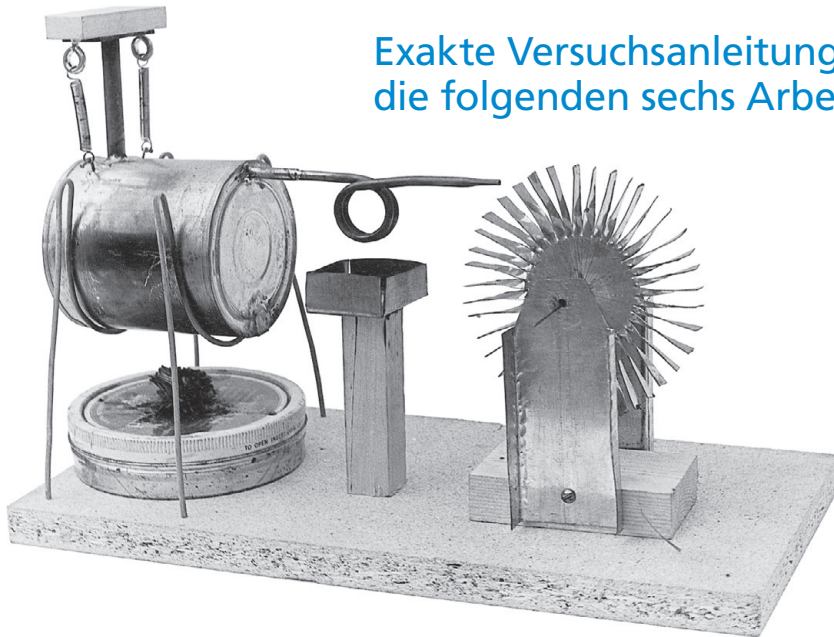


Modell einer Dampfturbine

Exakte Versuchsanleitungen zum Modellbau geben die folgenden sechs Arbeitsblätter.



Materialliste zum Bau einer Dampfturbine

Werkzeuge und Hilfsmittel, die zum Bau einer Dampfturbine von einer max. 21-köpfigen Schülergruppe (7 Gruppen à 3 Schüler) benötigt werden:

Werkzeug-übersicht

Mind. Anz.	Werkzeug (Hilfsmittel)
7	Maßstab
7	Schlosserhammer 200–300 g
7	Feinsäge
7	Schneidlade
7	Feile
7	Kombizange (Flachzange, Spitzzange)
7	Bleischere
7	Papierschere
3–4	Brettamboss
7	Stahlwinkel (oder Lineal)
je 7	Schraubendreher
7	Vorstecher (Reißnadel)
2–3	Stechzirkel
7	Körner
7	Metallsäge
2–3	Schraubstock
3–4	LötKolben, ca. 80 W
3–4	Handbohrmaschine (oder elektr. Ständerbohrmaschine mit Maschinenschraubstock)
je 3–4	diverse Spiralbohrer
je 3–4	Federwaage, versch. Maßbereiche
1	Gaslötbrenner und Unterlage (oder Bunsenbrenner)

Materialkosten: Pro Modell ca. EUR 4,-
Zusätzlich werden benötigt: Lötzinn, Holzleim, Alleskleber, Maschinenfett, Brennspritus, Trockenspirit (Spielwarenhandlung)

Spanplatte 16 mm ca. 12 x 30 cm	Grundbrett	Holzhandlung, Baumarkt
Tabakdose mit Schraubverschluss	Brenner	Pfeifenraucher
Baumwollfäden	Docht	Textilfachgeschäft, Warenhaus
Milchdose (350 ml)	Kessel	Kaffeetrinker
Messingrohr Ø 8–10 mm, Länge ca. 6 cm	Einfüllstutzen	Lehrmittelversand, Baumarkt
Messingrohr außen Ø 5 mm, Länge ca. 6 cm	Dampfleitungs- ansatz	Lehrmittelversand, Baumarkt
Messingrohr außen Ø 4 mm, Länge 25 cm	Dampfleitungs- ansatz	Lehrmittelversand, Baumarkt
Weißblech 0,4 mm	Brenner des Über- hitzers, Turbine	Lehrmittelversand, Baumarkt
Zugfedern Ø ca. 3 mm	Sicherheitsventil	Lehrmittelversand, Baumarkt
Gummi	Sicherheitsventil	Tankstelle (Autoschlauch)
Stahldraht Ø 1 mm	Turbinenwelle	Lehrmittelversand, Baumarkt
diverse Holzleisten	Sicherheitsventil, Turbinengestell, Überhitzer	Holzhandlung, Baumarkt
Holzstücke, Draht, Nägel, Schrauben	individuelle Gestal- tung von Kessel- gestell, Sicherheits- ventil, etc.	Holzhandlung, Baumarkt

Quelle: ASE/R. Heller

1 – Bau einer Dampfturbine: Brenner und Kessel

Dieses ist das erste einer Reihe von Arbeitsblättern mit Tipps und Hinweisen zum Bau eines funktionsfähigen Dampfturbinenmodells.

Als erstes soll der Brenner gebaut werden. Dieser lässt sich leicht aus einer flachen Tabakdose mit Schraubverschluss herstellen. Dazu wird der Deckel in der Mitte durchbohrt (\varnothing ca. 10 mm). Als Docht dienen Baumwollfäden, die mehrfach gebündelt und dann durch das Loch im Deckel gezogen werden. Zwei kleinere Löcher am Rand der Dose belüften den Brenner und verhindern, dass im Innern ein Überdruck entstehen kann.

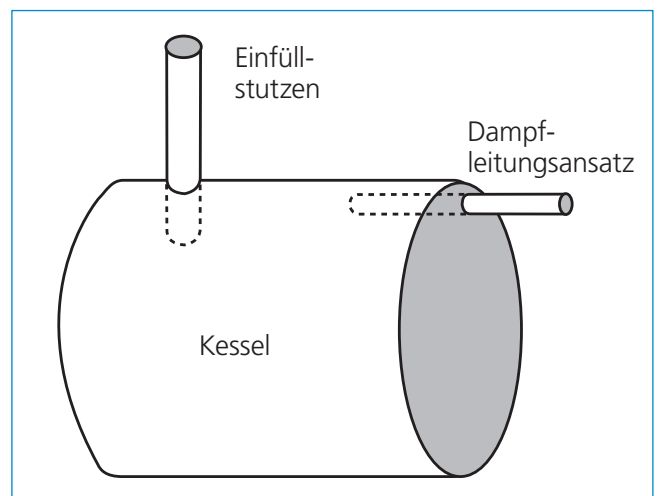
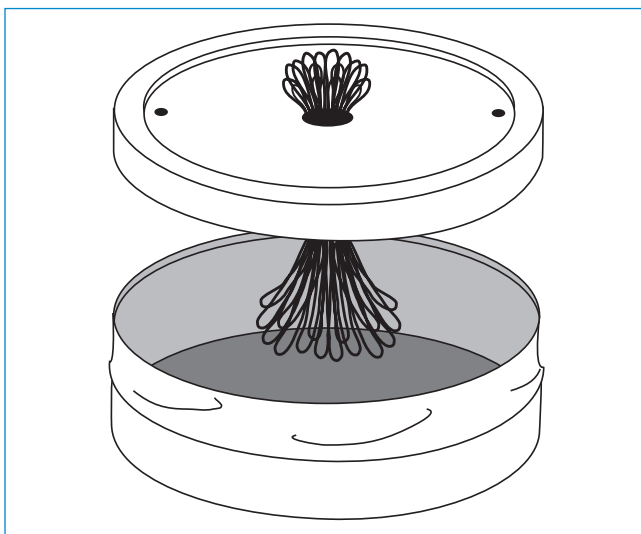
In den Behälter kann nun probeweise etwas Brennspritus eingefüllt werden; dann muss er fest verschlossen werden. Hat sich der Docht vollgesaugt, lässt er sich leicht entzünden. Als nächstes benötigst du ein Grundbrett für deine Dampfturbine. Verwende am besten ein Stück Spanplatte (ca. 30 × 12 cm).

Als Kessel findet eine Milchdose Verwendung (Inhalt ca. 350 ml). Dieser Kessel muss nun in geeigneter Weise auf das Grundbrett montiert werden. Dazu dient das Kesselgestell. Bei seinem Bau sind einige Punkte besonders zu berücksichtigen:

1. Der Kessel muss sich in einer günstigen Höhe über dem Brenner befinden (gute Wärmeübertragung!).
2. Der Kessel muss sicher auf dem Gestell ruhen. Man soll ihn aber zum Füllen leicht abnehmen können.
3. Der Brenner muss nicht nur genügend Platz unter dem Kessel haben, er soll sich zum Nachfüllen von Brennstoff auch leicht herausnehmen lassen.
4. Das Kesselgestell darf an den Stellen, wo es mit der Flamme in Berührung kommen könnte, nicht aus brennbarem Material gefertigt sein.

Bevor du mit dem Bau des Gestells beginnst, fertige einige Planskizzen an und diskutiere mit deinen Klassenkameraden, welches die beste Lösung ist!

Überlege auch, an welcher Stelle des Grundbrettes das Kesselgestell montiert werden soll, damit noch genügend Platz für die Turbine übrig ist!



ACHTUNG!

Bei der Verwendung brennbarer Flüssigkeiten ist besondere Vorsicht dringend geboten!

Nach dem Gebrauch muss die Flasche sofort wieder fest verschlossen und an einen sicheren Ort gebracht werden.

Brennbare Flüssigkeiten dürfen keinesfalls in Genussmittelflaschen aufbewahrt werden!

Die obige Zeichnung zeigt die weitere Bearbeitung des Kessels. Einfüllstutzen und Dampfleitungsansatz müssen zunächst abgesägt und an den Enden gefeilt werden; der Kessel wird mit zwei entsprechenden Bohrungen versehen, in welche beide Teile später eingelötet werden.

Verwende für den Einfüllstutzen:

Messingrohr, \varnothing außen 8 – 10 mm, Länge ca. 6 cm

Verwende für den Dampfleitungsansatz:

Messingrohr, \varnothing außen 5 mm, Länge ca. 6 cm

2 – Bau einer Dampfturbine: Weichlöten

Werkstoffe aus Metall (außer Aluminium) lassen sich durch Weichlöten miteinander verbinden, wenn keine allzu großen Anforderungen an die Festigkeit und Wärmeverträglichkeit gestellt werden.

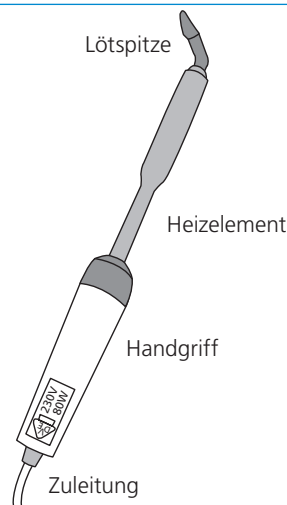
Das Lot* wird bei einer Temperatur zwischen 185° und 260° Celsius verflüssigt und „kriecht“ zwischen die zu verbindenden Metallteile. Nach dem Abkühlen hält das wieder hart gewordene Lot die Stücke zusammen. Voraussetzung für eine gute Lötverbindung ist allerdings, dass das Metall vor dem Zusammenfügen gründlich gereinigt wird. Die Lötstelle muss metallisch rein und frei von Fett sein.

Um zu verhindern, dass die gereinigte Oberfläche des Metalls oxidiert** (was besonders bei Erwärmung leicht geschieht), kann die Lötstelle mit einem Flussmittel bestrichen werden (z. B. Lötwasser oder Löt fett). Mit Hilfe der gereinigten und verzinneten Spitze eines LötKolbens werden die zusammengehaltenen Werkstücke an der Verbindungsstelle erhitzt, bis das Lot zu fließen beginnt.

Elektrisch beheizter LötKolben

Am Typenschild kann man die Leistung des LötKolbens ablesen.

Je größer die Lötstelle, desto größer sollte auch die Leistung des verwendeten Kolbens sein. Gebräuchliche LötKolben haben eine Leistung zwischen 15 W (Watt) und 150 W.



Arbeitsschritte beim Löten:

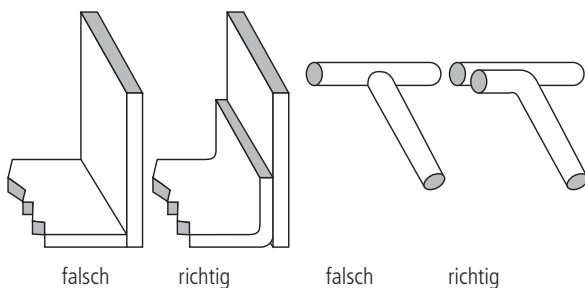
1. Sorgfältiges Reinigen und Entfetten der Lötstelle (z. B. mit feinem Schmirgelpapier). Keine Fingerabdrücke auf die gereinigten Stellen!
Lötstellen mit Flussmittel bestreichen.
2. Lötspitze des heißen LötKolbens reinigen und gegebenenfalls verzinnen.
3. Die zu verbindenden Teile zusammenbringen und mit der Lötspitze erwärmen. Lot zuführen.

Merke: Die Lötstelle (nicht nur das Lot) muss die Schmelztemperatur des Lots erreichen. Nur so kommt eine haltbare Verbindung zustande.

* In der Regel verwendet man Lötzinn: Legierung aus Zinn, Blei und Antimon, als Löt draht meist noch mit einem Flussmittel versehen

** oxidieren: chemische Verbindung eines Stoffes mit Sauerstoff, Beispiel: oxidiertes Eisen = Rost

Große Lötstellen sind haltbarer als kleine!

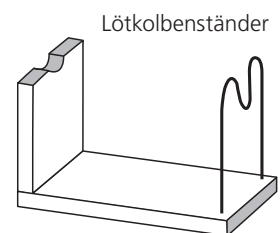


ACHTUNG! Zur Verhütung von Verbrennungen und elektrischen Unfällen ist beim Umgang mit dem LötKolben besondere Vorsicht geboten!

Sei dir bei der Arbeit immer bewusst, dass der LötKolben im Betriebszustand eine Temperatur von mehreren hundert Grad Celsius erreicht! Achte besonders darauf, dass der heiße LötKolben niemals mit der Anschluss schnur in Berührung kommt, weil hierdurch die Isolation der elektrischen Leitung zerstört würde!

Deshalb: Den Kolben immer auf einen geeigneten Ständer legen! Nach dem Löten sofort den Stecker des LötKolbens aus der Steckdose ziehen.

Noch etwas: Durch ihren Bleianteil können Lötzinn und Lötwasser giftig sein.



3 – Bau einer Dampfturbine: Sicherheitsventil

Stelle dir einmal vor, das Dampfleitungsrohr deiner in Betrieb genommenen Dampfturbine ist plötzlich verstopft (zum Beispiel, weil sich etwas Rost aus dem Kessel gelöst und in der Düse festgesetzt hat).

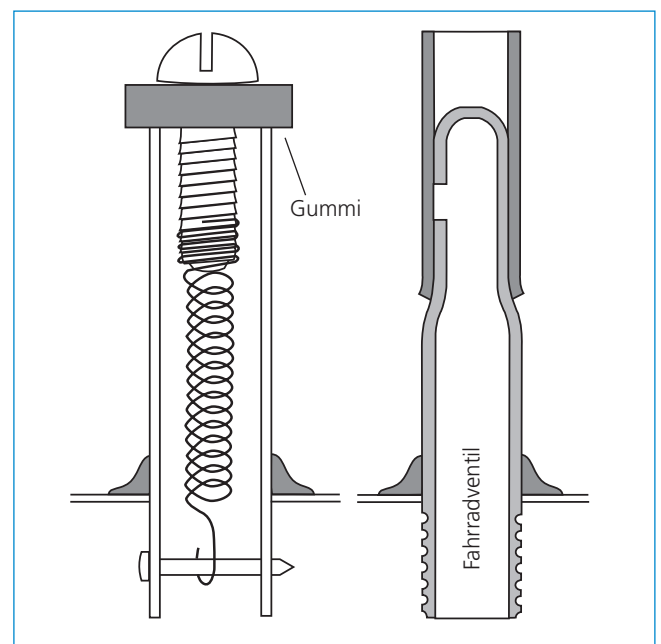
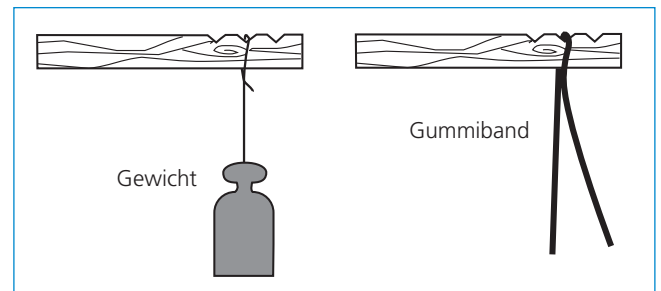
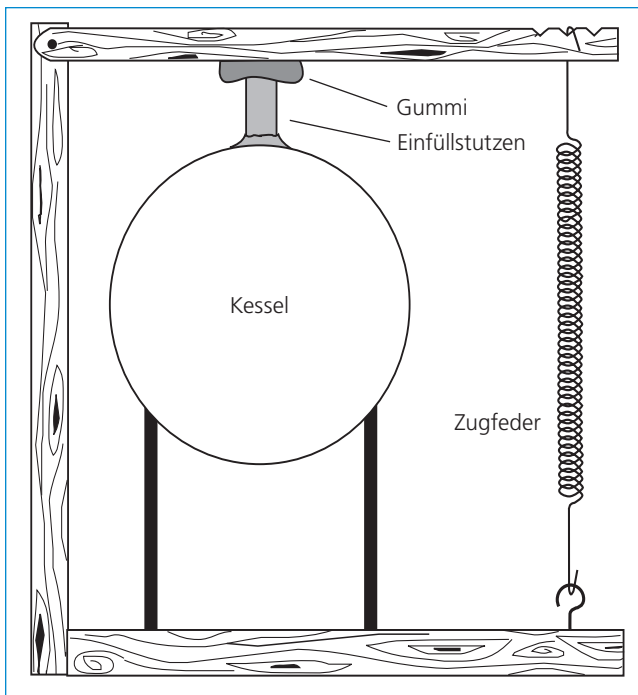
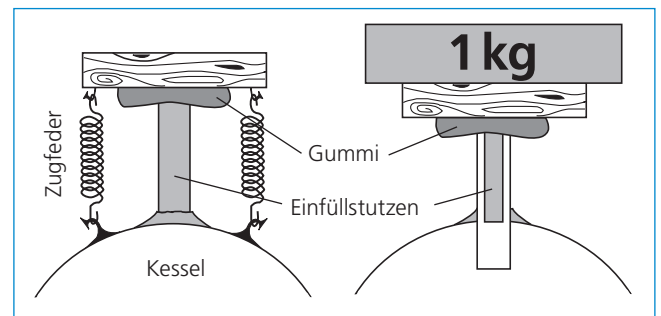
Um die Turbine zu betreiben, ist ein beträchtlicher Dampfdruck im Kessel erforderlich, der sich durch die Düsenöffnung einen Ausgleich zu verschaffen sucht. Wenn diese jedoch verstopft ist und dem kochenden Wasser im Kessel weiterhin Wärme zugeführt wird, kann der Dampfdruck schließlich so groß werden, dass die Kesselwände nicht mehr standhalten. Es käme zu einer Explosion.

Was kann man tun, um eine solche Explosion, die schon bei einem kleinen Modelldampfkessel nicht ungefährlich wäre, von vornherein zu verhindern?

Man muss den Kessel mit einer Vorrichtung versehen, die bei zu hohem Druckanstieg etwas Dampf ablässt. Eine solche Vorrichtung nennt man Sicherheitsventil oder Überdruckventil.

Überlege: Wie könnte man ein solches Ventil konstruieren?

Fertige Skizzen an und diskutiere mit deinen Klassenkamerad(inn)en, welche Lösung erfolgversprechend ist. Einige Anregungen dazu findest du auf diesem Blatt.



Zusatzaufgabe:

Wo werden im Haushalt oder Berufsleben Sicherheitsventile benötigt? Erkunde, wie sie funktionieren!

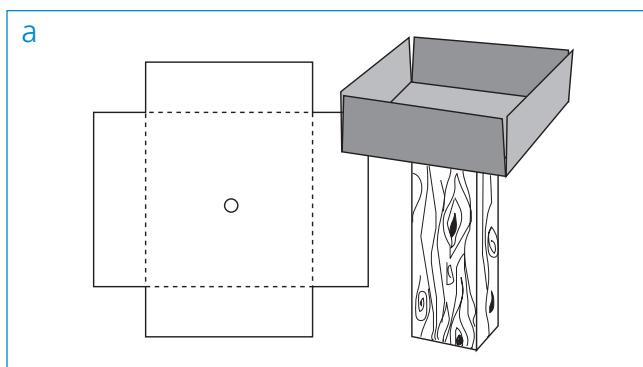
Quelle: ASE/R. Heller

4 – Bau einer Dampfturbine: Überhitzer und Düse

Überlege: Der im Kessel der Dampfturbine erzeugte Dampf tritt mit genau 100 °C in das Dampfleitungsrohr. Dieses ist jedoch von verhältnismäßig kühler Luft umgeben. Was geschieht?

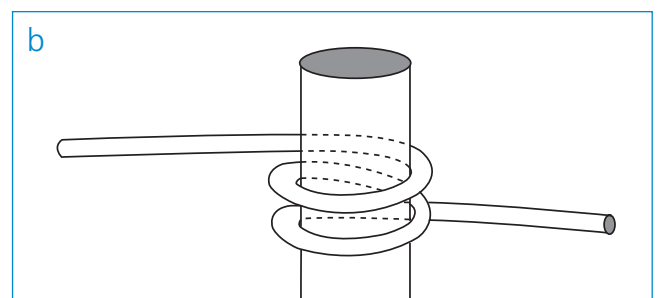
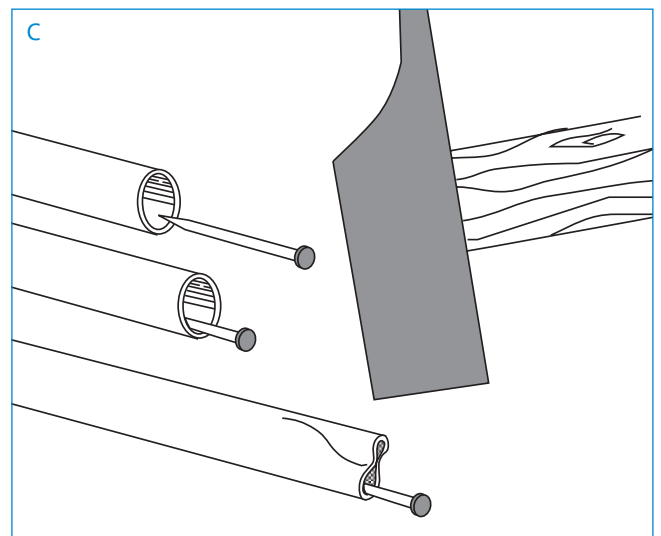
Beim Eintritt in das Dampfleitungsrohr verwandelt sich der Dampf sofort wieder in Wasser, selbst wenn er sich nur um 1 °C (oder noch weniger) abkühlt. Es entstehen winzige Wassertröpfchen, die natürlich nicht die gleichen Eigenschaften haben können wie reiner Dampf. Was kann man tun, um zu verhindern, dass der Dampf beim Austritt aus dem Kessel sofort wieder kondensiert? In einem vom Kessel unabhängigen System muss der gewonnene Dampf weiter erhitzt werden. Hierbei nimmt der Dampf eine Temperatur an, die weit über 100 °C liegt, so dass er bei geringer Abkühlung nicht mehr so leicht kondensieren kann. Ein solches System nennt man **Überhitzer**.

Hierzu wird zunächst ein zweiter Brenner benötigt. Dieser ist aus einem Stück Weißblech (ca. 6 × 6 cm) und einer etwa 8 cm langen Holzleiste schnell gefertigt (Abb. a). Betrieben wird er mit Trockenspiritus. ▼



Als Dampfleitung dient ein 25 cm langes Stück Messingrohr mit einem Außendurchmesser von 4 mm. Um die Wärme des Brenners möglichst stark auszunutzen und um den Wasserdampf möglichst kräftig zu erwärmen, soll das Dampfleitungsrohr mehrmals durch die Flamme des Brenners geführt werden. Deshalb wird es spiralförmig gebogen. Allerdings sind Messingrohre, wie sie im Handel zu kaufen sind, zunächst hart und spröde. Beim Versuch, sie gleichmäßig rund zu biegen, knicken sie oder brechen ab. Das Metall muss deshalb vorher weich gemacht werden. Dazu wird das Rohr solange der Flamme eines Gaslötbrenners ausgesetzt, bis es rot glüht. Nach dem langsamen Abkühlen ist das Messingrohr weich und geschmeidig. Diesen Vorgang nennt man **Ausglühen**. Nach dem Ausglühen lässt sich das Rohr leicht in die gewünschte Spiralform biegen. Es wird einfach um ein Rundholz mit geeignetem Durchmesser „gewickelt“ (Abb. b). ▶

Jetzt soll noch das Ende des Rohres mit einer Düse versehen werden. Dazu wird einfach der Querschnitt des Rohres verkleinert. Dies geschieht, indem du einen Nagel mit einem Durchmesser von etwa 1 mm in das Rohrende steckst und das Rohr mit dem Hammer um den Nagel herum platt schlägst (Abb. c). Anschließend wird der Nagel wieder herausgezogen, und das Dampfleitungsrohr kann in den Dampfleitungsansatz des Kessels eingelötet werden. ▼



ACHTUNG!

Bei der Arbeit mit der offenen Flamme des Gaslötbrenners besteht erhöhte Unfallgefahr.

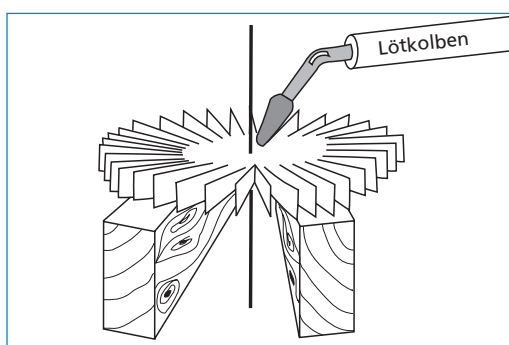
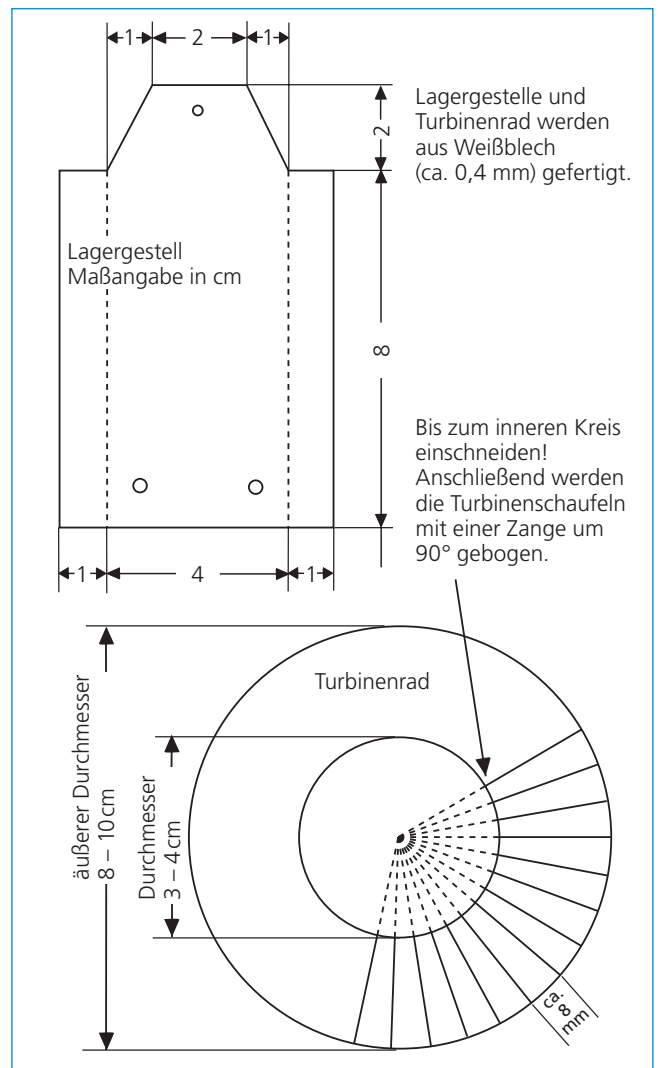
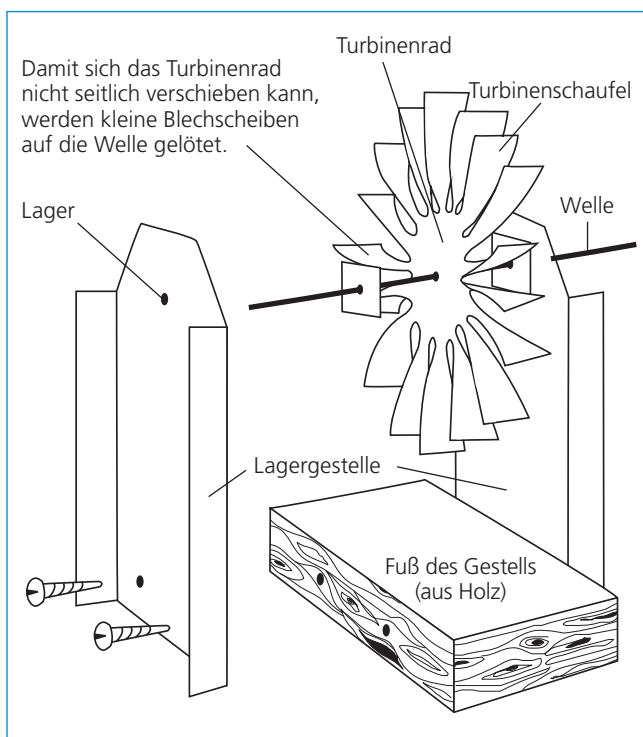
Lass dir genau erklären, wie der Lötbrenner zu handhaben ist.

Die Teile, die ausgeglüht werden sollen, müssen auf einer nicht brennbaren Unterlage liegen. Am besten eignen sich Schamottsteine.

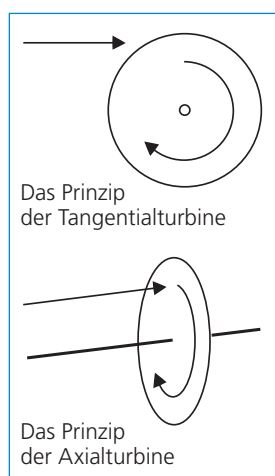
5 – Bau einer Dampfturbine: Turbine

Dieses Arbeitsblatt will dir Hinweise für den Bau des Turbinenrads und -gestells geben. Betrachte diese Hinweise nur als Vorschläge, die du nach eigenen Vorstellungen abwandeln kannst.

Damit sich das Turbinenrad leicht drehen lässt, musst du dafür sorgen, dass die Turbinenwelle in den Lagern wenig Reibung erzeugt. Dies lässt sich am ehesten durch die Verwendung einer möglichst dünnen und harten Welle erreichen (z. B. Stahldraht, \varnothing 1 mm). Die Lagerlöcher dürfen nicht zu groß sein, weil die Welle sonst schlägt. Bei der Konstruktion des Turbinenrads solltest du darauf achten, dass die Turbinenschaufeln einen geringen Abstand voneinander haben.



Zwei Holzklötzchen dienen als Hilfsvorrichtung beim Zusammenlöten von Turbinenrad und -welle. (Denke daran, die Welle vor dem Löten gründlich abzuschleifen, damit eine gute Verbindung zustande kommt.)



Die hier beschriebene Turbine bezeichnet man auch als Tangentialturbine, weil sich der Dampfstrahl wie eine Tangente zum kreisförmigen Turbinenrad bewegt. Die in Dampfkraftwerken verwendeten Turbinen sind in der Regel Axialturbinen, d. h. der Dampf bewegt sich parallel zur Drehachse der Turbine (Windmühlenprinzip).

Zusatzaufgabe: Worin müsste sich eine Axialturbine von einer Tangentialturbine vor allem unterscheiden? Baue als Zusatzaufgabe eine Axialturbine!

Quelle: ASE/R. Heller

6 – Bau einer Dampfturbine: Probelauf

Nun ist es endlich soweit! Die fertig gestellte Dampfturbine soll einmal probelhalber in Betrieb genommen werden. Außerdem sollen dabei ein paar Untersuchungen vorgenommen werden.

Checkliste: Vorbereitungsarbeiten

- Schmiere die Lager der Turbine mit etwas Maschinenfett und kontrolliere, ob sich das Rad leicht drehen lässt!
- Lege ein Stück Trockenspirit in den Brennerkasten des Überhitzers!
- Fülle den Kessel gut halbvoll mit Wasser und verschließe ihn sorgfältig!
- Prüfe noch einmal, ob alle Lötstellen sowie das Sicherheitsventil dicht sind; achte auch darauf, dass die Dampfleitung nicht verstopft ist!


Jetzt kann es losgehen!

Stelle den mit etwas Spiritus gefüllten Brenner unter den Kessel und entzünde den Docht!

▶	Minuten	Sekunden
---	---------	----------

Wieviel Zeit vergeht, bis das Wasser zu kochen beginnt?

Sobald das Wasser kocht, entzünde auch den Trockenspirit und stelle das Brennergestell unter die Überhitzerspirale!

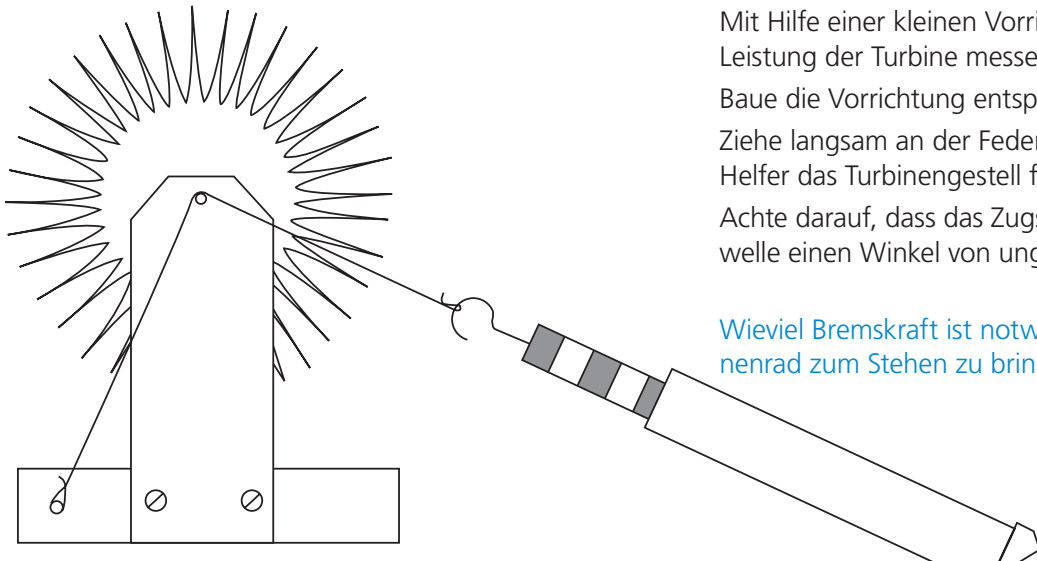


ACHTUNG!
Unfallverhütungsvorschriften beachten! Trotz Überdruckventil kann es passieren, dass der Kessel undicht wird oder platzt.

Deshalb: EINEN METER SICHERHEITSABSTAND HALTEN BEI LAUFENDER TURBINE!

Als nächstes sollst du ein paar Versuche anstellen, die der Untersuchung der Dampfturbine und ihrer Leistungsfähigkeit dienen. Protokolliere die Ergebnisse!

1. Versuche zunächst, die günstigste Stellung des Turbinenrads herauszubekommen; das Turbinenrad soll sich möglichst schnell drehen.
2. Entferne einmal den Brenner der Überhitzerspirale und achte auf die Umdrehungsgeschwindigkeit des Turbinenrads! Was stellst du fest?
3. Entferne jetzt auch das Turbinengestell und halte ein Stück Klarsichtfolie wenige Zentimeter vor die Düsenöffnung! Wiederhole diesen Versuch, nachdem du den Brenner wieder untergestellt hast! Beschreibe das Ergebnis dieses Versuches! Welche Erklärung hast du dafür?
4. Bringe das Turbinenrad wieder in die richtige Stellung und führe dem Brenner des Kessels durch Handbewegungen etwas Zugluft zu! Was passiert? Wie könnte man hier Abhilfe schaffen?
5. Halte einmal die flache Hand nah über den Kessel der laufenden Dampfturbine! Was kannst du feststellen?



Mit Hilfe einer kleinen Vorrichtung kann man die Leistung der Turbine messen.
Baue die Vorrichtung entsprechend der Zeichnung!
Ziehe langsam an der Federwaage, während ein Helfer das Turbinengestell festhält!
Achte darauf, dass das Zugseil an der Turbinenwelle einen Winkel von ungefähr 90° bildet!

Wieviel Bremskraft ist notwendig, um das Turbinenrad zum Stehen zu bringen?

Quelle: ASE/R. Heller

Modell einer Dampfturbine

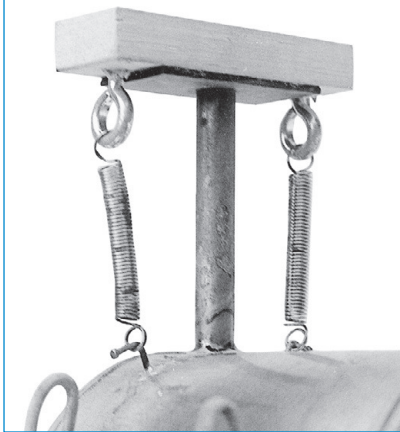
Die Kenntnis des Baus und der Funktionsweise einer Dampfturbine ist der Schlüssel zum Verständnis dessen, wie ein Wärmekraftwerk funktioniert. Da auch bei einem Kraftwerksbesuch Kessel, Turbine, Generator zumeist noch hinter dickwandigen Verschaltungen verdeckt bleiben, kann der Schüler wichtige Einsichten über den eigenen Bau einer Modell-Dampfturbine erzielen.

Nachfolgend ein Auszug aus: **Bau einer Dampfturbine/Erkundung eines Kohlekraftwerks von Rolf Heller**. Der Textabschnitt bezieht sich auf die sieben Schüler-Arbeitsblätter, die die Montageanleitungen zum Bau einer Modell-Dampfturbine enthalten:

Die im folgenden beschriebenen sechs Doppelstunden dienen dem Bau und der Erprobung der Dampfturbine. (Ungeübte Schülergruppen benötigen möglicherweise ein bis zwei Doppelstunden mehr Zeit.)

Die Thematik erfordert es, dass sich der Unterricht dabei nicht allein auf die Sachgebiete Energie- bzw. Maschinenteknik beschränkt. Für den Bau einer funktionierenden Dampfturbine werden des weiteren Fertigkeiten benötigt, die dem Sachbereich Produktions- bzw. Fertigungstechnik zugeordnet sind. Diese sollen hier einmal systematisch aufgelistet werden. Da der Inhalt der folgenden Stunden weitgehend aus den **Arbeitsblättern 1–6** hervorgeht, genügen an dieser Stelle wenige Hinweise. Vorweg sei gesagt, dass nicht unbedingt alle Arbeitsblätter geeignet sind, um sie zu Beginn des Unterrichts an die Schüler auszuteilen.

Sicherheitsventil der Modelldampfturbine



Dies gilt insbesondere für das **Arbeitsblatt Nr. 3** „Sicherheitsventil“. Hier wäre zu überlegen, ob nicht eine Beschränkung auf die Problematisierung (die entsprechend dem Text des Arbeitsblattes verbal erfolgen könnte) einer Förderung von Kreativität entspräche, wie sie von den meisten Technik-Lehrplänen verlangt wird. Die Schüler müssten dann in einer Erfindungsphase eigene Konstruktionen für das Sicherheitsventil entwickeln.

Zu **Arbeitsblatt 1** sei gesagt, dass der Spiritusbrenner nur dann betriebsbereit ist, wenn eine Dose mit wirklich fest verschraubbarem Deckel verwendet wird. Blatt 1 enthält Informationen über die weitere Bearbeitung des Kessels, die jedoch erst in der folgenden Doppelstunde (mit den erforderlichen Kenntnissen über die Technik des Weichlöten) ausgeführt werden sollen.

Das **Arbeitsblatt 2** „Weichlöten“ ist so beschaffen, dass es auch losgelöst von der Thematik Dampfturbine (in anderen Unterrichtsreihen) eingesetzt werden kann.

Zu **Arbeitsblatt 4**: Um zu verstehen, warum der Dampf im Kessel keine Temperatur annehmen kann, die wesentlich über der Siedetemperatur des Wassers liegt, muss man den Zusammenhang zwischen Siedetemperatur und Umgebungsdruck kennen:

Wenn man einer bestimmten Menge Wasser in einem Behälter Wärme zuführt, so steigt die Temperatur des Wassers gleichmäßig in Abhängigkeit von der zugeführten Wärme. Erreicht das Wasser seine Siedetemperatur,

steigt seine Temperatur nicht höher, auch wenn weiter Wärme zugeführt wird. Diese Wärme benötigt das Wasser, um seinen Aggregatzustand zu ändern. Anders ausgedrückt: Um Wasser mit einer Temperatur von 100 °C in Dampf von 100 °C zu überführen, wird Wärme benötigt, die folglich nicht für eine weitere Erwärmung des Dampfes zur Verfügung steht, solange noch Wasser vorhanden ist. Der Siedepunkt des Wassers ist keine feste Größe, sondern abhängig vom Druck. Bei atmosphärischem Druck von 1 bar liegt er bei 100 °C. Bei geringerem Druck (z. B. im Gebirge) liegt er darunter, bei größerem Druck (z. B. im Dampferzeuger eines Kraftwerks) liegt er über 100 °C. Druckabhängig ist auch der Ausdehnungsfaktor des Dampfes gegenüber Wasser. Dampf dehnt sich bei einem Druck von 1 bar um etwa den Faktor 1 500 gegenüber Wasser aus.

Ein etwas heikler Punkt ist die Verbindung des Dampfleitungsrohres mit dem Kessel. Hier hat sich im Unterricht gezeigt, dass die Verwendung eines Dampfleitungsansatzes mit größerem Durchmesser, in welchen das Dampfleitungsrohr eingelötet wird, einen erheblichen Stabilitätsvorteil mit sich bringt, verglichen mit einem Rohr, das unmittelbar in den Kessel eingelötet wird.

In **Arbeitsblatt 6** sind einige Versuche beschrieben, die die Funktion des Überhitzers verdeutlichen. Ohne Überhitzer tritt aus der Düse sichtbar grauer Nassdampf aus, der auf einer Klarsichtfolie (oder einem Stück Weißblech) beschlägt. Wird der Dampf im Überhitzer getrocknet, tritt er unsichtbar aus, und es erfolgt kein Beschlag.

Versuch 5 auf dem Arbeitsblatt 6 soll einen globalen Hinweis auf das Problem der Abwärme geben, auf den später (z. B. bei der Vorbereitung des Kraftwerksbesuchs) Bezug genommen werden kann. Der größte Teil der bei der Energieumwandlung entstehenden Wärme geht verloren.

Besonders reizvoll ist es natürlich, wenn mit einer solchen Dampfturbine tatsächlich elektrischer Strom erzeugt werden kann. Dies ist möglich, wenn das Turbinenrad direkt auf die Welle eines Spielzeugelektromotors gelötet wird, so dass der Motor als Generator fungiert. Wird jetzt das Turbinenrad angetrieben, so lässt sich an den Anschlüssen des Motors eine elektrische Spannung messen. Die gewonnene Energie reicht zwar nicht einmal aus, eine Leuchtdiode zu betreiben, ruft aber immerhin einen deutlichen Zeigerausschlag bei einem Vielfachmessgerät mit entsprechend empfindlichem Messbereich hervor. Allerdings muss der Spielzeugmotor außerordentlich leichtläufig sein und schon bei einer geringen elektrischen Spannung anlaufen (1 V), was bei weitem nicht auf jeden beliebigen Motor zutrifft. Kleinere Motoren erfüllen diese Bedingungen in aller Regel eher als große.

Noch ein Hinweis: Wenn alles Wasser im Kessel verdampft ist, muss der Brenner sofort aus dem Betrieb genommen werden, weil sonst die Lötstellen gefährdet sind.