

VON HUBERT FILSER

Am Tag vor der Abreise hielt der Steuermann der Wikinger den grünen Kristall ins Licht, drehte ihn, bis er sich verdunkelte und eher bräunlich schimmerte. Dann kontrollierte er den Sonnenstand und ritzte die Richtung zur Sonne in den Stein. Das musste er im Abstand einiger Stunden mehrmals wiederholen, um seine erste Messung zu überprüfen. Tags darauf konnte die Reise losgehen.

Einen Magnetkompass gab es noch nicht, als die Wikinger um 900 nach Christus herum ihre heimischen Fjorde im Norden Norwegens verließen und über den eisigen Nordatlantik westwärts segelten, in unerforschte Gebiete bis nach Island, Grönland und sogar Neufundland vor dem amerikanischen Kontinent.

Benutzten sie womöglich Kristalle, um durch Nebel und Gischt über das raue Meer zu navigieren? Genau das vermutet der ungarische Physikprofessor Gábor Horváth. Tatsächlich spielten Kristalle seiner Ansicht nach die Schlüsselrolle bei der Navigation der Wikinger. In der aktuellen Ausgabe des Fachmagazins *Royal Society Open Science* berichtet er, dass die Nordmänner mithilfe solcher „Sonnensteine“ und eines dazu passenden hölzernen Sonnenkompasses in der Lage waren, sogar bei schlechtem Wetter von Nordnorwegen aus Grönland zu erreichen und auch wieder zurückzufinden.

Mit diesen Hilfsmitteln konnten sie demnach sogar bei Nebel und während der Dämmerung den Stand der Sonne ermitteln – selbst wenn die Sonnenscheibe am Himmel nicht zu sehen war. Möglich machte das ein physikalischer Effekt: die Polarisation des Sonnenlichts. Die Sonne strahlt Lichtstrahlen zunächst völlig ungeordnet aus, die einzelnen Wellen schwingen in alle möglichen Raumrichtungen. Durchdringen sie jedoch die Atmosphäre und werden an Luftmolekülen gestreut, so sortieren sich die Lichtwellen nach ihrer Polarisation, ihrer Schwingungsrichtung. Das menschliche Auge kann polarisiertes Licht nicht von normalem Licht unterscheiden. Wäre das anders, so würde der Himmel nicht gleichförmig blau erscheinen, sondern ein Muster formen, das sich bogenförmig um die Sonne herum windet. Dieses Muster wäre auch bei bedecktem Himmel zu sehen.

Sicher ist, dass viele Insekten die Polarisation des Sonnenlichts für die Orientierung nutzen

Spezielle Kristalle können die Polarisation von Licht enthüllen. Das könnten die Wikinger genutzt haben, ohne die physikalische Begründung zu verstehen. Fällt polarisiertes Licht auf den Kristall, durchdringt es diesen unterschiedlich gut, je nachdem, wie man den Kristall hält. Dreht man Mineralien wie Cordierit und Turmalin (wie sie übrigens auch in der DFB-Meisterschale stecken) im Licht, verändern sie Farbe und Helligkeit. Sogenannter Doppelpat spaltet einfallendes Licht sogar in zwei Lichtbündel unterschiedlicher Polarisationsrichtung auf. Dreht man einen Doppelpat so lange, bis beide Bündel gleich hell sind, lässt sich die Richtung der Sonne ablesen. Doppelpat kommt in Skandinavien relativ häufig vor.

„Sie mussten ihre Steine nur mindestens alle drei Stunden verwenden“, sagt Gábor Horváth von der Budapester Eötvös-Loránd-Universität. Damit hatten sie eine Chance von mehr als 92 Prozent, die Küste Grönlands zu treffen und nicht irgendwo in den südlichen Breiten des Atlantiks verloren zu gehen. „Keine schlechten Erfolgsaussichten“ seien das, wenn man bei bedecktem Himmel ohne Magnetkompass oder andere moderne Methoden navigieren müsse, sagt Horváth.

Dass die Wikinger den Nordatlantik sogar komplett überquerten, ist dank archäologischer Funde längst unstrittig. Zwischen 900 und 1200 n. Chr. beherrschten sie die nördlichen Küsten. Die großen Sagen berichten nicht nur von rauen Gestalten wie dem wagemutigen Erik den Roten, der im 10. Jahrhundert als erster Skandinavier Grönland besiedelte und dessen Sohn wohl Neufundland entdeckte. Sie erzählen auch von geheimnisvollen Sonnensteinen, die besondere Eigenschaften hatten, wenn man sie in Richtung Himmel hielt.

Sonnensteine und Sonnenkompass sind perfekte Zutaten für eine Geschichte über wilde Männer und ihre seemännischen Fähigkeiten. Eine dreiwöchige Reise entlang des 61. Breitengrades hat Horváth simuliert. Das bietet eine Antwort auf die bislang ungeklärte Frage, wie die Wikinger bei bedecktem Himmel oder in der Dämmerung kurz nach Sonnenuntergang die Position der Sonne bestimmten.

Der mittlerweile verstorbene Archäologe Thorkild Ramskou vom Dänischen Nationalmuseum in Kopenhagen hatte schon im Jahr 1967 die Theorie aufgestellt, dass die Wikinger mithilfe von Sonnenkristallen den Atlantik überquerten. Er bezog sich unter anderem auf die nordische „Sigurd-Legende“. König Olaf habe, so heißt es darin, an einem bewölkten, ja sogar schneereichen Tag jemanden gesucht, der ihm den Stand der Sonne sagen könnte. Sigurd nannte den Ort, daraufhin nahm Olaf den „solarstein“, sah zum Himmel und bestimmte, woher das Licht kam. Und Sigurd hatte tatsächlich recht.

Der ungarische Physikprofessor Horváth versucht seit einigen Jahren zu beweisen, dass solche Sonnenkristalle eine Schlüsselrolle spielen, weil sie die Polarisation des Lichts aufzeigen. Seit 2005 beschäftigt sich Horváth mit solchen Kristallen, dem Kompass und möglichen anderen Hilfsgeräten. Er veröffentlichte zahlreiche wissenschaftliche Aufsätze, unternahm Experimente, in denen Testpersonen in einem abgedunkelten Budapester Labor mit Kristallen Winkel relativ zum



Das Meer rau, die Sicht schlecht: Wie hielten die Nordmänner ihren Kurs?

FOTO: IMAGO/LEEMAGE

Zur Sonne

Wie schafften es die Wikinger, über das Nordmeer bis nach Neufundland zu navigieren? Womöglich benutzten sie Kristalle, die auch bei bedecktem Himmel den Sonnenstand anzeigen

einfallenden Licht bestimmen sollten wie einst die Wikinger, und er prüfte Ideen, mit welchen anderen Hilfsmitteln man sich orientieren konnte, etwa der Unartog-Scheibe, einem Fragment einer sieben Zentimeter großen hölzernen Lochscheibe, die man 1948 in einem grönländischen Kloster entdeckt und zunächst für Schmuck gehalten hatte.

Horváth ist sich sicher, dass es sich bei der mit dreieckigen Kerben, geraden und geschwungenen Markierungen verzierten Scheibe um einen Sonnenkompass handelt, mit dessen Hilfe man unter Verwendung eines Schattenstabs, eines sogenannten Gnomons, bei Sonnenschein die Nordrichtung bestimmen und bis auf vier Grad genau navigieren konnte. Er fuhr sogar an Bord eines schwedischen Eisbrechers ins Nordpolarmeer, um die Funktionalität der Kristalle und die Polarisation des Lichts vor Ort zu messen. Immer trieb ihn dabei die Idee, das Rätsel der Wikinger zu klären. Als Biophysiker habe er sich mit der Fähigkeit mancher Tiere wie Bienen, Fische oder Schmetterlinge beschäftigt, die das Polarisationsmuster des Himmels mithilfe bestimmter Rezeptoren erkennen und zur Orientierung nutzen können, sagt Horváth. Und dann sei er auf Rams-

kous Theorie der Navigation mithilfe der Polarisation gestoßen. „Ich war sehr erstaunt, dass seine Ideen noch nie experimentell getestet worden waren“, sagt Horváth.

In seiner aktuellen Arbeit simulierte Horváth erstmals auch insgesamt 3600 mögliche Routen jeweils zu Frühlingsbeginn oder während der Sommersonnenwende, beide Jahreszeiten sind mit geraden und geschwungenen Gravierungen auf der Unartog-Scheibe angedeutet. Drei Wochen dauerte die Überfahrt damals,

Tatsächlich hat man noch nie einen Navigationskristall auf einem Wikingerwrack entdeckt

errechnete Horváth, im Frühling konnten die Wikinger gut zwölf Stunden täglich segeln, im Hochsommer war es rund 17 Stunden lang hell. „Während der Nacht haben die Wikinger ihr Segel sehr wahrscheinlich eingeholt und ließen sich treiben“, sagt der Ungar. Das Ergebnis: Wenn die Seefahrer mindestens alle drei Stunden mit ihren Sonnensteinen und dem Sonnenkompass an Bord den Norden bestimmten, konnten sie auf einem Zickzackkurs

bei diesigem Wetter in mehr als 92 Prozent aller Fälle den Weg nach Westen oder umgekehrt von Neufundland den Weg zurück ins heutige Schottland oder nach Norwegen finden. Hätten die Wikinger nur alle vier Stunden die Richtung bestimmt, wären sie vom Kurs abgekommen, die Genauigkeit wäre auf 32 bis 59 Prozent gesunken. Bei noch längeren Intervallen sinkt die Erfolgsrate schnell auf null.

Die beschriebene Navigationsprozedur ist allerdings nicht ganz trivial. Zunächst musste der Steuermann seinen Kristall vorbereiten, ihn vor der Abfahrt an Land eichen und die Polarisierung bestimmen. Die so bestimmte Richtung zur Sonne musste er auf dem Stein mit einem Kratzer markieren und dann mehrmals zu verschiedenen Tageszeiten überprüfen.

Nun gibt es natürlich auch Archäologen, die anzweifeln, dass die Wikinger überhaupt Instrumente zur Navigation nutzten. Tatsächlich belegt keine historische Quelle zweifelsfrei, dass die Wikinger Sonnensteine an Bord hatten. Uwe Schnell, der lange im Deutschen Schiffahrtsmuseum tätig war, hält die Sonnenstein-Theorie für wenig überzeugend. Bereits in seinem 1975 veröffentlichten Buch „Navigation der Wikinger“ beschreibt er,

dass die Nordmänner entlang der „Inselroute“ von Norwegen über die Shetland- und Faröer-Inseln in Richtung Island segelten. Sie nutzten seiner Ansicht nach weithin sichtbare Landmarken wie den mehr als zweitausend Meter hohen isländischen Vulkan Hvannadalshnjúkur, was allerdings nur bei guter Sicht möglich war. Sie orientierten sich zudem an der Färbung unterschiedlicher Meeresströme, am Auftauchen von Seevögeln, die sich im Umkreis von etwa 200 Kilometern um Inseln aufhalten. Sie wussten auch, in

Oder nutzten sie einfach Vulkane, die Farbe des Meeres und das Auftauchen von Vögeln?

welchen Regionen Wale zu bestimmten Jahreszeiten vorkamen. Albrecht Sauer vom Deutschen Schiffahrtsmuseum spricht von „Erfahrungswissen“. „Ich möchte dieses Erfahrungswissen keinesfalls mythisieren“, sagt Sauer. „Zu oft sind Schiffe auch gescheitert.“ Aber es gebe zahllose Beispiele, dass „theorie- und instrumentenlose Schiffsführung, gekoppelt mit Wahrnehmung aller Indizien, die Himmel, See und Umfeld bieten“, eine erfolgreiche Grundlage der Schifffahrt darstellen könne.

Sauer hält daher Uwe Schnalls bereits 1975 vorgelegte Interpretation nach wie vor für gültig. Das Buch gilt bis heute als Standardwerk der Wikinger-Navigation. Allerdings konnte auch Schnell darin die Frage nicht beantworten, was die Nordmänner bei schlechtem Wetter machten – und in den weiten, eisigen und stürmischen Meeresgebieten ohne Landschaft. Können Intuition und Erfahrung allein erklären, warum es verhältnismäßig wenig historische Berichte über verlorene Schiffe gibt – etwa bei der Besiedlung von Island und Grönland?

Die größte Schwachstelle an Horváths Theorie wiederum ist die archäologische Fundsituation. In keinem einzigen Wikingergrab sind bislang Kristalle gefunden worden, auch nicht in den großen Wikingersiedlungen wie Haithabu, wie der dortige Ausgräber Sven Kalming bestätigt. Allerdings entdeckten Forscher im Wrack eines nahe der Kanalinsel Alderney im Jahr 1592 gesunkenen Kriegsschiffs einen Doppelpatkrystall. Chemische Analysen belegen, dass der transparente Stein aus Island stammte. Er lag nur knapp einen Meter von anderen nautischen Instrumenten entfernt, wie Wissenschaftler der Universität Rennes berichteten.

Horváth selbst will demnächst den ultimativen Test machen: eine Seereise zwischen Nordnorwegen und Grönland, und auf dem Weg nur mit einem hölzernen Sonnenkompass und den Sonnensteinen navigieren – wie einst die Wikinger.

Vom Meer ins Glas

Ein Gel stellt Trinkwasser mit reiner Sonnenkraft her

Eine schwarze, schwimmende Scheibe aus Gel, etwas kleiner als eine Langspielplatte und so dick wie ein Toast soll der Trinkwassergewinnung aus Meer- oder Schmutzwasser neuen Schub geben. Das ist das Ziel von Guihua Yu von der University of Texas at Austin. „Mit unserem Hydrogel können wir besonders effizient Wasser reinigen, allein mit der Kraft der Sonne und ohne den Einsatz von teuren Apparaten“, sagt er.

Das zum Patent angemeldete Hydrogel wirkt als Turbo für die Verdampfung von Wasser, das anschließend an Oberflächen kondensiert und gesammelt werden kann. Salze, Bakterien und Schadstoffe bleiben zurück. Mehr als 20 Liter sauberes Wasser pro Quadratmeter lassen sich auf diese Weise täglich ernten, berichten Yus Team und Forscher der University of Colorado im Fachblatt *Nature Nanotechnology*. Das sei fast doppelt so viel, wie bisherige Verdampfer mit nanoporösen, schwarzen Goldfolien schaffen, und genug für die Versorgung ganzer Haushalte und den Einsatz in Katastrophengebieten. Das Hydrogel bestehe aus zwei Komponenten: aus Polyvinylalkohol (PVA), der auch in Shampoos,

Die Qualität des destillierten Trinkwassers war besser, als die WHO verlangt

Kleber oder Knete steckt und dem Gel eine schwammartige Struktur mit hundertstel Millimeter kleinen Poren gibt, sowie aus Polypyrrol, das viel Licht schlucken kann und für die schwarze Farbe des Materials sorgt. Die Wissenschaftler ließen Scheiben aus dem Gel auf Salzwasser in backschüsselgroßen Kunststoffgefäßen schwimmen, die sie unter einen Sonnensimulator beziehungsweise auf das Dach ihres Forschungsgebäudes stellten. Das schwarze Gel erhitzt sich, und salzfreies Wasser dampft aus den Poren. Der Wasserdampf kondensiert an einer darüber gestülpten, durchsichtigen Haube und läuft in einen Sammelbehälter. Wie ein Schwamm saugt die Gelscheibe immer wieder neues Wasser von unten nach.

Die Sonnenwärme bleibt vor allem im Gel, dort, wo sie zum Verdampfen gebraucht wird. „Und das Wasser kann wegen der besonderen Wechselwirkungen in der Gelstruktur leichter entweichen als von einer reinen Wasseroberfläche“, sagt Yu. Die Forscher testeten die Wirkung des Hydrogels an selbstgemischtem Wasserproben, von eher salzarm (wie in der Ostsee) bis sehr salzig (wie im Toten Meer), und an einer realen Meerwasserprobe aus dem Golf von Mexiko. Die Erträge blieben über 28 Tage stabil, und das destillierte Wasser war in allen Fällen reiner, als es die Weltgesundheitsorganisation WHO für Trinkwasser verlangt.

„Die angegebene Effizienz ist schon beachtlich“, sagt Markus Spinnler von der Technischen Universität München. Das Verfahren eigne sich sicher gut für Familien oder kleinere Dörfer, sei aber keine Alternative zu konventionellen großtechnischen Meerwasserentsalzungsanlagen, die bis zu 500 Millionen Liter Trinkwasser am Tag produzieren. „Um auf solche Mengen zu kommen, wäre der Flächenbedarf schlicht zu groß“, betont der Ingenieur. Yu kann sich zwar vorstellen, dass das Gel eines Tages Verdampferkomponenten industrieller Anlagen ersetzt, hat aber zunächst den mobilen Einsatz im Blick. Mit Industriepartnern arbeitet er an geeigneten Produktionsverfahren. Zugleich prüft das Team des Wissenschaftlers, für welche Arten Schmutzwasser das neue Verfahren taugt. „Und weil wir Materialforscher sind, suchen wir natürlich auch nach noch wirksameren Hydrogelen“, sagt der Wissenschaftler. ANDREA HOFERICHTER

Totes Meer

Sauerstoffmangel vor Oman

Im Golf von Oman breiten sich sogenannte Todeszonen aus, nahezu sauerstofffreie Wasserschichten. Sie sollen mittlerweile eine Fläche so groß wie Schottland erreicht haben, berichten Umweltwissenschaftler der University of East Anglia im Fachblatt *Geophysical Research Letters*. In der Studie beschreiben sie einen dramatischen Abfall des Sauerstoffgehalts.

Die Forscher hatten zwei Unterwasserroboter auf Messfahrten geschickt. Die Geräte tauchten acht Monate lang bis zu 1000 Meter tief. Die untersuchten Gebiete im Arabischen Meer zählen zu den größten Unterwassertodeszonen der Welt, schreiben die Autoren. Die Daten der Roboter zeigen sauerstoffarme Wasserschichten in einer Tiefe zwischen 150 und 950 Metern.

Der Golf von Oman ist schon seit Jahren für sauerstoffarme Wasserschichten bekannt. Bislang ging man jedoch von kleineren Bereichen aus, die zudem zumindest etwas Sauerstoff tragen, sagt Studienautor Bastien Queste. „Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Situation schlimmer ist als bislang gedacht.“ Denn die weiter anwachsenden Wasserschichten mit extremem Sauerstoffmangel gefährden langfristig den Bestand von Lebewesen. Größere Fische zum Beispiel reagieren sehr empfindlich auf Sauerstoffmangel. Die Todeszonen entstehen, wenn Lebewesen im Meer viel Sauerstoff verbrauchen und Meeresströmungen nicht ausreichend Nachschub anliefern. Der Ozean nimmt zudem nur in wenigen Regionen Sauerstoff auf, zum Beispiel im südlichen Indischen Ozean – also weit entfernt vom Golf von Oman. FEHU



Spezielle Kristalle können enthüllen, was das menschliche Auge nicht sieht: Die Polarisation des Sonnenlichts. Daraus lässt sich der Stand der Sonne auch bei bedecktem Himmel ablesen – und damit die Himmelsrichtung.

FOTO: MAURITIUS IMAGES