



Der Wellenvermesser

Auf See und an der Küste kann der Wetterbericht Leben retten. Ein Forscher macht das Meer berechenbarer

TEXT: TIM SCHRÖDER

Wenn ein Sturm übers Meer fegt, türmt sich das Wasser zu mächtigen Wogen auf. Brecher, die Schiffe kentern lassen, Küsten zerstören und Häuser aus ihrem Fundament reißen können. Die Kraft der Wellen ist eine der gewaltigsten der Natur.

Klar ist, dass der Wind die Energie liefert, die das Wasser zu Wellen aufbaut. Je mehr Wind, desto heftiger die Wellen – könnte man denken. Doch diese einfache Gleichung geht nicht auf. Denn Wind und Wellen beeinflussen sich gegenseitig. Zwar treibt der Wind die Wellen an, doch die Wellen beeinflussen umgekehrt auch den Wind. Sie können ihn abbremsen oder beschleunigen. Dieses Wechselspiel ist so komplex, dass Wissenschaftler es bis heute noch nicht wirklich verstanden haben.

Das Problem: Es fehlt an Messgeräten, um draußen auf dem Meer zu beobachten, wie Luftströmung und Wasser zusammenspielen. Nur durch solche Beobachtungen ist es möglich, den Wetterbericht zu verbessern und Kapitäne künftig mit genaueren Informationen zu versorgen: Wie hoch werden die Wellen? Sollte man einen Sturm lieber im großen Bogen umfahren oder kann man auf Kurs bleiben?

Dem Hereon-Physiker Marc Buckley ist es gelungen, mit einem Speziallaser im Pazifik genau zu messen, was sich zwischen Wind und Wellen abspielt. Dabei stellte er fest, dass schon kleine Wellen bei der Entwicklung eines Sturms eine viel größere Rolle spielen können, als bislang gedacht.

Entscheidend ist dabei der Windschatten, den Wellen erzeugen, denn der lässt die Wellen wach-

P.M. & HEREON
Das Helmholtz-Zentrum »Hereon« in Geesthacht betreibt Spitzenforschung auf Weltniveau. Jeden Monat berichtet P.M. exklusiv über die neuesten Projekte. Zum Nachhören auch in unserem Podcast »Hereon Academy«



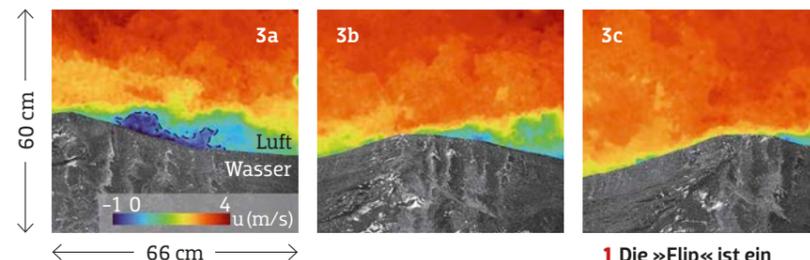
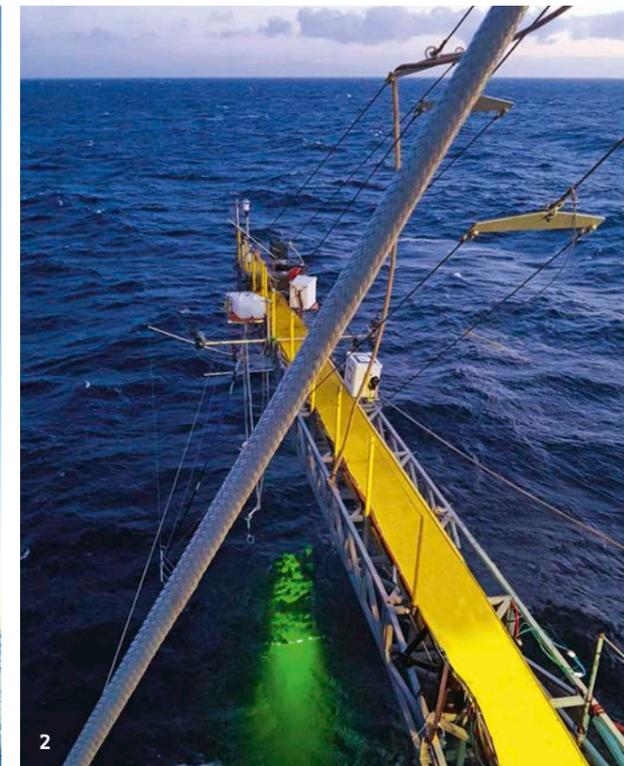
Tim Schröder weiß von Reisen mit Forschungsschiffen, wie sich Windstärke zehn auf dem Meer anfühlt. Zum Glück wird er nicht so leicht seekrank.

sen. Das physikalische Prinzip dahinter: Auf der dem Wind zugewandten Seite – im Luv – herrscht starker Druck, weil der Wind dort gegen die Welle drückt. Auf der Rückseite der Welle – im Lee – ist der Druck niedrig. Dieser Druckunterschied hebt die Welle an.

Marc Buckley hat herausgefunden, dass dieser Windschatteneffekt schon bei kleinen Wellen von nur zehn Zentimetern Höhe auftritt. »Dass große Wellen von fünf oder gar zehn Metern einen Windschatten haben, war bekannt«, sagt Buckley. »Jetzt wissen wir, dass der Windschatten auch kleine Wellen höher und zugleich länger werden lässt.«

Diese Erkenntnis ist wichtig, weil Wellenhöhe und -länge wiederum den Wind beeinflussen. So nimmt die Windgeschwindigkeit über schnellen, langen Wogen eher zu. Buckley weiß jetzt: Auch Felder aus kleinen Wellen auf dem Meer können durch den Windschatteneffekt wachsen und zu höheren Windgeschwindigkeiten führen. »Solche Details sind entscheidend, um Computermodelle zu verbessern, die heute für die Wettervorhersage genutzt werden«, sagt Buckley.

Die Herausforderung an Buckley's Arbeit besteht darin, dass Luft und Wind unsichtbar sind. Um den Windschatteneffekt bei kleinen Wellen entdecken zu können, benötigte er daher einiges an Technik. Für seine Messungen ging er an Bord der »Flip«, eines US-amerikanischen Spezialschiffs, das sich im Wasser aufrichten kann. Ungefähr so wie ein sinkendes Schiff kurz vor dem Untergang. Dazu wird das Heck geflutet, und der Bug steigt auf. Steht das Schiff senkrecht im Wasser, hat das den



1 Die »Flip« ist ein einzigartiges Schiff, das man senkrecht aufstellen kann. Es bietet wenig Wasserwiderstand und stört den Lauf der Wellen kaum **2** Laserblitze machen Luft- und Wasserströmung sichtbar **3** Die Grafik zeigt Luftverwirbelungen im Windschatten einer Welle (grau). Farbig dargestellt sind die verschiedenen Windgeschwindigkeiten in Meter pro Sekunde. Im blauen Bereich (negativer Wert) strömt die Luft entgegen der Windrichtung

Vorteil, dass es die Wellen in seiner Umgebung kaum beeinflusst, was es den Forschern auf der »Flip« ermöglicht, deren natürliche Ausbreitung zu studieren.

Ebenso aufwendig ist die Messtechnik. Hier besteht die Herausforderung darin, zugleich die Bewegung der Wellen und die Luftströmung sichtbar zu machen. Dazu installierte Buckley an einem Schiffsausleger ein Laser-Blitzgerät. Es schießt kurze Laserpulse ab, die an der Wasseroberfläche gestreut werden. Spezialkameras nehmen das gestreute Licht auf und machen so das Auf und Ab der Wellen sichtbar. Noch raffinierter funktioniert die Vermessung der Luftbewegung. Dazu versprühen Düsen einen feinen Wassernebel, durch den sich die Strömung abbilden lässt.

Dank der Laserblitze, die jeweils nur eine Milliardstelsekunde lang sind, ist es möglich, jeden einzelnen Tropfen im Vorüberfliegen mehrfach abzulichten. Aus der Strecke, die die Tropfen zwischen den Aufnahmen zurücklegten, lässt sich dann ihre Geschwindigkeit und die des Windes berechnen.

Die Messungen des Laser-Kamera-Systems zeigen, dass die Luft im Windschatten kleiner Wel-

len stark verwirbelt war und teils sogar gegen die Windrichtung strömte – ähnlich wie bei den Wirbeln hinter Hochhäusern, die manchmal sogar Regenschirme zerbrechen. Diese Entdeckung ist für die Forschung wichtig, da Turbulenzen an Wellen den Austausch von Gasen wie Sauerstoff und Kohlendioxid zwischen Atmosphäre und Ozean beeinflussen. Ein stärkerer Wellengang bedeutet mehr Gasaustausch.

Buckley: »Wir wissen jetzt, dass selbst im Windschatten kleiner Wellen bedeutende Turbulenzen auftreten, die den Gasaustausch beeinflussen.« Diese Erkenntnis ist entscheidend für die Verbesserung von Klimamodellen, da die Ozeane große Mengen an Kohlendioxid aufnehmen.

Und noch eine Überraschung haben Buckley's Beobachtungen geliefert. Oftmals wird der Wind an Wellen durch Reibung gebremst – etwa so wie ein Skifahrer, der über Schneematsch voller Sand und Steine fährt. Wenn aber starker Wind die Wellen zu steilen Brechern auftürmt, löst sich die Luftmasse mitunter von den Wellen ab. Dann fegt der Wind ganz ohne Reibung dahin – und kann bedrohliche Geschwindigkeiten erreichen.

»Unsere Messungen zeigen, dass sich die Luftströmung schon bei kleinen Wellen und moderaten Windgeschwindigkeiten von der Wasseroberfläche trennen kann«, sagt Marc Buckley. Diese Erkenntnis gehöre zu den wichtigsten seiner Forschung. Buckley ist überzeugt, dass sie die Wettervorhersagen für See- und Küstenregionen um einiges genauer machen wird. ■

FOTOS: MARC P. BUCKLEY