

Paläoozeanographie

Rippel als Fingerabdrücke für alte Umweltbedingungen

Die Ebbe kann im zeitweise freigelegten Sand wunderschöne Wellen zeigen. Dieselben wellenförmigen Muster können auch in alten, versteinerten Meeresböden gesehen werden, die in verschiedenen Teilen der Welt vorkommen und für Millionen oder sogar Milliarden von Jahren konserviert wurden. Geologen des [Massachusetts Institute of Technology](#) suchen nach alten Sandrippel, um Hinweise auf die Umweltbedingungen zu erhalten, in denen sie sich gebildet haben.

Der Abstand zwischen den Rippeln ist proportional zu der Tiefe des Wassers und der Größe der Wellen, die die darunter liegenden Rippel bildeten. Aber Sandrippel sind nicht immer perfekt parallel, sind keine 100%ige Durchschlagkopie von anderen und können verschiedene Knicke und Verwirbelungen anzeigen. Können uns diese subtileren, scheinbar zufälligen Abweichungen oder Defekte etwas über die Bedingungen sagen, unter denen sich ein sandiger Meeresboden bildete?

Die klare Antwort der Forschern des MIT : Ja. In einem Artikel, der nun online veröffentlicht wurde und in der *Geology* vom 1. Oktober erschien, berichtet das Team, dass einige häufig vorkommende Abweichungen der Norm, die sowohl in alten als auch in rezenten Meeresböden gefunden wurden, mit bestimmten Wellenbedingungen zusammenhängen. Insbesondere legen ihre Ergebnisse nahe, dass Rippeldefekte, die wie Sanduhren, Zickzack – Muster oder Stimmgabeln ähneln, wahrscheinlich in Zeiten von ökologischen Umwälzungen geformt wurden, beispielsweise bei starken Stürmen oder signifikanten Veränderungen der Gezeitenströmungen.

“Die Art von Abweichung, die Sie in Rippeln sehen, könnte Ihnen sagen, wie dramatisch die Wetterumschwünge damals waren”, sagt Taylor Perron, Associate Professor für Geologie und Associate Leiter des [MIT Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences \(EAPS\)](#). “Wir können diese Defekte als Fingerabdrücke verwenden, um nicht nur zu klären, wie die durchschnittlichen Bedingungen in der Vergangenheit waren, sondern auch, wie sich die Dinge veränderten.”

Rippeldefekte in alten Sandbänken können zudem beeinflussen, wie Flüssigkeiten heute durch Sedimentgesteine fließen, einschließlich unterirdischer Lagerstätten, die Wasser, Öl und Gas enthalten oder sogar Kohlendioxid speichern, so Perron.

Darüber hinaus rauhen Rippel im rezenten Sand den Meeresboden auf und verlangsamen die Meeresströmungen in Küstennähe. Zu wissen, wie sich die Wellen infolge der Wellen und Gezeiten verändern, kann daher helfen, Küstenerosion und Überschwemmungen vorherzusagen.

Konservierte Falten

Das Team begann vor einigen Jahren, die Bedeutung von Rippeldefekten zu untersuchen, als Myrow, der zu der Zeit seinen Forschungsurlaub am MIT verbrachte, Perron einige Fotos zeigte, die er von mit Riffeln und Rillen geätzten Sedimentgesteinen aufgenommen hatte. Die Felsen waren in der Tat alte Sandbänke, die Hunderte von Millionen Jahre alt waren. Rippel bilden sich, wenn Wellen über eine bewegliche Oberfläche wandern. Diese Wellen lassen Wasser unter der Oberfläche zirkulieren und erzeugen oszillierende Strömungen, die Sandkörner aufnehmen und in einem Prozess ablegen, der schließlich Mulden und Rillen im gesamten Sandbett aushöhlen.

Aber wie konnten solche empfindlichen Muster für Millionen von Jahren bewahrt werden? Perron sagt, dass es verschiedene Prozesse gibt, die Rippen konservieren könnten. Wenn zum Beispiel der Wasserpegel plötzlich abfiel, könnte dies die Rippel eines Sandbettes der Luft aussetzen, sie austrocknen und bis zu einem gewissen Grad aushärten, so dass sie ihre Musterung beibehielten, selbst wenn sich langsam im Laufe von Millionen von Jahren mehr Sediment auf sie ablagerte.

Wenn ein feineres Sediment wie Matsch oder Schlamm ein Sandbett bedeckt, wie beispielsweise nach einem großen Sturm, könnten diese Sedimente die vorhandenen Rippel ebenfalls überdecken. Wie Perron erklärt, würde sie dies im Wesentlichen "aushärten und vor Erosion schützen, bevor weitere Sedimente sie bedecken". Mit der Zeit verwandeln sich die Sedimente in Gestein, da sie tief unter der Erdoberfläche begraben sind. Später kann das Gestein, das über den Rippeln liegt, natürlich abtragen und die erhaltenen Rippel an der Oberfläche wieder freilegt werden.

Als Perron und Myrow Fotos von Sandrippeln durchschauten, bemerkten sie kleine Abweichungen, die Stimmgabeln, Zickzacks und Sanduhren ähnelten, sowohl auf alten als auch auf rezenten Sandbänken. "Man hat diese Abweichungen schon früher bemerkt, aber wir haben uns gefragt: Sind sie nur zufällig dort oder enthalten sie tatsächlich Informationen, die wir lesen können?" so Perron.

Mit Paddeln Wellen erzeugen

Die Forscher begannen, die verschiedenen Wellenbedingungen zu untersuchen, die bestimmte Wellenmuster und Abweichungen erzeugen. Dazu bauten sie einen Acrylwellentank von 60 Zentimetern Breite, 50 Zentimetern Tiefe und 7 Metern Länge. An einem Ende des Tanks befestigten sie ein motorgetriebenes Paddel, das hin und her schwankte, um Wellen zu erzeugen.

Am anderen Ende des Tanks errichteten sie einen künstlich abfallenden "Strand", der mit einem Polymernetz bedeckt war. Diese Anordnung diente dazu, jegliche Wellenreflexionen zu minimieren: Als eine Welle auf den künstlichen Strand prallte, verlor sich die Energie innerhalb des Gitters, anstatt zurückzuspritzen und entgegenkommende Wellen zu beeinflussen. Das Team füllte den Tank mit einem 5 Zentimeter dicken Bett aus feinem Sand und genug Wasser, um eine Tiefe von 40 Zentimetern zu erreichen. Für jedes Experiment bewegten sie das Paddel in

einem konstanten Abstand hin und her und zeichneten das Sandbett auf, als sich die Wellen darüber hinweg bewegten. An einem bestimmten Punkt beobachteten die Forscher, dass die Wellen – und insbesondere der Abstand zwischen den Wellen – ein stabiles, konstantes Muster bilden.

Sie zeichneten diesen Abstand zusammen mit der Geschwindigkeit und der Amplitude des Paddels auf. In 32 experimentellen Durchläufen verringerten oder erhöhten sie die Paddelbewegungen. Dies bewirkt, dass die Wellen entweder einen breiteren oder schmaleren Abstand bildeten.

Interessanterweise stellten die Forscher fest, dass Wellen, die sich auf einen neuen Abstand einstellten, zwischenzeitliche Defekte bildeten, die Zickzacks, Sanduhren und Stimmgabeln ähnelten, abhängig von den Wellenbedingungen, die durch das Paddel eingestellt wurden.

Als die Forscher die Hin- und Herbewegung des Paddels verkürzten, erzeugte dies kürzere, schmalere Wellen und Muster, die Sanduhren ähnelten. Wenn die Bewegung des Paddels noch weiter verkürzt wurde – schnellere, kürzere Wellen -, wurde das Muster der "sekundären Wellenberge", bei denen vorhandene Wellen auf beiden Seiten vorübergehende "Schatten" – Wellen bildeten, übernommen. Als die Forscher die Bewegung des Paddels verbreiterten, um längere Wellen zu erzeugen, bildeten die Wellen Zickzackmuster, als sie sich zu einem größeren Abstand verschoben.

"Wenn Sie diese Arten von Defekten in der Natur sehen, argumentieren wir, dass der Meeresboden eine Veränderung der Wetterbedingungen, Gezeiten oder etwas anderes, wie die Wassertiefe oder die Wellen beeinflusst hat, vermutlich im Laufe von Stunden oder Tagen," sagt Perron. "Wenn man zum Beispiel viele sekundäre Kämme sieht, kann man sehen, dass sich die Wellen ziemlich verändert haben müssen. Im Gegensatz dazu bekommt man bei geringfügigen Veränderung Sanduhren." Die Forscher beobachteten, dass in allen Szenarien die Stimmgabelmuster am stabilsten und langlebigsten waren, selbst dann, als die Wellen bereits ein neuen stabilen Zustand erreicht hatten.

"Diese Stimmgabeln bleiben meist lange bestehen", sagt Perron. "Wenn man diese in modernen oder uralten Gesteinen sieht, deuten sie darauf hin, dass ein Meeresboden erst eine Veränderung erfahren hat, die Bedingungen dann aber wieder stabil wurden und das Sandbett Zeit hatte, sich wieder anzupassen. Perron zufolge können Geologen die Ergebnisse des Teams als Blaupause nutzen, um bestimmte Rippeldefekte mit den Wasserbedingungen zu verbinden, die sie entweder in der modernen Umgebung oder in der Vergangenheit verursacht haben.

"Wir glauben, dass uns diese kleinen Defekte viel mehr über ein vergangenes Ökosystem erzählen können, als nur die durchschnittliche Wellengröße und die damalige Wassertiefe", sagt Perron. "Sie könnten einem berichten, ob es in der Umgebung Gezeiten gab, die groß genug waren, um die Wellen so weit zu verändern; Oder ob es vor Millionen von Jahren ein Ort war, der periodische Stürme erlebte. Und wenn wir alte Rippelwellen auf dem Mars finden, werde ich auch diese interpretieren können."

Veröffentlichung: J. Taylor Perron, Paul M. Myrow, Kimberly L. Huppert, Abigail R. Koss, Andrew D. Wickert. **Ancient record of changing flows from wave ripple defects.** *Geology*, 2018; 46 (10): 875 DOI: [10.1130/G45463.1](https://doi.org/10.1130/G45463.1)

Quelle: off. Pm des [Massachusetts Institute of Technology](https://www.mit.edu/)
