

## KÖVESÜLT HULLÁMBARÁZDÁK.

Irta: *Szentes Ferenc* dr.\*

### ÜBER FOSSILE WELLENFURCHEN.

Von Dr. *Franz Szentes*.\*\*

Fossile Wellenfurchen sammle ich im Wirtschaftsgeologischen Institut schon seit längerer Zeit. Es kann nicht mein Zweck sein, hier alle fossilen Wellenfurchen aufzuzählen, die in den heimischen Sammlungen sich befinden, wie ich auch die in ausländischen Sammlungen (Bukarest, Wien, Graz, Firenze, Roma, Napoli) untersuchten Exemplare nicht aufzählen will. Bei meinen Exkursionen habe ich vielerorts die Entstehung von Wellenfurchen beobachtet, durch Wind, in Flüssen und am Meeresstrand. Auch konnte ich mit einfachen Experimenten ihre Entstehung studieren.

Im allgemeinen kann gesagt werden, dass versteinerte Wellenfurchen keine Seltenheit sind und vom silurischen Graptolithenschiefer bis zum Pliozän zu allen Zeiten und an den verschiedensten Orten zu finden sind. Nicht selten bezeichnen sie ausgelehnte Schichtenreihen von bedeutender Mächtigkeit, z. B. die Tetzcaner Schichten in den äusseren Ostkarpathen. Nicht nur die Reste von Pflanzen und Tieren oder deren Betätigung, sondern auch diese mechanischen Produkte haben nach ihrer Art den Charakter der „Versteinering“, was nicht selten zu wichtigen paläogeographischen Entdeckungen führte, z. B. zur Auslegung des Devon-Sandsteins am Dnjestr (16), oder zur Unterscheidung zwischen dem Unteren- und Hauptbundsandstein in der Gegend von Marburg (2). So lassen die Wellenfurchen von Mátraaindszent (Kom. Heves) darauf schliessen, dass diese Schicht sich am seichten Meeresufer gebildet hat, zu Ende der älteren Phase der steirischen Faltung, die Oszillationen bestätigend.

Deshalb kann es nicht uninteressant sein, die geologische Bedeutung dieser Gebilde hervorzuheben, und man kann mit Recht behaupten, dass man den Wellenfurchen mehr Beachtung beimessen muss.

Mit der Genetik und der Morphologie der Wellenfurchen (Ripple marks, Rides) haben sich schon sehr viele beschäftigt und über diesen Themenkreis steht eine erschöpfende Literatur zur Verfügung. In den Einzelheiten findet man aber viele Abweichungen. Selbst die in den Handbüchern enthaltenen allgemeinen Erklärungen führen leicht zu irrthümlichen Vorstellungen.

Dass die Wellenfurchen nicht Abdrücke der Wellen sind, ist leicht begreiflich. Die Bewegungen der einzelnen Komponenten

---

\* Előadta a Magyarhousi Földtani Társulat 1936. évi január 8-i szakülésén.

\*\* Vorgetragen in der Fachsitzung der Ung. Geol. Gesellschaft am 8. Januar. 1936.

der Wellenfurchen können mit den Orbitalbewegungen überhaupt nicht verglichen werden. Ihre Entstehung ist z. T. das Resultat jenes physikalischen Vorganges, der die idealen Wellen zustande bringt, z. T. jener Gesetzmässigkeit, die sich aus den verwickelten Umständen der Reibung ergibt.

Diese Gesetzmässigkeiten studiert man schon seit mehr als hundert Jahren. Reiche theoretische Korrespondenzen, in der Natur vorgenommene sorgfältige Beobachtungen stehen heute bereits zur Verfügung. Die Wellen- und Wirbeltheorien zeigen besonders in der Entwicklung der Aviatik raschen Fortschritt. Diese Beobachtungen aber bestätigen unstreitig, dass die geologischen Lehrbücher bei der Helmholtz-Buschinschen Theorie zurückgelassen sind, welche zwar nicht unrichtig ist, die *sämtlichen* Symptome aber nicht meritorisch beleuchtet.

Wenn wir die Experimente von de Candolle, Fœrel, Darwin, Cornish, Baschin, Bertolody, Solger, Harman, Trikalinos einer Prüfung unterziehen, springen mehrere gemeinsame Beobachtungen in die Augen. In erster Reihe stimmen die Ansichten der meisten Beobachter darin überein, dass die in den Laboratorien gemachten Experimente (bei Anwendung von Wasser, Luft, andererseits mit verschiedenartigem Sand, künstlichen Mischungen, Farben usw.) den natürlichen Verhältnissen nicht vollständig entsprechen und daher die in Laboratorium erzielten Resultate nur *vis à civem* *cervissen* *Vass* auf die Naturgesetze angewendet werden können. Andererseits können die in der Natur durchgeführten gründlichen Beobachtungen die in den Laboratorien erzielten Erfolge *gut ergänzen*. Bei der Anwendung der Wellentheorien müssen sowohl die in den Laboratorien wie auch die in der Natur gemachten Beobachtungen in Betracht gezogen werden, sich aber weitgehender Verallgemeinerung womöglich enthaltend.

Die Details der Beobachtungen betreffend, berufe ich mich auf die Fachliteratur, hier sollen bloss die übereinstimmenden Resultate zusammengefasst werden. Aus diesen ist es ersichtlich, dass man scharfe Unterschiede machen muss zwischen den durch die Wirkung des Windes auf den Sandoberflächen entstandenen *Windfurchen* (Kränsehnungsmarken) und den durch die Wirkung der Wellen unter Wasser zustande gekommenen *Wellenfurchen*. Letztere sind immer verschieden, je nachdem sie in *fließendem* oder *stehendem Wasser* zustande kommen. Diese Unterschiede wurden schon früher erwähnt, ohne jedoch die *wichtigen genetischen Momente* hervorzuheben. Mit anderen Worten: die in den Lehrbüchern verallgemeinerte Helmholtz-Buschinsche Wellentheorie,\* über die Entstehung der Wellenfurchen ist nur auf ihren

\* Die Helmholtzsche Wellentheorie ist kurz die folgende: Auf der Berührungsfläche zweier Medien von verschiedenem spezifi-

entsprechenden Wert reduziert anzuwenden, weil sie mit den oben erwähnten Beobachtungen nicht immer im Einklang steht.

*Jede Wellenfurche entsteht durch Wellen, Wirbel, Auslese, oder durch deren Gesamtwirkung. Die Genese spiegelt sich in der Morphologie der Wellenfurchen wider.*

1. *Asymmetrische Wellenfurchen* marinen, fluviatilen, lakustrischen, colischen Ursprungs. Richtung und Grad der Asymmetrie kann beobachtet werden. In versteinelter Form zeigt der Abdruck die ursprüngliche Wellenfurche in verkehrter Asymmetrie (Fig. 9—10). Stoffliche Qualität und andere Umstände sollen näher bestimmt werden.

*Sowohl die colischen wie auch die fluviatilen Wellenfurchen sind asymmetrisch:* in der Stromrichtung (Luv) mit flachem Abhang (5—10°), in Gegenrichtung (Lee) mit steilem Abhang (28—45°). Beide Wellenfurchen haben scharfen Kamm, was jedoch kein wichtiges Kriterium ist. Sämtliche Beobachtungen bestätigen, dass die *colischen Windfurchen* am Kamm, die *fluviatilen Wellenfurchen* hingegen an der Lee-seite und den davor liegenden Gräben aus grohen Sandkörnern bestehen. Figur 9 zeigt das Profil der asymmetrischen Windfurchen, Figur 10 das Profil der fluviatilen Wellenfurchen. Bei beiden ist die Arbeit der Auslese zu sehen.

1a). Dass die Helmholtz-Baschinsche Wellentheorie die Entstehung der *Windfurchen* nicht erklärt, ist leicht verständlich. Bei d. *Windfurchen* handelt es sich nicht um eine Grenzfläche zwischen Wasser und Luft, sondern um eine Sand-Oberfläche, die nicht als Flüssigkeit behandelt werden kann. Jeder Beobachter ohne Unterschied konnte die Wahrnehmung machen, dass ein Material von gemischter Korngrösse (im allg. Sand) dazu notwendig ist, um die *Windfurchen* zustande zu bringen; in einem Material von gleichmässiger Korngrösse entstehen sie nicht.

Es kann einstimmig angenommen werden, dass die *Entstehung der Windrippeln mit dem Sortiment beginnt*. Mit dem Abtransport des feinen Sandes wird die Oberfläche uneben, es erheben

---

schen Gewicht (Flüssigkeiten oder Gase), bei denen die Bewegung verschieden ist, entstehen Wellen. Ein stabiler Zustand ist nur dann möglich, wenn der Druck an beiden Seiten der Grenzflächen identisch ist, während die glatte Grenzfläche immer ein labiles Gleichgewicht schafft. Ein glatter Wasserspiegel, über den sich ein gleichmässiger Wind bewegt, ist in labilem Gleichgewichtszustand, so dass die Entstehung der Wasserwellen hauptsächlich auf diesen Umstand zurückzuführen ist.

Diese Wellentheorie benutzte Baschin erstmals zur Erklärung der *Windfurchen*.

sich kürzere-längere Sandstreifen mit dazwischen liegenden kleineren Vertiefungen und das ganze besteht ausschliesslich aus groben Körnern. Hinter dem so gestalteten Hindernis (den ausgewähl-

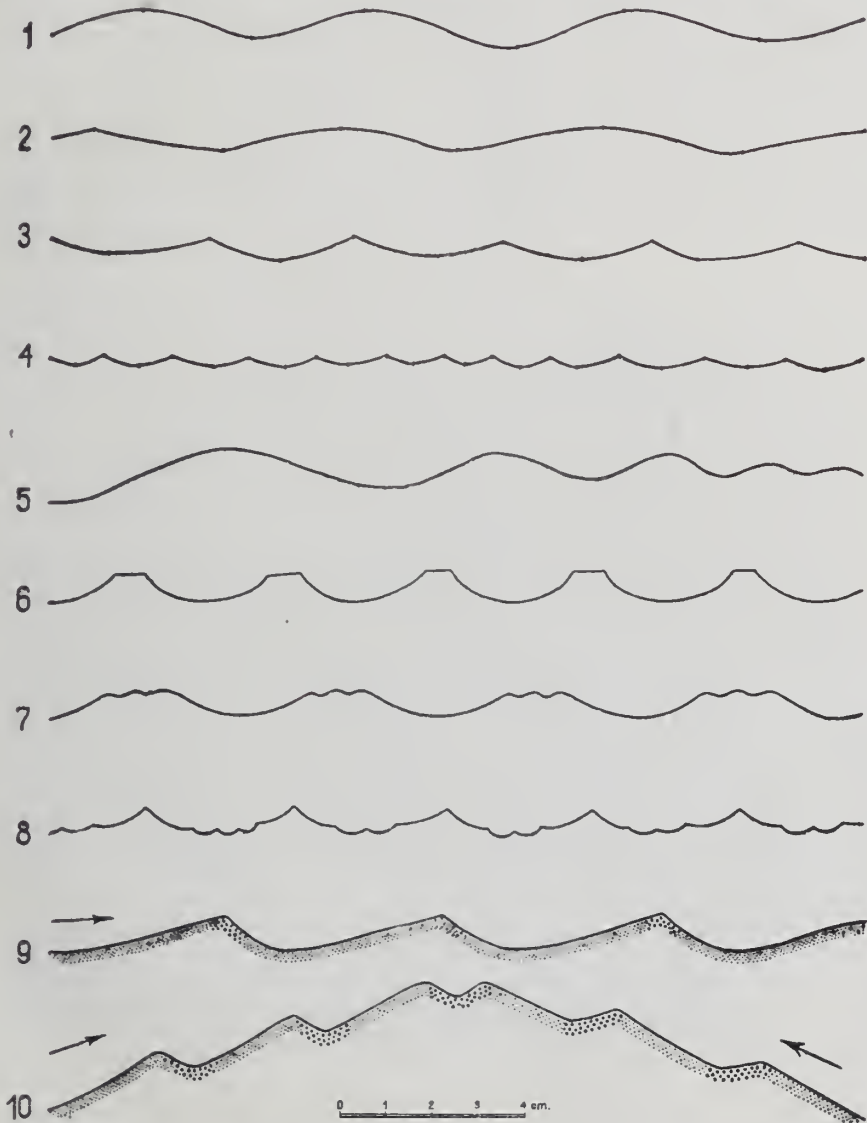


Fig. 1—10. ábra. *Fossile Wellenfurchen-Profile*. 1. Symmetrische Wellenfurche mit Sinuskurve, Unterhelvet, sog. terrestrische Schichten, Mátramindszent, (Com. Heves), Köszörűkö-Bach. 2. Symmetrische Wellenfurche mit Sianskurve, Helvetien, Tetzani-Schichten, Calugara-Mara bei Bacau, Moldau. 3. Symmetrische Wellenfurche mit Hyper-

boleukurve, Werfeuer Schichten, kalkige Zwischenlagerungen im Sandstein, Balatonfüred (Com. Veszprém), Erhohlungsheim. 4. Symmetrische Wellenfurche mit Hyperbolenkurve, Flyschähnlicher Gosau Sandstein, Wasserspreng bei Mödling, südlich von Wien. 5. Gelinderte Wellenfurchen. 6. Abradierte Wellenfurchen. 7. Zweitrangige Wellenfurchen in Sinuskurve. 8. Zweitrangige Wellenfurchen mit Hyperbolenkurve. 9. Aeolische asymmetrische Wellenfurche. 10. Marine asymmetrische Wellenfurche bei halbseitig gehobener Oberfläche.

ten grösseren Körnern) lagert sich das feinkörnige Material ab, Windrippeln, Kränzelungsmarken bildend. Weitere Versuche haben zur Erkenntnis der Tatsache geführt, dass die Windfurchen nicht bei jeder Windstärke entstehen. Nach Trikalinos' sorgfältigen Versuchen entstehen Windfurchen bloss bei Windstärken zwischen 4.5—7—8 m/sec. (bei längerer Einwirkung auf trockenen Sand), während stärkerer Wind die Oberfläche bereits glättet (20). Hierin liegt auch der genetisch wichtige Unterschied, der die *Windfurchen von den Dünen scharf unterscheidet*, worauf schon ausdrücklich hingewiesen wurde (6), entgegen den älteren Beobachtungen. Die Dünen sind stabile, von der Kerngrösse unabhän-



Fig. 11. ábra. Fossile Wellenfurche Tihany (Com. Veszprém). Pliocäner Bazalttuf. Original 22×14 cm. Phot. T. v. Dömök.

gige Gebilde, während die Windfurchen ephemere Erscheinungen sind und sich nach dem momentanen Wind richten.

1b). Ähnlich, wie bei der Entstehung der Windfurchen, ist auch bei den in *fließendem Wasser entstehenden Wellenfurchen*,

die Klassifizierung von primärer Bedeutung. Auch hier kann bei gewisser Korngrösse nur eine gewisse Stromgeschwindigkeit Wellenfurchen zustande bringen. Die aus grösseren Sandkörnern gebildeten Sandstammungen wachsen, wenn sie eine gewisse Grösse erreicht haben, rasch und es entstehen Wellenfurchen. Wenn das als Ausgangspunkt wirkende Hindernis zu gross ist, entstehen keine Wellenfurchen, sondern es wird hinter dem Hindernis das feine Material ausgewaschen und es kommen Strudelbewegungen ins Übergewicht. Die entstandenen Wellenfurchen bewegen sich mit dem Strom weiter. In der Nachbarschaft des stärksten Wasserlaufes stellen sich leichter Unregelmässigkeiten ein, als bei gleichmässiger Strömung, während in Ufernähe wegen der seitlichen Reibung längliche Furchen entstehen.



Fig. 12. äbra. Fossile Wellenfurche. Mátramindszent (Com. Hayes) Unterhelvetische sog. terrestrische Schichten. Original  $28 \times 18$  cm. Phot. T. v. Dömök.

1c). Die dritte Abart der asymmetrischen Wellenfurchen ist *marinen Ursprunges* und wird später besprochen.

2). Die *symmetrische Wellenfurche* kann ihrer Gestalt nach verschieden sein:

2a). Als Sinuskurve bezeichnete zyklode Linie, also regelmässige Wellenlinie (Figur 1—2).

2b). Einander schneidende Hyperbolen, wo grössere Wellentäler durch schmale scharfe Wellenberge getrennt werden (Figur 3—4).

Zwischen beiden besteht der praktische Unterschied, dass bei der regelmässigen Wellenlinie der positive und negative Abdruck gleich, nur umgekehrt ist, bei den aus hyperbolischen Bogenteilen bestehenden Wellenfurchen aber zwischen breiten Wellenbergen schmale Kämme stehen, deren Deckplatte, also ihr Abdruck, im Gegenteil zwischen breiten Wellenbergen schmale Furchen zeigt.

Die *marinen oder lakustrischen Wellenfurchen* sind im allgemeinen symmetrisch, ihre Entstehung weicht von jener der asymmetrischen ab. Der unter Wasser liegende Sand ist seiner Korngrösse nach bereits klassifiziert, nur feiner Schlamm und moderige Stoffe schweben über ihm. Aber die *Helmholtzsche Regel* kann sich auch hier nicht vollständig durchsetzen, weil die an Wasser- und Sandgrenzflächen entstandenen Wellen anders sind, als die an Luft- und Wassergrenzfläche zustande gekommenen. Neben der Anwendung der Helmholtz'schen Wellentheorie muss man auch mit der Strudelbewegung rechnen. Die Beobachtungen bestätigen zur Genüge die bedeutende Rolle der Strudelung. Da die Wasserteilchen sich in den Furchen bald auf die eine, bald auf die andere Seite bewegen, ändert sich die Intensität des Strudels in der Weise, dass sie immer auf der Leeseite stärker wirkt. Die feinen Sandteile bewegen sich in der Wellenfurche horizontal hin und her, bis sie an einem Hindernis stehen bleiben und kleine Sandanhäufungen bildend, abermals Strudelung verursachen. Auch hier kann es konstatiert werden, dass die Grösse der Wellenfurche nur zwischen gewissen Grenzen der Geschwindigkeit mit der Bewegung proportional ist (5), mit der Tiefe des Wassers aber in umgekehrtem Verhältnis steht.

*Dass bei der Entstehung der marinen Wellenfurche das Helmholtzsche Gesetz und das Gesetz der Strudelungen zusammenwirken*, beweist auch die Tatsache, dass die ursprünglich asymmetrische Wellenfurche später symmetrisch werden kann (5). Anderseits wird die symmetrische oder in der Stromrichtung gekrümmte asymmetrische Wellenfurche durch die einseitige Hebung der Oberfläche, dem Abhang entgegenstehend asymmetrisch, die Wellenfurche kehrt sich also um. Als solche gekrümmte Oberfläche kann beim zurückgehen der Ebbe das sandige Ufer betrachtet werden, wo die steile Seite der asymmetrischen Wellenfurche dem Ufer, die flache Seite dem Meer zugekehrt ist (Figur 19). *Die marine asymmetrische Wellenfurche unterscheidet sich also von der eolischen und fluvialen Wellenfurche dadurch, dass ihre steile und flache Seite verkehrt ist.* (Typus 1/c.)

Zur Ergänzung sollen noch einige extreme Fälle angeführt werden:

3. *Zerstörte und unausgestaltete Wellenfurchen* sind seltene Erscheinungen, können aber ebenfalls verschieden sein:

3a). *Gelinderte Wellenfurchen*, wo die Grösse der Wellenfurchen in einer Richtung innerhalb kleiner Distanz gleichmässig abnimmt. (Figur 5.)

3h). *Abradierte Wellenfurchen*, wo der obere Teil der regelmässig gestalteten Wellenfurchen glatt abgehobelt wurde. Das beim Eintritt der Ebbe zurücksickernde Wasser kann die Wellenfurchen zum Teil beschädigen, ohne jedoch die Bildfläche vollständig zu glätten (7), (Figur 6).

3c). Bei beiden Formen der Wellenfurchen können auch *Furchen zweiten Ranges* auftreten. Sie kommen entweder auf dem Kamm, oder in den Wellentälern vor. (Figur 7 und 8). Diese Wellenfurchen zweiten Ranges sind häufig nicht parallel mit den Hauptwellenfurchen, auf denen sie sitzen, sondern kreuzen diese gewissermassen. Verschiedene Wellenstärken, die Änderung der Wellenrichtung oder Wasserwellen zweiten Ranges bringen sie hervor (11).



Fig. 13. ábra. Fossile Wellenfurche. Badatonfüred (Com. Veszprém). Werfener Schichten, kalkige Zwischenlagerungen im Sandstein. Original 37 x 19 cm. Phot. T. v. Dömök.

Es soll noch erwähnt werden, dass die mathematisch regelmässige Wellenfurche in der Natur nicht vorzufinden ist und dass zwischen sämtlichen Typen *Übergänge* bestehen.

Die Wellenfurchen ordnen sich in lange, meist ziemlich gerade, kaum gebogene, zur Bewegung von Wind oder Wasser senkrechte, parallele Reihen, in der Länge von mehreren hundert Metern. Wenn die Triebkraft ungleich und nicht genau aus einer Richtung wirkt, entstehen unregelmässige Wellenfurchen, die einander kreuzen, ineinanderfliessen, einander vergrössern oder ver-



kleinern, unterdrücken. Dies ist häufig bei den in geschlossenerer Bucht entstandenen Wellenfurchenreihen zu sehen. Die Windfurchen sind selten gerade, gewöhnlich sichelförmig, zwischen die Hauptfurchen keilen sich (bei stärkerem Wind!) kleinere Nebenfurchen ein, oder es ist die ganze Oberfläche flach und nur an einzelnen geschützteren Stellen gibt es Furchen. All dies lässt sich durch die Ungleichheit der Oberfläche erklären.

Es ist eine vielumstrittene Frage, bis zu welcher Tiefe unter Wasser Wellenfurchen entstehen können. Wir haben gesehen, dass in der Region von Flut und Ebbe, an glatten, sandigen Ufern symmetrische Wellenfurchen asymmetrisch werden. Grozescu hat im Schwarzen Meer, in der Gegend von Constanza, in 1.5 Meter Tiefe keine Wellenfurchen mehr gefunden (11), ebenso nimmt auch Walther nur eine geringe vertikale Verbreitung an. Nach Helmholtz entspricht bei gegebener Wellengestaltung jeder Windstärke eine Wellenhöhe. Nach Hunt setzt sich die Wellenfurchen gefunden und in 68—75 Meter Tiefe noch ihre Existenz bis zu 62-facher Tiefe unter Wasser fort (12). Die Grösse der Wellenfurchen steht — wie wir sehen — mit der Tiefe in umgekehrtem Verhältnis. Nach Forcé (10) bleiben die Wellenfurchen bei grösserer Tiefe besser erhalten; im Genfer See konnte er sie noch in 12 Meter Tiefe beobachten, in 30—50 Meter Tiefe aber hat er sie nicht mehr gefunden. Hunt hat in 27.4 Meter Tiefe noch Wellen angenommen (12). Krümmel erwähnt Wellenfurchen bis zu 200 Meter (15), Schott bei den Kanarischen Inseln in 55 und 146 Meter, Pizard zwischen Schottland und den Faröer Inseln in 150—200 Meter Tiefe. Trusheim nimmt ihre Existenz in noch grösserer Tiefe an. (21). Nach André (3) können als gewöhnlich Tiefen angenommen werden, wo die Strömungen auf der Sandoberfläche noch mit genügender Kraft zur Geltung gelangen. Wenn aber die Kraft der ursächlichen Strömung abnimmt, wird die Wellenfurche verwachsen, bevor sie sich erhärten konnte.

Allgemein kann also angenommen werden, dass im Meer bis zu auffallend grosser Tiefe kleinere Wellenfurchen entstehen können, so dass sie *keineswegs den unmittelbaren Uferrand des Meeres andeuten müssen.*

*Die Grösse der Wellenfurchen* ist von der Gesamtwirkung des Reibungscoefficienten und von der Qualität des rippeligen Materials abhängig. Am Anfang des glatten Terrains sind die Wellenfurchen schmal, gegen das Ende nehmen sie an Breite zu, bis sie sich endlich ganz verflachen und ausglätten. Die Breite einer Furche kann sich von 1—2 Centimetern bis zu 1—2 Meter verändern, ihre Höhe schwankt zwischen 0.5 Millimeter und 10 Centimeter. (Baschin beschreibt die maximalen Werte des grobkörnigen Sandes von den Faröer Inseln) (4). Von den Gotland-Inseln werden im oberen Graptolithenoolith 76 Centimeter breite fossile Wellenfurchen erwähnt.

Von den regelmässigen geometrischen Gestalten sind im allgemeinen 10—20% Abweichungen zulässig. Die unter Diagenese stehenden, rnzelligen Gesteine weisen manchmal ähnliche Formen auf, obzwar ihr Ursprung ein ganz anderer ist, und dieser Umstand macht die strengere Fassung des Begriffes der Wellenfurchen notwendig.

Bei der Beurteilung versteinierter Wellenfurchen ist auch die Prüfung der *stofflichen Qualität* von Wichtigkeit. Die obigen morphologischen Abstraktionen können der Natur der Sache gemäss nicht in ihren kleinsten Details unveränderlich sein, immerhin werden die aus morphologischen Merkmalen geschöpften Schlussfolgerungen durch andere Erscheinungen weitgehend lekräftigt. Abgesehen von den im Schnee entstandenen Wellenrippeln, kann sich die eolische Windfurche bloss aus Sand oder sandigem Material bilden. Bei unter Wasser entstandenen Wellenfurchen sind mergelige oder tonige Zwischenlagerungen sehr häufig. Auch auf kalkigem Ton (Kalkstein) können Wellenfurchen entstehen, was gerade die gute Lösbarkeit des Kalkes, als diagenetischer Faktor erklärt (z. B. Werfener-Schichten von Balatonfüred). Weitere Stützpunkte liefern andere „Hieroglyphen“, namentlich die Spuren von Anneliden etc., Pflanzenabdrücke, Fussspuren, Regentropfen-spuren, Septarien usw.

#### IRODALOM. — SCHRIFFTUM.

1. Ahlborn, Fr.: Strömungsbilder und ihre Erklärung (Natur und Museum LIX. p. 440—453. Frankfurt a. M. 1929.)
2. Andrée, K.: Die paläogeographische Bedeutung sedimentpetrographischer Studien. (Petermanns Mitteilungen, LIX. p. 186—187. Gotha, 1913.)
3. Andrée, K.: Geologie des Meeresbodens. (Vol. II. Leipzig, 1920.)
4. Baschiu, O.: Dünenstudien. (Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, XXXVIII, Berlin, 1903.)
5. Bertolody, E.: Rippelmarken und Dünen. (Münchener Geographische Studien, IX. München, 1900.)
6. Cholnoky J.: Die Bewegungsgesetze des Flugsandes. (Földtani Közlöny, XXXII, p. 128. Budapest, 1902.)
7. Deecke, W.: Einige Beobachtungen am Sandstrande (Centralblatt für Mineral. Geol. Paläont. p. 721—727. Stuttgart, 1906.)
8. Exner, F. E.: Zur Physik der Dünen (Sitzungsbericht der Akademie der Wiss. in Wien, math.-naturwiss. Klasse, Abt. II. a. Vol. CXXIX. p. 929—952. Wien.)
9. Forchhammer: Geographische Studien am Meeresufer. (Neues Jahrbuch f. Miner., Geol., Paläont. pag. 7. 1841.)
10. Forel, F. E.: Les riches de fond étudiées dans le Lac Lemau.

- Bull. de la Sos. Vaudoise des sciences nat. Vol. XV. p. 66—77. Lausanne, 1879.)
11. Grozescu, H. G.: Geologia Regiunii Subcarpatice din Partea de nord a Districtului Băcău. (Anuarul Inst. Geol. Romanie. Vol. VIII. 1914. p. 142—143. Bucuresti.)
  12. Hunt, A. R.: On the formation of Ripplemark (Proceedings of the Royal Society of London. Vol. XXXIV. 1882—83. pag. 1—18. London, 1883.)
  13. Jentzsch, A.: Geologie der Dünen. (P. Gebhardt—J. Anromeit —P. Bock—A. Jentsch: Handbuch des deutschen Dünenbaues. pag. 1—124. Paul Parey kiad Berlin, 1900.)
  14. Kramer, H.: Modellgeschiebe und Schleppkraft. Berlin, 1932. Dissertation.
  15. Krümmel, O.: Die Tiefseelotungen des Siemens-schen Dampfers „Faraday“ im Nordatlantischen Ozean. (Annales d. Hydr. u. Marit. Meteorol. Vol. XI. p. 5—8. 1883.)
  16. Prelipeean, J.: Das Vorkommen von Rippelmarken im Devon-sandstein des Dnyestertales bei Zaleszezyki, (Buletinul Facultatii de Stiinte din Cernauti, II. p. 462—467. Cernauti, 1928.)
  17. Richter, R.: Eine geologische Exkursion in das Wattenmeer. (Natur und Museum. LVI. p. 289—307. Tab. 17—20. 1926.)
  18. Scherber, R.: Trockenrisse. (Natur und Museum. LXI. Fasc. 12. p. 482—489. 1933.)
  19. Schoklitsch, A.: Geschiebebewegung in Flüssen und an Stauwerken. J. Springer Verlag. Wien, 1926.
  20. Trikalinos, J.: Windrippeln (Petermanns Mitteilungen. LXXIV. p. 266—271. Gotha, 1928.)
  21. Trüsheim, F.: Rippeln in Schlick. (Natur und Museum. LIX. Fasc. 1. p. 72—79. Frankfurt a. M. 1929.)  
Die weitere Literatur ist in den genannten Werken aufgezählt.
-