bildung nicht, denn er schliesst sich vorderhand ohne nähere Begründung an FOREL an.

Was GOLDSCHMIDT uns dagegen bringt ist eine Betrachtung von einem prinzipiell neuen Standpunkt. Er vergleicht die Ätzungsskulptur mit einer Skulptur, die angeblich durch Sandwind entstanden sei. Freilich nimmt er ohne weiteres für bewiesen an, dass die Rillensteine der Wüste durch die mechanisch abschleifende Wirkung von Sandwind entstanden seien, und vergleicht nun diese angeblich mechanische Wirkung mit der nach ihm eigentlich ebenfalls mechanischen Wirkung der Auflösung.

Ich zweifle nicht an der Fruchtbarkeit von GOLDSCHMIDT'S Anschauungen über den Lösungsprozess, aber bevor er seine Theorien aus diesem Gebiete auf die Domäne des Sandgebüses überträgt, sollte er uns den strikten Beweis bringen, dass die Rillensteine durch den Sandwind modelliert wurden. GOLDSCHMIDT sagt zwar, dass wir den Prozess der Sandwind-

Modellierung experimentell wiederholen können, aber solange damit keine besseren Resultate in Bezug auf Furchung erreicht werden als H. HEDSTRÖM (1) uns gezeigt hat, welche auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit Rillensteinen besitzen, ist GOLDSCHMIDTS Behauptung ein leerer Schall und sein Vergleich zwischen chemische und mechanischer Erosion wertlos.

Der Unterschied zwischen mechanischer Abschleifung (Korrosion) und chemischer Auflösung (Aetzung) ist nach meiner Ansicht besonders schön an einem von J. WALTHER in 1891 abgebildeten (10) Stück von Nummulitenkalk aus der Galala-Wüste zu sehen. Auf der einen Seite sieht man darauf horizontal gestellte Säulchen, die von einem mehr oder weniger vertikalen Nummuliten abgedeckt sind, auf der anderen Seite die Rillensteinskulptur. Offenbar lag früher dieses Stück Nummulitenkalk im Boden, wurde da zeitweise angeätzt, und bekam allseitig die Rillensteinskulptur. Nach einer Blosslegung wurde dann durch den Sandwind die eine Seite angegriffen und die Nummuliten herauspräpariert.

Für uns ist es selbstverständlich, dass Rillensteine, Küstensteine und Mikrokarren, die denselben Lösungsgesetzen unterlagen, auch die identischen Skulpturen aufweisen.

Was mir in all diesen Skulpturen eben am meisten für Lösung zu sprechen scheint, das ist nicht die mäandrische Skulptur, sondern die *Spaltätzung*. Was ich Spaltätzung und homogene Aetzung nannte (5), tritt aber an ein und demselben Gesteinsstück auf, sei es nun Dolomit vom Tödi, oder Magnesit oder Kalkstein von der Insel Letti, oder endlich Kalkstein aus der Sahara. Gerade die Spaltätzung, die ich von 6 cm bis zu einigen Millimetern tiefen Rinnen beobachten konnte, gab mir die Ueberzeugung, dass hier nur Lösung tätig gewesen sein kann. Und weil wir an demselben Gesteinsstück an mehr oder weniger homogenen Stellen eine mäandrische Skulptur wahrnehmen, wird auch diese auf Lösung zurückzuführen sein (*homogene Aetzung*). *Nicht das typische an den Rillensteinen, sondern das a-typische scheint mir für die Beurteilung des Bildungsmodus ausschlaggebend zu sein.*

Was aber den meisten Beobachtern an Rillensteinen, Mikrokarren und Furchensteinen am ersten auffällt, ist die mäandrische Skulptur. Fragen wir bei der Betrachtung eines grossen Karrenfeldes nach der Erklärung aller gewundenen Rinnen und Rippen?

Nein, wir sehen sofort ein, dass eine solche Frage zweifel-

los beantwortet werden könnte, dass es aber wirklich unnütze Arbeit wäre jede Rippenform, jeden Pfeiler und jede Vertiefung einzeln zu analysieren. Nur die Hauptformen werden da herausgegriffen: Karren nach dem Gefälle, Auslaugung auf Schichtfugen, wilde Karren, Auslaugung von Spalten (3).

Wegen den kleineren Dimensionen der Stücke, auf denen wir die Kleinformen der Aetzung finden, kehren nicht all diese Hauptformen auf Rillensteinen, Mikrokarren und Furchensteine zurück. Bisweilen finden wir darauf nur die am meisten auffallende mäandrische Skulptur, die ich mit den « wilden Karren » vergleichen möchte. Diese Skulptur umfasst alle Formen, die zwischen der « schwammigen Auslaugung » einerseits und der « Kannelierung nach dem Gefälle » andererseits liegen. Mit schwammiger Auslaugung stimmen vielleicht auch einige der von FOREL beschriebenen Formen überein, die er « *cupules semi-ovoïdes* » nennt. An der Abbildung 225 von FOREL sehe ich schwammige Auflösung durch auflagerndes Wasser auf der oberen Fläche und nicht sehr deutlich ausgebildete « Kannelierung nach dem Gefälle » auf der vorderen Fläche. Das sind aber alles Formen der homogenen Aetzung und daneben tritt in vielen Fällen die Spaltätzung deutlich auf, die mit der Auslaugung von Spalten in Makrokarren übereinstimmt. Zwar weisen die meisten Furchensteine keine Spaltätzung auf, aber es gelang mir doch leicht am Greifensee mehrere Exemplare zu finden, die sowohl Formen der homogenen Aetzung als der Spaltätzung besitzen. Dass die Spaltätzung an den « Galets sculptés » relativ selten auftritt verwundert uns nicht, denn die Gesteinssplitter sind auf ihrem Transport so hin und her geschlagen, dass jeder Haarriss einen Zerfall verursachen musste und die Gerölle im allgemeinen schliesslich aus homogenen Gesteinsfragmenten gebildet wurden. Im anstehenden Fels, z. B. am Walensee tritt dagegen die Spaltätzung massenhaft auf. Als dritte Aetzform findet man in gewissen Fällen noch Herauspräparierung oder Ausfressen von Einschlüssen aller Art, worauf ich früher hinwies (5).

Für mich liegt also die Schwierigkeit nicht in der Bestimmung des Agens, das die Skulpturen schuf; es ist die lösende Tätigkeit von Wasser + darin gelösten Stoffen, u. a. CO_2 und Humussäuren. Was mich aber vom geologischen Standpunkt aus interessiert, ist die Frage warum hier grosse und grobe, dort kleine und feine Lösungsformen entstehen.

Es erübrigt sich nun kurz zu untersuchen, ob auch für die Furchensteine die Bedingung einer intermittierenden Aetzung erfüllt sei.

Dazu ist in erster Linie nötig, dass wir den Bildungsbezirk der Furchensteine kennen. Es wird deutlich sein, dass in dieser Beziehung die Furchensteine im anstehenden Fels vor allem in Betracht kommen. Am Nord-Ufer des Walensees kenne ich sie von oberhalb des Wasserniveaus, bis zur obersten Grenze der Spritzzone, d. h. bis ungefähr auf das Niveau der Strasse von Weesen nach Betlis. Höher kommen da keine Mikrokarren vor (3 bis 4 m über Mittelwasser). Dagegen bedecken sie den Felsen mindestens noch über eine Tiefe von 2 m unterhalb dem mittleren Wasserstand.

Welche Oberflächenskulptur der dauernd mit Wasser in Berührung stehende Kalkfels unter dem tiefsten Wasserstand annimmt, entzieht sich vorläufig unserer Beobachtung. Es wäre gewiss interessant hierüber näheres zu erfahren. Kommen da grobe Erosionsformen vor, die an Makrokarren erinnern, oder verhindert im Gegenteil ein Algent Teppich einen direkten chemischen Angriff? Letzteres kommt mir wahrscheinlicher vor.

Auch an den Felsen im unteren Schrattenkalk zwischen Weesen und Betlis treten die beiden Extreme: « schwammige Auslaugung » auf horizontalen Partien und « Kannelierung nach dem Gefälle » auf geneigten Flächen auf. Die Furchen sind hier bedeutend gröber als auf den Mikrokarren von der Insel Letti und sind hier etwa 4 bis 8 mm breit. Die Gesamtenetzung dürfte aber auch am Walensee eine intensivere sein. Im oberen Teil der Spritzzone, auf einer Höhe von mindestens $2\frac{1}{2}$ m, ist die skulptierte Oberfläche nackt. Unter dem mittleren Wasserniveau sind die gefurchten Felsen dagegen von einem braunen (Algen-) Ueberzug bedeckt, was mir sehr wichtig für die Beurteilung des Bildungsmodus scheint.

Gerölle, also die echten « Galets sculptés », sind verbreitet in vielen Schweizer- und Oberbayerischen Seen, und wurden auch in andern Wasserbecken gefunden. FOREL und ANDRÉE geben darüber nähere Auskunft. Die meisten Furchensteine besitzen nur auf einer Seite die Rillenskulptur und zwar, wie ich mich am Greifensee überzeugen konnte an der oberen Seite. Der Teil, der im nassen Schlamm steckt besitzt oft gar keine Aetzformen, namentlich dann nicht, wenn das Gerölle fest im Boden eingekeilt ist. Ist die Skulptur auf zwei Seiten vorhanden, so sind die Steine wahrscheinlich einmal gewendet. Mehr oder weniger kugelrunde Gerölle besitzen manchmal eine allseitige Furchung. Flache Gesteinsscherben, deren Oberseite horizontal liegt, zeigen schwammige Auslaugung, d. h. hier entweder näpfchen-

förmige Vertiefungen (« cupules semi-ovoïde » von FOREL), also ein Netzwerk von breiteren Leistchen, oder die Näpfchen verschmolzen untereinander zu mäandrischen Rinnen und liessen schliesslich nur Wärzchen als Erhebungen zurück. War die obere Seite gewölbt oder kegelförmig zugespitzt, so entstanden radial verlaufende Furchen, ein besonderer Fall von « Kannelierung nach dem Gefälle ». Also auch hier wieder dieselben Kleinformen wie an den Rillensteinen aus der Wüste und an den Mikrokarren von der Insel Letti. Nur ist die ganze Skulptur etwas gröber, denn die Breite der Furchen schwankt an den Geröllen vom Greifensee von 2 bis 4 mm an kleinen bis 4 bis 6 mm an grösseren Geröllen.

Nach FOREL findet man die « Galets sculptés » « sur tout le littoral de certains lacs, sur certaines plages seulement d'autres lacs » (2, S. 396). Aber auf Seite 399 erzählt FOREL, dass er in 1877 die « Galets sculptés » in situ auf der « beine » vom Neuenburger See fand, eine Uferbank, die mit der Korrektur der Jura-Gewässer durch eine Senkung des Wasserspiegels trockengelegt wurde. Gewiss war es von FOREL konsequent hier von « in situ » zu reden, denn er schrieb den Kalkalgen eine, wenn auch indirekte Rolle bei der Bildung der Mäander zu, und fand auf diesen Geröllen die Algen in lebendem Zustand.

Wenn aber FORELS Hypothese nicht richtig wäre und die « cupules et sillons, rectilignes et méandriques » durch das Algenwachstum auch nicht indirekt beeinflusst werden, dann ist es fraglich ob die Bezeichnung « in situ » auch auf die Bildung der Furchen passt. Denn es wäre auch ganz gut möglich, dass durch den « Sog », den Unterstrom der Wellen, fertig ausgebildete Furchensteine vom Strande auf die Uferbank transportiert würden, und dass die Algen sich mit besonderer Vorliebe an den ausragenden Rippen ansetzen würden. Das wäre eine neue Frage, aber jetzt eine aus dem Gebiete der Biologie, mit der sich jede Hypothese, die von der FOREL'schen abweicht, abfinden muss. Der oberste Teil des Strandes wird der Bedingung gerecht, dass da eine *intermittierende Aetzung* stattfindet.

Drei Agentien wären für diese zeitweise Benetzung verantwortlich zu machen: *Schwankungen im Wasserquantum des Sees*, der *Wellenschlag* und die « seiches ».

Im obersten Teile des eben noch benetzten Strandes besitzen die Wellen keine mechanische destruktive Kraft, da diese vorher in der Brandungszone schon gebrochen wurde. Etwas tiefer fallen die Gerölle am meisten der gegenseitigen

Abnützung anheim, und auf der « beine » endlich ist die Wellenwirkung so gut wie aufgehoben. Dazu muss noch in Rechnung gezogen werden, dass die Wucht des Anpralles unter Wasser geringer ist als darüber, für Kalksteingerölle etwa $1,7 \times n$ respektive $2,7 \times n$. Unter Wasser wird die Abnützung also geringer sein als in dem obersten Teil der Brandungszone. Sind also die fertig gebildeten Furchensteine einmal durch den Sog ganz unter Wasser gezogen, dann wird die mechanische Zerstörung des Lösungsreliefs gering sein. Und unter Wasser bemächtigen sich wahrscheinlich Algen der vorspringenden Leisten und schützen gegen gleichmässige Auflösung der schon skulptierten Oberfläche.

Die anderen Ursachen der intermittierenden Aetzung, die « seiches » und die Schwankung im Wasserquantum, benetzen ohne mechanisch-destruktive Arbeit den obersten Teil des Strandes. Wahrscheinlich ergänzen sich die drei genannten Agentien zur Erzeugung einer intermittierenden Aetzung.

Sie werden mir nachfühlen wie sehr ich es bedauere, dass der Altmeister der Seenkunde nicht mehr unter uns weilt, um seine fruchtbringende Kritik dieser neuen Hypothese der Furchensteinbildung angedeihen zu lassen.

s'Gravenhage, den 28. August 1915.

Literatur-Verzeichniss.

1. H. HEDSTRÖM. *Om konstgjord framställning af vindnötta stenar*. Förh. geol. För. Stockholm, Bd. XXV, p. 413-420, 1903.
2. F.-A. FOREL. *Le Léman*, tome III, p. 384-405. 1904.
3. P. ARBENZ. *Die Karrenbildungen*. Deutsche Alpenzeitung, 1909.
4. J. WALTHER. *Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit*. 2 Aufl. 1912.
5. B.-G. ESCHER. *Ueber die Entstehung des Reliefs auf den sogenannten Rillensteinen*. Geol. Rundschau, Bd. IV, Heft 1, S. 1-7, 1913.
6. P. KESSLER. *Einige Wüstenerscheinungen aus nicht aridem Klima*. Geol. Rundschau, Bd. IV, Heft 7, S. 413-423, 1913.
7. V. GOLDSCHMIDT. *Ueber Erosion und Lösung*. Bull. de l'Acad. Impér. des Sciences de Saint-Petersbourg. VI^{me} série, 1914 No 5, p. 339-356.
8. K. ANDRÉE. *Verschiedene Beiträge zur Geologie von Canada*. Darin B. I, *Ueber die Zerstörung von Kalkstein, hauptsächlich unter Mitwirkung von Algenvegetationen, nebst Bemerkungen über Flechtenerosion*. Schriften der Gesellsch. zur Beförderung der gesammten Naturw. zu Marburg, Bd. XIII, 7. Abt. S. 414-431.
9. B. G. ESCHER. *Mikrokarren op magnesiet en kalksteen*, in G. A. F. Molengraaff, *Nederlandsche Timor-Expeditie 1910-1912*; I. De Geologie van het eiland LETTI. Jaarboek van het Mynwezen in Nederlandsch Oost-Indië. 43. jaargang, 1915. Verhandelingen, Erste Deel. 1915.
10. J. WALTHER. *Die Denudation in der Wüste*. Abhandl. der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Math. Phys. Klasse, Bd. XVI, No 3, S. 345-570, 1891. Tafel IV, Fig. 2.