

# Wasserschaukel und ART

Martin Lieberherr, MNG Rämibühl, martin.lieberherr@mng.ch

## 1 Einleitung

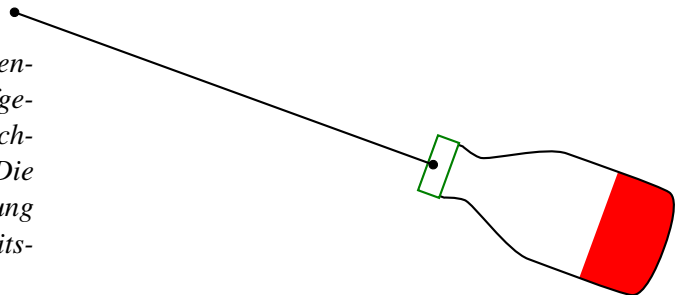
Allgemeine Relativitätstheorie (ART) ist gerade “hip”, denn pünktlich zum hundertsten Geburtstag wurden gleich zwei Vorhersagen bestätigt: Gravitationswellen und Schwarze Löcher. Höchste Zeit also, ein paar Elemente der ART in den allgemeinbildenden Unterricht zu integrieren. Das Äquivalenzprinzip der ART lässt sich leicht experimentell prüfen: In einem Heimversuch während des Corona-Fernunterrichts mussten die Schülerinnen und Schüler ihr Mobiltelefon frei fallen lassen (aus 30 cm Höhe auf ein Kissen) und währenddessen mit der Gratis-App phyphox<sup>1</sup> die Schwerebeschleunigung messen. Das Messresultat entsprach den Erwartungen, die Qualität der Interpretationen leider auch.

Oft braucht es nur einen Perspektivenwechsel, um das Äquivalenzprinzip in Alltag, Natur und Technik zu sehen. Jede Wäscheschleuder verwendet es, “um erhöhte Schwerkraft zu simulieren”. Die Wäsche kann, zumindest an einem Punkt, nicht erkennen, ob sie an einem Ort erhöhter Schwerkraft oder in einem beschleunigten Bezugssystem liegt. Im Grundlagenfach leite ich mit dem Äquivalenzprinzip die gravitative Rotverschiebung für schwache Felder und kleine Höhenunterschiede her:  $f_2/f_1 = 1 \pm gh/c^2 + ..$

## 2 Experiment

Die Demonstration zum Äquivalenzprinzip in Abbildung 1 ist einfach zu realisieren und einer Schulklasse vorzuführen.

*Abbildung 1: Eine halbvolle PET-Flasche mit Orangensaft – Etikette entfernt – wird an einer Schnur aufgehängt. Dazu habe ich den Deckel mit einer Ahle durchgestochen, eine Schur durchgefädelt und verknotet. Die Flasche wird wie ein Pendel in eine freie Schwingung versetzt. Nach kurzer Zeit stellt sich der Flüssigkeitsspiegel ruhig senkrecht zur Schnur.*



Im freien Fall ist man schwerelos. Die Flüssigkeit befindet sich tangential zur Kreisbahn im freien Fall; diese Komponente der Schwerkraft verschwindet für sie. Die radiale Komponente bleibt übrig. Die Flüssigkeit erfährt in ihrem mitbeschleunigten Bezugssystem eine Schwerkraft zum Flaschenboden hin und eine kompensierende Normalkraft nach oben, welche beide zeitlich variieren.

Eine aufwendigere Variante stellt die Flasche auf ein Skateboard und lässt dieses eine geneigte Ebene hinabrollen. Ich ziehe aber die “Wasserschaukel”-Variante vor, denn man hat viel länger Zeit, das Verhalten des Flüssigkeitsspiegels zu beobachten.

<sup>1</sup> <https://phyphox.org/> (19. Februar 2021)