

Lieber Herr Rauber,

mit großem Vergnügen las ich in der Implosion die Ausführungen von Herrn Albisser [1], der im Prinzip genau den Effekt beschreibt, über den ich Ihnen unten berichten möchte. Ich hatte die Anordnung zu einem ganz anderen Zweck im letzten Sommer aufgebaut und staunte über den Effekt. Ursprünglich hatte ich daraufhin vor, den Aufbau transportfähig zu machen, z. B. eine flache Wanne als „Teich“ zu benutzen, um ihn auf unserem Treffen in Großbothen vorzuführen. Dazu kam ich aber wegen der Organisation des Treffens nicht mehr. Dann erschien der Erfahrungsbericht von Herrn Albisser. Er hat präzise beobachtet, was passiert: „...daß im fließenden Medium...sich beim Eintreten von Luft in den Sog so etwas wie ein Wirbelsturm oder eine Wasserhose bildet...“ Die Beschleunigung der Flüssigkeit spürte er als „Schlag“. Man kann ihm nur gratulieren zu einer so guten Beobachtungsgabe!

Da nun die gleichen Beobachtungen recht einfach im Labor gemacht werden können, habe ich den Aufbau und die Vorgänge aufgeschrieben und hoffe, vielen eine Anregung zum Experimentieren zu geben. Man kann wohl sagen, es ist eine recht einfache Möglichkeit, Interessierten die Vorgänge im berühmten Wendelrohr modellmäßig anzudeuten.

Wenn Sie diese Zeilen interessant finden, können Sie sie gern veröffentlichen.

Mit herzlichen Grüßen
gez. Norbert Harthun

Beschleunigungseffekte und Oszillationen

bei schraubenförmiger Wasserströmung aus einem Rohr

Der folgende Versuch wurde im August 2000 unternommen. Das Ziel war eigentlich, einen kleinen Gartenteich zu belüften. Dazu wurde die einfache Anordnung nach Bild 1 aufgebaut: Ein vorhandener Glastrichter mit tangentialem Einlaufstutzen wurde an einem Laborstativ befestigt und sein Auslauf mit einem durchsichtigen Plastikschlauch verlängert (Maße siehe Anhang). Wichtig ist vielleicht in diesem Zusammenhang, daß der Schlauch in den Trichter gesteckt werden mußte, da sein Innendurchmesser nicht groß genug war, um außen auf den Trichterhals zu passen. Dadurch verringert sich an dieser Stelle der Durchmesser sprungartig (der Skizze nicht zu entnehmen). Möglicherweise ist das wichtig.

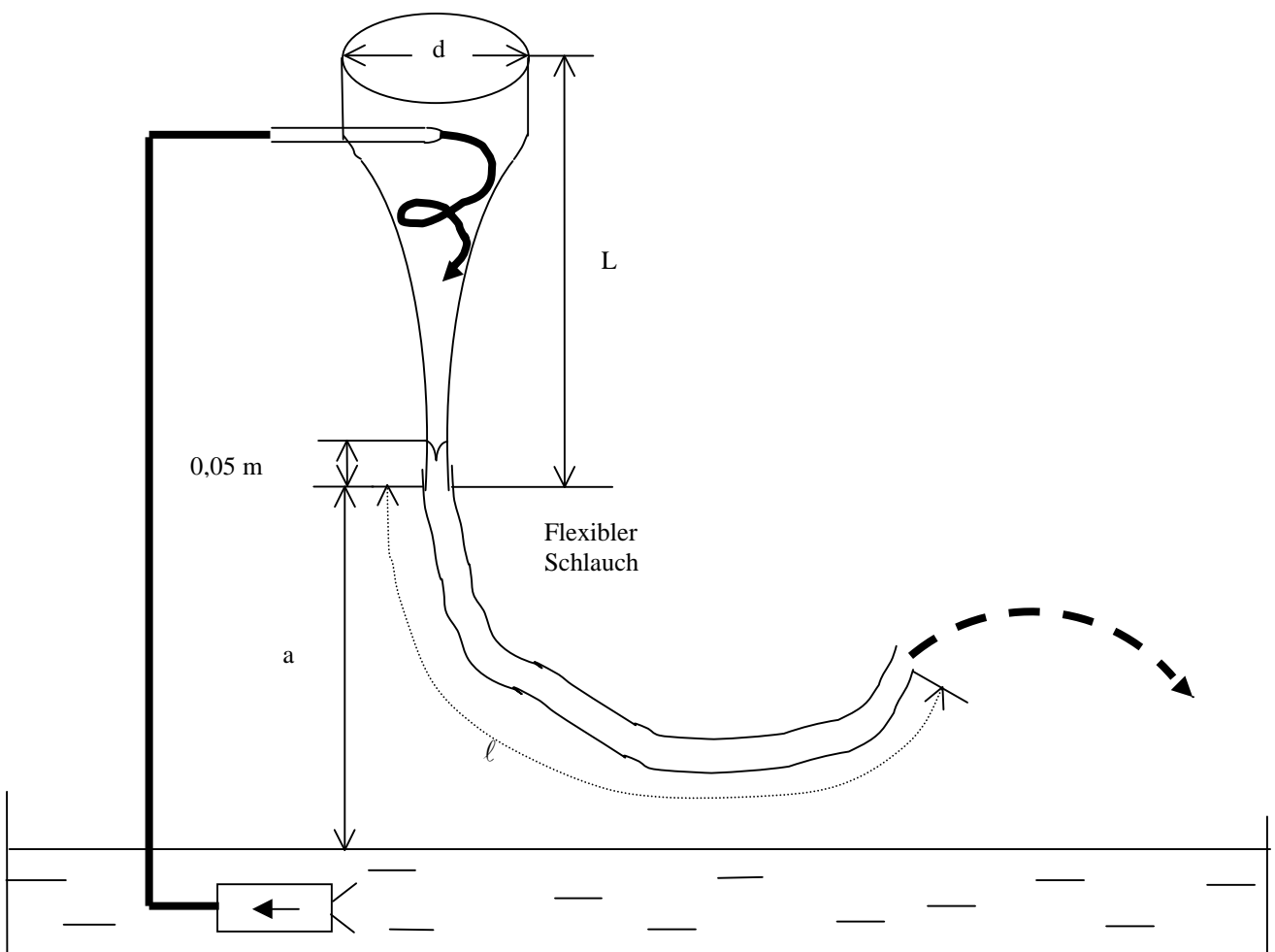


Bild 1: Skizze des „Wasser-Oszillators“ (nicht maßstäblich)

Man könnte dies bei einem Nachbau leicht durch teilweises Abquetschen des Schlauches simulieren. Bei Inbetriebnahme und den Einstellarbeiten (Tauchpumpe anschließen, Schlauch anschließen, verschieden hoch über Wasser halten usw.) ergab sich ein unerwarteter Effekt: Bei einer bestimmten Anordnung fing der herausströmende Wasserstrahl an zu pulsieren. Das heißt, er floß nicht mehr gleichmäßig aus der Schlauchöffnung sondern impulsartig, während oben der Zulauf völlig gleichmäßig erfolgte.

Im Einzelnen passiert folgendes: Die kleine Tauchpumpe transportiert das Teichwasser nach oben, wo es in den offenen Trichter tangential einfließt und schraubig an der Wand entlang, ohne Druck, steil nach unten fließt. Da der Durchmesser stets geringer wird, kann das Wasser nicht so schnell abfließen, wie es zufließt und der Wasserspiegel steigt bis etwa nur fünf Zentimeter über die Ansatzstelle des Ablaufschlauches. Dabei bildet sich durch die Rotation die bekannte trichterförmige Absenkung in der Mitte. Sie senkt sich trombenförmig immer tiefer und der luftgefüllte Kern „greift“ durch den am Ende aufwärts gebogenen, durchsichtigen Ablaufschlauch durch bis zu seiner Mündung. In diesem Augenblick wird ein Teil des ausfließenden Wassers beschleunigt und die Schlauchmündung „speiht“ diesen Teil schlagartig wesentlich weiter als vorher (etwa dreifache Strecke). Dann füllt sich langsam wieder der Ablaufschlauch, bis der Wasserspiegel wieder die alte Höhe erreicht hat. Während dessen plätschert das Wasser wieder weniger weit in das Reservoir und der Vorgang des sich nach unten ausdehnenden und „durchgreifenden“ Lufttrichters wiederholt sich (etwa nach einer bis drei Sekunden). Maßgebend ist für das Funktionieren neben der Zuflußmenge des Wassers die Länge des Ablaufschlauches und die Höhe seiner Mündung. Die Zuflußmenge läßt sich „brutal“ durch teilweises Abquetschen des Zulaufschlauches einstellen: Es muß verhindert werden, daß der Trichter oben überläuft. Die richtige Höhe der Mündung des Ablaufschlauches ist für das Schwingen der Flüssigkeit recht schnell gefunden, also unkritisch. Die Drehrichtung spielt keine Rolle.

Aus dem bogenförmig nach oben gerichteten Ablaufschlauch fließt das Wasser vor dem Einsetzen der Beschleunigung gleichmäßig heraus und die Hauptmenge taucht nach einer kurzen Luftreise („Wurfpapier“) nach einer mehr oder weniger genau bestimmbar, sehr kurzen Strecke s (ungefähr 10 cm) wieder in den Teich ein.

Zu dem Glas-Trichter noch einige Bemerkungen: Er stammt aus „alten Zeiten“ und war ursprünglich angefertigt worden, um die Strömungsvorgänge im „Schauberger-Rohr“ (Hyperbolischer Trichter) vorzuführen. Der Glasbläser bekam aber nur einen geraden Kegel hin – also Fall erledigt. Hier wurde letzterer aus seinem Dornröschenschlaf geweckt. Der beschriebene Vorgang der „durchgreifenden Luft-Trombe“ ist sicher auch mit einem viel einfacheren Einlaufgefäß (z.B. Konservendose und kegelförmiger Übergang auf einen Schlauchanschluss im Zentrum des Bodens zu erzielen.

Abschließend könnte man diese Anordnung mit ihrem Verhalten als erstes physikalisches „Elementar-Modell“ zum (Kudu-)Wendelrohr betrachten. Dabei sei auf die Lehrbuch-Aussage [2] hingewiesen, dass Schraubenwirbel eine Geschwindigkeit parallel zur Schraubenachse induzieren. Genau das hat Viktor Schauburger auch für seine spezielle Strömung beschrieben [3]! Schaut man sich die Lehrbuch-Aussage genau an, so handelt es sich nur um eine Beschreibung, nicht um eine wirkliche Erklärung. Es wird lediglich gesagt, daß die Geschwindigkeit zunimmt, aber nicht warum und durch welche Effekte. Das heißt, dort ist in Wirklichkeit noch nichts richtig geklärt!

Die beobachteten Vorgänge sollen etwas diskutiert werden: In der Zeit zwischen den Pulsen schafft das Wasser nur eine Strecke (s) von etwa zehn Zentimetern vom Schlauchende aus. Ein Teil des Wassers schafft beim „Pulsschlag“ rund die dreifache Strecke. Das andere Wasser fällt dann überall auf der Zwischenstrecke in den Teich. In Hinsicht auf die mechanische Gesamtenergie des ausfließenden Wassers könnte man argumentieren, daß sie gleich groß wäre wie im Falle vor dem Impuls; denn ein Teil des Wassers schafft zwar eine größere Strecke, aber die anderen „Wasserteile“ fallen schon viel eher als vorher abwärts. Das könnten nur sehr gute Messungen genauer klären. Was aber ganz deutlich ins Auge fällt, ist die Tatsache, dass eine Verteilung der Wassermenge auftritt, über einen größeren Bereich als vorher! Vermutlich wird das Wasser, welches dem Luftkern am nächsten ist, ihn einhüllt, am stärksten beschleunigt und fliegt die größte Strecke. Denn nach dem Drehimpulserhaltungssatz (siehe Pirouette der Eiskunstläuferin) hat das innere Wasser die höchste Drehgeschwindigkeit, würde also nach [2] am stärksten beschleunigt.

Für einen gleichmäßigen Ausfluß ohne Drehung aus einem Gefäß ist die Formel für die „Sprungweite (s)“ im Anhang hergeleitet. Dort sind irgendwelche Verluste nicht berücksichtigt, das heißt, der Ausdruck gibt die überhaupt maximal mögliche Sprungweite (s) an. Im hier vorliegenden Fall liegen ganz andere Verhältnisse vor: Das Wasser fließt oben schon mit einer Anfangsgeschwindigkeit in den Trichter hinein, „klebt“ in einer Raumschnecke abwärts strömend an der Wand und baut erst in Höhe des Schlauchansatzes einen steigenden Wasserspiegel bis ca. 0,45 m über dem Reservoir-Pegel auf. Nach Erreichen dieses Pegels mit großem Lufttrichter darin – es ist also recht wenig Wasser beteiligt – greift die „Luft-Trombe“ bis zur Mündung durch und der Impuls beginnt. Mit der einfachen Formel (5), die für den quasistatischen Fall gilt, kann eigentlich nichts Vernünftiges erwartet werden. Trotzdem, man möchte wenigstens ungefähr wissen, ob man im „grünen Bereich“ liegt: Der Wasserspiegel liegt 0,45 m über dem Reservoir und die Mündung 0,15 m; also sind die Werte für $H = 0,45 \text{ m} - 0,15 \text{ m} = \underline{0,3 \text{ m}}$ und $h = \underline{0,15 \text{ m}}$. Setzt man diese Werte in Gleichung (5) ein, so ergibt sich für die Sprungweite 0,42 m. Also liegt man nicht ganz daneben; denn es gab auch viele Tropfen, die weiter als 30 Zentimeter flogen...

Literatur:

- [1] Hansruedi Albisser: Mein ganz persönliches Erfolgserlebnis; Implosion Nr. 134; S. 58 - 61
- [2] H. J. Lugt: Wirbelströmung in Natur und Technik; G. Braun, Karlsruhe 1969
- [3] Norbert Harthun: Viktor Schaubergers Zykloide Raumkurvenbewegung entschlüsselt; raum & zeit 1999; Heft 97; S. 81-85

Anhang:

1. Maßangaben

Pumpe	Eheim 1048 (10 l/min)
Einlauftrichter	(d) Durchmesser oben 0,1 m (L) Länge vom Einlaufstutzen bis zum Ablaufschlauch 0,45 m (a) Trichter-Ende über Reservoir-Pegel 0,40 m
Ablaufschlauch	(ℓ) Länge 0,80 m (Reibung/Friction) (ϕ) Durchmesser innen/außen 14/18 mm (h) Fallhöhe (Mündungshöhe) über Reservoir-Pegel 0,15 m
Frequenz	$f = 0,3 \dots 1$ Hz

2. Zusammenhang zwischen Fallhöhe und Sprungweite eines Wasserstrahles

Die erreichbare Sprungweite für das ausfließende Wasser (Verluste vernachlässigt):

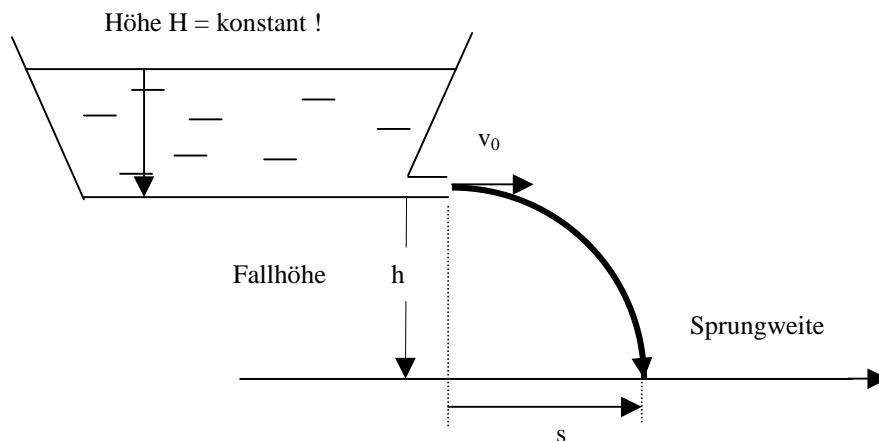


Bild 2 „Quasistatischer Fall“ zur Berechnung der „Sprungweite (s)“ eines ausfließenden Wasserstrahls

$s = v_0 \cdot t$; $v_0 =$ Anfangsgeschwindigkeit; $t =$ benötigte Zeit

daraus folgt: $t = \frac{s}{v_0}$ (1)

außerdem gilt für die Fallhöhe h ($g =$ Erdbeschleunigung):

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (2)$$

(1) in (2) eingesetzt:

$$h = \frac{1}{2} g \frac{s^2}{v_0^2} \quad (3)$$

Setzt man kinetische gleich potenzieller Energie, so folgt mit dem Wasserpegel H :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = m \cdot g \cdot H$$

$$v_0^2 = 2gH \quad (4)$$

Gleichung (3) wird in (4) eingesetzt:

$$h = \frac{1}{2} g \frac{s^2}{2gH} = \frac{1}{4} \frac{s^2}{H}$$

Damit hat man eine Gleichung, die aus gut zu messenden Größen besteht:

$$s = 2\sqrt{h \cdot H} \quad (5)$$