

Der "bergsteigende" Korken

H. Joachim Schlichting

*Auf sehr entfernte Dinge auf einmal zu kommen
und dann im folgenden zu zeigen,
daß doch ein Zusammenhang dazwischen war.*

Georg Christoph Lichtenberg

Kurzfassung

Ein auf einer Wasseroberfläche schwimmender Korken bewegt sich stets zum Rand des Gefäßes. Dieses Verhalten wird in Analogie zum Rollen einer Kugel auf einem konkaven Uhrglas diskutiert und physikalisch erklärt.

Physikalisches Denken

Was hat ein auf der Wasseroberfläche eines Glases schwimmender Korken mit einer auf einem Uhrglas rollenden Kugel zu tun?

Vorwissenschaftlich gesehen erscheint allein schon die Frage abwegig und erinnert eher an eine gewisse Sorte von Witzen, als an einen ernstzunehmenden Zusammenhang. Dennoch ist genau genommen verallgemeinerndes, von speziellen Bedingungen absehendes physikalisches Argumentieren häufig von dieser Art. Wenn Galilei Kugeln eine schräge Ebene herunterrollen lässt, um damit den Zusammenhang zwischen Fallzeit und Fallstrecke beim freien Fall zu demonstrieren, dann kann er damit allenfalls einen in seinem - heute *physikalisch* genannten - Sinne denkenden Menschen überzeugen. Den im weitgehend aristotelisch geprägten Weltbild befangenen Kirchenfürsten mußte die Demonstration daher bestensfalls als Witz erscheinen. Denn hier werden Dinge miteinander identifiziert - eine schräge Ebene herunterrollende Kugeln mit frei fallenden Objekten -, die aus lebensweltlicher Sicht nur wenig miteinander zu tun haben.

Unseren Schülern geht es häufig ähnlich. Sie haben insbesondere dort Schwierigkeiten, wo sie "zwischen den Dingen trotz ihrer Verschiedenheit Ähnlichkeiten finden" (Henri Bergson) sollen. Ein solches Denken, in dem es gewissermaßen auf das *Gleichsetzen des Nichtgleichen* ankommt, muß eingetübt werden. Dazu sind fachlich und experimentell einfache Situationen geeignet. Der folgende Freihandversuch schafft eine solche Situa-

tion. Mit seiner Hilfe sollen die Schüler nicht nur lernen, eine Antwort auf die eingangs gestellte Frage zu geben, sondern darüberhinaus selbst erleben, was es heißt, die Vorgänge physikalisch zu beschreiben, und welche Bedeutung dabei Analogien annehmen können.

Erstes Experiment

Die Wahrheit liegt meist am Rande nicht in der

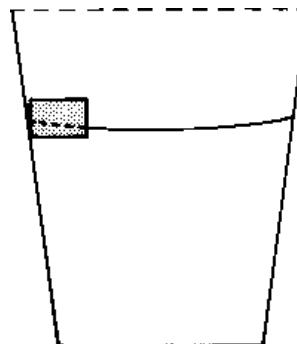


Abb. 1: Der Korken „klebt“ am Rand

Mitte.

Henry Miller

Läßt man einen Korken in einem (nicht vollständig) mit Wasser gefüllten Glas schwimmen (Damit der Korken aufrecht steht, muß er gekürzt werden.), so bewegt er sich schließlich auch dann an den Rand des Glases, wenn er mit großer Behutsamkeit in der Mitte der Wasseroberfläche abgesetzt wurde. Dort bleibt er dann aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers (Verkleinerung der Gesamtgrenzfläche) unwiderruflich "kleben" (Abb. 1). Preisfrage an die Schüler: Wodurch wird der Korken veranlaßt, die Stelle zu verlassen, an der er abgesetzt wird? Was zieht ihn immer wieder zum Rand hin?

Analoge Situationen

Erfahrungsgemäß kommen Schüler der Mittelstufe auch dann nicht auf die Lösung, wenn die fachlichen Voraussetzungen (u.a. Vertrautsein mit Auftriebsphänomenen) vorhanden sind. Erst die Aufforderung, die Bewegung des Korkens auf der Wasseroberfläche mit dem Rollen einer Kugel auf einer gekrümmten Unterlage zu vergleichen, führt in der Regel zum Ziel. Dabei kann es hilfreich sein, den Vergleichsfall der rollenden Kugel auch zu demonstrieren: Ein Uhrglas, das man mit der Wölbung nach oben (konvex) auf eine passende Petrischale legt, diene als Unterlage. Es gelingt natürlich nicht, die Kugel in der Mitte des Uhrglases zum Liegenbleiben zu veranlassen.

Entscheidend ist in diesem Zusammenhang, daß die Schüler die Vergleichbarkeit der beiden Situationen nachvollziehen und akzeptieren. Sie müssen dazu immerhin eine Entsprechung bzw. Ähnlichkeit zwischen dem Gleiten bzw. Schwimmen des Korkens auf dem Wasser und dem Rollen einer Kugel auf einer festen Unterlage sehen. Das ist eine nicht zu unterschätzende Abstraktionsleistung, die im Unterrichtsgespräch herbeigeführt und ausreichend gefestigt werden muß. Wenn die Schüler, die Vergleichbarkeit nur deshalb anzweifeln, weil sie die Wasseroberfläche im Unterschied zum Uhrglas als waagerecht ansehen, haben sie die entscheidende Hürde bereits genommen. Denn mit ihrem Zweifel geben sie zu erkennen, daß sie die Zulässigkeit des Vergleichs zumindest probehalber akzeptiert haben.

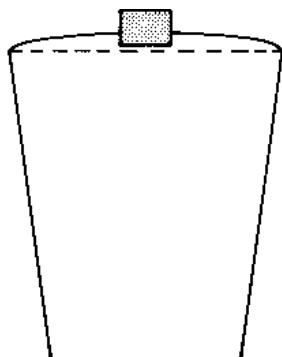


Abb. 2: Der Korken steht in der Mitte

Ihr Zweifel kann durch genaues Hinsehen ausgeräumt werden: Der Wasserstand ist am Gefäßrand zwar nur ganz wenig, aber erkennbar höher als in der Mitte. (Dieser Effekt, der umso stärker in Erscheinung tritt, je kleiner die Oberfläche ist, läßt sich auf die Haftspannung zwischen Gefäß und Flüssigkeit zurückführen). Mit dieser Einsicht ist aber bereits ein weiteres Problem gegeben: Die Wasseroberfläche ist gerade umgekehrt gekrümmt wie das Uhrglas. Der Korken müßte demnach, so die Folgerung der Schüler, in Analogie zum Uhrglas zur Mitte treiben.

Die Schüler müssen in dieser Situation daran erinnert werden, daß sich ein Körper unter dem Einfluß des Auftriebs gewissermaßen antigravitational verhält, so, als hätte er eine negative Masse: Anstatt wie andere schwere Körper nach unten zu fallen, bewegt sich beispielsweise ein unter Wasser losgelassener Korken nach oben. Dasselbe gilt für einen heliumgefüllten Luftballon sogar in der Luft. Zur Festigung dieser Erkenntnis kann man die Schüler herausfinden lassen, wie sich ein im Innern eines fahrenden Autos hängender luftgefüllter und ein mit einem Faden fixierter schwabender heliumgefüllte Luftballon verhalten, wenn das Auto plötzlich bremst. Die Trägheitswirkung eines Körpers, der durch den Auftrieb dominiert wird, erfolgt ebenfalls in die umgekehrte Richtung.

Wenn der Transfer von der rollenden Kugel auf den schwimmenden Korken glückt ist, kann den Schülern die Frage vorgelegt werden, auf welche Weise der Korken in Analogie zu einer Kugel auf einem konvexen Uhrglas (das auf eine passende Petrischale gelegt wird), dazu gebracht werden kann, sich zur Mitte der Wasseroberfläche zu bewegen. Sie finden zwar noch mit Leichtigkeit heraus, daß der Korken dann auf eine nach oben gewölbte Wasseroberfläche gesetzt werden muß. Schwieriger ist es jedoch für sie, auf eine entsprechende experimentelle Realisation zu kommen. (Nur in einem Fall habe ich es erlebt, daß ein Schüler auf das unten beschriebene Freihandexperiment kam und es auch vormachen konnte.)

Zweites Experiment

In der Mitte liegt die Wahrheit? Keineswegs. Nur in der Tiefe.

Arthur Schnitzler

Im Falle des sich "antigravitational" verhaltenden Korkens besteht jedoch die "Tiefe" aus einer "Höhe". Man stellt sie dadurch her, daß man das Gefäß so lange mit Wasser füllt, bis sich ein deutlich erkennbarer Berg über dem Glas bildet (Abb. 2). Positioniert man den Korken vorsichtig auf dieser Wasseroberfläche, so beobachtet man, daß er sich stets zur Mitte der Oberfläche begibt und zwar selbst dann, wenn er am Glasrand losgelassen wird. Die Mitte wird vom Korken umso genauer eingenommen, je höher der "Wasserberg" ist. Ansonsten begibt er sich auf eine Position in der Nähe der Mitte.

Folgerung und Vertiefung

Eine konvex gewölbte Wasseroberfläche als Analogon zum konkaven Uhrglas ist eine Folgerung der Schüler aus dem ersten Experiment. Al-

lerdings kommen sie meist nicht von selbst auf eine entsprechende experimentelle Realisierung.

Sie erfahren an diesem Beispiel eine eindrückliche Bestätigung dafür, daß ein Vergleich lebensweltlich völlig verschiedener Vorgänge manchmal die physikalische Erkenntnis fördern kann und zwar - wie im vorliegenden Fall - vor allem dann, wenn gewisse Analogien (schwimmender Korken als rollende Kugel betrachtet) erkannt werden: *Im Vergleich liegt die einzige Möglichkeit zur Erkenntnis* (J.F. Herbart).

Der Versuch demonstriert außerdem, daß die hier als analog angesehenen Vorgänge physikalisch mehr miteinander zu tun haben, als es zunächst den Anschein hat. Auftriebsphänomene sind ebenso wie das Rollen von Kugeln Konsequenzen der Schwerkraft mit dem physikalisch nicht sehr be-

deutungsvollen Unterschied, daß die resultierenden Bewegungsrichtungen umgekehrt sind.

Mit Hilfe einer energetischen Betrachtung kann dieser enge Zusammenhang noch unterstrichen werden. Für den Korken ist die erhöhte Mitte der Wasseroberfläche ebenso ein Energieminimum wie die tieferliegende Mitte des Uhrglases für die Kugel.

Auf einen Unterschied zwischen dem Verhalten des Korkens und der Kugel würde ich jedoch im Rahmen der Diskussion dieses Problems mit Studenten aufmerksam machen. Während das Ziel der Kugel im Falle des konkaven Uhrglases eindeutig ist, (die Mitte des Glases), gibt es im analogen Fall der konvexen Wasseroberfläche unendlich viele Ziele, (im Prinzip jeder Punkt auf dem Rand) und vice versa.