

Der Trank aus dem Tantalusbecher¹

H. Joachim Schlichting und Christian Ucke

Was uns als Wunder erscheint, ist in Wirklichkeit keines

Simon Stevin

Flüssigkeiten strömen manchmal bergauf und können auf diese Weise unangenehme Überraschungen auf der einen und viel Spaß auf der anderen Seite hervorrufen. Ungewöhnlich ist das Prinzip jedoch nicht. Jeder von uns hat damit tagtäglich zu tun.

Nach Homer soll Tantalus als Strafe für die Herausforderung der Götter immer durstend im Wasser stehen. Als ich (HJS) vor einiger Zeit bei einem Freund durch großen Durst beflügelt, ein Trinkgefäß mit der für mich zunächst nichtssagenden Aufschrift *Tantalusbecher* füllte, wurde mir die Beziehung zwischen diesem äußerlich unscheinbaren aber innerlich trickreichen Gefäß zur Götterwelt der alten Griechen auf eindrucksvolle und für mich peinliche Weise vor Augen geführt. Das gefüllte Gefäß stand nämlich plötzlich in einer Bierlache, deren Wachstum direkt mit dem Sinken des Flüssigkeitsspiegels im Gefäß korrespondierte. Ohne daß ich etwas hätte ändern können, lief das Gefäß bis auf einen kläglichen Rest leer. Peinlich war die Angelegenheit insofern, als mir der Gastgeber demonstrierte, daß man den Becher gefahrlos füllen und daraus trinken konnte, wenn man sich nur etwas gemäßigt verhielt und ihn nicht übermäßig voll füllte.



Abb. 1: Dieses Exemplar eines Tantalusbechers aus Ton ist auf der griechischen Insel Samos erhältlich. Leider erscheint die für ein Trinkgefäß ungewöhnliche Erhebung im Inneren schon auf den ersten Blick verdächtig.



Abb. 2: Besser wäre es, wenn der "Mechanismus" in der Wandung des Gefäßes versteckt ist, wie hier durchsichtig an einem Prototyp demonstriert.

Nicht nur der Name verweist auf die Antike, auch die Erfindung dieses hinterhältigen Gefäßes wird von keinem Geringeren als Heron von Alexandria (60 v. Chr.) beschrieben, der für allerlei weitere Spielereien mit physikalischem Pfiff bekannt ist.

Das der selbsttätigen Entleerung zugrunde liegende Prinzip ist einfach und den meisten Menschen - wenn auch vielleicht unbewußt - bekannt. Wer hätte nicht schon einmal ein Gefäß ohne Abfluß auf die folgende Weise entleert? Ein Schlauch wird in die Flüssigkeit eingetaucht, (z.B. durch Ansaugen) vollständig mit der Flüssigkeit gefüllt und mit dem freien Ende auf ein niedrigeres Niveau als der Flüssigkeitsspiegel gebracht. Ist das Schlauchende sogar tiefer als der Boden des Gefäßes, wird dieses vollständig leerlaufen. Weinbauern in Mittelmeerländern

pflügen auf diese Weise Wein aus den höher liegenden Fässern in die Flaschen der Käufer umzufüllen. Eine dem Schlauch vergleichbar gekrümmte Röhre ist das Geheimnis des Tantalusbecher, der - wie der oben beschriebene Zwischenfall zeigt - ebenfalls zutreffend auch *Mäßigungskanne* genannt wird [1]. Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen einige Möglichkeiten, der Realisierung, wobei es darauf ankommt, den Mechanismus so gut wie möglich zu verstecken.

¹ Erschienen in: Physik in unserer Zeit 29/4 (1998), s. 174 - 176

Aber selbst wenn das Kernstück des Kunststücks, die gekrümmte Röhre (auch Siphon oder Heber genannt) identifiziert ist, weicht damit bei Menschen, die dies zum ersten Mal erleben, die Verwunderung, ja Irritation

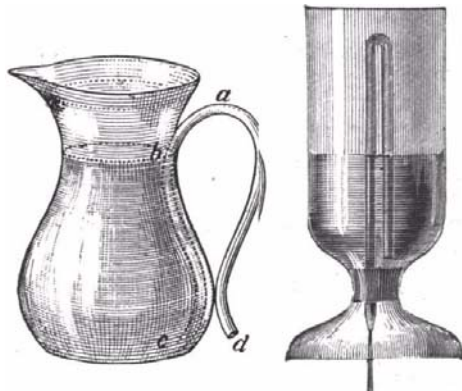


Abb. 3: In einer Kanne und in einem Becher sichtbar eingezeichnete Möglichkeiten eines Hebers.

oft noch lange nicht. Offen bleibt nämlich die Frage, wie es möglich ist, daß die Flüssigkeit bergauf fließt und "von selbst" über den Rand des Gefäßes, also über den Flüssigkeitsspiegel hinaussteigt. Nicht selten geht das Gespenst des *perpetuum mobile* um. Nun, der Verdacht, daß der Energie-satz verletzt sein könnte, kann in diesem Fall ziemlich schnell ausgeräumt werden. Immerhin kann man zeigen, daß der Schwerpunkt und damit die potentielle Energie des Wassers mit der Entleerung sinkt bzw. - wenn man so will - die Entropie der Welt wächst. Blicke der Mechanismus zu klären, der die Flüssigkeit in der Röhre über das Flüssigkeitsniveau des Gefäßes hinaus zu steigen veranlaßt.

Dazu betrachte man die beiden Schenkel des Siphons (Abb. 6). Es gibt einen kurzen, der von der Flüssigkeitsoberfläche zur höchsten Stelle, und einen langen, der von dort bis zur freien Öffnung reicht. Die in den Schenkeln befindlichen Wassersäulen unterliegen beide der Schwerkraft und zwar in

der Weise, daß sie gegeneinander wirken. Die eine Säule zieht an der anderen. Klar, die längere siegt, indem sie die kürzere mit sich zieht, wenn sie aus dem offenen Ende des Rohres ausströmt. Dabei bleibt nicht etwa an der Stelle der abfließenden kürzeren Säule ein Vakuum zurück. Das Wasser aus dem Gefäß fließt so lange nach, wie die Wassersäule im offenen Schenkel eine größere Länge besitzt, und das ist so lange der Fall, wie das Wasserniveau im Gefäß höher steht als die eingetauchte Öffnung des Hebers.

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" [2]. 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.

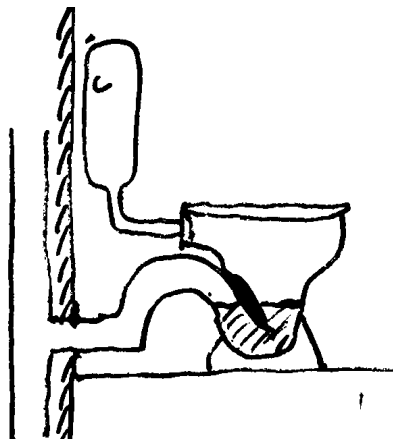


Abb. 4: In dieser Querschnittszeichnung eines WC erkennt man unschwer den als Geruchsverschluß wirkenden Siphon.

Eine nicht weniger faszinierende Variante eines Tantalusbechers besteht darin, daß man die Krümmung - diesmal z.B. in einer Kanne - so anbringt, 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 entleert als man es wünscht und ohne daß man es unterbrechen kann, auch wenn man die Kanne auf den Tisch zurückstellt.

Ein Siphon ist jedoch alltäglicher als unsere kleine Spielerei zum Ausdruck bringt. Im Waschbecken und Spülklosett hat es weltweiten, wenn auch etwas anrühigen Ruhm erlangt, auch wenn seine Funktion gerade darin besteht, unangenehme Gerüche durch eine Art Gleichrichtung zu exportieren. Wie aus Abb. 4 hervorgeht wird bei Betätigung der

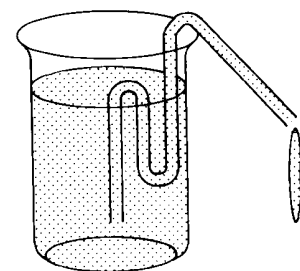


Abb. 5: Konstruktion eines Siphons, der beim Eintauchen in die Flüssigkeit von selbst startet.

Spülvorrichtung der Flüssigkeitsspiegel über die 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.

Selbststartender Siphon

Aus Rache werde ich meinen Freund zum Grogtrinken einladen. Dazu werde ich ihm ein sehr originell geformtes Grogstäbchen anbieten, das wie in Abb. 5 in das gefüllte Glas getaucht wird. Damit dürfte dann aber bereits das Verhängnis seinen Lauf nehmen. Denn das Stäbchen ist ein Röhrchen, und das Röhrchen beginnt das Glas zu entleeren, sobald es sich in der Flüssigkeit befindet. In diesem Fall wird auch derjenige überrascht sein, der die Wirkungsweise eines Siphons kennt und entdeckt, daß in dem doppelt gekrümmten Röhrchen ein Siphon enthalten ist. Das besondere besteht darin, daß diese Art von Heber nicht eigens gefüllt werden muß. Er füllt sich von selbst. Wie kommt es zu dieser Eigendynamik? Sobald beim Eintauchen die zweite Krümmung unter die Wasseroberfläche gerät, wird das Wasser aufgrund des hydrostatischen Drucks durch das Rohr getrieben, um das Röhrchen bis zur Eintauchtiefe zu füllen (Stichwort: verbundene Gefäße). 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 Startbedingung eines Siphons erfüllt, und die Entleerung nimmt zwangsläufig ihren Lauf. Der Vorgang kommt auch in diesem Fall erst dann zum Stillstand bis der Wasserspiegel unter die untere Öffnung des Hebers gerät.

Das zunächst merkwürdig erscheinende Phänomen einer "von selbst" ansteigenden Flüssigkeitssäule entpuppt sich als "physikalischer" Trick. 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 immer zum Selbststart des Siphons.

Zum Ausströmverhalten.

Wie man Abb. 6 entnimmt, wird der Flüssigkeitsstrom bestimmt durch die Wassersäule unterhalb des Flüssigkeitsniveaus ρgh_3 . Denn der Einfluß der Säule ρgh_2 wird gerade kompensiert durch die Säule ρgh_1 oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche. Daher ist der Wasserstrom bzw. die Geschwindigkeit, mit der das Wasser aus der unteren Öffnung ausströmt weitgehend unabhängig von der Höhe des Krümmers oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche. Es gibt jedoch eine maximale Höhe des Krümmers, oberhalb derer der Flüssigkeitsfaden abreißen, d.h. durch eine "Blase" von Flüssigkeitsdampf unterbrochen würde. Diese Grenzhöhe hängt vom Luftdruck ab und beträgt normalerweise etwa 10 m. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß die Reibung in den Röhren um so stärker ins Gewicht fällt, je länger und je enger die Röhre ist.

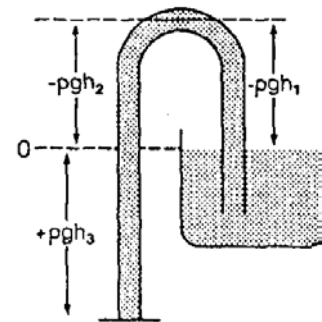


Abb. 6: Wie ein von der Tischkante rutschendes Seil sinkt der Flüssigkeitsfaden

Literatur

- [1] Pfaundler, L.: Physik des täglichen Lebens. Stuttgart 1922, S.152 ff
- [2] Wagenschein, M.: Naturphänomene sehen und verstehen. Stuttgart 1980, S.184
- [3] Schlichting, H. Joachim: Praxis der Naturwissenschaften - Physik 41/2, 27-32 (1992)
- [4] Bürger, W.: Bild der Wissenschaften 46, 1989, Seite 115-118.

□