

IM BLICKWINKEL

Wellenringe auf der Wasseroberfläche lassen tief blicken

Ob ein Stein oder ein Tropfen auf eine Wasseroberfläche fällt, macht insofern keinen Unterschied, als in beiden Fällen Systeme von Ringwellen entstehen. Und doch „erzählen“ die Ringe in beiden Fällen eine etwas andere physikalische Geschichte.

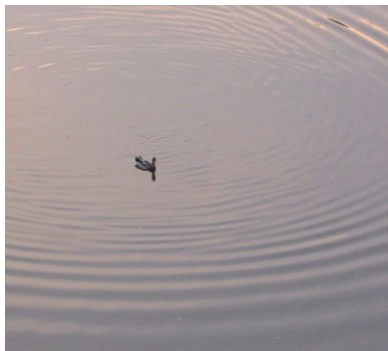


Abb. 1 Bei Schwerewellen bewegen sich die mit der größeren Wellenlänge schneller.

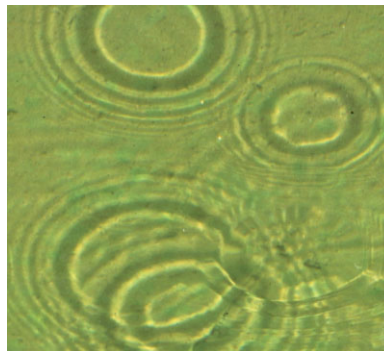


Abb. 2 Bei Kapillarwellen sind die kleineren Wellenlängen die schnelleren.

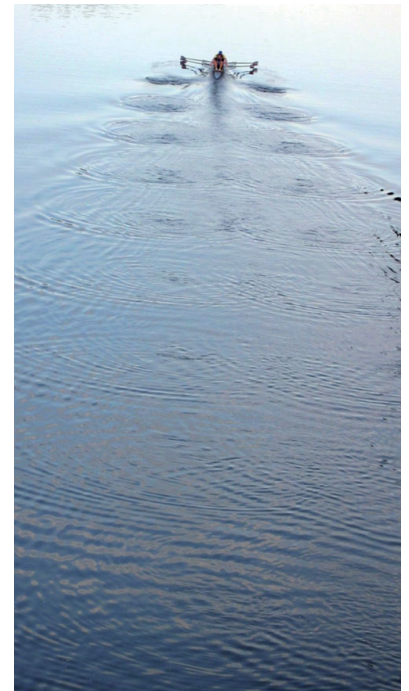


Abb. 3 Bei jedem Eintauchen eines Ruders entwickeln sich Ringsysteme von Schwerewellen.

Auf den ersten Blick scheinen diese konzentrischen Wellen nicht weiter interessant zu sein. Doch beim genauen Hinsehen entdeckt man erstaunliche Unterschiede. In Abbildung 1 sieht man eine gerade gelandete Ente, die im Zentrum eines Systems von Ringwellen schwimmt. Die Wellenlänge der Ringe nimmt mit wachsendem Radius zu.

Verfolgt man die Entstehung der Ringwellen von Anfang an, so stellt man fest, dass die jeweilige Einwirkung auf die Wasseroberfläche eine chaotische „Urwelle“ hervorruft, die als Überlagerung eines ganzen Spektrums von Wellen unterschiedlicher Wellenlänge angesehen werden kann. Dies hat schon Leonardo da Vinci beobachtet: „Die Welle ist die Auswirkung eines Schlages... Sie ist nie allein, sondern immer gemischt mit soviel andern Wellen, als der Gegenstand, an dem diese Welle entsteht, Unebenheiten aufweist“, schrieb er einst.

Das Beispiel zeigt, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen mit der Wellenlänge zunimmt, so dass nach kurzer Zeit die großen Wellen

außen und die kleineren innen anzutreffen sind.

Ein Blick auf Abbildung 2 bringt allerdings diese schöne Erkenntnis wieder ins Wanken. Hier ist eine Situation dargestellt, in der sich die Ringwellen zwar auch der Größe nach anordnen, aber gerade in umgekehrter Reihenfolge wie in Abbildung 1: Hier sind die Wellen mit den kürzeren Wellenlängen schneller als die mit den größeren. Was macht den Unterschied?

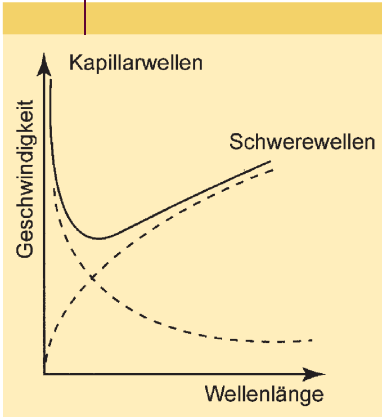
Die Störung, die das Ringsystem in Abbildung 1 hervorgerufen hat, ist relativ groß – eine landende Ente. Dem gegenüber sind die Ringsysteme in Abbildung 2 die Folge von wesentlich kleineren Störungen, nämlich ins Wasser fallenden Tropfen.

Das unterschiedliche Verhalten des Wassers ist darauf zurückzuführen, dass durch größere Einwirkungen ein ganz anderer Typ von Wellen hervorgerufen wird als durch kleinere. Große Störungen lösen vor allem Schwerewellen aus, bei denen der Auftrieb als rückwirkende Kraft in Erscheinung tritt und das Schwingungsverhalten bestimmt. Demge-

genüber wird die rückwirkende Kraft bei kleineren Störungen durch die Oberflächenspannung bestimmt, so dass Kapillarwellen entstehen.

In beiden Fällen hängt also die Phasengeschwindigkeit von der Wellenlänge ab. In Analogie zur Optik spricht man von Dispersion. Rotes Licht wird in einem Medium im Allgemeinen schwächer gebrochen, seine Brechzahl ist kleiner und damit die Phasengeschwindigkeit größer als die des blauen Lichts. Diese normale Dispersion liegt bei den Schwerewellen vor (siehe Physik in unserer Zeit 2006, 37 (6), 300). Bei den Kapillarwellen ist es genau umgekehrt. Die Geschwindigkeit nimmt mit der Wellenlänge ab. Man spricht hier von anomaler Dispersion.

Eine quantitative Betrachtung zeigt, dass für Tiefwasserwellen (die Wassertiefe ist wesentlich größer als die Wellenlänge) die Geschwindigkeit der Schwerewellen proportional zur Quadratwurzel, die der Kapillarwellen umgekehrt proportional zur Quadratwurzel aus der Wellenlänge ist (Abbildung 4).

ABB. 4 | SCHWEREKAPILLARWELLEN


Schematische Darstellung der Abhängigkeit der Geschwindigkeit v von Schwerewellen von der Wellenlänge λ .

Verfolgt man die Ausbreitung der Wasserwellen etwas länger, so fällt auf, dass nach einer gewissen Zeit

keine neuen Ringe mehr aus dem Zentrum hervorgehen. Wie vor allem aus Abbildung 2 zu erkennen ist, läuft eine kreisförmige Zone absoluter Ruhe hinter den letzten Wellen her und glättet die Wasseroberfläche, als wäre nichts gewesen. Daran erkennt man, dass nunmehr keine Energie mehr transportiert wird. Da die Energie sich mit der Gruppengeschwindigkeit der Wellen fortbewegt, kann man aus diesem Sachverhalt schließen, dass die Gruppengeschwindigkeit einen minimalen Wert für eine bestimmte Wellenlänge besitzt. Die letzte Wellengruppe, die aus dem Störzentrum herausläuft, bewegt sich mit dieser minimalen Geschwindigkeit.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass die Wellenerscheinungen in den beiden Fällen auf

unterschiedliche Weise sichtbar werden. In Abbildung 1 werden von den Wellen unterschiedlich hell erleuchtete Partien des Himmels reflektiert. Einerseits reflektieren die Wellenberge Licht des helleren Westhimmels der untergehenden Sonne ins Auge des Beobachters. Gleichzeitig kommt das Licht von den dem Beobachter zugeneigten Wellen von den dunkleren höheren Himmelspartien. In Abbildung 2 werden die Wellen durch eine Abbildung auf dem flachen Grund des Gewässers sichtbar. Die Wellen wirken gewissermaßen wie Linsen: Die konvexen Wellenberge fokussieren helle Ringe auf den Boden, während die konkaven Wellentäler das Licht defokussieren.

H. Joachim Schlichting, Uni Münster

INTERVIEW

Führerscheinprüfung im Sternengucken

Der WDR-Wissenschaftsredakteur Ranga Yogeshwar ist vielen als Moderator der Sendung „Quarks & Co“ bekannt. Das Herz des mit zahlreichen Preisen ausgezeichneten Diplomphysikers schlägt immer noch für die Forschung, vor allem für die Astronomie. Seit kurzem ist er stolzer Besitzer einer offiziellen Sternwarte. Petra Berthold sprach mit dem Sternengucker.

Wann sind Sie der Leidenschaft fürs Sternengucken erlegen?

Sterne faszinieren mich seit meiner Kindheit. So mit 15 habe ich mir mein erstes Teleskop gebastelt – aus dem Schminkspiegel meiner Mutter und einem Plastik-Kanalisationsrohr. Die Bilder waren miserabel, doch ich lernte viel über Optik und Brennweiten. Die Leidenschaft für die Sterne ließ mich auch später nicht los. Im Studium habe ich mich mit astrophysikalischen Prozessen befasst, habe zum Beispiel berechnet, wie sich in Sternen neue Elemente bilden. Heute habe ich immer noch Kontakt zu vielen Fachleuten, so sitze ich zum Beispiel im Kuratorium des Max-Planck-Instituts für Astronomie.

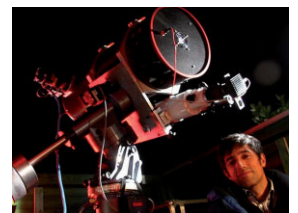
Außerdem sind sie stolzer Besitzer einer eigenen Sternwarte. Wie wird man so etwas?

Ich habe mich schon länger mit der Himmelsbeobachtung befasst, meine Teleskope verbesserten sich und meine Messungen wurden immer genauer. Im Sommer 2007 habe ich schließlich so einer Art Führerscheinprüfung gemacht, bei der man bestimmte Himmelsobjekte vermessen und Bilder auf ihre Genauigkeit überprüfen muss. Jetzt ist die Rolldachhütte in meinem Garten sogar eine offizielle Sternwarte. Sie hat die Stationsnummer B 43 und wurde mir vom Minor Planet Center, einer Unterabteilung der Internationalen Astronomischen Union, zugewiesen. Ich gebe zu, da war ich stolz.

Welche Ausrüstung braucht man denn für seine eigene Sternwarte?

Die Ausrüstung ist wichtig, doch nicht alleine entscheidend. Diese Dinge kann man nicht schlüsselfertig

kaufen. Da wird sehr viel selbst gebaut, zusammengesetzt, probiert und verändert. Derzeit arbeite ich mit einem Spiegelteleskop mit einem Durchmesser von 30 Zentimetern.



Worin liegt für Sie der Reiz beim Sternengucken?

Die Astronomie ist mein anderes „Fern-Sehen“. Hier bin ich nachts alleine, um mich herum ist es dunkel, da kann ich wunderbar abschalten. Man muss sich immer wieder bewusst machen, dass schon die Neandertaler den Großen Wagen oder den hellen Stern Wega genau so gesehen haben wie wir heute, nur hatten sie noch keine Worte dafür. Zweitens kann ich durch mein Hobby ganz handfest wissenschaftlich arbeiten. Dieser Umgang mit Astronomie erlaubt es mir, nicht nur, wie sonst, über Wissenschaft zu berichten, sondern selber aktiv zu werden. Es ist sehr umfassend: von den Experimenten bis hin zur Theorie der Auswertungen. Und schließlich bekomme ich durch die Astronomie die Chance, auch junge Leute für etwas Wunderschönes zu begeistern, das nichts mit Kommerz zu tun hat.