

Parabolspiegel und Rosette – Spiel mit Wasser und Sand

1. Der Wasserbehälter wird in Drehung versetzt, der am Boden liegende Sand wird nach außen getrieben und die Wasseroberfläche nimmt die Form eines Parabolspiegels an.

Ein halb mit Wasser gefüllter Glaszylinder, auf dessen Boden etwas fein gesiebter Sand gestreut ist, wird in Rotation versetzt, und die Frage ist zum Einen, wie das Wasser im kreisrunden Behälter darauf reagiert, dass der Boden und die senkrechten Wände an ihm vorbei schrappen, und zum Anderen, wie der Sand darauf reagiert, dass er, auf dem Boden des Gefäßes liegend, ins Kreisen gebracht wird.

Der Sand wird relativ früh nach außen geschleudert und wird am Rand des ebenen Bodens an die senkrechte Wand gepresst. Dort lassen wir ihn erstmal, zusammen mit dem Behälter, rotieren – er stört die Wasserbewegungen, die es für die Anfangsphase des Versuchs zu untersuchen gilt, nicht. Erst wenn (später) der Behälter abgebremst wird, kommt er wieder ins Spiel.

Wenn das Wasser völlig klar ist, also auch keinerlei Schwebeteilchen oder Farbschleier als „Anhaltspunkte“ dienen können, erkennt man nur schwerlich, wie sich das Wasser im Zylinder in Bewegung setzt. Am augenfälligsten ist noch, dass der Wasserstand am Rand allmählich ansteigt, wobei stets ein Abfall vom Rand zur Mitte hin zu beobachten ist.

Der Wasserspiegel im zentralen Bereich ist anfänglich absolut horizontal und nur im Randbereich, wo das Wasser bereits mitgerissen wurde, erkennen wir eine (nicht parabolisch geformte) Neigung (Abb. 1b), die sich einstellen muss, um an jeder Stelle die Balance zwischen „Druckgradientkraft“ und „Fliehkraft“ zu gewährleisten (sonst würde die schräge Wasseroberfläche als Welle ins Innere laufen).

Kleine, dem Zentrum an der Wasseroberfläche beigegebene Markierungsteilchen (Fusseln oder Tintentropfen) rühren sich in den Anfangsmomenten des Drehvorgangs nicht von der Stelle und zeigen damit an, dass dort zunächst keinerlei Bewegung zustande gekommen ist. Die Bewegung des Randes (und des Bodens) teilen sich dem Wasser erst allmählich mit. Dazu muss vom Rand her Schicht für Schicht mitgerissen werden. Wenn man einen Tintentropfen in die Mitte plumpsen lässt, erkennt man an den ungestört nach unten treibenden Tintentropfenringen, dass im Inneren des Zylinders eine Säule unbewegten Wassers verharrt.

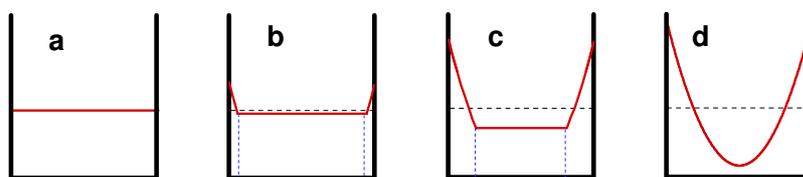


Abb. 1: Die Form der Wasseroberfläche in der Ruhelage (a), kurz nach Beginn der Drehung (b), etwas später (c), wenn alles Wasser von der Drehung erfasst ist (d). Zwischen den blau gestrichelten Linien in b) und c) ist das Wasser (noch) in Ruhe.

Mit fortgesetzter Drehung wird die zentrale Säule ruhenden Wassers immer schmaler (Abb.1b,c), weil vom Rand her immer mehr Wasser mitgerissen wird. Aber es dauert einige Zeit bis auch das Zentrum in die Drehbewegung mit einbezogen wird und sich die Wasseroberfläche zu einem nahezu perfekten Parabolspiegel geformt hat (Abb.1d). Dann ist die Drehung des Wassers so als ob die Wasserteilchen zu einem Eisblock gefroren wären (*starre Rotation*). Die Positionen der einzelnen Wasserteilchen sind „fest“ gelegt und es finden keinerlei Positionsverschiebungen mehr statt.

2. Stoppt man die Drehung, sammelt sich der Sand in der Mitte und es bildet sich allmählich ein regelmäßiges Muster.

Durch abruptes Anhalten (und Festhalten) lässt sich zwar der Glaszylinder zum Stillstand bringen, nicht aber das in ihm befindliche Wasser, das sich vehement weiter dreht – allerdings gebremst durch die Reibung am Boden und am senkrechten Rand. Wegen dieser Reibung am Boden ergibt sich eine zum Zentrum gerichtete Strömungskomponente in unmittelbarer Bodennähe. Durch diese Strömungskomponente, die der Zirkulation überlagert ist, wird der Sand spiralig zur Mitte „gefegt“, wo sich zunächst, je nach Drehgeschwindigkeit des Wassers, ein flacher Sandfladen oder ein kegelförmiger Sandhaufen bildet.

Jetzt ist etwas Geduld, aber auch aufmerksames Beobachten angesagt!

Es kann eine kleine Weile dauern bis sich auf der Oberfläche des überströmten, gleichwohl teilweise mitgerissenen Sandes die ersten Unebenheiten bilden, die sich schnell zu einer Folge von „Dellen“ und „Wällen“ anordnen. Diese Dünen werden in der Folgezeit weiter ausgeformt, wobei ein „Bestreben“ deutlich wird, eine möglichst regelmäßige (kreisförmige) Anordnung der Dünen zu erreichen, d. h. die Größe der Dünen so zu gestalten, dass eine Ordnung entsteht. Zunächst nur durch einzelne Dellen angedeutet, später zunehmend ausgeformt, entstehen 5, 6, 7, ... oder auch noch mehr Dünen, deren Form letztendlich als identisch zu bezeichnen ist. Als Beispiel einer solchen Formation ist Abb. 2 zu sehen (in diesem Fall eine „Siebener-Sandrosette“).

Während dieses Strukturbildungsprozesses sind die von den Sandkörnern gebildeten Dünen – ähnlich wie bei einer vom Wind getriebenen Wanderdüne in der Wüste – in ständiger Vorwärtsbewegung, sich mehr vorwärts wälzend als fließend. Erst wenn der Schwung des rotierenden Wassers weitgehend aufgebraucht ist, kommt das Ensemble an „Buchten“ und „Dünen“ zum Stillstand. Dann findet nur noch ein letzter „Feinschliff“ an der entstandenen Figur statt und schließlich ist die Schubkraft des Wassers zu gering um noch nennenswerte Veränderungen hervorzurufen. Es sei denn, das Wasser enthielt feine, fluffige Partikel, die sich im Lee der Dünenkämme absetzen und damit die Struktur noch deutlicher hervorheben.



Abb.2: Sandrosette mit 7 Blättern

3. Durch neuerliches, langsames Andrehen des Behälters erweitert sich die Sandrosette unter Bildung von Spiralarmen.

Wird der Glaszylinder wieder angedreht, wirken auf die Körner der Sandrosette Fliehkräfte, die mit Abstand vom Zentrum größer werden und demnach in den Außenbereichen der Rosette zuerst Wirkung zeigen: die Sandkörner werden nach außen getrieben. Das wird bei schnellem Andrehen nahezu explosionsartig geschehen, bei behutsamer Steigerung der Drehgeschwindigkeit aber entsprechend filigrane Muster ergeben.



4. Wird der Behälter nochmals angehalten, wandert der außen angesammelte Sand wieder nach innen

Dieses Spiel lässt sich wiederholen, wobei man versuchen kann, nicht allen Sand nach außen zu treiben und somit Reste der Sandrosette im Zentrum bestehen zu lassen. Die Kunst besteht darin, genügend Sand nach außen zu bewegen, und gleichzeitig die Struktur im Zentrum zu erhalten.

Durch neuerliches Anhalten bildet sich ein Ring (entsprechend der moderaten Drehgeschwindigkeit), auf dem sich wiederum Dünen bilden – in der Regel mit deutlich größerer Anzahl als bei ganz schnellem Drehen.



Mit etwas Übung und Geschick lassen sich mehrere konzentrische Bereiche anlegen. Der Übergang vom wissenschaftlichen Experiment zur künstlerischen Gestaltung ist fließend und eventuell ist eine Separation auch gar nicht von Nöten.

