

Aus der Sektion Geologische Wissenschaften
der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Wissenschaftsbereich Geologie
(Leiter: Prof. Dr. K. Ruchholz)

Sedimentmarken an Flachuferküsten der südlichen Ostsee

Von **Ralf-Otto Niedermeyer**
Mit 13 Abbildungen
(Eingegangen am 18. Oktober 1979)

Einleitung

Bei der Rekonstruktion verschiedener Ablagerungsbereiche dienen Sedimentmarken (physikalischen Ursprungs) und Spuren (durch Organismen verursacht) mit als Indikatoren der Sedimentationsbedingungen. Sie sind in der Mehrzahl auf externe Einflüsse zurückzuführen. Neben den Schichtgefügen und den synsedimentären Deformationsgefügen geben sie Hinweise zu Grad und Richtung marin/aquatischer und äolischer Vorgänge (z. B. Rippelmarken, Strömungs- und Erosionsmarken, Rieselmarken als Ausdruck der Wasserbewegung, der Windrichtung und -stärke), zur Wassertiefe (Wasserstandsmarken), zum Auftreten von episodischen Turbulenzen (Schleifmarken) oder zur Klärung von Transportprozessen, die beispielsweise aus der Gruppe der Gegenstandsmarken (tool marks) abzuleiten sind. Ein weiteres Beispiel für die paläogeographische Relevanz der Ausbildung der Sedimentoberfläche sind die Regentropfeneindrücke (raindrop imprints). Sie weisen in ariden feinklastischen Sedimenten episodische Niederschlagstätigkeit im Ablagerungsbereich nach. Allgemein ist zu sagen, daß das Auftreten von genetisch unterschiedlichen Sedimentmarken eher dem litoralen und neritischen Sedimentationsgeschehen als einem küstenferneren pelagischen zuzuordnen ist.

Die Paläogeographie ist in diesem Zusammenhang nicht von der Palökologie zu trennen. Die verschiedenen spurenerzeugenden Organismen (Muscheln, Würmer, Krebse, Gehäuse und anderer Detritus abgestorbener Organismen) dokumentieren durch die Identifizierung ihrer ichnologischen Besonderheiten spezifische Miliefaktoren unter biologisch-ökologischem Aspekt. Ihre Diagnose liefert in Gestalt ökologischer Befunde (Sedimenthabitus, Salinität, Nährstoffangebot, Wasserbewegung, Grad der Lichtdurchflutung eines subaquatischen Ablagerungsbereiches) direkt verwertbare Aussagen zur Modellierung von Ablagerungsbereichen geringerer (Lagunen, Strandseen) und größerer Dimension (Küste allgemein, Schelf u. a.). Im Falle der Identifizierung von Spülsäumen in fossilen Sedimenten gewinnt man aus der Analyse der Organismenassoziationen wertvolle paläogeographische und palökologische Erkenntnisse. Spuren sind im fossilen Material wesentlich seltener anzutreffen als im rezenten, obwohl es zahlreiche eindrucksvolle Beispiele zur Palichnologie gibt (Seilacher, 1953, 1955). Da diese Geflügelelemente meist kaum erhaltungsfähig sind, findet man sie an den überwiegend sandigen Küstenstrecken der Ostsee nur sehr selten. Prädestiniert sind hierfür pelitische Sedimente in Wattbereichen.

Eingedenk der genannten Aspekte ist die Betrachtung derartiger Phänomene auf der Oberfläche rezenter Sedimente mehr als nur Aufzeichnung einer beobachtbaren Erscheinung, die losgelöst von der Klärung genetisch fazieller Zusammenhänge existiert. Sie ist vielmehr ein Mittel zum Zweck hinsichtlich der Aufhellung derselben und entspricht somit eindeutig dem Anliegen nach der Suche faziell und milieuspezifisch determinierbarer Kriterien zur Vervollkommnung unseres Wissens über sedimentgenetische Prozesse. Diese Feststellung trifft auf das rezente und fossile Untersuchungsobjekt gleichermaßen zu, wie die Arbeiten von Krejci-Graf (1932), Häntzschel (1938), Reineck (1955, 1961, 1969), Plessmann (1961), Dzulynski und Walton (1965), Allen (1968), Hertweck (1970, 1971, 1973) und Reineck und Singh (1973) belegen. Für das Gebiet der DDR sind vor allem die Untersuchungen von Grumbt (1966, 1974) und Lützner (1966) zu erwähnen, in denen über Marken in Molassesedimenten (Perm, Buntsandstein) berichtet wird.

Unter den genannten Gesichtspunkten kommt man nicht umhin, dem Problem des Aktualismus etwas Raum zu lassen. Schwarz (1978) setzt sich eingehend mit der Frage nach den Grenzen der aktualistischen Arbeitsweise in der Geologie auseinander und zeigt, wie die unkritische Annahme bestimmter spontan-aktualistischer Schlußfolgerungen zu einem scheinbaren Anaktualismus führen kann.

Nachfolgend werden Sedimentmarken aus dem Raum Südostrügen beschrieben, die für die Küstenbereiche der DDR typisch sind und als Schichtoberflächenmerkmale mehr oder minder kontinuierlich anzutreffen sind. Im Vordergrund der Betrachtungen steht die Aufnahme eines Ist-Zustandes der Sedimentoberfläche als Ausdruck der wirkenden marin/aquatischen und subaerischen Kräfte. Nach Prüfung der verschiedenen Randbedingungen und Einflußfaktoren hinsichtlich der Deutungsmöglichkeiten für fossile Marken kann die aktualistische Methode Ergebnisse zur Paläogeographie und zur Palökologie liefern.

Vorstrand

Rippelmarken (ripple marks bzw. znaki rjabi)

Die Unterscheidung zwischen Wellen- und Strömungsrippel (wave ripples, current ripples) drückt ein wesentliches Moment der Rippelgenese aus: Wellenrippel werden durch die Aktivität der Wellen bei Fließgeschwindigkeiten zwischen neun und 90 m/s hervorgerufen (s. Abb. 1); Strömungsrippel bilden sich unter dem Einfluß gerichteter Strömungen.

Als typisch für Schorre und Vorstrand können *asymmetrische Wellenrippel* bezeichnet werden (s. Abb. 3). Sie zeichnen sehr häufig verantwortlich für die in Stechproben anzutreffende Rippelschichtung (Niedermeyer, 1979). Ihr Interngefüge ähnelt sehr dem von Strömungsrippeln und ist schematisch in Abb. 1 dargestellt. Meist sind es Feinsande mit wechselnden Anteilen gröberer Fraktionen, die die Rippelmarken des Vorstrandes und der Schorre aufbauen (z. T. 60–70 % Feinsand). Darüber hinaus sind sie auch in Sedimenten zu beobachten, die Mittelsande als Hauptfraktion führen.

Unter dem Einfluß gerichteter Strömungen in Rinnen entwickeln sich *Rhomboid-Rippel*. Sie entstehen unter sehr dünnen Wasserhäuten und sind besonders während der Windebben an den einheimischen Stränden zu beobachten. Vorstrand und Schorre sind in diesem Fall von einer nur wenige Zentimeter starken Wasserschicht überzogen. Sie treten in der Nähe von Strandwällen und Sandbarren als ein Ergebnis der Sogströmung in Erscheinung.

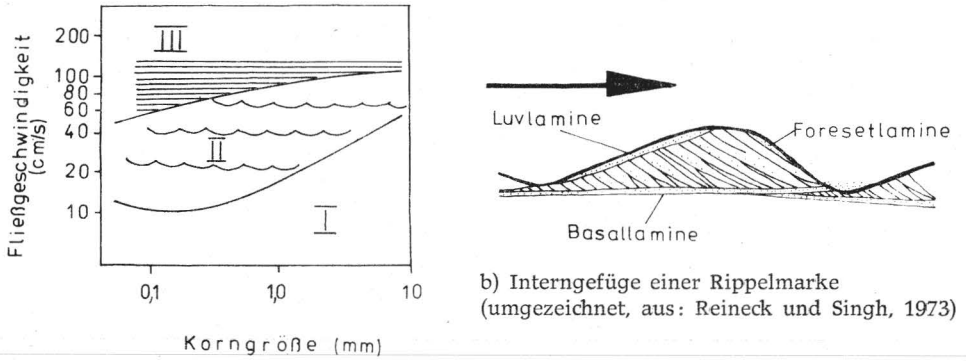


Abb. 1. a) Stabilitätsbereich der Wellenrippel in Abhängigkeit von Wellengeschwindigkeit und Korngröße (I – keine Sedimentbewegung, II – Bereich der Wellenrippel, III – Bereich mit ebener Lamination; umgezeichnet nach Allen, 1970; aus: Reineck und Singh, 1973)



Abb. 2. Vorstrandbereich südlich Lobbe (Halbinsel Mönchgut, Südostrügen)

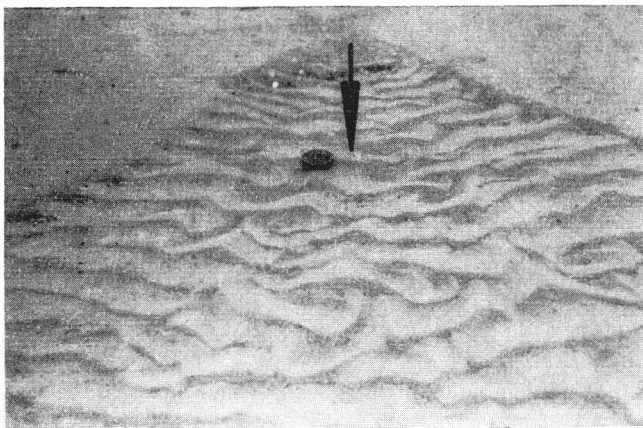


Abb. 3. Asymmetrische und sichelförmige Wellenrippel in der Bucht des Großen Strandes (Pfeil: Fließrichtung)

Rieselmarken (rill marks) und Schwallmarken (swash marks)

Rieselmarken kommen überwiegend auf Strandwällen vor (kommaförmige Rieselmarken; s. Abb. 4). Durch den abfließenden Schwall entstehen winzige Rinnsale an der Strandwalloberkante. Die Rieselmarken können ferner verzweigt sein (Abb. 5) und an den Rändern größerer Rinnsale und Fließrinnen auftreten bzw. eine kegelförmige Gestalt besitzen.

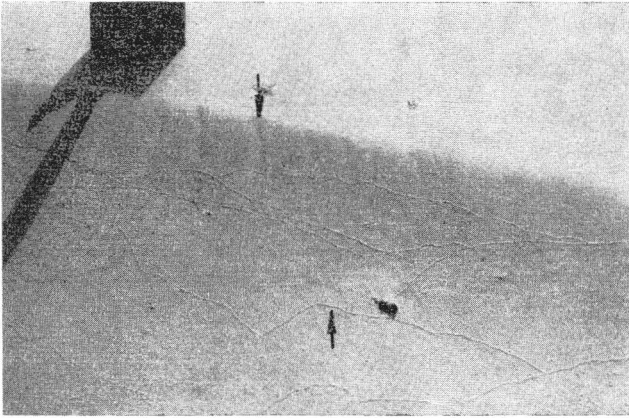


Abb. 4. Kommaförmige Rieselmarken und Schwallmarken (s. Pfeile) am Luvhang eines Strandwalles

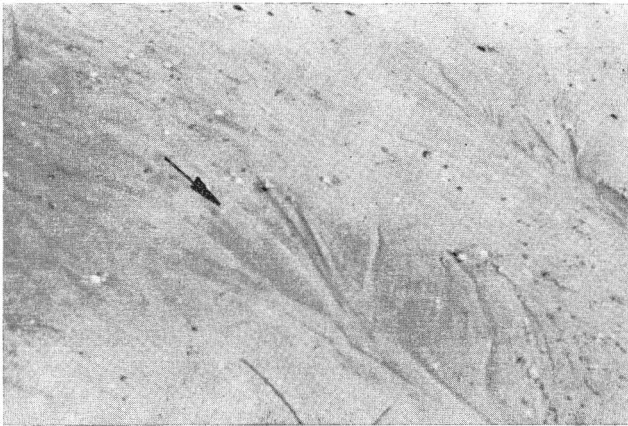


Abb. 5. Verzweigte Rieselmarken (Bucht des Großen Strandes; Pfeil: Fließrichtung)

Schwall- oder Spülmarken sind für flach bis mäßig geneigte Sandstrände typisch. Nicht selten tritt eine paragenetische Verknüpfung mit Strömungstreifung (parting lineation; Abb. 7) auf. Im Gefolge des zurückfließenden Schalles entstehen die Spülmarken als winzige Sandrücken (Höhe durchschnittlich ein bis eineinhalb Millimeter; Abb. 4) und dokumentieren die externe Grenze des Schalles. Im darauffolgenden Moment werden die Marken durch eine neue Schwallfront überflutet und zerstört. Es entstehen in einem sich permanent wiederholenden Prozeß ständig neue Spülmarken. Ihre Umrisse sind in der Regel konvex in landwärtiger Richtung.

Eine besondere Ausbildung besitzen die hufeisenförmigen Schwallmarken (Abb. 6). Dieses Phänomen ist auf ein eher flächenhaft zu bezeichnendes Absetzen von im Schwall mitgeführten Feinsanden zurückzuführen, die sich als eine dünne Sedimenthaut (wenige Zentimeter breit) beispielsweise auf den Leehängen der Strandwälle ablagern. Unter Sonneneinstrahlung trocknen diese Sedimenthäute sofort aus und heben sich wegen ihres helleren Farbtones von den feuchteren Sedimenten der Leehangoberfläche ab.

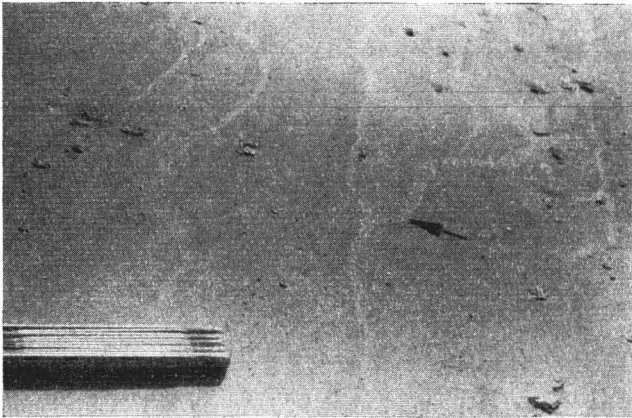


Abb. 6. Hufeisenförmige Schwallmarken (s. Pfeil) auf dem Leehang eines Strandwalles

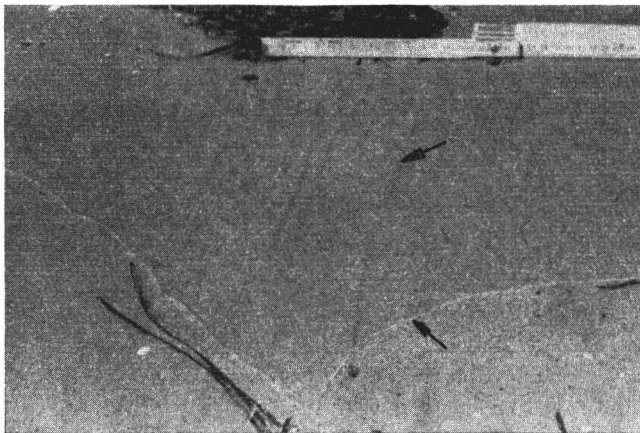


Abb. 7. Strömungstreifung (oberer Pfeil) und Schwallmarke auf dem Leehang eines Strandwalles

Schaummarken (foam marks)

Wenn sich im Gefolge der Schwallwirkung Schaumblasen auf der Sedimentoberfläche bilden, hinterlassen diese meist ein Netz kleinerer Vertiefungen. Die Schaummarken stellen somit keine erhabenen Formen auf der Sedimentoberfläche dar. Sie sind im fossilen Material äußerst selten und ihre Existenz läßt auf zeitweise subaerische Bedingungen schließen.

Gasbeulen und Gaskrater (pit and mound structure)

Nicht selten fallen auf den Leeseiten der Strandwälle blasenartige Aufwölbungen der Sedimentoberfläche auf (Abb. 8). Durch Entlüftungsvorgänge im Sediment hebt sich eine dünne Schicht von der darunterliegenden ab. Zwischen beiden entsteht ein Hohlraum, wie der Schnitt durch eine Gasbeule erkennen läßt (Abb. 9).

Gaskrater sind flache Erhöhungen auf der Sedimentoberfläche mit einer Vertiefung (Krater) im Zentrum. Vertikal das Sediment durchwandernde Gasblasen (meist eingeschlossene Luft) durchschlagen beim Entweichen dessen Oberfläche und rufen diese Erscheinung hervor.

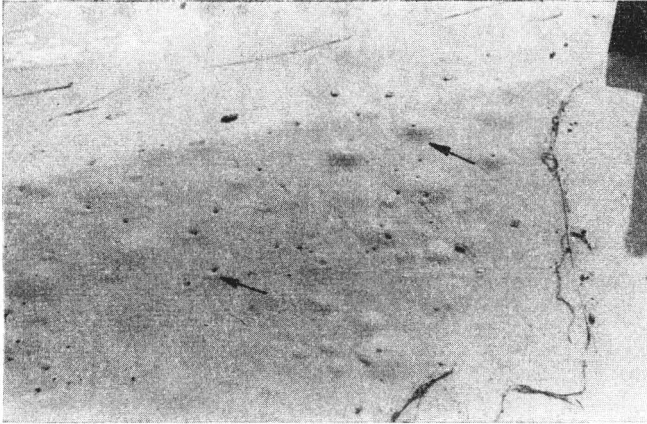


Abb. 8. Gasbeulen und Gaskrater (Pfeile) auf dem Leehang eines Strandwalles

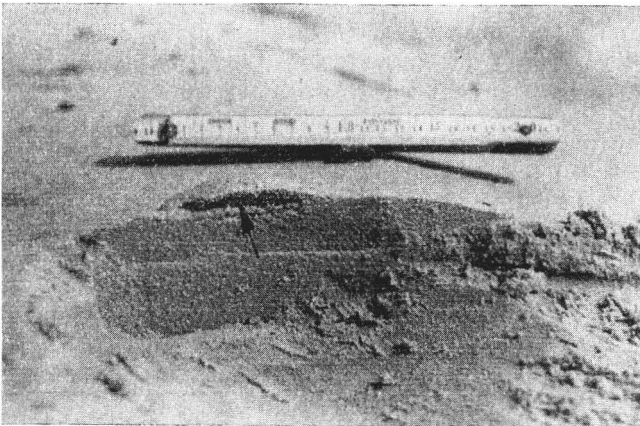


Abb. 9. Schnitt durch eine Gasbeule (Pfeil: Hohlraum)

Spülsäume

Die landseitigen Vorstrandbereiche besitzen oft Spülsäume (Abb. 10). Hierbei handelt es sich um allochthone Taphocoenosen von *Cardium*, *Mya* und *Mytilus*. Die Form dieser Spülsäume ist nicht immer geradlinig, sondern kann auch lokal konvex in Richtung Uferlinie verlaufen. Zu beobachten ist ferner eine artspezifische Zonierung

innerhalb der Spülsäume. In den meisten Fällen sind die Exemplare der Art *Mytilus edulisformis* am weitesten von der MWL (Mittelwasserlinie) in Richtung des Strandes akkumuliert (vgl. auch Papp, 1939). Detritus bzw. Klappen von *Mya* und *Cardium* befinden sich näher der MWL. An einigen Abschnitten der Außenküste Südostrügens existierten während des Beobachtungszeitraumes (April 1975) Mytiluspflaster von ca. einem halben bis einem Meter Breite. Einschwemmungen vor allem von *Zostera marina* (Seegrass) und *Fucus vesiculosus* (Blasentang) vervollständigen das Bild der Spülsäume an den einheimischen Flachuferküsten.

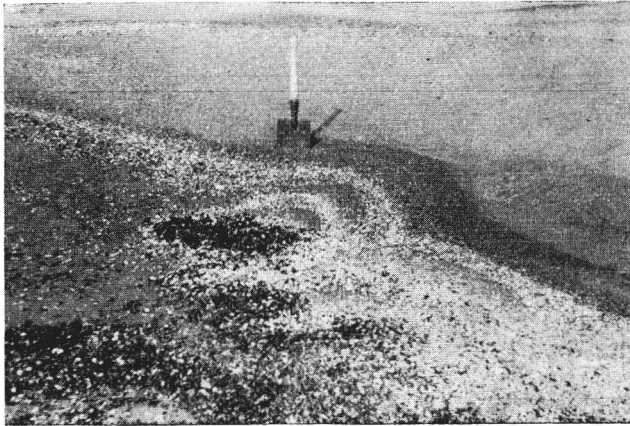


Abb. 10. Spülsaum in der Bucht des Großen Strandes

Strand

Auf dem trockenen Strand gewinnt der äolische Einfluß bei der Gestaltung der Sedimentoberfläche an Bedeutung. Wilson (1972) untersuchte die Genese äolischer Sedimentkörper und postulierte die Existenz von primären Ansatzpunkten (initiale Kerne) für ihre Entstehung. Hierbei handelt es sich meist um Gerölle oder Pflanzenbüschel auf der Sedimentoberfläche, auf deren Leeseite sich die entsprechenden Akkumulationsformen entwickeln können. Diese Gefügeelemente unterliegen ebenso einem ausgeprägten dynamischen Entwicklungsmechanismus wie die des Vorstrandes. Die Verknüpfung von Erosion und Akkumulation erreicht einen hohen Grad und drückt sich im Prozeß der Wanderung und Fortbewegung äolischer Sedimentkörper aus. Diese Besonderheiten sind sowohl im Makro- (Dünen) als auch im Mikrobereich (Epirelief der Sedimente) ausgezeichnet zu beobachten. Kliewe (1973) ist der Ansicht, daß die äolische Formgebung des Küstenraumes der DDR mit dem Spätglazial begann und in Unterbrechungen bis zur Gegenwart verlief. Die Dünen der Außenküste Südostrügens entstanden während der mittel- bis jungholozänen Ostseetransgression (Kliewe) und sind typisch für alle Flachuferküsten des südbaltischen Gebietes.

Nachfolgend soll dem Epirelief der Strandsedimente mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Über das Interngefüge von Dünen auf Usedom und Hiddensee (Haken Neu-Bessin) berichten Klisch (1974) und Zwenger (1975).

Windrippel (Abb. 11), Sandzungen (Abb. 12) und Scharkreise dominieren in der Gruppe der Kleinformen. Im Gebiet Thiessow sind Flugsanddecken (wind blown sands) zu beobachten gewesen, die von äolischen Rippeln überzogen waren, deren Höhe etwa ein Zentimeter beträgt (Impact-Rippel, vgl. Wilson, 1972).

Nach Sharp (1963) sind Rippelmarken der erwähnten Art als "wind sand ripples" (äolische Sandrippel) anzusprechen. Sie stehen den "wind granule ripples" (äolische Kornrippel) gegenüber, wie sie Sharp aus Kalifornien beschreibt.



Abb. 11. Äolische Impact-Rippel nördlich Thießow (Pfeil: Windrichtung)



Abb. 12. Sandzungen (Pfeile) in der Leerichtung hinter Geröllen

Die Form der Sandrippel ist asymmetrisch und durch springenden Transport der Sedimentpartikel erzeugt. In der Kammregion ist das gröbere Material anzutreffen. Besonders während der Monate März/April 1975 schufen Winde aus nordöstlichen Richtungen an der südosträngenschen Außenküste ein ausgeprägtes Mikrorelief auf der Sedimentoberfläche. Die Beobachtung dieser Phänomene mußte sich wegen der Nutzung der Strandzonen für Erholungszwecke zwangsläufig auf die Zeiträume beschränken, die ein von anthropogenen Einflüssen unverändertes Bild ergeben. Mit Ausnahme der Rippelmarken, die eine eigenständige äolische Form darstellen, bestehen zwischen Mikro- und Makroformen genetische Zusammenhänge derart, als daß sich praktisch eine Entwicklungsreihe aufstellen ließe, die die unterschiedlichsten Stadien und Übergänge von einer Klein- zu einer Makroform aufzeigt. So können sich bei-

spielsweise aus Sandzungen Primärdünengürtel entwickeln, aus denen dann in einer nächsten Phase Vordünen entstehen.

Neben den äolisch verursachten Marken sind es speziell die Zungen- oder Linguid-Rippel (Abb. 13), die das Spektrum der Marken erweitern. Als eine Form der Strömungsrippel begegnet man ihnen in Strandprieln und Lagunen, in denen episodisch Fließvorgänge auftreten. Nach ihrer Dimension sind sie als „lingoid small ripples“ (Reineck und Singh, 1973) zu bezeichnen. Sie entstehen bei Fließgeschwindigkeiten, die über dem Niveau liegen, welches gewöhnliche Kleinrippel (small ripples) produziert. Das Auftreten einer Kleinrippelschichtung mit Foreset-Lamination (in Stechkernproben) als charakteristisches Texturmerkmal der Zungenrippel belegt die genetische Verknüpfung von Zungen- und Kleinrippel.

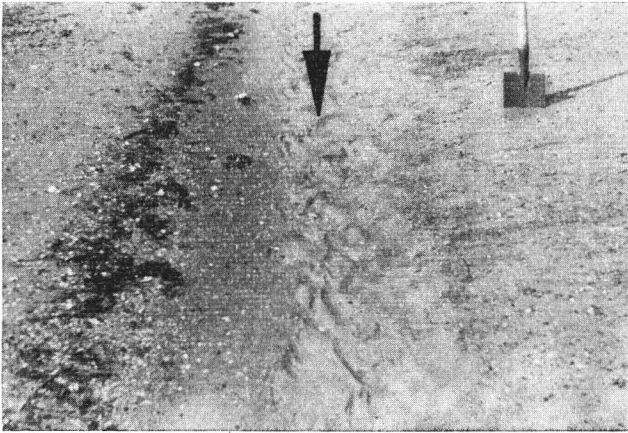


Abb. 13. Zungenrippel in trocken gefallener Lagune (Pfeil: Fließrichtung)

Auf dem trockenen Strand siedeln sich häufig Pflanzen an, die ihrerseits im Sediment Spuren hinterlassen. Krejci-Graf (1932) gab ihnen die Bezeichnung „Existenzspuren“, die durch Lebenstätigkeit (vgl. dazu Niedermeyer, 1977) oder die physikalische Beschaffenheit der Organismen entstehen. Die das Sediment durchsetzenden Wurzelfasern der Strandflora (Dünengräser der Arten *Ammophila arenaria*/Gemeiner Strandhafer und *Carex arenaria*/Sandsegge) verursachen unter anderen diese Existenzspuren, die von einer Zerstörung des primären Gefügeverbandes begleitet sind.

Zusammenfassung

Es werden Sedimentmarken beschrieben, die an den einheimischen Flachküsten zu beobachten sind. Derartige sedimentologische Merkmale sind meist dann gut zu studieren, wenn die Strände nicht durch den saisonbedingten Urlaubsverkehr genutzt werden. Im Frühjahr ist in der Regel ein einigermaßen anthropogen unbeeinflusstes Bild zu erwarten. Neben den Struktur- und Texturmerkmalen (Granulometrie, Morphometrie, Schichtgefüge) trägt die Untersuchung der Sedimentmarken zur Kennzeichnung eines Ablagerungsraumes bei. Sedimentmarken sind Ausdruck kurzzeitig oder länger wirkender Milieufaktoren. Das Epirelief rezenter Küstensedimente läßt vermuten, wie dieses oder jenes fossile sedimentologische Merkmal auf einer Schichtfläche entstanden sein könnte.

S c h r i f t t u m

- Allen, J. R. L.: Current ripples. Their relation to patterns of water and sediment motion. North - Holland Publ. Comp., Amsterdam 1968.
- Dzulynski, S., und E. K. Walton: Sedimentary features of flysch and greywackes. Developments in Sedimentology, 7, Elsevier Publ. Comp., Amsterdam 1965.
- Grumbt, E.: Schichtungstypen, Marken und synsedimentäre Deformationsgefüge im Buntsandstein Südthüringens. Ber. dtsh. Ges. Geol. Wiss. A 11 (1966) 217-234.
- Grumbt, E.: Sedimentgefüge im Buntsandstein Südwest- und Südthüringens. Schriftenreihe Geol. Wiss., Akad. Verl., Berlin 1974.
- Häntzschel, W.: Bau und Bildung von Großrippeln im Wattenmeer. Senckenbergiana 20 (1938) 1-42.
- Hertweck, G.: Die Bewohner des Wattenmeeres in ihren Auswirkungen auf das Sediment. In: H.-E. Reineck (Hrsg.): Das Watt - Ablagerungs- und Lebensraum, Verl. W. Kramer, Frankfurt a/M. 1970, 106-130.
- Hertweck, G.: Der Golf von Gaeta (Tyrrhenisches Meer). V. Abfolge der Biofaziesbereiche in den Vorstrand- und Schelfsedimenten. Senck. marit. 3 (1971) 247-276.
- Hertweck, G.: Der Golf von Gaeta (Tyrrhenisches Meer). VI. Lebensspuren einiger Bodenbewohner und Ichnofaziesbereiche. Senck. marit. 5 (1973) 179-197.
- Kliewe, H.: Zur Genese der Dünen im Küstenraum der DDR. Peterm. Geogr. Mitt. 117 (1973) 161-168.
- Klisch, W.: Zur Lithologie holozäner Dünen auf Usedom. Unveröff. Dipl.-Arb., Sektion Geol. Wiss. Univ., Greifswald 1974.
- Krejci - Graf, K.: Definition der Begriffe Marken, Spuren, Fährten, Bauten, Hieroglyphen und Fucoiden. Senck. leth. 14 (1932) 19-39.
- Lützner, H.: Strömungsmarken aus dem Rotliegenden des Thüringer Waldes. Geologie 15 (1966) 1135-1160.
- Niedermeyer, R.-O.: Über bioturbate Sedimentgefüge in rezenten Vorstrandablagerungen bei Lobber Ort (Halbinsel Mönchgut, Südostrügen). Wiss. Z. Univ. Greifswald, Math.-Nat. R. 26 (1977) 37-41.
- Niedermeyer, R.-O.: Vorschlag zur Bearbeitung der primären Sedimentgefüge von Stechproben rezenten Strandablagerungen - ein Beitrag zur Aktuogeologie. Z. Geol. Wiss. 7 (1979) 261-267.
- Papp, A.: Beobachtungen über Sedimentsonderung und Spülsäume an Binnenmeeren. Senckenbergiana 21 (1939) 113-118.
- Plessmann, W.: Strömungsmarken in klastischen Sedimenten und ihre geologische Auswertung. Geol. Jahrb. 78 (1961) 503-565.
- Reineck, H.-E.: Haftrippeln und Haftwarzen, Ablagerungsformen von Flugsand. - Senck. leth. 36 (1955) 347-357.
- Reineck, H.-E.: Sedimentbewegung an Kleinrippeln im Watt. Senck. leth. 42 (1961) 51-61.
- Reineck, H.-E.: Die Entstehung von Runzelmarken. Senck. marit. 1 (1969) 165-168.
- Reineck, H.-E., und I. B. Singh: Depositional sedimentary environments. With references to terrigenous clastics. Springer-Verl., Berlin/Heidelberg/New York 1973.
- Schwarz, H.-U.: Die Grenzen der aktualistischen Arbeitsweise in der modernen Geologie. Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg 48 (1978) 1-15.
- Seilacher, A.: Studien zur Palichnologie. N. Jahrb. Geol. Paläont. Abh. 96 (1953) 421-452.
- Seilacher, A.: Die geologische Bedeutung fossiler Lebensspuren. Z. deutsch. Geol. Ges. 105 (1955) 214-227.
- Sharp, R. P.: Wind ripples. Journ. Geol. 71 (1963) 617-636.
- Wilson, I. G.: Aeolian bedforms, their development and origin. Sedimentology 19 (1972) 173 bis 210.

Zwenger, W.: Fazies und Gefügeinventar der holozänen Hakenbildung Neu-Bessin auf Hiddensee. Unveröff. Dipl.-Arb., Sektion Geol. Wiss. Univ., Greifswald 1975.

Dr. Ralf-Otto Niedermeyer
Sektion Geologische Wissenschaften
der Ernst-Moritz-Arndt-Universität
2200 Greifswald
Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 17 a