



Wilfried Sommer

# Phasenübergang Wasser/Wasserdampf

Anleitung zum Dampfheber · Physik 9. Klasse – Band 2

## Phase Transition Water/Steam

Instructions for the Steam Jack · Physics 9th Grade – Volume 2



edition waldorf

GESTALTEN + ENTDECKEN **Physik**



Pädagogische  
Forschungsstelle  
Kassel

# Inhalt

1 Hinweise zum Rahmen des Heftes

## **Teil I Anleitung zum Dampfheber**

2 Der Dampfheber im Demonstrationsversuch

2.1 Aufbau

2.2 Durchführung und Beobachtung

2.3 Auswertung

3 Didaktische Hinweise

3.1 Lernschwierigkeiten und ihre Rolle im Themenfeld Dampfdruckkurve

3.2 Bezug zur Phasengliederung des Epochenunterrichtes

3.3 Hinweise zur Dampfmaschine Newcomens

## **Teil II Phasenübergang Wasser/Wasserdampf**

4 Themenfeld Wärmelehre im Physikunterricht der 9. Klasse

4.1 Erste Versuchsreihe: Volumen- und Druckänderungen beim Verdampfen und Kondensieren

4.2 Zweite Versuchsreihe: Druckabhängigkeit der Siedetemperatur von Wasser

4.3 Dritte Versuchsreihe: Latente Wärme

4.4 Weitere Versuchsreihen

## **Anhang**

5 Diskurslinien zum Lehrplan

5.1 Positionen Steiners und Manfred von Mackensens

5.2 Zusammenfassende Betrachtung  
6 Vorlage Gefährdungsbeurteilung  
Literaturverzeichnis  
Bildnachweis  
Autor

## **Contents**

- 1 Notes on the scope of this booklet
- Part I Instructions for the steam jack
  - 2 The steam jack in the demonstration experiment
    - 2.1 Setup
    - 2.2 Implementation and observation
    - 2.3 Evaluation
  - 3 Didactic remarks
    - 3.1 Learning difficulties and their role in the topic »vapor pressure curve«
    - 3.2 Reference to the phase structure of the main lesson lessons
    - 3.3 Notes on the Newcomen steam engine
- Part II Phase transition water/steam
  - 4 Handling the theory of heat in physics classes in 9th grade
    - 4.1 First series of experiments: Changes in volume and pressure during evaporation and condensation
    - 4.2 Second series of experiments: Pressure dependence of the boiling temperature of water
    - 4.3 Third series of experiments: Latent heat

## 4.4 Further series of experiments

### Appendix

#### 5 Lines of discourse for the curriculum

##### 5.1 The positions of Steiner and Manfred von Mackensen

##### 5.2 Summary

#### 6 Risk assessment template

#### Bibliography

#### Image credits

#### Author

# 1 Hinweise zum Rahmen des Heftes

Das vorliegende Heft wird zusammen mit dem *Dampfheber* der Lehrmittelabteilung des Bildungswerkes Beruf und Umwelt ausgeliefert, kann aber auch separat bezogen werden. Es dient einerseits als Versuchsanleitung. Andererseits ist es Band 2 einer Reihe zum Physikunterricht der 9. Klasse. Entsprechend enthält **Teil I** des Heftes neben Versuchsanleitung zum Dampfheber zugleich didaktische Hinweise und zeigt Möglichkeiten auf, wie der Versuch in die Physikepoche der 9. Klasse Freier Waldorfschulen integriert werden kann. **Teil II** stellt einen Unterrichtsgang vor, der die Erscheinungen am Phasenübergang Wasser/Wasserdampf schrittweise behandelt, und an dessen Ende der Dampfheber-Versuch die Behandlung der Dampfmaschine Newcomens vorbereitet.

Die Entwicklung des Versuchs wurde von der Pädagogischen Forschungsstelle beim Bund der Freien Waldorfschulen am Standort Kassel getragen. Viele didaktische Hinweise beziehen sich auf den phänomenologischen Unterrichtsansatz der Waldorfpädagogik. Er wird, wie auch die Phasengliederung des Epochenunterrichtes in der Waldorfpädagogik, als bekannt vorausgesetzt.

Erläuterungen zu der allgemeindidaktischen Dimension dieses Ansatzes finden sich im *Handbuch Waldorfpädagogik und Erziehungswissenschaft - Standortbestimmung und Entwicklungsperspektiven* (Sommer 2016), seine physikdidaktische Spezifizierung im *Handbuch Oberstufenunterricht an Waldorfschulen* (Sommer 2018 a).

Lieferumfang:

- Dampfheber,
- Dampfschlauch zur Verbindung von Dampfheber und Dampfkessel,
- Wasserschlauch zur Verbindung von Dampfheber und Kaltwasser-Auslaufhahn.

Zusätzlich erforderlich:

- *Dampfkessel* – Hinweise zum Erwerb eines auf den Dampfheber abgestimmten Dampfkessels finden sich im Lehrmittelverzeichnis der Lehrmittelabteilung des Bildungswerkes Beruf und Umwelt.
- *Vierfuß für Dampfkessel* – erhältlich bei der Lehrmittelabteilung des Bildungswerkes Beruf und Umwelt.
- *2 Teclubrenner und Befestigungsset* – erhältlich bei der Lehrmittelabteilung des Bildungswerkes Beruf und Umwelt.
- 2 Sicherheitsgasschläuche mit Muffen der Firma PHYWE (*Sicherheitsgasschlauch mit Muffen, l = 150 cm, Art.-Nr. 46921-15, [www.phywe.de](http://www.phywe.de)*).
- *Chemieplatte* – erhältlich bei der Lehrmittelabteilung des Bildungswerkes Beruf und Umwelt.
- 2-mal *U-Kern mit Joch* der Firma LEYBOLD (Katalog-Nummer 562 115, [www.leybold-shop.de](http://www.leybold-shop.de)).
- Wanne für aus dem Ablasshahn des Dampfhebers abgelassenes Kondenswasser.

## **Hinweise zur Aufbewahrung**

Alle blanken Teile des Zylinders und Kolbens müssen mit Öl überzogen aufbewahrt werden: Nach dem Versuch trennt man Zylinder und Kolben und lässt sie gut trocknen. Während man unter Verwendung eines gängigen Maschinen- oder Feinmechaniköls die Kolbenstange und den Kolben (mit Ausnahme der Dichtlippen) mit einem Lappen einölt, lässt man beim Zylinder an dessen oberem Rand ringsherum aus der Ablassdüse etwas Öl laufen, setzt anschließend mit zunächst leicht schräg gehaltenem Kolben die Dichtlippen sorgfältig ein und bewegt dann bei geöffnetem Ablasshahn und verschraubtem Zylinderkopf den Kolben mehrmals nach unten und oben.

### Gefahrenhinweise



Quetsch- und Verletzungsgefahr



Kippgefahr



Verbrennungsgefahr

# 1 Notes on the scope of this booklet

This booklet is delivered together with the steam jack of the teaching material department of the educational center »Bildungswerk Beruf und Umwelt« in Kassel, but can also be ordered separately. It serves as an experimental guide. On the other hand, it is Volume 2 of a series on Physics Grade 9 lessons. Correspondingly, Part I of the booklet, in addition to experimental instructions on the steam jack, also provides didactic tips and points out ways in which the experiment can be integrated into the physics main lessons of the 9th grade of Waldorf schools. Part II introduces a lesson that treats the phenomena occurring at the water / steam phase transition in a step-by-step manner. At the end of this, the steam jack experiment prepares for the treatment of the Newcomen steam engine.

The development of the experiment was supported by the Pedagogical Research Center at the Federation of Steiner Waldorf Schools in Kassel. Many didactic references refer to the phenomenological teaching approach of Waldorf education. The reader is assumed to be familiar with this as well as the three-phase structure of main lesson teaching in Waldorf education.

Explanations on the general didactic dimension of this approach can be found in the paper *The general didactics of Waldorf education and Klafki's approaches in educational theory - Connections and divisions* (Sommer 2014), its physics didactic specification in *Teaching Physics Phenomenologically* (Sommer 2019).

Included in the shipment:

- steam jack,
- steam hose for connecting steam jack and steam boiler,
- water hose for connecting steam jack and cold water faucet.

Additionally required:

- *Steam boiler* – Information on how to buy a steam boiler adapted to the steam jack can be found in the textbooks of the teaching material department of the educational center »Bildungswerk Beruf und Umwelt«.
- *Four-legged stand for steam boilers* – available from »Bildungswerk Beruf und Umwelt« as above.
- *2 Teclu burners and mounting set* – available from the teaching material department of the educational center »Bildungswerk Beruf und Umwelt«.
- 2 safety gas hoses with sleeves made by PHYWE (*Security tubing, butt-ended, 150 cm*, Item no. 46921-15, [www.phywe.com/en](http://www.phywe.com/en)).
- *Protective steel plate* – also available from »Bildungswerk Beruf und Umwelt«.
- 2 articles *U-core with yoke, iron* from the company LEYBOLD (article number 562 115, [www.leybold-shop.com](http://www.leybold-shop.com)).
- Tray for condensed water drained from the steam jack's drain cock.

## **Instructions for storage**

All bare parts of the cylinder and piston must be kept covered with oil: After the experiment, separate the cylinder and the piston and let them dry well. To lubricate the piston rod and the piston (with the exception of the sealing lips): use ordinary machine or precision mechanics oil applied to a rag. A little oil is allowed to run around the cylinder at its upper edge around the drain nozzle, then with the piston held in a slightly tilted position, carefully insert the sealing lips and finally, with the drain cock open and the cylinder head screwed on, move the piston up and down several times.

### **Hazard warnings**



Danger of crushing



Danger of tipping over



Danger of burning

# **Teil I Anleitung zum Dampfheber**

## **2 Der Dampfheber im Demonstrationsversuch**

Der hier vorgestellte Demonstrationsversuch bereitet die Behandlung der Dampfmaschine Newcomens im Unterricht vor und setzt voraus, dass zuvor die Druckabhängigkeit der Siedetemperatur von Wasser im Unterricht behandelt wurde.

Das nachfolgende Kapitel fasst den Aufbau, eine mögliche Durchführung, die zugehörigen Beobachtungen und Aspekte für die Auswertung des Versuches zusammen. Es schließen sich didaktische Hinweise in einem Folgekapitel an. Anschließend wird im zweiten Teil des Heftes ein Unterrichtsgang vorgeschlagen, der die Druckabhängigkeit der Siedetemperatur thematisiert und eine Behandlung des Dampfhebers samt der Dampfmaschine Newcomens vorbereitet.

# **Part I Instructions für the steam jack**

## **2 The steam jack in the demonstration experiment**

The experiment presented here prepares the treatment of the steam engine of Newcomen in the classroom and assumes that previously the pressure dependence of the boiling point of water was treated in the classroom.

The following chapter includes the experimental setup, a possible implementation, the associated observations and selected aspects for the evaluation of the experiment. This is followed by didactic references to a follow-up chapter. Subsequently, an instructional course is proposed in the second part of the booklet, which thematizes the pressure dependence of the boiling temperature and prepares a treatment of the steam jack including Newcomen's steam engine.

## **2.1 Aufbau**

Im Zentrum des Versuchsaufbaus steht die Verbindung von Dampfheber und Dampfkessel über den Dampfschlauch (Abbildung 1). Dies sollte für alle Schüler\*innen gut sichtbar sein. Im Laufe des Versuches muss der Dampfheber über einen Wasserschlauch an den Kaltwasser-Auslaufhahn angeschlossen werden können. Unter dem Dampfkessel gewährleisten zwei Teclubrenner mit rauschender Flamme einen hinreichend intensiven Heizvorgang.



Abb. 1 Aufbau des Versuchs mit Dampfheber, Wanne unter dem Ablasshahn des Dampfhebers, Dampfschlauch, Dampfkessel, Vierfuß und Teclubrennern.

Fig. 1 Construction of the experiment with steam jack, pan under the steam jack's drain cock, steam hose, steam boiler, four-foot and Teclu burners.

## Wasserschlauch





Man positioniert den Dampfheber so, dass der an den Kaltwasser-Auslaufhahn angeschlossene Wasserschlauch bis zum Anschlussstutzen des Dampfhebers reicht. Beim Ein- und Ausklappen der Dampfheber-Füße achtet man auf die Quetschgefahr und stellt sicher, dass der Dampfheber nicht kippen kann. Nun überprüft man kurz, indem man die Abdeckungsmutter vom Stutzen entfernt, ob sich die Überwurfmutter am Ende des Wasserschlauches problemlos auf das Gewinde des Anschlussstutzens schrauben lässt.

Dann trennt man Wasserschlauch und Dampfheber wieder und verschließt den Anschlussstutzen mit der Abdeckmutter. Die Abdeckmutter dreht man per Hand gut, aber nicht allzu fest, so dass man sie im weiteren Verlauf des Versuches, wenn der Zylinder heiß ist, ohne allzu großen Kraftaufwand erneut aufdrehen kann. Durch die Dichtung im Innern der Abdeckmutter ist der Dampfheber hinreichend dicht verschlossen.

Indem man anschließend durch den Schlauch kurz Wasser laufen lässt und der Schlauch dann am Kaltwasser-Auslaufhahn angeschlossen bleibt, wird gewährleistet, dass später, wenn im Fortgang des Versuches Wasser in den Dampfheber eingespritzt werden soll, der Schlauch bereits mit Kühlwasser gefüllt ist.

## **Dampfheber**

Vom Zylinder des kippstabil stehenden Dampfhebers wird der Zylinderkopf abgeschraubt und bei geöffnetem Auslasshahn der Kolben aus dem Zylinder gezogen. So kann man den Schüler\*innen nicht nur den Kolben und den Innenraum des Zylinders zeigen, sondern zugleich überprüfen, ob beide Komponenten geölt sind. Ggf. holt man

das Einölen nach, wie es in den Hinweisen zur Aufbewahrung im vorangehenden Kapitel beschrieben ist.

Unter den Auslasshahn positioniert man eine Wanne, in welche im Fortgang des Versuches öliges Wasser laufen wird. Schließlich entfernt man die Abdeckmutter vom Anschlussstutzen für den Dampfschlauch und verbindet mit dem Dampfschlauch Dampfheber und Dampfkessel. Die Position des Dampfkessels wird dafür so gewählt, dass der Dampfschlauch weder stark verdrillt noch stark verformt ist.

## **Dampfkessel**



Auf die Chemieplatte wird der Dampfkessel samt des zugehörigen Vierfußes so gestellt, dass der Dampfschlauch, welcher den Dampfauslasshahn im Deckel des Dampfkessels mit dem Dampfheber verbindet, nur unter geringer Spannung steht. Dadurch gewährleistet man insbesondere die Kippstabilität des Dampfkessels.

Anschließend platziert man auf die Chemieplatte die beiden U-Kerne und achtet darauf, dass die Teclubrenner mit den eingeschraubten Rundmagneten des Befestigungssets stabil und im richtigen Abstand zum Kesselboden auf den U-Kernen stehen (Abbildung 2). Über Sicherheitsgasschläuche mit Muffen werden die Brenner mit dem Gasanschluss des Unterrichtsraumes verbunden, nachdem man sich vergewissert hat, dass die Ventile der Brenner geschlossen sind.