

### 3.1.3 Parabolische Oberflächen von rotierenden Flüssigkeiten

\*\*\*\*\*

#### 1 Motivation

Die Rotation einer Flüssigkeit in einem Behälter ergibt unter dem Einfluss von Schwer- und Zentrifugalkraft eine parabolische Oberfläche.

#### 2 Theorie

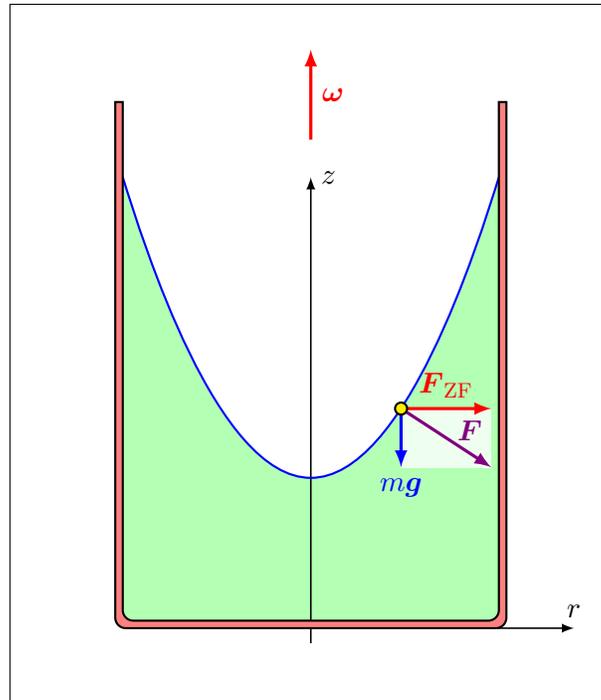


Abbildung 1: Rotation einer Flüssigkeit in einem Behälter: Auf ein Flüssigkeitströpfchen der Masse  $m$  wirkende Kraft.

Für ein Flüssigkeitsteilchen der Masse  $m$  muss die Resultante aller wirkenden Kräfte senkrecht zur Oberfläche stehen, da eine tangential wirkende Kraft das Tröpfchen verschieben würde. Das mit der Kreisfrequenz  $\omega$  rotierende System ist kein Inertialsystem. Deshalb wirkt zusätzlich zur Gewichtskraft  $\mathbf{F}_G = m\mathbf{g}$  die Zentrifugalkraft  $\mathbf{F}_{ZF} = m\omega^2 r \cdot \hat{\mathbf{r}}$ , wobei  $\hat{\mathbf{r}} = \mathbf{r}/r$  der Einheitsvektor in Radialrichtung ist:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{g} + m\omega^2 r \cdot \hat{\mathbf{r}} \quad (1)$$

Die Steigung der Tangente im Punkt  $(r, z)$  (Zylinderkoordinaten!) ist gegeben durch

$$\frac{dz}{dr} = \frac{m\omega^2 r}{mg} = \frac{\omega^2}{g} \cdot r \quad (2)$$

Die Integration dieser Differentialgleichung ergibt eine Parabel:

$$z(r) = z_0 + \frac{\omega^2}{2g} \cdot r^2 \quad (3)$$

### 3 Experiment



Abbildung 2: Versuchsaufbau zur Erzeugung einer parabolischen Wasseroberfläche

Der Versuchsaufbau ist in Abb. 2 wiedergegeben. In einer um eine senkrechte Achse drehbaren quaderförmigen Küvette befindet sich mit Lebensmittelfarbe gefärbtes Wasser. Die Parabelform der Oberfläche und ihre Änderung mit der Kreisfrequenz  $\omega$  kann man mit einem stroboskopischen Trick sehr deutlich demonstrieren: Die schwarz gefärbten Lamellen sorgen dafür, dass das Projektionsbild jeweils nur dann erscheint, wenn die Breitseite der Küvette senkrecht zur Projektionsrichtung steht. Die Drehzahl  $\nu = \omega/(2\pi)$  kann im Bereich 1,6 Hz ... 10 Hz gewählt werden.

Abb. 3 zeigt schematisch die Flüssigkeit in der rotierenden Küvette; in Abb. 3 ist die Küvette in Ruhe und in Rotation zu sehen.

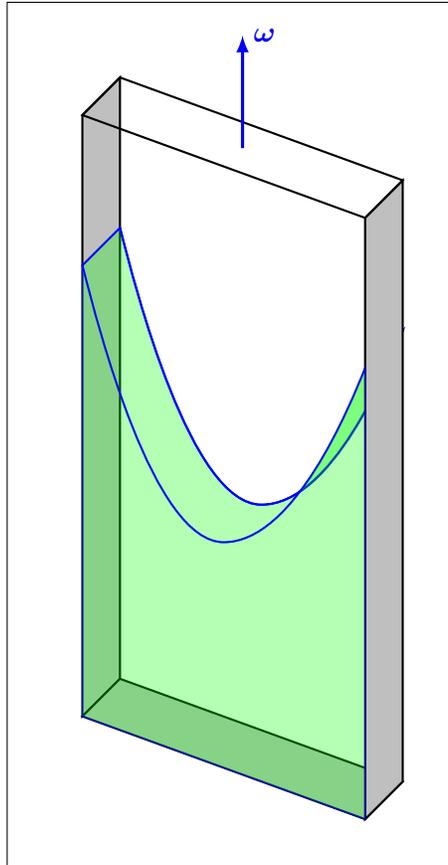


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Flüssigkeit in der rotierenden Küvette

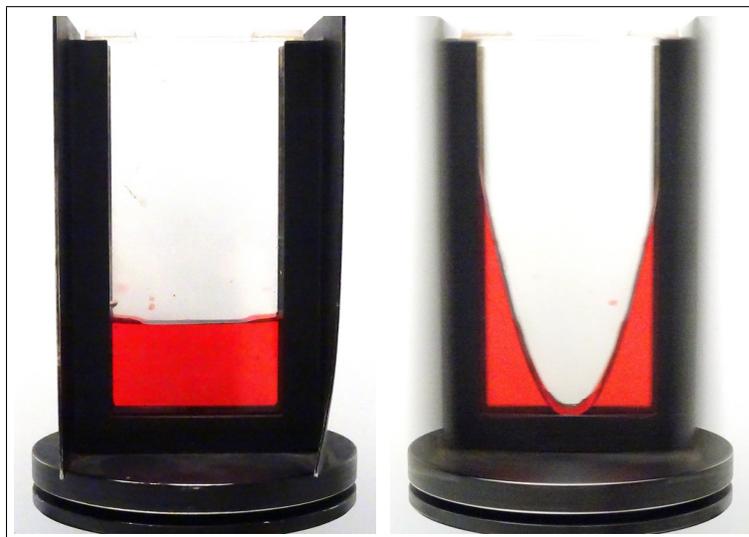


Abbildung 4: Ruhende und rotierende Küvette