

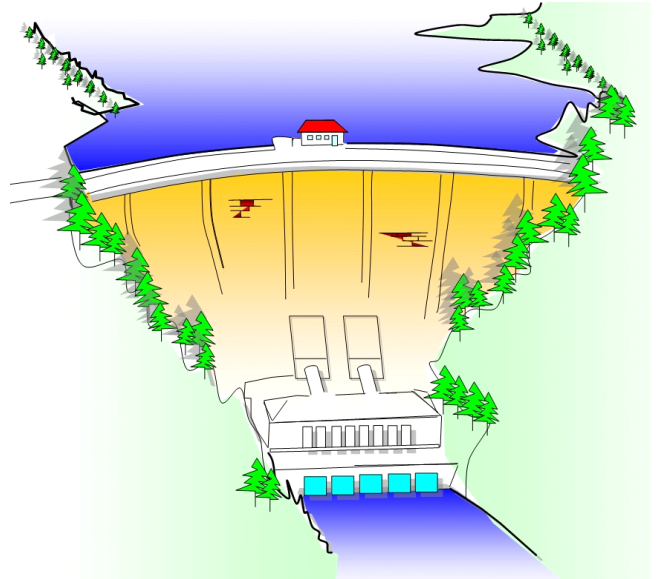
# Habt ihr schon gewusst 256 ... Wasserkraftwerk

Die Idee zum „deduktiven Teil der Teamarbeit“ basiert u.a. zwei Artikel aus der Zeitschrift Praxis der Naturwissenschaften.

Diese **Teamarbeit** gehört in die Klasse 10 (G8) vor der Kursstufe – oder in die Kursstufe ... mit Blick auf einen nachhaltigen Ph-Unterricht.

Vor dieser Teamarbeit müssen folgende Lernvoraussetzungen erfüllt sein:

- Energiedefinition als  $E=F \cdot \Delta s$
- Definition der Energiestromstärke als  $P=\Delta E/\Delta t$
- Kinetische Energie  $E= \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- Grundlegende Zusammenhänge beim Druck ... z.B.  $p=E/V$  und an der Grenzfläche des betrachteten Volumen  $p=F/A$
- Impulsdefinition  $p = m \cdot v$
- Impulsstromstärke oder Kraft ...  $I_p= \Delta p/\Delta t$  oder  $\Delta m/\Delta t \cdot v$
- Volumenstromstärke  $I_v= \Delta V/\Delta t$
- Massenstromstärke  $I_m=\Delta m/\Delta t$



## Arbeitsauftrag

- Bauen Sie mit Ihrem Team ein Modellkraftwerk auf. Sie haben für dieses Experiment folgendes Experimentiermaterial:
  - o Wasserflasche ohne Boden mit Gummistopfen und einem Glasrohr als Übergang zu einem passenden Schlauch
  - o Einen langen Schlauch
  - o Eine Turbinen-Generatoranordnung der Firma Conatex
  - o Einen kleinen Elektromotor
  - o Stativmaterial
  - o Laborkabel
- Diskutieren Sie in Ihrem Team die Frage: Welcher funktionale Zusammenhang besteht zwischen (a) der „Fallhöhe“ und dem Druck am Ausgang des „Fallrohres“ und (b) der „Fallhöhe“ und der „Leerlaufspannung“ am Ausgang des Generators?
- Überprüfen Sie Ihre Vorhersagen in einem Experiment. Sie bekommen dazu folgendes weiteres Experimentiermaterial:
  - o Xplorer-GLX
  - o Drucksensor mit passendem Anschlusschlauchstück und y-Glasrohr
  - o Spannungssensor
  - o Drehbewegungssensor mit Schnur und Gegengewicht – Alternative: Ultraschallsensor
- Es besteht die Behauptung, dass man die Energiestromstärke  $P$  bei einem Wasserkraftwerk auf folgende Weise bestimmen kann:
  - (a) Massenstrombehauptung:  $P = (\Phi_2 - \Phi_1) \cdot I_m$  ... hierbei ist  $\Phi$  das so genannte Gravitationspotenzial  $\Phi = E_G/m$  oder  $\Phi = g \cdot h$
  - (b) Volumenstrombehauptung:  $P = (p_2 - p_1) \cdot I_V$  ... hierbei ist  $p_2$  der Druck am Eingang und  $p_1$  der Druck am Ausgang der Turbine
  - (c) Impulsstrombehauptung:  $P = (v_2 - v_1) \cdot I_p$  ... hierbei ist  $v_2$  die Geschwindigkeit des Wasserstrahls und  $v_1$  die Geschwindigkeit der Turbinenschaufel, die den Impuls des Wassers übernimmt.

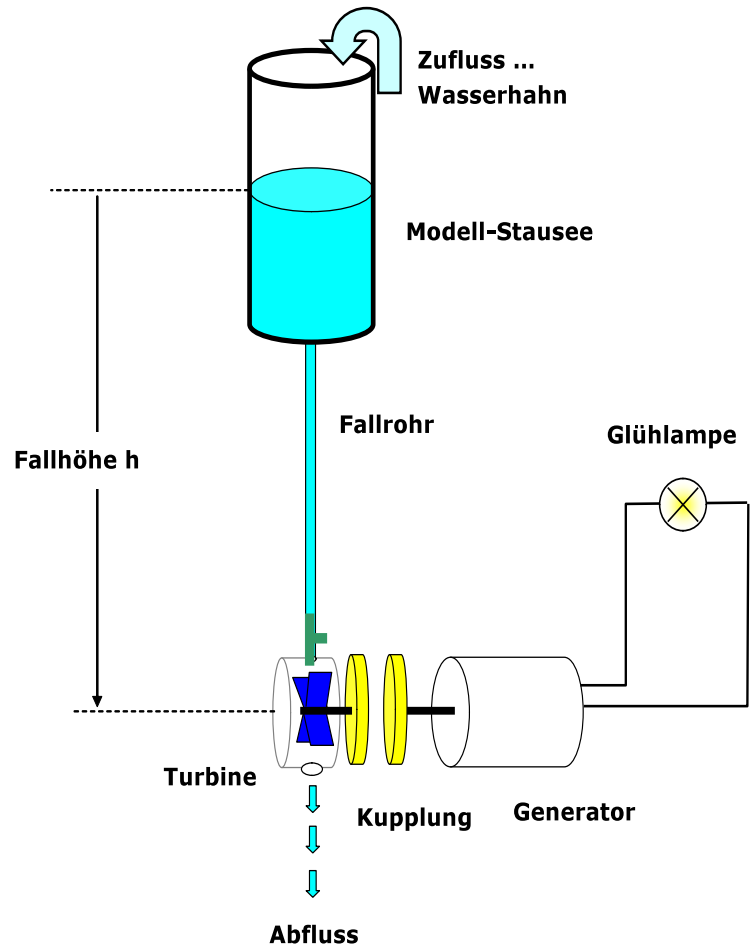
Zeigen Sie, dass diese drei Behauptungen zwangsläufig zum gleichen Ergebnis kommen. Beschreiben Sie bei jeder der obigen Behauptungen die Systemgrenze und die hierbei jeweils konstanten physikalischen Größen.

## Hinweise zum experimentellen Aufbau

Wenn man dafür sorgt, dass ein Wasser-schlauch an einen Wasserhahn angeschlossen immer soviel Wasser nachliefert, dass der Modellstausee nicht ausläuft ergeben sich konstante „Randbedingungen“.

Die Fallhöhe kann man mit einem Drehbewegungssensor, einer Schnur und einem Gegen-gewicht als Messgröße so bestimmen, dass man diesen  $h$ -Wert in DataStudio direkt auf-nehmen und in einem Diagramm das  $p$ - $h$ -Diagramm oder das  $h$ - $U$ -Diagramm direkt aus-geben kann.

In beiden Fällen ergibt sich eine Gerade – wie man aus der vorangegangenen Teamdiskussion vielleicht auch vermutet hat.



siehe auch → PdN-PhiS. 6/55. Jg. 2006 ... Modellwasserkraftwerk

siehe auch → PdN-PhiS 1/56. Jg. 2007 ... Diskurs über die Energieträgerproblematik

## Hinweise zur Deduktion

Aus → PdN-Phi-S 1/58 – Jg 2009 ...

*Um die beiden Behauptungen (b) und (a) miteinander zu vergleichen, braucht man die Beziehung  $p = \rho \cdot g \cdot h$  und  $I_m = \rho \cdot l \cdot v$ .*

*Um die Behauptung (c) mit (b) zu vergleichen braucht man  $I_p = \rho \cdot v^2 \cdot A$ . Hierbei ist  $A$  die Querschnittsfläche des Wasserstrahls. Man muss außerdem wissen, dass die Geschwindigkeit  $v_1$  der Turbinenschaufel gleich  $v_2/2$  sein muss. Dann wird nämlich das Wasser so „reflektiert“, dass seine Geschwindigkeit im Bezugssystem der Erde gleich null ist und die Turbine mit dem maximalen Wirkungsgrad läuft.*

Die Systemgrenzen sind bei (a) – das ganze Kraftwerk – Oberfläche des Stausees bis zum Niveau der Turbine am Ende des Fallrohrs ... bei (b) umfasst das System die Turbine ... bei (c) betrachtet man als System nur die Turbinenschaufel.

Bei (a) ist  $p$ ,  $v$  in etwa konstant .. bei (b)  $\Phi$ ,  $v$  in etwa konstant ... bei (c) ist  $\Phi$ ,  $p$  in etwa konstant