

# Spiel mit den Elementen: Wasser und Luft in Freihandexperimenten

H. Joachim Schlichting

*Die Luft ist warm und feucht,  
und ihr natürlicher Ort ist ... über dem Wasser.  
Das Wasser ist kalt und feucht,  
und sein natürlicher Ort ist unter der Luft*

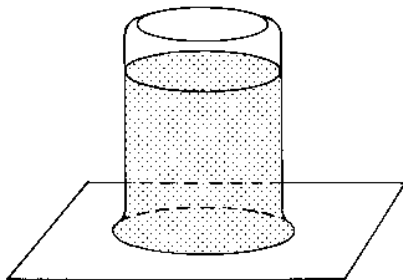
Al-Qazwini

## Einleitung

Spielen ist nicht unbedingt an Spielzeug gebunden. Mit zahlreichen Gebrauchsgegenständen läßt sich ebenso intensiv und manchmal noch kreativer spielen als mit Spielzeug. Das soll an einigen weniger bekannten "Spielen", demonstriert werden, die aus physikalischer Sicht zur Kategorie der Freihandversuche zählen. Das gemeinsame "Substrat" dieser Spiele sind Wasser und Luft.

## Wir sind mit Wasser und Luft vertraut

Wasser und Luft spielen für das menschliche Leben eine hervorragende Rolle. Der Mensch kann nur wenige Tage ohne Wasser und nur wenige Minuten ohne Luft auskommen. Äußerlich von Luft umgeben und innerlich von Wasser erfüllt, sind wir mit diesen zwei der vier Elemente des Altertums aufs engste vertraut. Dennoch gibt es zahllose Phänomene, die dieses Vertrauen auf die Probe stellen und zum Nachdenken herausfordern. Wir wollen einige dieser Phänomene, die sich "frei Hand" hervorrufen lassen, darstellen und zeigen, daß sie physikalisch auf ein einziges Prinzip zurückgeführt werden können, den *horror*



**Abb. 1:** Man kann Wasser zum "Schweben" bringen, wenn man ein mit Wasser gefülltes Glas zuvor mit einer Postkarte abdeckt und das Ganze dann vorsichtig umdreht.

*vacui*, auf die Tendenz der Natur, Luftdruckunterschiede zu vermeiden bzw. zu beseitigen.

## Schwebendes Wasser

Schon im Altertum wurden die Elemente Wasser und Luft nach ihrer Schwere angeordnet: Der natürliche Ort des Wassers ist unter der Luft? Ist er das wirklich?

Man fülle ein Glas mit Wasser, decke es mit einer Postkarte ab, drücke die Karte mit einem Finger auf das Glas und drehe das Ganze um. Jetzt kann man den Finger ruhig wegnehmen (Abb. 1). Bis auf wenige Tropfen bleibt das Wasser im Glas.

Das Wasser wird mit Sicherheit nicht durch die Postkarte gehalten, denn auch diese wird von unsichtbaren Kräften an das Glas gepreßt. Jedenfalls widersetzt sich die Karte vorsichtig ausgeführten Versuchen, abgezogen zu werden.

Diese Beobachtung fordert zu weiteren Experimenten heraus. Gelingt es auch noch, ein größeres, dickeres Stück Karton, ein Holzbrettchen, ein Metallblech in der Schwebelage zu halten? Man wird erstaunt sein, wie "tragfähig" die Luft ist!

## Wasserdichtes Sieb

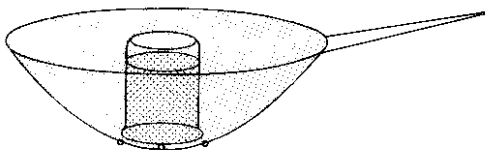
Aber schon das schwebende Wasser ist erstaunlich genug; und es stellt sich die Frage, ob wir überhaupt die Postkarte u.ä. zum Abdecken des Glases brauchen. Genügt vielleicht schon weniger, um das Wasser zu halten? "Weniger" ist beispielsweise ein Sieb. Wir stülpen also ein Haushaltssieb (Drahtnetz) über das gefüllte Wasserglas, unterstützen es mit der flachen Hand und drehen das Ganze wieder um. Jetzt können wir die unterstützende Hand getrost wieder wegnehmen. Das Wasser bleibt im Glas, nunmehr bis auf die fast zu vernachlässigenden dünnen Drähte freischwebend.

Verantwortlich für dieses bei Lehrern und Schülern immer wieder Erstaunen und Verwunderung

hervorrufende Phänomen, bei dem die Schwere des Wassers gleichsam aufgehoben wird, ist wie gesagt die uns umgebende Luft. Sie lastet mit einem Druck von etwa 1 Atmosphäre auf allem, was sich auf der Erdoberfläche befindet. Davon merken wir normalerweise nur deshalb nichts, weil der Druck von allen Seiten wirkt. An dieser Gleichgewichtssituation haben wir unsere Intuition ausgebildet, die uns suggeriert, die Luft sei fast nichts. Jedenfalls dann nicht, wenn wir uns nicht bewegen.

In unserem Versuch wird dieses Gleichgewicht jedoch gestört. Wenn das Wasser gleichmäßig, sozusagen im Stück, unter dem Einfluß der eigenen Schwere aus dem umgestülpten Glas herausfließen würde, entstünde zwischen Wasser und Glas ein luftleerer Raum. Denn das Wasser ist der von unten kommenden Luft, die das Entstehen des Vakuums verhindern "möchte", gewissermaßen im Wege und wird daher von dieser - dem entstehenden Druckunterschied zwischen unten und oben entsprechend - hochgedrückt.

Theoretisch wäre dazu gar kein Deckel in Form einer Postkarte oder eines Siebes nötig. Da jedoch die Oberfläche des Wassers in einem labilen Gleichgewicht ist, fällt sie in der Praxis nicht in einem Stück, sondern verformt sich aufgrund kleinster Störungen, so daß in der Regel ein Luftdruckausgleich stattfinden kann. Die Postkarte sorgt also lediglich für die Stabilisierung der Wasseroberfläche. Daß dazu - wie wir gesehen haben - sogar ein Sieb ausreicht, ist eine Folge der Oberflächenspannung des Wassers. Das Sieb teilt die Gesamtwasseroberfläche gleichsam in Parzellen auf, die so klein sind, daß die sich zwischen den Drahtmaschen aufgrund der Oberflächenspannung ausbildende Haut die Stabilisie-



**Abb. 2:** Selbst ein normales Haushaltssieb wird "wasserdicht", wenn man es über ein gefülltes Wasserglas stülpt und es zusammen vorsichtig umdreht.

rung dieser kleinen Oberflächen übernimmt (Abb. 2).

## Glucksende Flaschen

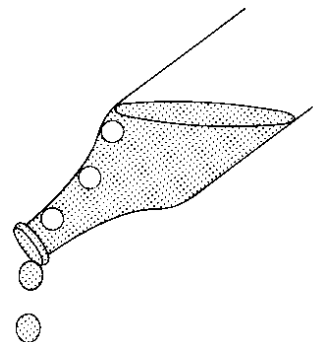
Das erinnert uns vielleicht daran, daß wir alle mit schwebendem Wasser im obigen Sinne bereits Bekanntschaft gemacht haben: Röhrcchen oder Fläschchen mit engem Hals pflegen Flüssigkeiten nicht ohne weiteres freizugeben: Man kann sie auch ohne Abdeckung umdrehen, weil ihr Hals-

querschnitt so klein ist, daß - wie im Falle des Siebes - die Oberflächenspannung ein genügend starkes "Häutchen" ausbildet und die Oberfläche gegen nicht zu große Störungen stabilisiert (Abb. 3). Wie groß die Störungen sein müssen, stellt man fest, wenn man die Flüssigkeiten heraus-schleudert und dadurch z.T. erhebliche Zusatzkräfte wirken läßt.



**Abb. 3:** Aus einem Aromafläschchen kann man das Wasser nur durch Schütteln herausbekommen.

Selbst beim Entleeren z.B. einer Weinflasche (Abb. 4) kann man noch Auswirkungen des "horror vacui" erleben. Die Oberfläche der Flüssigkeit an der Flaschenöffnung ist zwar zu groß, so daß Oberflächenkräfte hier nichts mehr vermögen. Luft kann eindringen und eine entsprechende Flüssigkeitsmenge freigeben. Allerdings strömt aufgrund der Trichterform die Flüssigkeit so schnell nach, daß kein kontinuierlicher Ausguß möglich wird. Es stellt sich ein wohlorganisiertes Wechselspiel zwischen Luftaufnahme und Wasserabgabe ein, das uns allen durch seine akustische Wirkung des charakteristischen Glucksens bekannt ist.



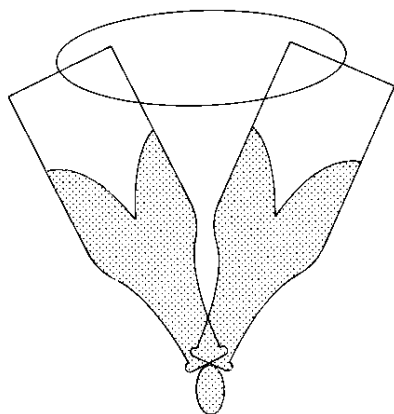
**Abb. 4:** Eine mit Wasser gefüllte Flasche gibt dieses nicht auf einmal, sondern unter hörbarem Glucksen nur "schluckweise" frei.

## Die Kunst des Flaschenentleerens

Die u.a. durch die Größe der Flaschenöffnung gegebene "Glucksfrequenz" und das pro "Gluckseinheit" durch Luft ersetzte Wasservolumen bestimmen die Entleerungszeit der Flasche. Durch

Durch einen kleinen Trick läßt sich aber die Entleerungszeit merklich senken.

Man hält die Flasche mit der einen Hand am nach unten weisenden Hals und bewegt den Flaschenboden einige Male kräftig mit der anderen Hand auf einer Kreisbahn (Abb. 5). Durch die Reibung mit der Flaschenwand und innerer Reibung wird das Wasser in der Flasche in Rotation versetzt. Infolgedessen bildet sich -ähnlich wie bei einer leerlaufenden Badewanne - ein Entleerungswirbel, dessen parabolische Einstülpung im Zentrum des Wirbels durch den Flaschenhals "hindurchbricht" und einen feinen Kanal bildet, über den die Luft kontinuierlich das auslaufende Wasser ersetzen kann. Einmal "angeworfen" hält sich die Rotationsbewegung so lange aufrecht, bis die Flasche leer ist. In einem Wettbewerb, bei dem ein Schüler eine gefüllte Flasche auf die konventionelle Weise und ein anderer die Flasche mit Hilfe des Wirbels entleert, kann die Überlegenheit der Wirbelmethode eindrucksvoll demonstriert werden.



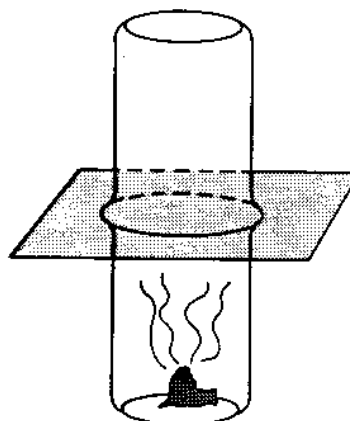
**Abb. 5:** Eine überkopf gehaltene Flasche in Drehung versetzt, bildet einen Entleerungswirbel aus, über den eine schnelle Entleerung erfolgt.

### Magdeburger Halbkugeln

Otto von Guericke benötigte eine Luftpumpe, um seine Magdeburger Halbkugeln so zu evakuieren, daß mehrere gegeneinanderwirkende Pferde sie nicht zu trennen vermochten. Wir benötigen zur Evakuierung unserer "Halbkugeln" keine Luftpumpe, sondern nutzen die Wärmeausdehnung und die damit verbundene Verdünnung der Luft aus.

Dazu wird ein brennender, mit Spiritus getränkter Wattebausch (einige brennende Streichhölzer tun es auch) in ein Trinkglas geworfen, welches daraufhin sofort mit einem feuchten Stück Zeitungspapier u.ä. abgedichtet wird. Gleichzeitig wird ein zweites Glas mit gleich großer Öffnung darüber gestülpt (Abb. 6). Nachdem die Flamme erloschen ist, haften die beiden Gläser so fest anein-

ander, daß man das eine mit dem anderen anheben kann.



**Abb. 6:** Der durch Erwärmung erzeugte Unterdruck hält die beiden Gläser wie Magdeburger Halbkugeln zusammen.

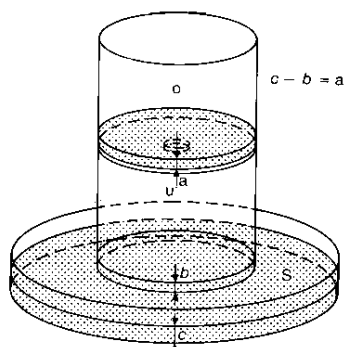
Durch die Flamme wird die Luft im Glas erwärmt, ausgedehnt und teilweise aus dem Glas verdrängt. Nachdem die Flamme erloschen ist, kühlt sich die Luft wieder ab, und es entsteht ein Unterdruck. Der Unterdruck "verteilt" sich auf beide Gläser, da das poröse Papier einen Druckausgleich zwischen beiden Gläsern ermöglicht. Von außen kann indessen keine Luft eindringen, da das zwischen den Glasrändern zusammengepreßte feuchte Papier wie eine Dichtung wirkt. Die unter höherem Druck stehende äußere Luft "preßt" daher die Gläser fest zusammen.

### Wasserdichtes Loch

Für den folgenden Versuch benötigt man ein durchsichtiges Kunststoffrohr, das etwa auf halber Höhe eine Zwischenwand mit einem kleinen Loch enthält. Man kann sich dieses Rohr leicht selbst herstellen. Gut geeignet ist beispielsweise ein zylinderförmiger Behälter, in dem Instant-Zitronentee verkauft wird. Mit einem Tapetenmesser wird vorsichtig der Boden herausgetrennt, in der Mitte mit einem etwa 5mm großen Loch versehen und etwa auf halber Höhe luftdicht in den Behälter eingeklebt (Abb.7). Stellt man das so präparierte Rohr in eine Schale S und gießt von oben Wasser hinein, so fließt das Wasser zunächst durch das Loch ab. Man bemerkt aber, daß der Wasserspiegel innerhalb und außerhalb des Rohres unterschiedlich stark steigt und schließlich außerhalb bei einer Höhe c und innerhalb bei einer Höhe  $b > c$  stehen bleibt. Gleichzeitig kommt der Durchfluß des Wassers bei einer Höhe a in der oberen Hälfte O des Rohres zum Stillstand. Das Wasser "schwebt" gewissermaßen über dem Loch.

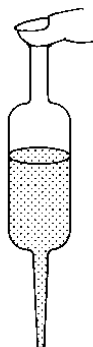
Bei genauem Hinsehen erkennt man, daß die Höhe a des Wasserspiegel über dem Loch gerade der

Höhendifferenz  $c - b$  der Wasserspiegel innerhalb und außerhalb des Rohres entspricht.



**Abb. 7:** In einem mit einer Zwischenwand  $o$  versehenen Röhre kann Wasser über einem Loch zum "Schweben" gebracht werden

Aufgrund der Tatsache, daß beim Durchfluß des Wassers kein Luftaustausch mit der Umgebung möglich ist, gerät die Luft in der unteren Hälfte  $U$  des Rohres unter Druck. Der Druck wird aufgebaut durch die allmählich kürzer werdende Wassersäule in  $O$  und dem ansteigenden Wasserniveau in der Schale  $S$ . Die Luftsäule im Rohr stellt eine Art elastischen Kolben dar, mit dem die darüberliegende Wassersäule das heruntergeflossene Wasser so lange in  $S$  hochdrückt bis sich das hochgedrückte Wasser und die Wassersäule in  $O$  die Waage halten:  $c - b = a$ .



**Abb. 8:** Mit einem Heber kann man durch Öffnen und Verschließen der oberen Öffnen, das Wasser wahlweise fließen lassen und festhalten.

### Heber

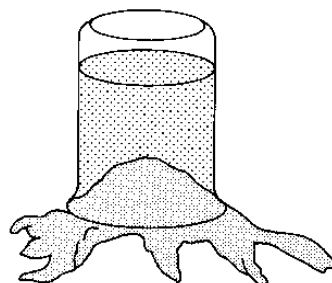
Erinnert sei in diesem Zusammenhang an eine praktische Anwendung des hier dargestellten Effekts, an den z.B. in der Chemie Verwendung findenden Heber. Er besteht aus einem engen Röhrchen, mit dem man kleine Flüssigkeitsmengen auf unkomplizierte Weise transportieren kann. Dazu taucht man das Röhrchen in die Flüssigkeit, verschließt mit dem Daumen die obere

Öffnung und entnimmt auf diese Weise die in das Röhrchen gestiegene Flüssigkeit. Anschließend kann man sie durch Freigeben der oberen Öffnung wieder ausfließen lassen (Abb.8).

### Levitation

Deckt man das Wasserglas nicht mit steifer Pappe ab sondern beispielsweise mit einer flexiblen Haushaltsfolie, so kann man einen weiteren interessanten Effekt beobachten. Wie die Postkarte so wird auch diese Folie durch die äußere Luft an das schwebende Wasser im Glas angedrückt. Dabei kann es aufgrund der Flexibilität der Folie zu Faltenbildungen kommen (Notfalls etwas nachhelfen!). Eine solche Falte bildet einen Rinnsal und vermag das Wasser seitlich abzuleiten. In dem Maße, wie die Wassermenge im Glas abnimmt, wird die Folie - indem sie sich luftdicht an Glaswandung und Wasseroberfläche anschmiegt - in das Glas hineingedrückt und kleidet schließlich die gesamte Innenwandung des Glases aus (Abb.9). In diesem Fall wird durch die äußere Luft nicht nur eine Kraft ausgeübt, sondern Arbeit verrichtet. Die dazu nötige Energie stammt letztlich aus dem Reservoir der potentiellen Energie des Wassers, das sich durch Abfließen des Wassers allmählich erschöpft.

Diese Form von Levitation kann man noch eindrucksvoller gestalten, wenn man zwei eng ineinander

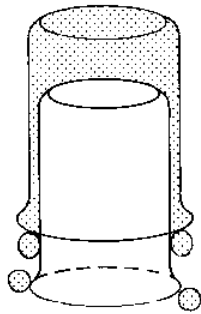


**Abb. 9:** Wenn man ein mit einer Haushaltsfolie abgedichtetes Glas mit Wasser umdreht, wird die Folie bei gleichzeitigem Abtropfen von Wasser in das Glas hineingesogen.

einanderpassende Gefäße, z.B. Bechergläser oder Reagenzgläser unterschiedlichen Querschnitts in der folgenden Weise in Szene setzt. Man füllt das größere der beiden Gläser mit Wasser, läßt das zweite unter Verdrängung eines Teils des Wassers gewissermaßen auf dem ersten schwimmen und dreht das Ganze um. Dann fällt das schwimmende Glas nicht etwa aufgrund der Schwere heraus, sondern wird ganz im Gegenteil mit wachsender Geschwindigkeit in das größere Glas hineingesogen. Dabei wird das Wasser zwischen den Glaswänden herausgedrängt (Abb. 10).

Der Versuch läßt sich auch mit zwei ineinanderpassenden Trinkhalmen ausführen, die man vorher an einer Seite mit Knetgummi verstopft hat

(Abb.11). In diesem Fall nimmt die Geschwin-



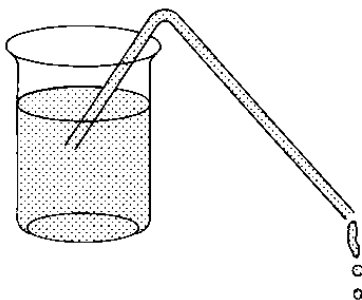
**Abb. 10:** Läßt man ein Glas auf ein etwas größeres mit Wasser gefülltes Glas schwimmen und dreht beide vorsichtig um, so wird es unter Abtropfen von Wasser in das größere hineingesogen.

digkeit der Aufwärtsbewegung des inneren Trinkhalms so stark zu, daß er mit einem deutlich spürbaren Stoß auf den Stöpsel des äußeren Halms aufprallt.

Anschließend kann es vorkommen, daß der innere Behälter bzw. Strohhalm plötzlich herausfällt, als ob er sich nach erfolgter Demonstration seiner eigenen Schwere wieder bewußt wird. Das ist ins-



**Abb. 11:** Mit zwei an einem Ende luftdicht geschlossenen ineinander passenden Trinkhalmen kann man einen entsprechenden Effekt wie bei den beiden Wassergläsern (Abb. 7) erreichen.



**Abb. 12:** Mit einem gekrümmten Heber kann man ein Wasserglas entleeren.

besondere dann der Fall, wenn der Zwischenraum zwischen den Wandungen so groß ist, daß Adhäsionskräfte aufgrund der Benetzung nicht ausreichen, den Schwebezustand aufrechtzuerhalten. Die Luft jedenfalls vermag jetzt nichts mehr, denn der Druckunterschied ist aufgehoben.

sionskräfte aufgrund der Benetzung nicht ausreichen, den Schwebezustand aufrechtzuerhalten. Die Luft jedenfalls vermag jetzt nichts mehr, denn der Druckunterschied ist aufgehoben.

## Flüssigkeit als Seil

Für das Schweben und Aufsteigen von Flüssigkeiten ist es entscheidend, daß ein luftverdünnter Raum entstehen kann. Diese Bedingung ist entweder bereits durch den Boden eines Glases vorgegeben oder wird durch Verstöpseln eines Rohres durch den Daumen bzw. mit Plastillin realisiert.

Zu einer neuen Klasse von erstaunlichen Phänomenen kommt man, wenn man als "Stöpsel" keinen festen Stoff, sondern die Flüssigkeit selbst verwendet. Dann wird, wie in Abb. 12 dargestellt, die Entstehung eines Vakuums aufgrund der ausfließenden Flüssigkeit dadurch verhindert, daß im selben Maße Flüssigkeit aus dem Glas nachströmt. Eine solche Vorrichtung nennt man Siphon. Mit einem Siphon kann ein mit einer Flüssigkeit gefülltes Gefäß entleert werden, ohne daß das Gefäß eine Öffnung im Boden haben müßte oder externe Energiequellen zum Betreiben einer Pumpe angezapft werden müßte.

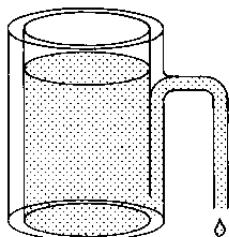
Wie man sich leicht klarmachen kann, funktioniert ein Siphon genau dann, wenn er vollständig mit Flüssigkeit gefüllt ist und sich die Mündung des außerhalb des Glases befindlichen Schenkels unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche des zu entleerenden Gefäßes befindet. Dann ist die in diesem Schenkel befindliche Wassersäule länger und damit schwerer als die Wassersäule im anderen oberhalb der Wasseroberfläche befindlichen Schenkel. Das Wasser strömt daher aus und zieht sozusagen den beweglichen flüssigen Stöpsel hinter sich her mit der Folge, daß so lange Flüssigkeit nachströmt, bis der Flüssigkeitsspiegel im Glas auf die Höhe der äußeren Mündung des Siphons gesunken ist.

*Martin Wagenschein* schlägt in diesem Zusammenhang vor, das "Wunder" des bergauflaufenden Wassers im Siphon "in Verbindung (zu bringen) mit etwas anderem, das uns vertraut ist", nämlich mit dem "Seil, das sich, überhängend, selber von der Tischplatte herunterschafft, auch über eine kleine Erhöhung hinweg" [1]. Indem man die Wassersäule im Röhrchen als Seil betrachtet, erkennt man, daß die Bewegung des Wassers wie die des Seils bestimmt ist durch die Differenz der beschleunigenden Kräfte. Die Frage, warum das "Wasserseil" nicht reißt, wurde bereits geklärt: Das Wasser wird durch den äußeren Luftdruck zusammengehalten. Jede Trennung der Wasserteilchen würde die Entstehung eines Vakuums bedeuten.

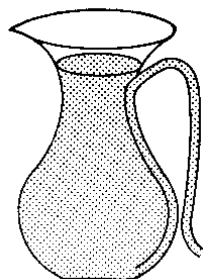
## Tantalusbecher

Die Wirkung eines Siphons wurde bereits von *Heron von Alexandria* beschrieben und ist geradezu zu allerlei Streichen prädestiniert. Am bekanntesten ist wohl der von *Pfaundler* [2] so genannte Tantalusbecher. Wie Abb.13 offenbart, ist der Siphon so z.B. in einem Trinkgefäß untergebracht, daß sich das Gefäß genau in dem Moment vollständig und ohne, daß dieser Vorgang noch zu unterbrechen wäre, entleert, wenn das Gefäß bis über die Krümmung des Siphons hinweg gefüllt ist. Verbirgt man den Mechanismus z.B. in einem entsprechend hergestellten Tongefäß, so hat man als Gastgeber eine eindrucksvolle Gelegenheit, Gäste zu Opfern eines harmlosen physikalischen Prinzips zu machen. Das Gemeine besteht nämlich darin, daß der Becher bis zur Krümmung völlig harmlos bleibt, dann plötzlich aber ohne Vorwarnung in Aktion tritt. Die ausgleichende Gerechtigkeit besteht nach eigener Erfahrung darin, daß die Schweinerei normalerweise beim Gastgeber selbst zurückbleibt.

Eine nicht weniger faszinierende Variante eines solchen Bechers besteht darin, daß man die Krümmung - diesmal z.B. in einer Kanne - so anbringt (Abb. 14), daß der Flüssigkeitsspiegel erst durch eine Neigung etwa beim Einschenken in ein Glas über die Heberkrümmung gelangt. Dann wird die Kanne plötzlich auf ganz andere Weise

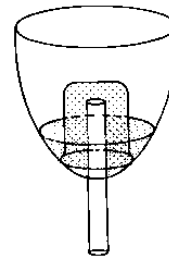


**Abb. 13:** Mit einem in einem Becher gut verborgenen Heber kann man "feuchte" Überraschungen hervorrufen.



**Abb. 14:** Schenkt man ein Getränk aus dieser mit einem Heber präparierten Kanne aus, so verselbstständigt sich das Ausfließen.

entleert als man es wünschte.

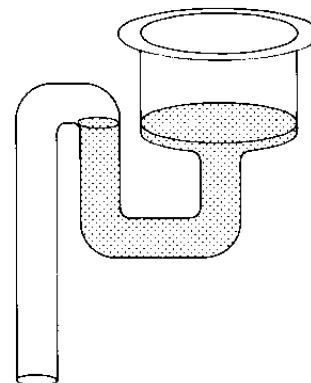


**Abb. 15:** Die Hülle eines "Überraschungseis" kann man zum "Überlaufen" bringen, bevor sie überhaupt gefüllt ist.

## Geruchsverschluss

Die Konstruktion solcher Gefäße vor allem in einer den Mechanismus versteckenden Form stößt sicherlich an die Grenzen des freihand Machbaren. Daher sei noch eine sehr einfache, in wenigen Minuten zu realisierende Konstruktion skizziert. Man nehme eine Filmdose oder den Plastikbehälter eines "Überraschungseis" und klebe einen Trinkhalm u.ä. in der in Abb. 15 gezeigten Weise hinein. (Das Loch läßt sich mit einem erhitzten Dorn sehr leicht mit passendem Querschnitt einbrennen.) Darüber stülpe man einen Fingerhut und fülle das Gefäß vorsichtig mit Wasser. Bis zur Höhe der unter dem Fingerhut verborgenen Trinkhalmöffnung passiert überhaupt nicht. Steigt der Wasserspiegel nur ein wenig darüber hinaus, dann findet eine Entleerung bis zum unteren Rand des Fingerhutes statt.

Dieses Prinzip hat in einer von uns tagtäglich benutzten Vorrichtung einen gewissen wenn auch anrühigen Ruhm erlangt, obwohl es gerade in seiner Eigenschaft, den Gasaustausch und damit die Ausbreitung unangenehmer Gerüche zu verhindern, eingesetzt wird. Wir meinen das Spülklosett. Wie aus Abb. 16 hervorgeht wird beim



**Abb. 16:** Der Geruchsverschluss eines WCs funktioniert ähnlich wie ein Heber.

Spülen der Flüssigkeitsspiegel über die "Heber-

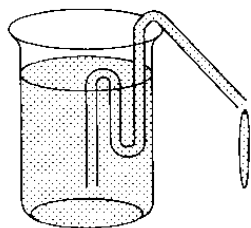
krümmung" hinweg angehoben und setzt eigentlich erst dadurch die Entleerung in Gang. Sie erfolgt so heftig und gründlich, daß nicht nur das Wasser aus der Krümmung hinausgesogen wird. Diesem auch in anderen Bereichen (z.B. Waschbecken) eingesetzten Geruchsverschluß verdankt das WC vermutlich seinen Siegeszug.

## Selbststartender Siphon

Ein Siphon muß gestartet werden, wenn eine Entleerung stattfinden soll. Das ist eine der wesentlichen physikalischen Einsichten im Zusammenhang mit der Wirkungsweise des Siphons. Erstaunlicherweise - weil im Widerspruch zur physikalischen Intuition- gibt es aber auch Siphons, die sich gewissermaßen selbst in Gang zu setzen vermögen. Ein solcher Siphon besteht typischerweise aus einem zweifach gekrümmten Rohr (Abb. 17). Er ist aus Glasrohr über einer Gasflamme leicht herzustellen. Taucht man eine solche Vorrichtung in ein mit Wasser gefülltes Glas, so beginnt sich das Glas zu entleeren.

Im Anschluß an die oben beschriebenen Planschereien bietet es sich geradezu an, einem nichtsahnenden Gast ein solches Röhrchen als originell geformtes Grogstäbchen anzubieten, das auf die in Abb. 17 gezeigte Art ins Glas "einzuhängen" ist. Der vermeintliche Grogstab entwickelt sodann eine Eigendynamik, die sich wiederum in einer feuchten Überraschung äußert.

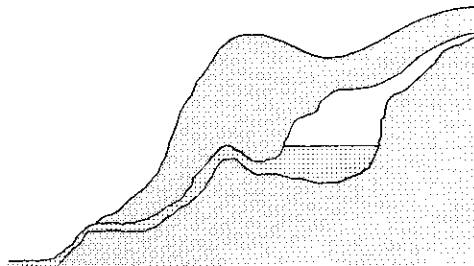
Zu dieser Eigendynamik kommt es durch das Eintauchen des gekrümmten Röhrchens in die Flüssigkeit: Sobald die zweite Krümmung b unter die Wasseroberfläche gerät, wird das Wasser aufgrund des hydrostatischen Drucks durch das Rohr getrieben, um (Stichwort: verbundene Gefäße) das Röhrchen bis zum Punkt a zu füllen. Aus Trägheit schießt die Wassersäule ein wenig über ihr Ziel hinaus mit dem Ergebnis, daß es auch durch die über den Becherrand gehende Krümmung schwappt. Damit ist aber die Startbedin-



**Abb. 17:** Mit zwei Krümmungen läßt sich ein selbststartender Siphon herstellen.

gung eines Siphons erfüllt, und die Entleerung nimmt zwangsläufig ihren Lauf. Der Vorgang kommt erst dann zum Stillstand bis der Wasserspiegel unter die Öffnung c des Siphons gerät.

Das zunächst merkwürdig erscheinende Phänomen einer "von selbst" ansteigenden Flüssigkeitssäule entpuppt sich als "physikalischer" Trick.



**Abb. 18:** Auch die Natur macht sie am Beispiel einer "intermittierenden Quelle" die "Luftkräfte" zunutze.

Ausgenutzt wird das "schwungvolle" Eintauchen des Röhrchens, durch das das trägheitsbedingte Überschwappen initiiert wird. Taucht man das Röhrchen bewußt langsam ein, so kommt es nicht zum Selbststart des Siphons.

## Intermittierende Quellen

Wir wollen unsere Freihandserie mit der Bemerkung abschließen, daß auch die Natur schon lange vor dem Menschen an die Ausnutzung der "Luftkräfte" gedacht hat. Es gibt sog. intermittierende Quellen, die nur in mehr oder weniger regelmäßigem Rhythmus Wasser abgeben. Der Mechanismus zu diesem Vorgang geht aus Abb. 18 hervor. Sobald das sich in einer wasserundurchlässigen Gebirgshöhlung sammelnde Wasser die Höhe der Krümmung k erreicht hat, setzt der Entleerungsvorgang ein, der dann auf der Höhe von u durch nachströmende Luft unterbrochen wird. Wenn der Spiegel erneut die Höhe von k erreicht und die Luftblase verdrängt hat, setzt der Vorgang abermals ein.

Dieser Regelvorgang, wonach ein kleiner kontinuierlicher Wasserstrom einen großen aber intermittierenden Wasserstrom steuert, kann übrigens mit unserer Konstruktion ( Abb. 14) leicht simuliert werden. Dazu braucht man das Gefäß beispielsweise nur unter einen tropfenden Wasserhahn zu stellen.

## Literatur

- [1] Wagenschein, M.: Naturphänomene sehen und verstehen. Stuttgart 1980, S.184
- [2] Pfandler, L.: Physik des täglichen Lebens. Stuttgart 1922, S.152 ff