

Corioliskraft



Abb. 1: Ausfließendes Wasser auf einer Drehscheibe

Geräteliste:

Kamera auf Stativ, große Drehscheibe, Metallschiene, Auffangbehälter, farbige Stahlkugel, Wasserwanne mit kleiner Pumpe

Versuchsbeschreibungen:

Für die Veranschaulichung der Corioliskraft gibt es verschiedene Möglichkeiten.

a) Die Kamera wird auf die Drehscheibe gestellt, das Videokabel muss dabei oberhalb abgefangen werden. Über eine Metallschiene wird eine gut sichtbare Kugel so rollen gelassen, dass sie geradlinig über die Scheibe in den Auffangbehälter rollt. Wenn sich die Scheibe dreht, rollt die Kugel nach wie vor geradlinig in den Auffangbehälter, auf der Leinwand ist allerdings aus der Perspektive der mitbewegten Kamera eine stark gebogene Bahn zu sehen.



Abb. 2: Aufbau zur Erläuterung von Scheinkräften

b) Eine weitere Variante ist die Wasserwanne auf die große Drehscheibe zu stellen und auch hier die Beobachtung von Außen mit der der mitbewegten Kamera zu vergleichen. Für eine solche Präsentation empfiehlt es sich evtl. das Auditorium nach vorne zu bitten, um auf den Unterschied in der Ablenkung des Wasserstrahls hinzuweisen. Steht die Wanne mit nach außen gerichtetem Strahl, wird dieser gegen die Drehrichtung abgelenkt. Wird der Strahl in Richtung Drehachse gerichtet, erfolgt eine Ablenkung in Richtung der Drehung, da die Tropfen des Strahls die äußere Bahngeschwindigkeit behalten, bewegen sie sich auf weiter innen liegenden Kreisringen schneller als die Drehscheibe.

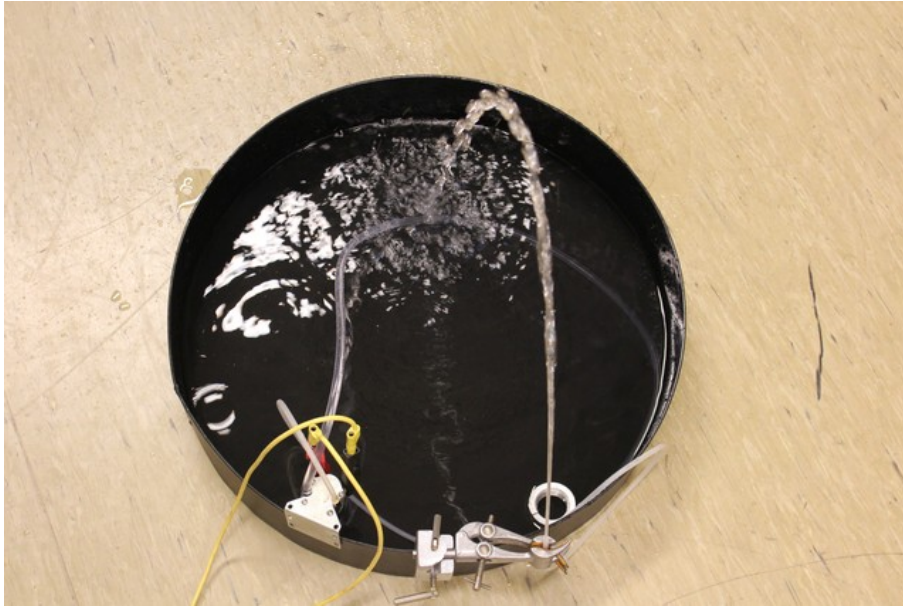


Abb. 5: Wasserwanne mit ablenkbarem Strahl

Bemerkungen:

Für vielerlei Phänomene insbesondere in der großskaligen Umweltphysik (Dynamik von Ozeanen und Luftmassen) spielt die Corioliskraft eine nicht unwesentliche Rolle. Zur Erklärung wird meistens das Konzept der „Scheinkräfte“ eingeführt.

Wenn ich als Beobachter auf der Erde verstehen möchte, warum sich z.B. die Luftmassen zu Zyklonen formen, dann kann ich dies nur beschreiben wenn eine weitere Kraft wirkt, die ich zwar messen, aber deren Ursache ich von der Erde aus (in meinem Inertialsystem) nicht erklären kann.

Stelle ich mich allerdings außerhalb der Erde auf und beobachte das gleiche Phänomen, sehe ich, dass die Erde sich dreht und mein Modell kommt ohne „Scheinkräfte“ aus.

Für eine Bewegung auf der Drehscheibe gilt das Gleiche, die mitbewegte Kamera sieht wie eine Kugel auf einer gebogenen Bahn rollt, und aus dieser Position heraus ist die gebogene Bahn ohne eine Kraft die seitlich auf die Bahn wirkt auch nicht zu erklären. Von außen allerdings erscheint die Bahn auf der Scheibe einfach: Die Kugel bewegt sich geradlinig und die Scheibe dreht sich darunter weg.

Mathematisch lässt sich die Corioliskraft darstellen durch

$$\vec{F}_C = -2 m \vec{\omega} \times \vec{v}$$

wobei m die Masse, \vec{v} der Geschwindigkeitsvektor des bewegten Körpers und $\vec{\omega}$ die Winkelgeschwindigkeit der Erde bedeuten. Aus dem Kreuzprodukt lässt sich lesen, dass die Beiträge an den Polen nur horizontal und am Äquator nur radial wirken. Eine gut nachvollziehbare Art sich die Richtung der Kraft zu überlegen ist, mit dem Daumen, dem Zeigefinger und dem Mittelfinger der rechten Hand ein Dreibein zu bilden. Dann wird der erste Vektor $\vec{\omega}$ mit dem Daumen und der zweite Vektor

hier \vec{v} mit dem Zeigefinger identifiziert, der Ergebnisvektor \vec{F} zeigt dann in Richtung des Mittelfingers bzw. für diese Gleichung aufgrund des negativen Vorzeichens in die entgegengesetzte Richtung. Auf der Nordhalbkugel wirkt daher für alle bewegten Körper eine Corioliskraft die zu einer Rechtsablenkung führt.

Eine Herleitung der Coriolisbeschleunigung führt auf den Ausdruck

$$a_c = 2 \cdot v \cdot \omega \cdot \sin \varphi$$

wobei der Winkel φ die geographische Breite bezeichnet. Für das Pendel mit der Fadenlänge von $6,4m$ kann eine Ablenkung der Schwingungsebene in der Größenordnung von $\approx 1mm$ für die Periodendauer (hier ca. $5s$) auf dem Kreisbogen

Beispiel anhand des Ausflusses aus einem sich drehenden Eimers:

Fallhöhe: $0,3m$

Spritzweite: $0,2m$

Berechnen der waagerechten Geschwindigkeitskomponente:

Zum Durchfallen von $0,2m$ wird wegen $x = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ also die Zeit $t = \sqrt{\frac{x}{2 \cdot g}}$

benötigt. Mit $t = 100,96ms$ resultiert für die Ausflussgeschwindigkeit $v \approx 2 \frac{m}{s}$.

Bei einer Umdrehung von $1s^{-1}$ also einem $\omega = 6,28$ folgt eine

Coriolisbeschleunigung von $2 \cdot v \cdot \omega = 25,133 \frac{m}{s^2}$ also mehr als die doppelte

Erdbeschleunigung. Diese Abweichung ist sehr gut sicht- und reproduzierbar. Schon bei einer halben Drehung pro Sekunde ist der Strahl stärker durch die Coriolisbeschleunigung als durch die Erdbeschleunigung gebogen.

Die Corioliskraft wurde nach dem französischen Mathematiker und Physiker Gaspard Gustave de Coriolis (1792 – 1843) benannt.