

Panflöte im Wasserglas:

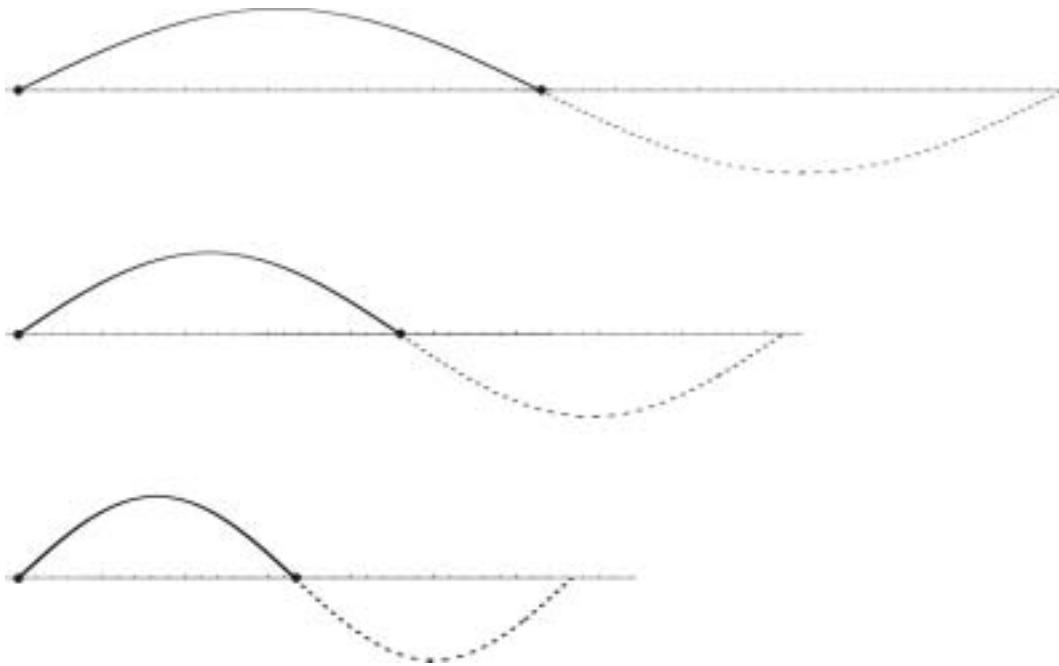
„Man rolle z. B. die Postkarte entlang der langen Kante zu einer dünnen Röhre und halte diese in ein Wasserglas. Bläst man über den Röhrenrand hinweg und verändert dabei die Eintauchtiefe, so lässt sich eine einfache Melodie spielen. Warum funktioniert das?“

Erklärung:

Um diesen Effekt erklären zu können, muss man sich zunächst einmal klar machen, was eigentlich Töne sind bzw. wodurch wir sie wahrnehmen. Wir hören Töne, wenn das Trommelfell unseres Gehörs schwingt. Schwingungen, d. h. periodische (in gleichen Zeitabständen wiederkehrende) Bewegungen sind aus dem täglichen Leben wohlbekannt. Eine Schaukel schwingt ebenso hin und her wie das Pendel einer Uhr oder eine Gitarrensaite. Die Schwingungen des Trommelfells werden über elektrische Signale ans Gehirn weitergegeben und von uns als Töne wahrgenommen. Dabei gilt, dass der wahrgenommene Ton umso höher ist, je schneller das Trommelfell schwingt.

Nun kann man sich fragen, wie das Trommelfell überhaupt zu Schwingungen angeregt wird. Betrachten wir dazu einen schwingenden Gegenstand, z. B. das Fell einer Schlagzeugtrommel oder die Saite eines Musikinstruments (wie z. B. Klavier, Gitarre, Geige, Cello, Bass...), der in Kontakt mit der Luft ist. Durch seine Bewegung wird die Luft immer wieder etwas zusammengedrückt und dann wieder auseinander gezogen. Man spricht von Druck- und Dichteschwankungen der Luft. Diese Schwankungen breiten sich nun aber aus. Eine Luftschicht drückt auf die nächste Luftschicht, diese drückt wiederum auf die nächste Luftschicht usw. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Dichteschwankungen in Luft beträgt übrigens bei Normaldruck etwa 340 m/s und wird Schallgeschwindigkeit genannt. So gelangen diese Luftschwankungen letztlich an unser Trommelfell. Dort „rütteln und schütteln“ sie an ihm und regen es dabei zu Schwingungen an. Dass die Luft Druckschwankungen übertragen kann, kennt übrigens jeder, der schon einmal vor einem großen Lautsprecher gestanden hat und dessen Bassdruck verspürt hat.

In einer Panflöte oder auch in einer Orgel wird die Luft durch das Anblasen zu Schwingungen angeregt, was wir wiederum als Töne wahrnehmen. Bleibt nur noch zu erklären, warum sich die Tonhöhe mit dem Wasserstand ändert. Dazu betrachten wir das Beispiel einer Gitarrensaite (oder auch eines Gummis, der an beiden Enden befestigt ist). Zupft man an der Saite, so schwingt diese hin und her. Beim genauen Hinsehen erkennt man mit dem bloßen Auge Folgendes: An den Enden ist die Auslenkung der Saite gleich null. Dort scheint sie gar nicht zu schwingen. Das kann sie ja auch nicht, denn sie ist schließlich an ihren Enden befestigt. In der Mitte, zwischen den Enden, ist die Auslenkung der Saite am größten, d. h. dort schwingt sie am stärksten. Eine Momentaufnahme der Saitenschwingung sieht dann in etwa so aus, wie es unten in der Abbildung dargestellt ist. Die Saite ist durch eine durchgezogene Linie dargestellt. Die Befestigung der Saite ist durch schwarze Punkte gekennzeichnet. In der Abbildung ist die Schwingung rechts noch so weit fortgesetzt (gestrichelte Linie), dass das rechte Ende unmittelbar wieder an den Anfang anschließen kann. Man könnte also durch Aneinandersetzen dieser „Schwingungsstücke“ (durchgezogene + gestrichelte Linie) die Schwingungen immer weiter fortsetzen. Die Länge eines solchen Schwingungsstückes bezeichnet man als Wellenlänge. Verkürzt man nun die Saite, so wird die Wellenlänge der zugehörigen Schwingung kleiner. Das ist in den drei untereinander angeordneten Bildern der Abbildung dargestellt.



Die Besonderheit ist nun, dass die Frequenz der Schwingungen (d. h. die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, das ist ein Maß dafür, wie schnell etwas schwingt) mit dieser Wellenlänge fest verknüpft ist. Dabei gilt, dass das Produkt aus Wellenlänge mal Frequenz konstant ist, solange die Spannung der Saite nicht verändert wird. Was bedeutet das nun für die Tonhöhe? Verkürzt man die Saite, so verringert sich die Wellenlänge der zugehörigen Schwingung. Dadurch wird die Frequenz größer (die Saite schwingt schneller) und es entsteht ein höherer Ton. Übrigens entspricht eine Halbierung der Saitenlänge einer Verdopplung der Frequenz. Dabei erhöht sich der Ton um genau eine Oktave.

In der Panflöte geschieht im Prinzip das Gleiche. Nur mit dem kleinen Unterschied, dass eben nicht eine Saite schwingt, sondern die Luft. Taucht man das Röhrchen tiefer ein, so füllt es sich mehr mit Wasser und es bleibt weniger Luft zum Schwingen. Das entspricht einer Verkürzung der Saite, also einem höheren Ton. Zieht man das Röhrchen weiter aus dem Wasser heraus, so bleibt mehr Luft zum Schwingen und es entsteht ein tieferer Ton.

Im Prinzip kann man ein ganz ähnliches Experiment mit Flaschen durchführen. Bläst man über die Flaschenöffnung, so entsteht ein Ton. Die Tonhöhe kann dabei leicht verändert werden, indem mehr oder weniger Flüssigkeit in die Flasche gefüllt wird.