

Physikalische Kräfte, die Rippelfelder erhalten, ehe sie versteinern

Einleitung

Von versteinerten Spuren und Marken erfahren wir, was sich einmal auf einer Schichtfläche abgespielt hat. Rippeln im Sand bezeugen, ob es Wind war oder Seegang oder strömendes, vielleicht sogar schießendes Wasser, das sie einst entstehen ließ, welche Strömungsrichtung das Wasser oder der Wind hatten, wie groß die Strömungsgeschwindigkeit, welche Wassertiefe vorhanden war, aus welcher Richtung der Seegang kam, wo das rettende Ufer lag. Rippelfelder zeigen also auf, was auf einer Sandfläche geschehen ist – sei es vor Stunden, sei es vor Jahrhunderten, Jahrtausenden oder Millionen von Jahren.

Mobilität einer Sandoberfläche

Rippelfelder bestehen aus Rippelmarken. Sie werden in Sanden (0,062 bis 2 mm) und Feinkiesen (2 – 6 mm) unter Strömungseinwirkung des Windes oder des Wassers gebildet. Immer entstehen sie – im Hinblick auf eine etwaige Erhaltung – an der für die Erhaltung sensibelsten Fläche einer Schicht, nämlich an der Oberfläche. Das Gleiche gilt auch für alle anderen Oberflächenmarken und -spuren auf Sand. Da sich Sand im Gegensatz zu Schlacken durch Entwässern kaum setzt, noch stärkere adhäsive oder kohäsive Kräfte wirken, bleiben Sande gegenüber Wind- oder Wasserüberströmung nahezu gleichbleibend mobil. Doch durch zusätzliche physikalische Kräfte gibt es – meist nur kurzzeitige – sekundäre Verfestigungen. Jedoch auch Beimengungen adhäsiver Feinpartikel wie geringe Mengen von Schlick oder schlickigen Kotpillen können festigend wirken. In dieser Arbeit soll zunächst nur die physikalische Festlegung einer Sandoberfläche betrachtet werden.

Nr. 474: Senckenbergiana maritima, 25 (4/6): 163–172.

Physikalische Verfestigung von Sandoberflächen

Eine Sandoberfläche kann „verhärten“:

a) Wenn aus den Poren Seewasser an der Oberfläche verdunstet (vornehmlich Steinsalz und Gips) und eine bruchharsch-ähnliche Kruste bildet (Abb. 1). Solche Vorkommen liegen im Bereich des Trocken Strandes (GRIPP 1963) oder auf Sandplaten oberhalb der Hochwasserlinie, wie zum Beispiel auf Mellum (WUNDERLICH 1987, REINECK & FLEMMING 1990). Besonders häufig sind sie in ariden Gebieten zu finden.

b) Salzige Lösungen, welche Sandflächen überdecken, können eindampfen, zum Beispiel in Endseen oder kurzlebigen Lagunen, Sabkhas, Salzpflannen oder anderen von Seewasser gefüllten Depressionen in ariden Klimaten. Die ausgefallenen Salze festigen die Sandoberfläche (Abb. 2) oder überdecken sie völlig.

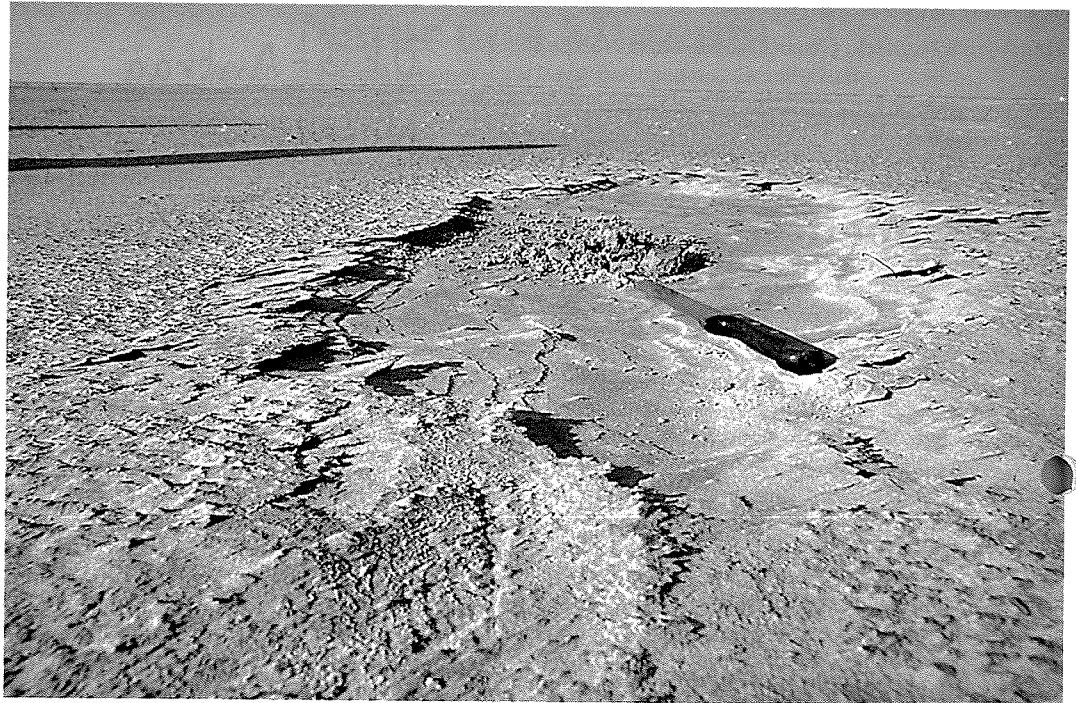
c) Bei Kälte gefrieren feuchtnasse Sande (REINECK 1955). So bleiben Marken und Spuren, so lange der Frost anhält, erhalten (Abb. 3). Dies ist an nivale und gemäßigte Klimabereiche gebunden.

d) Trockene Sande können durch Nebelnässe angefeuchtet werden, wodurch Kapillarkräfte die normale Lockerkeit trockenen Sandes deutlich senken. Das ist häufig bei Nebel auf Küstendünen. Ob Reif gleichfalls trockene Sande festzulegen vermag, ist noch unbeachtet geblieben.

e) Kurzfristige Überflutungen trockener Sandflächen bewirken eine kapillar-verfestigte Oberfläche (Abb. 4). Der darunter liegende Sand bleibt trocken und locker, wie Ausblasungen bezeugen.

Vogeldunglösung kann den Sand tiefer als die durchfeuchtete Fläche verkleben. Diese Stellen werden durch Wind ausgeblasen und sehen wie „gedreht“ aus (Abb. 5).

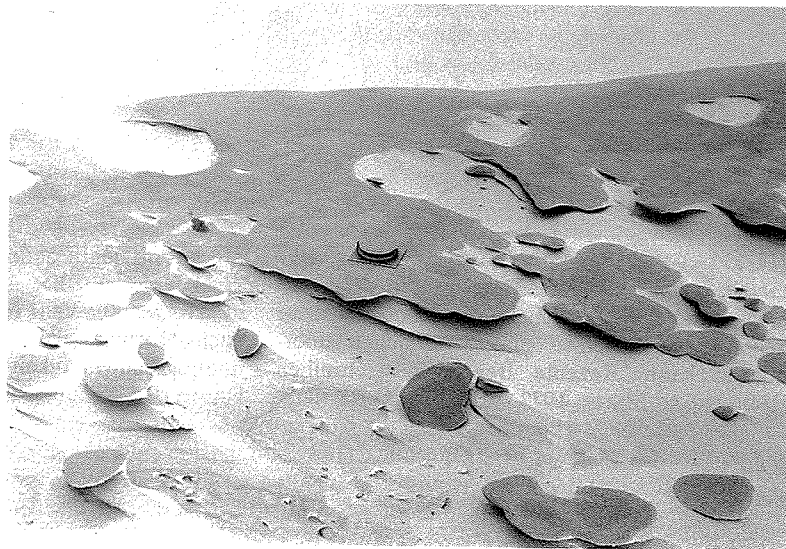
f) Wassergesättigte Sande, in welchen die Durchnässung sinkt, werden zunächst von Kapillarkräften des restlichen Porenwassers verfestigt



3. Von Rippeln bedeckte, überfrorene Wattoberfläche mit aufrechten Eislamellen. SaM 6403.



4. Sandfläche mit durchfeuchteter Oberschicht. Der darunter gelegene trockene Sand ist teilweise ausgeblasen worden. Trockener Strand, Norderney. SaM 9123.



(HÄNTZSCHEL 1938, REINECK 1991). Das kann beim Auftauchen geschehen oder oft sehr eindrucksvoll beim Sandgefließ eintreten (Abb. 6). RUD. RICHTER bezeichnete kapillar-feuchte Rippelfelder mit „tennenhart“.

Einbettung von Marken und Spuren auf einer Sandoberfläche

Die häufigste Einbettungsart von Sandoberflächen vornehmlich in marinen Bereichen ist die Eindeckung durch Schlick. Das ist zum Beispiel

◀ **1. Bruchharsch-ähnliche Salzkrusten an der Oberfläche von lockerem Sand. Entstanden durch Verdunsten von salzhaltigem Porenwasser. Sandplate im Norden der Insel Mellum. Aufn.: F. WUNDERLICH.**

2. Salzkruste von eingedampftem Seewasser in einem trockengefallenen Priel. Watten im Golf von Kalifornien.



5. Ausgeblasene, vom Wind „gedrechselte“ Sandkörper, die von Vogeldunglösung zusammengehalten werden. Die feuchte, zerbrochene Sanddecke im Hintergrund, der sie entstammen, ist dünnmächtiger. Beobachtung 8. August 1956 auf der Insel Memmert sowie Erklärung von Dr. F. GOETHE.

nach Sturmfluten der Fall, wenn suspendierter Schlick sich absetzen und Sandflächen überdecken kann. Rezente Beispiele beschreiben REINECK & SINGH 1972, AIGNER & REINECK 1982. Ein fossiles Vorkommen wären die Ablagerungen des Hettangium bei Helmstedt (HÄNTZSCHEL & REINECK 1968), in denen küstennahe Sturmflutsande als Sandsteinbänke anstehen mit vielen durch jeweilige Schlicküberlagerung erhaltenen Marken und Spuren. Von einem Vorkommen aus der Molasse berichten REINECK & SCHWERD 1985 (Abb. 7). Auch Feinteile wie Pflanzenhäcksel etwa von Seegrass (Abb. 8), Glimmerplättchen oder Torfgrus können Rippelfelder überlagern und schützen.

Gezeitenablagerungen mit alternierenden Sand- und Schlicksedimenten bestehen aus gerippten Sand- und eindeckenden Schlickschichten, so die feinblättrigen Gezeiten-, Flaser- und Linsenschichten (REINECK & WUNDERLICH 1969).

In fluviatilen Ablagerungen, zum Beispiel in Altarmen abgeschnittener Mäanderschlingen und

in Trockenflüssen (Wadis, Torrenten) können nach Hochwässern beim Absinken der Strömungsgeschwindigkeit Schlicke zum Absatz gelangen und die zuvor unter stärkeren Strömungsbedingungen entstandenen sandigen Rippelflächen eindecken.

In Trockengebieten besteht die Möglichkeit daß Staub, zum Beispiel Wüstenstaub oder Flugasche (auch Pollenstaub?) die Oberflächenmorphologie „behutsam“ überdecken.

Sand bettet Sand ein

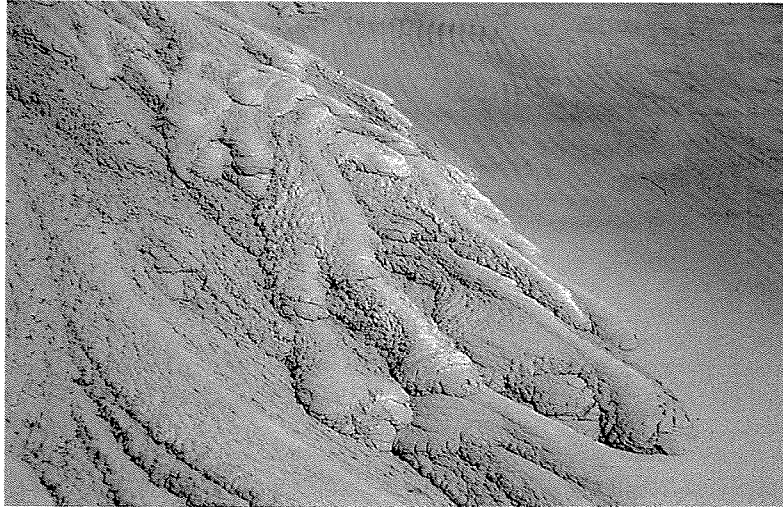
Einbettung von Sand durch Sand ist durch die oben aufgeführten Möglichkeiten gegeben: Subaerisch:

a) Sand auf eine durch Salzkrusten verhärtete Oberfläche.

b) Sand auf eine gefrorene oder bereifte Fläche.

c) Flugsand auf eine durch Nebel oder durch kurze Überflutung angefeuchtete Fläche.

6. Durch Gewitterregen entstand ein Sandgefries, das auf dem Wege zum Hangfuß so viel Wasser verloren hatte, daß es durch Kapillarkräfte der Restfeuchte „erstarrte“. Fuerteventura.



Subaquatisch: Suspenderter Sand, der „abregnet“ und Marken und Spuren überschüttet:

a) Bei Flußbett-Erweiterungen, wo vielfach kletternde Rippeln entstehen, weil durch die Querschnittserweiterung die Strömungsgeschwindigkeit abfällt, dennoch aber soviel Geschwindigkeit bleibt, daß Sand auf der Flußsohle geripgelt wird, und der in Suspension mitgeführte Sand abgesetzt und gleichfalls mitgeripgelt wird.

b) Rippeln werden im landseitigen Strandpriel durch das Vorschütten der Rifffirn eingedeckt, wenn Wellen das Strandriff überspülen (REINECK

1961). Als Variante können dort sogar kletternde Seegangrippeln entstehen (Abb. 9).

c) Am Fuß des Leehanges von Großrippeln werden von der Leewalze Kleinrippeln gegen die Schüttungsrichtung der Großrippeln verlagert (Abb. 10) und durch weiteres Vorschütten überdeckt (BOERSMA et al. 1968).

d) Beulenrippeln (hummocky cross stratification) greifen zwar erosiv in die liegenden Schichten, werden selbst aber konkordant (Abb. 11), vermutlich durch abregnenden suspendierten Sand nach oben hin abklingend überdeckt.

7. Sturmflutsand (Tempestit) des küstennahen Schelfs. Seegangrippeln mit asymmetrischem Innenbau, das heißt, die Rippelblätter fallen nur nach rechts ein. Die Rippeln sind durch eine darüberliegende, eindeckende Tonsteinschicht, ehemals Schelfschlick, erhalten. Untere Meeresmolasse, Steinbruch am Grünten/Allgäu.





8. Angeschwemmtes Pflanzenhäcksel deckt ein Rippelfeld ein. Watt an der Westküste von Taiwan. SaM 11019.

Freilegen durch Trennbarkeit

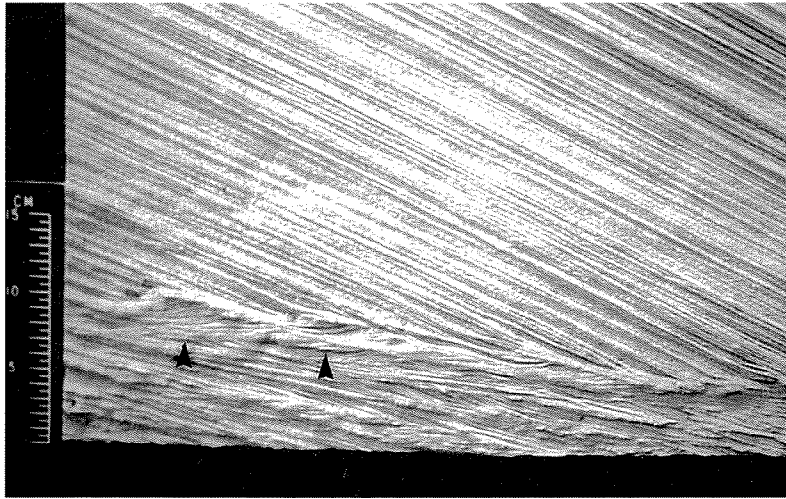
Erhaltene Rippeln sind im senkrechten Anschnitt einer sandigen Schichtbank oft erkennbar, aber kaum oder nicht freilegbar. Erkennbar heißt, zwischen dem gerippten Abschnitt der Bank und dem Hangenden besteht Gefügewechsel im Sandbereich (Abb. 9, 11), aber kein Materialsprung wie etwa vom Sand zum Schlick.

Freilegung dagegen bedeutet, daß die Überdeckung von der liegenden Schicht abtrennbar und daß damit die Oberfläche der liegenden Schicht freilegbar ist (Abb. 7). Zur Trennbarkeit gehört Materialwechsel entweder von Sand zu einer deutlich weicheren oder/und leichter verwitterbaren Bank wie etwa Tonstein. Dazu reicht bereits eine dünnmächtige Schicht aus pelitischem

9. Wasserschwalle überspülten ein Strandriff und schütteten dabei Sand in den landseitigen Strandpriel. Im Priel entstand eine Schwingung senkrecht zur Priellängsachse. Der eingeschüttete Sand wurde zu kletternden Seegangrippeln übereinander geschichtet, bis bei weiterer Verlagerung des Strandriffs das Rippelfeld eingedeckt und der Strandpriel zugeschüttet wurde. Trockener Strand auf der Barriere-Insel Sapelo, US Bundesstaat Georgia. SaM 2353.



10. Kleinrippeln (Pfeile) vor dem Leehang einer Großrippe in Gegenrichtung einfallend. Entstanden durch die Leewalze der Großrippe und schließlich von den Leeblättern der Großrippe überschüttet. Lackfilm fluviatiler Sande.



Material oder dem erwähnten Glimmer, Pflanzenhäcksel oder Torfgrus.

Weiterhin gibt es eine „Trennbarkeit“, bei der kein fremdes Trennfugenmaterial vorhanden ist. Sie kann durch eine besondere Sandkorneinregulierung hervorgerufen werden. So zum Beispiel die Trennbarkeit bei Strömung, wo Sandkörner an der Oberfläche im wesentlichen parallel zur Strömungsstreuung eingereguliert sind und damit die Trennung zulassen (POTTER & MAST 1963, MC BRIDE & YEAKEL 1963 und ALLEN 1964). Ein Gleiches ist bei Beulenrippeln (Abb. 11) anzuneh-

men. Untersuchungen ergaben jedoch hier, daß auf den Trennflächen ein schwach erhöhter Gehalt an Glimmerplättchen feststellbar war.

Rippelflächen waren vom hangenden Teil der Sandsteinbank in einem Aufschluß der Nellenköpfechen trennbar (Dr. WUNDERLICH, mündl. Mitt.). Über ein weiteres Vorkommen von Trennbarkeit von Rippelflächen berichten aus dem frühen Proterozoikum ASPLER et al. (1994). In beiden Fällen sowie im Hinblick auf einwirkende biologische Kräfte stehen nähere Untersuchungen noch aus.

11. Beulenrippeln (hummocky cross stratification) innerhalb einer Schichtbank. Die Beulenrippeln greifen erosiv in den unterlagernden, horizontal laminierten Teil der Schichtbank ein. Über den Beulenrippeln setzt wieder laminiertes Gefüge ein, ohne daß die Beulenrippeln gekappt wären. Durch die Verwitterung sind die Trennfugen der Gefüge erkennbar. Fundort s. Abb. 7

**Abb. 2-4, 6-11:
H.-E. Reineck.**



Verfasser:

Prof. Dr. H.-E. REINECK, c/o Senckenberg Institut, Schleusenstr. 39 A, D-26382 Wilhelmshaven.
Dr. GISELA GERDES, NORA NOFFKE, ICBM-Meeressstation der Carl von Ossietzky-Universität, Schleusenstr. 1, D-26382 Wilhelmshaven.

Schriften: AIGNER, T., REINECK, H.-E. (1982): Proximity trends in modern storm sand from the Helgoland Bight (North Sea) and their implication for basin analysis. – *Senckenbergiana marit.*, **14**: 183–215. * ALLEN, J. R. L. (1964): Primary current lamination in the lower Old Red Sandstone (Devonian), Anglo Welsh Basin. – *Sedimentology*, **3**: 98–108. * ASPLER, L. B., CHARENZELL, J. R., BURSEY, T. L. (1994): Ripple marks in quartz arenites of the Hurwitz Group, Northwest Territories, Canada: Evidence for sedimentation in a vast, early Proterozoic, shallow, fresh-water lake. – *J. Sed. Res.*, **A 64**: 283–298. * BOERSMA, J. R., MEENE, E. A. VAN DE, TJALSMA, R. C. (1968): Intricate cross-stratification due to interaction of a megaripple with its lee-side system of backflow ripple (upper pointbar deposits, Lower Rhine). – *Sedimentology*, **11**: 147–162. * HÄNTZSCHEL, W. (1938) Fließender Sand. – *Nat. u. Volk*, **68**: 612–616. * Mc

BRIDE, E. F., YEAKEL, L. S. (1963): Relationship between parting lamination and rock fabric. – *J. Sediment. Petrol.*, **33**: 779–782. * POTTER, P. E., MAST, R. F. (1963): Sedimentary structures, sand shaped fabrics, and permeability. I. – *J. Geol.*, **71**: 441–471. * REINECK, H.-E. (1961): Über Sandverlagerungen im Bereich des nassen Strandes. – *Jb. 1960 Forsch.-Stelle Nordney*, **88**: 13–26. * REINECK, H.-E. (1991): Sand rieselig, tropfend, fließend oder steif. – *Nat. u. Mus.*, **121**: 312–319. * REINECK, H.-E., FLEMMING, B. W. (1990): Salzgehalte der Restnässe auf oder in der obersten Sedimentschicht und der Porenwässer im Eu- und Supralitoral der Jadewatten in Relation zu denen des Jadewassers. – *Senckenbergiana marit.*, **21**: 33–54. * REINECK, H.-E., SCHWERD, K. (1985): Eine Küstengeschichte vor rund 35 Millionen Jahren im nördlichen Alpenvorland. – *Nat. u. Mus.*, **114**: 305–313. * REINECK, H.-E., SINGH, I. B. (1972): Genesis of laminated sand and graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud. – *Sedimentology*, **18**: 123–128. * REINECK, H.-E., WUNDERLICH, F. (1969): Die Entstehung von Schichten und Schichtbänken im Watt. – *Senckenbergiana marit.*, **1**: 85–106. * WUNDERLICH, F. (1987): Oberflächenformen und Gefüge – ein aktuogeologischer Streifzug. – In GERDES, G., KRUMBEIN, W. E., REINECK, H.-E. (Edit.): *Mellum Portrait einer Insel*. Senck.-Buch Nr. **63**: 100–122. Kramer, Frankfurt a. M.

Klaus Rudolph

Über das gegenwärtige Vorkommen des Süßwasserstrandfloh *Orchestia cavimana* bei Berlin

Einleitung

Im Jahre 1970 berichtete PAEPKE über die damalige Situation der Population von *Orchestia cavimana* HELLER 1865 am Flaken- und Kalksee südöstlich von Berlin. In den Schlußbemerkungen schreibt er, daß die dortigen Art-Bestände auf ein sehr kleines Restvorkommen zusammengeschnitten sind. Ein „völliges Verschwinden ist in absehbarer Zeit durchaus möglich.“ Aus dieser Sicht erschien es mir gerechtfertigt, über das Auffinden einer größeren Population am Kalksee in den Jahren 1989–91 zu berichten.

Verbreitung

Aufgestellt wurde die Art nach einem Fang, der aus feuchtem Boden nahe einer 1255 m über dem Meeresspiegel gelegenen Quelle des Olymps

auf Zypern stammte. Es erwies sich, daß *Orchestia cavimana* nicht nur im Mittel- und Schwarzmeergebiet (STEBBING 1906), wo offensichtlich sein Hauptverbreitungsgebiet liegt, sondern auch im übrigen Europa weit verbreitet ist. So fand man die Art an feuchten Stellen im Garten der Zoologischen Station Triest, am Ufer des Gardasees, an einem Kanal bei Cambrai, an einem Bachufer bei Nancy (Frankreich), sowie an geeigneten Lebensstätten in Holland (SCHELLENBERG 1942). Im Jahre 1920 entdeckte sie SCHLIENZ (1924) an der Außenalster bei Hamburg und erbrachte damit den Erstnachweis dieser Art für Deutschland. Hier wurden in den Folgejahren weitere Vorkommen entdeckt: am Haffufer der Inseln Usedom und Wollin, am Flaken- und Kalksee bei Berlin (SCHELLENBERG 1940, BECK-