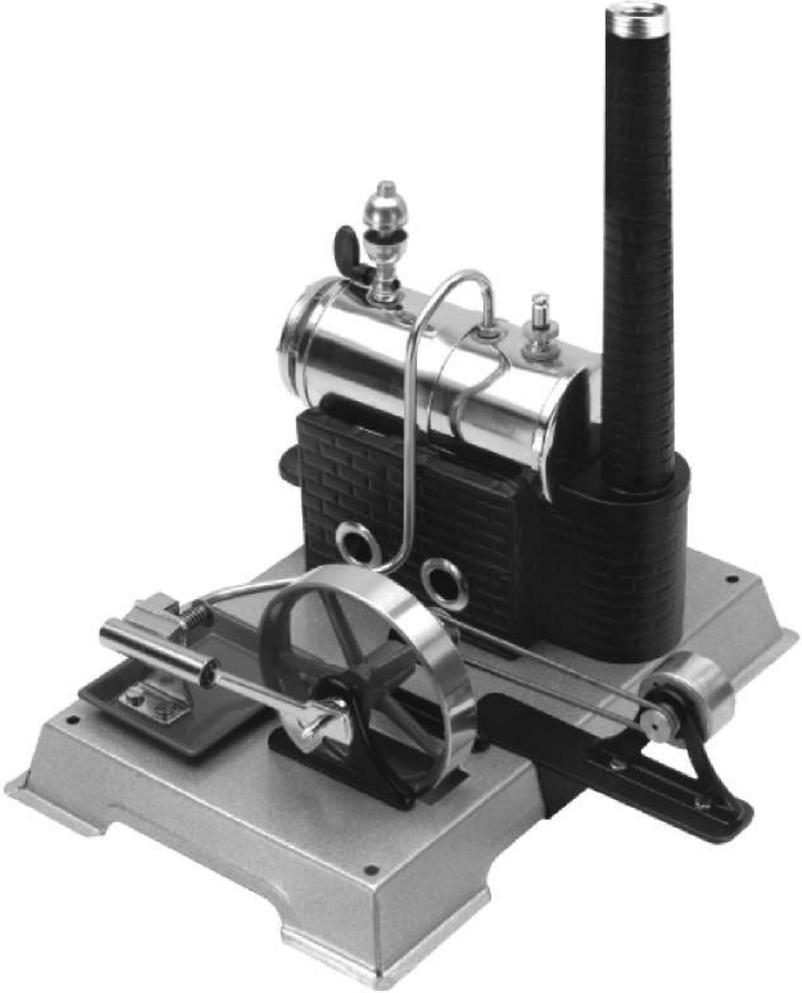


Dampfbox D 100 E

E-Box E 50



Dampfbox D 100E und E-Box E50

Wilhelm Schröder GmbH & Co. KG

D-58511 LÜDENSCHIED Schützenstraße 12

Telefon : 0 180 / 5 00 29 96 (€ 0,12 / Minute) e-mail : info@wilesco.de

Wichtige Hinweise:

Lesen Sie bitte vor Inbetriebnahme die Bedienungsanleitung durch. Sie enthält wichtige Hinweise zum korrekten Betrieb.

Bei Schäden die durch Nichtbeachten der Bedienungsanleitung oder der Sicherheitshinweise verursacht werden, erlischt auch der Garantieanspruch!

Die Angaben wurden mit größter Sorgfalt zusammengestellt, geprüft und entwickelt. Gleichzeitig lassen sich Fehler nicht vollständig ausschließen. WileSCO und der Autor haften nur nach dem Produkthaftungsgesetz wegen der Verletzung des Leben, des Körpers oder der Gesundheit oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Hier ist der Schadensersatzanspruch auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht ein Fall der zwingenden Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz gegeben ist.



Ein in einem Dreieck befindliches Symbol weist auf mögliche Gefahrensituationen hin, die unbedingt zu beachten sind.

Impressum:

Dies ist eine Publikation von WileSCO®, Wilhelm Schröder GmbH & Co KG, D-58511 LÜDENSCHIED. Alle Rechte einschließlich Übersetzung vorbehalten. Reproduktion jeder Art z.B. Fotokopie, Mikroverfilmung, Erfassung in elektronische Datenverarbeitung bedürfen der schriftlichen Genehmigung des Herausgebers. Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist verboten.

Diese Publikation entspricht dem technischen Stand bei Drucklegung. Änderungen technischer Art und in der Ausstattung sind vorbehalten.

© Copyright 2012 by WileSCO, Wilhelm Schröder GmbH & Co KG

Dampfbox D 100E: EAN 4009807051013

E-Box E50: EAN 4009807012502

Satz: Dipl. Ing. Thomas Schröder, Ulrich Stempel

Autor: Ulrich Stempel

Wilhelm Schröder GmbH & Co. KG

D-58511 LÜDENSCHIED Schützenstraße 12

Telefon : 0 180 / 500 29 96 (€ 0,12 / Minute) Fax : 0049-2351-9847-47

E-mail : info@wileSCO.de

Vorwort:

Mit der vorliegenden Dampfbox oder der E-Box E50 und dem Begleitbuch kann man in Verbindung mit einem Dampfmaschinenmodell die Funktion der Dampfmaschine und Energieumwandlung in Elektrizität modellhaft und praktisch erfahren. Die dafür erforderlichen Komponenten wurden von Willesco für Sie in der Dampfbox D 100E und in der E-Box E50 zusammengestellt.

Haben Sie die Dampfbox D 100E erworben, so bauen Sie Schritt für Schritt Ihre eigene Dampfmaschine als Modell auf. Schon durch das Zusammenfügen der Einzelteile wird das von den Erfindern, wie Denis Papin, James Watt und anderen, entwickelte Konzept und dem der Dampfmaschine innewohnenden Prinzip bewusst. Das Modell hilft nicht nur zu verstehen, wie eine Dampfmaschine arbeitet, es macht auch Spaß, das vorhandene Modell selbst weiterzuentwickeln.

Sowohl mit der Dampfbox als auch mit der E-Box E50 ist es möglich mit den Komponenten den Umwandlungsprozess, beginnend von der thermischen Energie, über die mechanische Energie, bis hin zur elektrischen Energie, praktisch zu erforschen und nachzuvollziehen. Die Experimente bauen aufeinander auf und lassen sich mit Leichtigkeit und wenig Zeitaufwand realisieren.

Informationen zur jetzigen Technik der Dampfmaschine finden Sie ebenso im Begleitbuch, wie Beispiele und Möglichkeiten von Entwicklungen für die heutige Zeit.

Ich möchte Ihnen hiermit das schöne Hobby des Dampfmaschinen - Modellbaus noch ein Stück näher bringen und wünsche Ihnen viel Spaß beim Aufbauen dieses und weiterer Dampfmaschinenmodelle und den Erfahrungen, die Sie damit machen werden.

Ihr Ulrich Stempel

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. GRUNDLAGEN ZUR DAMPFMASCHINE | 9 |
| 1.1 DIE DAMPFMASCHINE UND IHRE ENTWICKLUNG | 9 |
| 1.2 WISSEN ZUR DAMPFMASCHINE:..... | 10 |
| 1.2.1 So wird aus Wasser Dampf..... | 10 |
| 1.2.2 Der Kessel..... | 11 |
| 1.2.3 Das Schwungrad..... | 11 |
| 1.2.4 Die oszillierende Dampfmaschine | 11 |
| 1.2.5 Schiebergesteuerte Dampfmaschine | 13 |
| 1.3 LEISTUNG UND WIRKUNGSGRAD | 14 |
| 1.3.1 Vergleich: Oszillierende und schiebergesteuerte Dampfmaschine | 14 |
| 1.4 WELCHE FUNKTION HAT DIE DAMPFMASCHINE HEUTE?..... | 15 |
| 1.4.1 Hybridsysteme bestehend aus Photovoltaikanlage und Dampfmaschine | 15 |
| 2. MODELL ZUSAMMENBAUEN | 17 |
| 2.1 TRICKS UND TIPPS FÜR DEN ERFOLGREICHEN ZUSAMMENBAU..... | 17 |
| 2.2 BAUANLEITUNG SCHRITT FÜR SCHRITT | 18 |
| 1. Schritt: Montage des Kessels..... | 18 |
| 2. Schritt: Montage der Brennerführung und des Kesselhauses..... | 18 |
| 3. Schritt: Montage des Schwungrads | 19 |
| 4. Schritt: Montage der Zylindereinheit | 20 |
| 5. Schritt: Montage von Dampfrohr und Kamin, Endmontage | 21 |
| 2.3 SICHERHEITSBESTIMMUNGEN | 23 |
| 2.4 VORBEREITUNGEN ZUM ERSTEN PROBELAUF..... | 25 |
| 3. EXPERIMENTE MIT DER DAMPFMASCHINE UND ZUSÄTZLICHEN KOMPONENTEN | 29 |
| 3.1 KOMPONENTEN UND BESCHREIBUNG | 29 |
| 3.1.1 Generator..... | 29 |
| 3.1.2 Riemen (Antriebsspirale)..... | 30 |
| 3.1.3 Steckbrett | 31 |
| 3.1.5 LEDs (Leuchtdioden)..... | 33 |
| 3.1.6 Elko (Elektrolytkondensator)..... | 34 |
| 3.1.7 Diode | 36 |
| 3.1.8 Widerstände | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.9 Experimentierstrippen (rot/schwarz)..... | 38 |
| 3.1.10 Verbindungsdraht (rot/schwarz)..... | 38 |
| 3.1.11 Tastschalter | 39 |
| 3.2 VON DER MECHANISCHEN ENERGIE ZUR ELEKTRISCHEN ENERGIE.. | 41 |
| 3.2.1 Anschluss und Funktion der elektrischen Maschine | 41 |
| 3.3 ERSTE EXPERIMENTE MIT DEM GENERATOR | 42 |
| 3.4 DREHRICHTUNGSANZEIGE | 43 |
| 3.4.1 Umsetzung der Schaltung | 43 |
| 3.4.2 Die technische und tatsächliche Stromrichtung | 46 |
| 3.5 GENERATOR MONTIEREN | 47 |
| 3.5.1 Generator, mechanisch mit dem Schwungrad der Dampfmaschine verbinden | 48 |
| 3.5.2 Generatorspannung messen | 49 |
| 3.5.3 Die Drehrichtung von Dampfmaschine und Generator | 51 |
| 3.6 NÜTZUNG DER DAMPFENERGIE FÜR ELEKTRIZITÄT | 52 |
| 3.6.1 Leistung der Dampfmaschine und Leistung des Generators ermitteln..... | 52 |
| 3.7 AUS DAMPF WIRD SCHRITT FÜR SCHRITT HELLES LICHT | 55 |
| 3.7.1 Mehr Licht mit zwei weißen LEDs..... | 58 |
| 3.7.2 Licht von 4 LEDs mit der Dampfmaschine..... | 59 |
| 3.8 SPEICHERUNG DER ELEKTRISCHEN ENERGIE | 61 |
| 3.8.1 Mit der Dampfmaschine den Kondensatorspeicher laden | 61 |
| 3.8.2 Entladeschutzdiode, Schottkydiode | 64 |
| 3.8.3 Ladeanzeige für den Kondensatorspeicher | 66 |
| 3.8.4 Gespeicherte Energie nutzen | 69 |
| 3.8.5 Die Dampfmaschine als Ladestation für die Taschenlampe | 70 |
| 4. ANHANG | 73 |
| 4.1 FORMELSAMMLUNG | 73 |
| 4.1.1 Spannung, Strom und Widerstand | 73 |
| 4.1.2 Parallelschaltung von Widerständen | 74 |
| 4.1.3 Serienschaltung von Widerständen | 75 |
| 4.1.4 Leistungsberechnung | 75 |
| 4.2 TROUBLESHOOTING | 75 |
| 4.2.1 Dampfmaschine | 76 |
| 4.2.2 Elektronik..... | 76 |
| 4.3 BEZUGSQUELLEN ERSATZTEILE UND ELEKTRONIKTEILE | 77 |
| 4.3.1 Verbrauchsmaterial für Dampfmaschinen | 77 |
| 4.4 GARANTIE | 78 |

1. Grundlagen zur Dampfmaschine

Dampfmaschinen sind Wärmekraftmaschinen, die im Gegensatz zu Explosionsmotoren ohne innere Verbrennung arbeiten. Mechanische Energie wird durch Dampfdruck bereitgestellt. Es können die unterschiedlichsten Wärmequellen genutzt werden, um die Maschine zu betreiben; so alle, flüssigen, festen und gasförmigen Brennstoffe. Dampfmaschinen eignen sich auch dafür, Solarenergie und nachwachsende Brennstoffe emissionsarm und klimaneutral für unsere Zwecke umzuwandeln.

1.1 Die Dampfmaschine und Ihre Entwicklung

Konstruktionen, die mit Dampf etwas antreiben, und deren Vorläufer gab es bereits in der griechischen Antike. Hier wird z.B. von einer mit Dampf betriebenen Vorrichtung berichtet, mit der Tempeltore auf geheimnisvolle Weise, nach Entzünden des heiligen Feuers, geöffnet wurden.

Entscheidende Entwicklungsschritte zum bekannten Dampfmaschinen-Prinzip wurden in der Zeit der industriellen Revolution z.B. durch Denis Papin, dem Erfinder des Dampfkochtopfs im Jahr 1690 präsentiert, der einen ersten Prototyp einer Dampfmaschine mit Kolben und Zylinder entwickelte. Der britische Ingenieur Thomas Savery konstruierte 1698 eine dampfgetriebene Maschine, die Grundwasser pumpen sollte. 1712 baute der Ingenieur Thomas Newcomen das Prinzip weiter aus zu einer atmosphärischen Dampfmaschine.

Hinweis: Die **atmosphärische Dampfmaschine** ist ein Vorläufermodell mit folgender Funktion: In den Zylinderraum unter dem Kolben wird Wasserdampf eingeblasen, der durch zusätzlich eingebrachtes kaltes Wasser abgekühlt wird und dadurch kondensiert. So entsteht ein Unterdruck im Zylinder, sodass der Kolben durch den äußeren, höheren Atmosphärendruck in den Zylinder gedrückt wird. Die Bewegung des Kolbens aus dem Zylinder erfolgt durch eine Schwungmasse bei geöffnetem Dampfventil. Der energetische Wirkungsgrad dieser Konstruktion lag bei ca. 1 %.

Im Jahr 1769 ließ James Watt eine doppelt wirkende Dampfmaschine patentieren. Bei dieser Konstruktion wird der Zylinder abwechselnd durch den Dampf hin - und hergeschoben, was den nutzbaren Wirkungsgrad sehr erhöhte. James Watt gab die Leistung seiner Maschine in Pferdestärken an, was lange Zeit auch die Einheit für andere Kraftmaschinen, wie z.B. das Automobil war.

Die Dampfmaschine brachte in dieser Zeit viele Möglichkeiten bei Transport und Fertigung mit sich. Die Maschine kann von der ersten Umdrehung an ein hohes Drehmoment auf die Achse bringen und sie läuft vorwärts und rückwärts. Dampffahrzeuge können unter Last anfahren und brauchen weder Kupplung noch Getriebe.

1.2 Wissen zur Dampfmaschine:

Die Dampfkraft ist nach der Windkraft die älteste Technik der Menschen, um zusätzliche mechanische Energie zu gewinnen. Bei der Dampfmaschine ist der Energieträger, wie der Name bereits anzeigt, Dampf. Der Energieträger „Dampf“ wurde und wird in den unterschiedlichsten Bauvarianten, wie z.B. in der Kolbendampfmaschine oder auch mit Dampfturbinen, in andere Energieformen umgewandelt.

Grundsätzlich sind beim Prinzip der Dampfergie zwei Komponenten erforderlich: Der Dampfkessel und die Kolbendampfmaschine bzw. die Dampfturbine. An diesem Prinzip hat sich bis heute nichts geändert.

Geändert haben sich aber - bei den modernen Dampfmaschinen - die technischen Ausführungen, moderne Materialien und ein umfangreiches Wissen um Möglichkeiten der Wirkungsgradsteigerung.

Der Wirkungsgrad von Kolbendampfmaschinen war früher sehr niedrig. Deshalb wurden sie bei der Elektrizitätserzeugung in den meisten Fällen durch leistungsfähigere Dampfturbinen ersetzt. Die derzeit noch arbeitenden Atomkraftwerke sind im Prinzip auch Dampfkraftwerke. Hier wird die Wärme zur Erhitzung des Wassers durch die problematische Atomenergie bereitgestellt.

1.2.1 So wird aus Wasser Dampf

Damit aus dem flüssigen Zustand von H_2O Wasserdampf entstehen kann, ist dieses soweit zu erhitzen, bis es kocht. Wenn das Wasser kocht, normalerweise bei 100 Grad C und 1013 hPa (die Siedetemperatur ist abhängig von der Höhenlage des Orts bzw. vom äußeren Luftdruck), entsteht Wasserdampf. Wenn der äußere Druck höher wird, verändert sich die Siedetemperatur des Wassers (bzw. grundsätzlich die Siedetemperatur von Flüssigkeiten). So erhöht sich die Siedetemperatur des Wassers bei 2 bar Druck im Kessel auf ca. 120 Grad C (theoretischer Wert).

Das Erhitzen erfordert eine Energiemenge, die als Verdampfungswärme bezeichnet wird. So sind zur Erwärmung von 1 g Wasser um 1 Grad Celsius 4,2 Joule notwendig. Das Verdampfen von 1 g Wasser erfordert dagegen 2257 Joule. Der hohe Energiebedarf kann durch die Volumenzunahme des Wasserdampfs gegenüber der Flüssigkeit begründet werden.

Aus einem Liter Wassers im flüssigen Zustand entstehen beim Erhitzen 1673 Liter Dampf (Volumenvergrößerung bezogen auf Normaldruck). Befindet sich der entstehende Dampf nun in einem geschlossenen Gefäß, so baut sich ein hoher Druck auf, der einen Kessel auch explodieren lassen kann. Bei der Dampfmaschine gibt es hierzu entsprechende Sicherheitsventile, die bei zu hohem Druck den Dampf abblasen lassen.

Sinn gibt es, den Dampfdruck zu nutzen, indem dieser in einem Zylinder einen Kolben bewegt und damit mechanische Arbeit verrichtet werden kann.

Hinweis:

In der Physik bezeichnet man die Parameter mit „p“ für den Druck, der mit einer Kraft „F“ auf eine Fläche „A“ wirkt.

Wenn der Dampf wieder abkühlt, findet ein umgekehrter Prozess statt, der Dampf kondensiert. Dabei wird die vorher - zum Verdampfen erforderliche Energiemenge - als Kondensationswärme wieder frei. Wasserdampf kondensiert z.B. an kälteren Metallen zu kleinen sichtbaren Wassertröpfchen.

1.2.2 Der Kessel

Je nach Verwendung und Bauart der Dampfmaschine werden unterschiedliche Kesselbauformen gewählt. Hauptziel ist immer, eine ausreichende, stetig zur Verfügung stehende Dampfmenge zu erzeugen, um die Kolben der Dampfmaschine mit der nötigen Dampfenergie zu versorgen.

1.2.3 Das Schwungrad

Bei der Dampfmaschine wird die Hin- und Herbewegung des Kolbens in eine drehende Bewegung umgewandelt. Um einen gleichmäßigen Rundlauf zu erreichen, hat die klassische Dampfmaschine ein schweres Schwungrad. Mit dessen Hilfe werden der obere und untere Totpunkt überwunden. Das Schwungrad ist ein Energiespeicher, der quasi die Energie der „Arbeitstakte“ speichert und die passive Zeit dadurch überbrückt.

1.2.4 Die oszillierende Dampfmaschine

Ein funktionierendes Dampfmaschinenmodell kann mit dem oszillierenden Prinzip auf eine besonders einfache Art umgesetzt werden. Denn bei einer oszillierenden Dampfmaschine werden der Dampfein- und der Dampfauslass durch den sich bewegenden Zylinder geregelt. Die dazu notwendige Beweglichkeit des Zylinders wird in der Regel durch eine mittige, drehbare Lagerung erreicht. Der Zylinder wird durch eine Spiralfeder gegen die

glatte Fläche der Halterung gedrückt. Hierzu sollten die beiden Gleitflächen absolut plan sein.



*Abb. 1.01: Oszillierender Zylinder:
Dampfmaschinenmodell der Dampfbox*

Der Zylinder hat hinten eine Bohrung, welche als Dampfloch bezeichnet wird. Gleichzeitig befinden sich in der anliegenden Fläche des Haltewinkels ein Dampfzufuhrloch und ein Abdampfloch. Liegt nun das Dampfloch des Zylinders über dem Dampfzufuhrloch, so strömt Dampf in den Zylinder. Der Kolben bewegt sich aus dem Zylinder heraus, wobei die Hubbewegung über das Pleuellager und die Kurbel (exzentrische Lagerung) in eine Drehbewegung umgewandelt wird. Die Masse des Schwungrads führt den Kolben zurück, dabei kippt der Zylinder mit dem Dampfloch auf das Abdampfloch, so dass der gebrauchte Dampf entweichen kann. Hat der Kolben die hintere Totlage überwunden, so befindet sich das Dampfloch wieder über der Dampfzuleitung und erneut kann neuer Dampf in den Zylinder einströmen, sodass sich der beschriebene Vorgang wiederholt.

Prinzip oszillierende Dampfmaschine:

Der vom Kessel kommende Wasserdampf kommt durch den Dampfleinlass in den beweglichen Zylinder und drückt den Kolben aus dem Zylinder heraus. Durch die Kurbelbewegung schwenkt der Zylinder weiter, dadurch wird der Dampfleinlass geschlossen.

Bei der Aufwärtsbewegung des Kolbens wird der Zylinder weiter geschwenkt, das Dampfaustrittsloch wird erreicht. Der erkaltete Wasserdampf wird herausgedrückt und entweicht seitlich. Der Prozess beginnt von neuem.

Der Vorteil dieser Maschine liegt insbesondere darin, dass eine wesentlich einfachere Konstruktion erforderlich ist. Dennoch handelt es sich hierbei um eine vollwertige, robuste Maschine, so wie sie bei der Dampfschiffahrt verwendet wurde.

1.2.5 Schiebergesteuerte Dampfmaschine

Im Gegensatz zu dieser einfachen Konstruktion gibt es auch Modelle mit Schiebersteuerung, erfahrbar z.B. an dem Dampfmaschinenmodell D9/D10, D20 und an weiteren Modellen von Wilesco.

Die schiebergesteuerte Dampfmaschine funktioniert so, dass der vom Kessel kommende Wasserdampf durch den Dampfeynlass in den Schieberkasten geleitet wird und dort durch den Schieber in den Zylinder auf eine Seite des Kolbens drückt. Der Dampf schiebt den Kolben durch den Überdruck in den Zylinder hinein und da der Kolben über eine Pleuelstange mit der Kurbelwelle verbunden ist, wird das Schwungrad eine halbe Umdrehung weiter gedreht.

Jetzt wird der Schieber bewegt. Die Dampfzuführung erfolgt nun auf der anderen Seite des Kolbens. Dieser wird durch den Dampf nun zurückgedrückt. Der erkaltete Wasserdampf wird herausgeleitet und entweicht durch den Dampfauslass und wird z.B. zum Kamin des Dampfmaschinenmodells geleitet. Der Prozess beginnt von neuem.

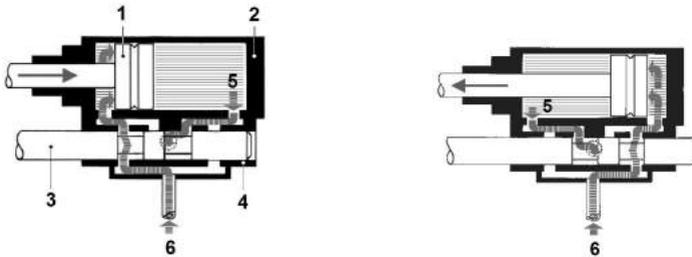


Abb. 1.02: Funktionsprinzip der schiebergesteuerten Dampfmaschine (Schnitt durch Zylinder und Schieber) a) Dampf drückt den Kolben (1) nach rechts, b) nach links. 1 = Kolben, 2 = Zylinder, 3 = Schieberstange, 4 = Schieberkasten, 5 = Abdampf (Dampfauslass), 6 = Zudampf (Dampfeinlass)

Die Dampfmaschine kann aus einem oder auch aus mehreren Zylindern bestehen. Der Vorteil von mehreren Zylindern ist, dass eine kontinuierlichere Kraftumsetzung stattfindet.

1.3 Leistung und Wirkungsgrad

Ein großer Vorteil der Dampfmaschine ist, dass diese durch die externe Verbrennung keine hohen Ansprüche an den Brennstoff hat. Eine Dampfmaschine funktioniert mit allem, was irgendwie brennt – Kohle, Holz, Öl, Torf, Abfälle irgendwelcher Art usw. Natürlich trifft dies nicht für das Willesco-Dampfmaschinenmodell zu, es wird mit Trockenbrennstoff beheizt.

Ein weiterer Vorteil der Dampfmaschine sind relativ geringe Betriebsgeräusche. Was man hört, sind die Geräusche der Mechanik und das Auspuffgeräusch des Dampfes, die Maschine selbst läuft nahezu geräuschlos.

Demgegenüber steht aber ein wesentlicher Nachteil. Die Dampfmaschine hat nur einen geringen Wirkungsgrad von ca. 10 bis 12%, d.h. nur 12% der aufgewendeten Energie des Brennstoffs werden in Bewegungsenergie umgesetzt.

1.3.1 Vergleich: Oszillierende und schiebergesteuerte Dampfmaschine

An den beiden Modellen z.B. das der Dampfbox und dem Modell D 20 kann man den Unterschied zwischen oszillierender und schiebergesteuerte Dampfmaschine sehr gut erforschen. Auch mit den Experimenten der Dampfbox lassen sich die Unterschiede hervorragend herausarbeiten.

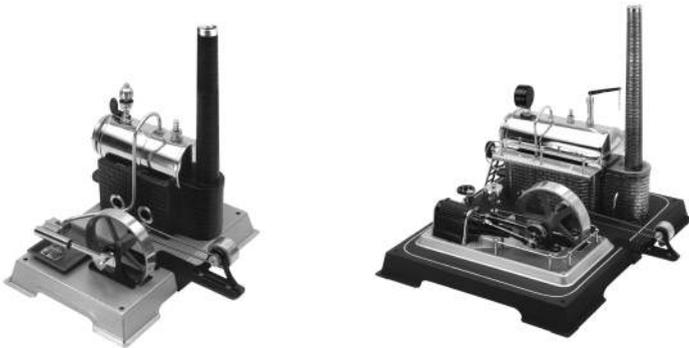


Abb. 1.03: links das Dampfmaschinenmodell der Dampfbox mit oszillierendem Zylinder, rechts daneben das Modell D20 (schiebergesteuert).

Neben der unterschiedlichen technischen Ausbildung unterscheiden sich auch die Leistungsabgabe und der Wirkungsgrad der beiden Modelle. Das Modell der Dampfbox braucht mehr Brennstoff als die D 20 für die gleiche Leistung. Speziell mit dem Generator kann die Leistungsabgabe hervorragend erforscht werden.

1.4 Welche Funktion hat die Dampfmaschine heute?

Im Bereich der Kraftmaschinen wurde die Dampfmaschine durch Verbrennungsmotoren verdrängt und ersetzt. Durch den hohen Energiegehalt der Kraftstoffe (10-12 kWh pro Liter) kann damit eine größere Leistung bei geringerem Gewicht und komfortablerer Bedienung genutzt werden. Und doch gibt es auch heute noch Einsatzbereiche für die Dampfmaschine. So wird diese Technik noch im Steinkohlebergbau in Förderanlagen eingesetzt. Denn dort kann die Dampfmaschine sowohl als Fördermaschine für die Kohle und gleichzeitig als Bremse zum Herablassen von Auffüllmaterial dienen. Die beim Herablassen gewonnene kinetische Energie wird zur Erhitzung des Dampfes verwendet.

Und es gibt immer wieder Konstrukteure, die das Prinzip der Dampfmaschine aufgreifen und mit modernen Materialien in unsere Welt bringen. Denn der Vorteil gegenüber dem Verbrennungsmotor, ist ein externer Verbrennungsvorgang, der mit einer Vielzahl von Brennstoffen durchgeführt werden kann. Ein weiterer Vorteil der Dampfmaschine ist eine gute Überlastleistung. Der Begriff: Überlastleistung bedeutet, dass die Nenn- bzw. Dauerleistungsabgabe kurzzeitig ohne Probleme überschritten werden kann. Dies kann in hier beschriebenen Experimenten z.B. dadurch praktisch nachvollzogen werden, dass vorübergehend der Generator kurzgeschlossen wird.

Bei modernen Dampfmaschinen, die über eine extrem emissionsarme externe Verbrennung verfügen, wird der Dampf mit gutem Wirkungsgrad erzeugt und dann ähnlich wie beim Dieselmotor über Düsen eingespritzt. Diese Maschinen arbeiten meist im Zweitaktverfahren und kommen außerdem ohne übliche Schmiermittel aus, weil die Verschleißteile aus modernen Kohlenstoffkomponenten gefertigt sind.

1.4.1 Hybridsysteme bestehend aus Photovoltaikanlage und Dampfmaschine

Es gibt verschiedene Forschungen und Untersuchungen zu Hybridsystemen, bestehend aus moderner Photovoltaik in Kombination mit modernen Konzepten von Dampfmaschinen. So ein kombiniertes System könnte Sinn geben, in klimatischen Regionen, bei denen die Solarenergie schwerpunktmäßig im Sommer nutzbar ist und eine Ergänzung für das Winterhalbjahr

erforderlich ist. Hierfür bietet sich eine Kraftwärmekopplung an, die hauptsächlich während der Heizperioden eingesetzt werden kann. Mit so einem System können z.B. private Haushalte oder innerbetriebliche Verbraucher ganzjährig energieautark versorgt werden.

Anstatt der Dampfmaschine kann aber auch ein Stirlingmotor verwendet werden. Beide Techniken lassen sich mit fast allen festen und flüssigen Brennstoffen wie z.B. Holz, Kohle, Biogas usw. betreiben.

Hinweis: Wenn Sie mit der E-Box E50 und mit einem bereits vorhandenen Modell arbeiten, können Sie das folgende Kapitel (2) überspringen und im Kapitel 3 mit den Experimenten in Verbindung mit einem vorhandenen Dampfmaschinenmodell fortfahren.

2. Modell zusammenbauen

Je nachdem, ob Sie mit der Dampfbox D100 E oder mit einem bereits vorhandenen Modell arbeiten, geht es hier weiter mit dem Zusammenbau des Dampfmaschinenmodells oder im nächsten Kapitel mit den Experimenten in Verbindung mit einem vorhandenen Dampfmaschinenmodell.

2.1 Tricks und Tipps für den erfolgreichen Zusammenbau

Manchmal ist es etwas schwierig, Schrauben an unzugängliche Stellen an dem Dampfmaschinenmodell (wie z.B. im Bereich des Schwungrades) zu verschrauben. Hierbei ist es hilfreich einen kleinen Magneten hinten an den Schraubendreher zu heften, sodass der Schraubendreher magnetisch wird und die Schrauben in die Bohrungen eingebracht werden können.

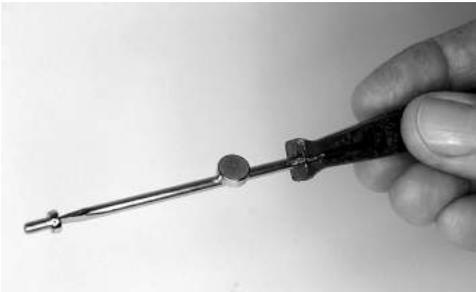


Abb. 2.01: Schraubendreher wird mit Magnet magnetisch und hält die Schraube

Um Schrauben festzuziehen, ist es sinnvoll, mit dem Schraubendreher die Schraube zu drehen und gleichzeitig an der Mutter mit dem Schraubenschlüssel gegenzuhalten.

Damit von den Kleinteilen wie z.B. Schrauben, Muttern und Dichtungen nichts verloren geht, ist es hilfreich, diese vor der Montage in eine flache Schale zu legen.

Zum Thema Ölen von beweglichen Teilen:

Gute Dienste leistet eine kleine Einwegspritze mit stumpfer Nadel (spitze Nadel evtl. abzwicken oder abschleifen um Verletzungsgefahr zu beseitigen). Damit kann das Dampfmaschinenöl richtig dosiert an die zu ölegenden Stellen gebracht werden.

| |
|---|
| Zum Ölen von Kolben und Zylinder kein dünnflüssiges Öl verwenden. Bitte verwenden Sie nur Wilescos-Dampfmaschinenöl. |
|---|



Abb. 2.02: Ölen mit einer Einwegspritze

Bevor die im Brennerschieber eingebrachten Trockenbrennstofftabletten angezündet werden, ist es sinnvoll zu prüfen, ob der Brennerschieber leicht und ohne Probleme in die Brennerschieberführung (im Kesselhaus des Dampfmaschinenmodells) geschoben werden kann. Wenn nicht, sollte die Brennerschieberführung seitlich ein wenig aufgeweitet werden.

2.2 Bauanleitung Schritt für Schritt

Alle Teile - auch die Werkzeuge, die zum Zusammenbau für die Modell-Dampfmaschine benötigt werden, - sind in der Dampfbox D 100E enthalten. Bitte befolgen Sie die einzelnen Schritte der Montageanleitung genau, da sonst die Funktionsfähigkeit Ihrer Dampfmaschine beeinträchtigt wird.

1. Schritt: Montage des Kessels

Den Kesselhaltebügel (4) von unten durch das Kesselhaus (2) nach oben schieben, bis er mit den abgewinkelten Seiten in den Aussparungen anliegt, welche sich im oberen Rand des Kesselhauses (2) mittig befinden. Den Kessel (3) nun entsprechend der Abbildung (das Wasserstandsglas muss auf der Seite des Feuerloches sein) zwischen Kesselhaltebügel (4) und Kesselgehäuse schieben. Anschließend den Kessel von unten gegen den Bügel drücken und dabei nach hinten schieben, bis er auf der hinteren Kesselauflage einrastet.



Abb. 2.2.1: Montage des Kessels

2. Schritt: Montage der Brennerführung und des Kesselhauses

Die Brennerführung (5) in die dafür vorgesehenen Schlitz der Grundplatte (1) einstecken (Spitze nach vorne). Die Befestigungslaschen der Brennerführung auf der Unterseite der Grundplatte mit einem stumpfen Gegenstand, wie z.B. mit der Längsseite des Schraubendrehergriffes, nach außen biegen. Nun das fertige Kesselhaus mit dem darauf montierten Kessel (3) zuerst mit der Vorderseite (Wasserstandsglas) in den langen Schlitz der Grundplatte einhaken, anschließend hinten die beiden anderen Laschen durch die Grundplatte stecken und diese auch umbiegen. Den Aufkleber „Bitte Wasserstand beachten“ unterhalb des Schauglases auf die Grundplatte (1) kleben. Das Typenschild sollte ebenfalls auf die Grundplatte (1) geklebt werden.



Abb. 2.2.2: Brennerführung und Kesselhaus montieren

3. Schritt: Montage des Schwungrads

Auf die kurze Seite der Schwungradachse (8) einen Lagerbock (7) schieben, dann die Kurbelscheibe (12) aufschrauben. Auf der anderen Seite des Schwungrades erst mal die Schnurlaufrolle wieder entfernen, dann nacheinander das Distanzrohr (9), einen Lagerbock (7) und eine Unterlegscheibe (11) aufschieben, anschließend die Schnurlaufrolle (10) wieder aufschrauben. Nun die Kurbelscheibe (12) und die Schnurlaufrolle (10) gegeneinander festziehen. Diese Schwungradeinheit wird jetzt mit den Schrauben M3x6 (24) und den Muttern (25) auf der Grundplatte montiert, so dass die Kurbelscheibe nach außen zeigt. Die Schrauben durch die Lagerböcke in die Grundplatte zu verschrauben, ist etwas diffizil. Hilfreich ist es dabei, einen kleinen Magneten hinten an den Schraubendreher zu heften, so dass der Schraubendreher magnetisch wird und die Schrauben in die Bohrungen gebracht werden können, ohne dass sie herunterfallen (siehe auch Kapitel: Tricks und Tipps).

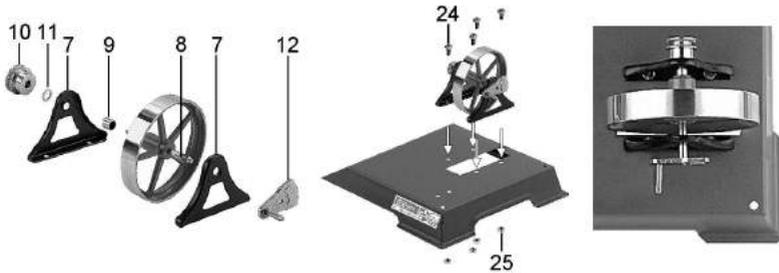


Abb. 2.2.3: Montage des Schwungrads

4. Schritt: Montage der Zylindereinheit

Zuerst die Zylindereinheit zusammenbauen. Die Feder (18) und die Schieberwand (15) auf die Schraube M3x16 (17) stecken und diese 1-2 Umdrehungen in die Gewindebohrung des Zylinders (20) einschrauben (Nicht weiter einschrauben, da sonst der Zylinder beschädigt wird). Jetzt die Schieberwand sowie die Kondenswasserschale (16) mit zwei Schrauben M3x6 (24) und Muttern (25) auf der Grundplatte befestigen. Die Schrauben von unten durch die entsprechenden Bohrungen schieben und mit je einer Mutter verschrauben.

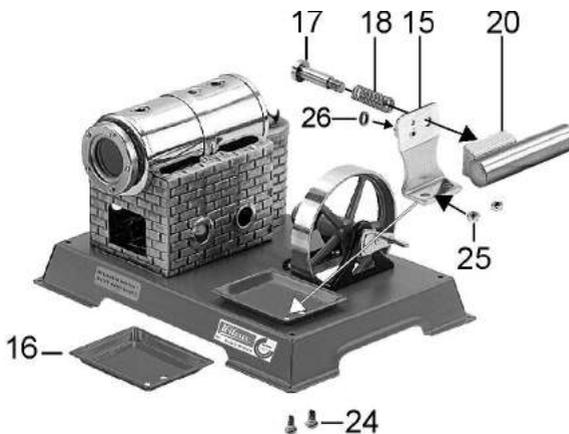


Abb. 2.2.4: Montage der Zylindereinheit

5. Schritt: Montage von Dampfrohr und Kamin, Endmontage

Auf dem Kessel befinden sich drei Gewindebohrungen. In die mittlere und in die Gewindebohrung der Schieberwand (15), welche mit der Gewindebohrung im Kessel identisch ist, wird je ein kleiner Dichtungsring (26) eingelegt. Die Blende (14) auf der Schieberwandseite mit der Öffnung nach unten über die Stopfbuchschraube (13-1) stülpen und die sich auf dem Dampfrohr (13) befindenden zwei Stopfbuchschrauben (13-1) in die dafür vorgesehene Gewindebohrungen zuerst mit der Hand leicht einschrauben. Nachdem die Kolbenstange (19) in den Zylinder gesteckt und über den Stift der Kurbelscheibe (12) geschoben wurde, ist zu prüfen, ob der Zylinder im rechten Winkel zur Radachse steht. Gegebenenfalls sind die beiden Befestigungsschrauben an der Schieberwand zu lösen und nach der Korrektur wieder anzuziehen. Anschließend die beiden Stopfbuchschrauben des Dampfrohres mit dem beigefügten Maulschlüssel leicht festziehen. Nun die Pfeife (22) und das Federsicherheitsventil (21) jeweils mit einem großen Dichtring (27) versehen, in den Kessel einschrauben und von Hand, nicht mit einem Hilfswerkzeug, festziehen. Die Pfeife kann durch Kombination von verschiedenen Dichtungen in die richtige Position gebracht werden. Die Position des Kunststoffhebels sollte unbedingt nach vorne ausgerichtet sein, damit er nicht verbrennen kann. Den Brennerschieber (6) jetzt unter den Kessel schieben. Nach dem Aufstecken des Kamins (23), diesen mit 2 kleinen Blechschrauben befestigen. Nun ist der Zusammenbau abgeschlossen. Zum Schluss sollte dann noch der Aufkleber: Baumusterprüfung vom TÜV/Nord aufgeklebt werden

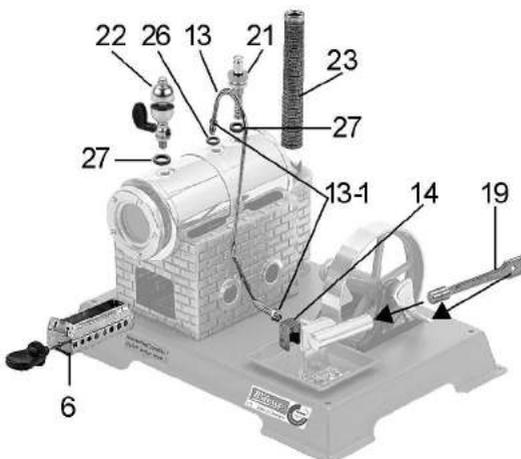


Abb. 2.2.5: Endmontage

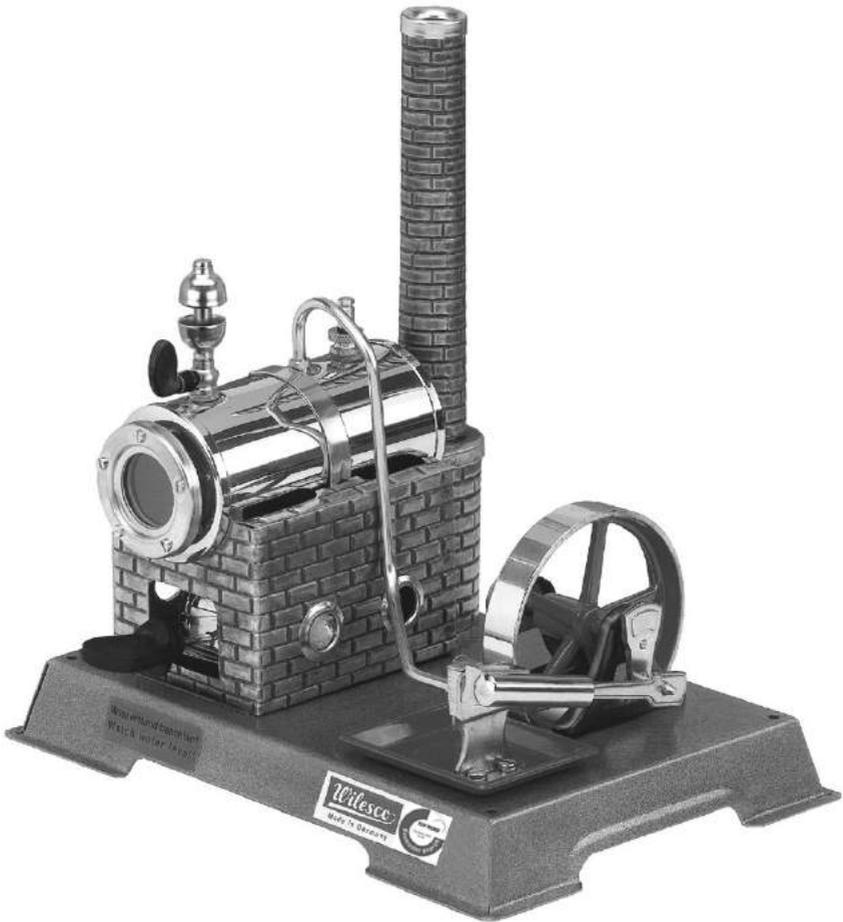
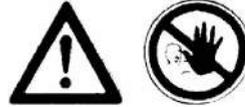


Abb. 2.3.1: Komplettes Dampfmaschinenmodell ohne Generator

2.3 Sicherheitsbestimmungen

Wichtige Hinweise und Sicherheitsmaßnahmen zu Ihrer eigenen Sicherheit:



Aus Gründen der Sicherheit sollten Kinder die Dampfmaschine nur unter Aufsicht von Erwachsenen in Betrieb nehmen (empfohlenes Alter ab 8 Jahre). Die Maschine niemals ohne Federsicherheitsventil betreiben. Während des Betriebes der Dampfmaschine und bis zum vollständigen Abkühlen muss das Modell ständig unter Beobachtung stehen.

Nur WileSCO- Dampfmaschinenöl und Trockenbrennstofftabletten verwenden.

1. Jede Unregelmäßigkeit beim Betrieb der Dampfmaschine darf nur von einem autorisierten Fachhändler oder von der Fa. WILESCO selbst beseitigt werden, sonst erlischt jegliche Gewährleistung.
2. Jede eigenmächtige Veränderung, Reparatur oder Manipulation – abweichend von der Gebrauchsanweisung- führt zum Ausschluss jeglicher Haftung.
3. Die unter Dampfdruck stehenden Teile, wie Dampfkessel, Federsicherheitsventil usw. verlassen unser Werk nur nach einer 100%igen Kontrolle. Das Federsicherheitsventil darf nicht verstellt werden. Ein Betrieb der Dampfmaschine ohne Federsicherheitsventil ist nicht zulässig. Das Federsicherheitsventil muss vor jedem Betrieb durch das Zusammendrücken der Feder oder ein kurzes Ziehen an der oberen Ventilstange auf seine Funktion geprüft werden. Sollten sich Kalkrückstände durch kalkhaltiges Wasser am Federsicherheitsventil festgesetzt haben, so ist das Ventil sofort gegen ein Neues auszutauschen.
4. Übertemperaturen: Funktionsbedingt treten am Brennerschieber, Kessel, Kesselgehäuse, Federsicherheitsventil, den Dampfleitungen usw. höhere Temperaturen auf. Vorsicht, nicht berühren! Es besteht Verbrennungsgefahr!
5. Schutzmaßnahmen: Während des Betriebes ist dafür Sorge zu tragen, dass Kinder nicht in bewegliche Maschinenteile greifen.

6. Gefahr beim Heizen ohne genügend Wasser im Kessel: Es ist stets darauf zu achten, dass die Dampfmaschine nur mit ausreichender Wasserfüllung im Kessel in Betrieb gesetzt wird. Achtung: Beim Nachlegen der Trockenbrennstoff-Tabletten unbedingt das Wasser bis zum Wasserstand-Maximum nachgefüllen.



7. Der Wasserstand muss in dem Schauglas immer mindestens am unteren Rand sichtbar sein, da sonst die Lötstellen undicht werden und der Kessel somit zerstört wird. Daraus entstehende Reklamationen, Schäden und Folgeschäden können nicht anerkannt werden. Sollten am Kessel oder an den Armaturen Undichtigkeiten auftreten, aus denen Wasser oder Dampf austritt, so ist die Dampfmaschine sofort außer Betrieb zu setzen (Brennerschieber herausnehmen und die Dampfpeife betätigen). Eine notwendige Reparatur darf nur vom autorisierten Fachmann oder von der Firma WILESCO ausgeführt werden.
8. Die Dampfmaschine entspricht der Sicherheitsnorm bzw. der gültigen Gesetzesvorschrift. Jeder Dampfkessel wird mit einer Berstdruck / Wasserdruckprobe von 5 bar geprüft. Der Betriebsdruck beträgt maximal 1,5 bar. Der Kesselinhalt des vorliegenden Modells beträgt 135 cm³
9. Die Bedienungsanleitung ist unbedingt aufzubewahren.
10. Es empfiehlt sich, die stationäre Dampfmaschine auf eine rutschfeste Oberfläche zu stellen oder z.B. auf einer beschichteten Spanplatte (ca. 16 mm dick) mit vier Holzschrauben (3,5 x 45 mm) zu befestigen. Die Größe der Platte richtet sich nach der Anzahl von Modellen, welche mit der Dampfmaschine angetrieben werden sollen.

Achtung: Dampfmodell nur mit ausreichendem Abstand zu brennbaren Gegenständen, an einem windstillen Platz und nicht auf temperaturempfindlichen Untergründen betreiben.

2.4 Vorbereitungen zum ersten Probelauf

Komponenten: destilliertes Wasser, Dampfmaschinenöl, Trockenbrennstoff-tabletten

Hinweis:

Die Dampfmaschine soll nur gemäß der Bedienungsanleitung und den Sicherheitsbestimmungen in Betrieb genommen werden.

1. Das Federsicherheitsventil herausdrehen und mit Hilfe des beiliegenden Trichters den Kessel ca. 3/4 voll (oberer Rand des Wasserstandglases) mit möglichst warmem Wasser füllen. Den Trichter beim Wassereinfüllen leicht anheben, damit hier die Luft aus dem Kessel entweichen kann. Nur kalkarmes bzw. kalkfreies Wasser (z.B. destilliertes Wasser) verwenden.

2. Die Dampfpeife auf den Kessel montieren. Beim Einschrauben der Dampfpeife sollte der Hebel möglichst nach außen zeigen (evt. verschiedene Dichtungen unterlegen), damit die Betätigung der Peife ohne Kesselberührung möglich ist. Nicht am Hebel ziehen bzw. herausziehen, sondern diesen nur vorsichtig hin- und herbewegen.

Hinweis: Mit der Dampfpeife kann man sehr einfach durch Betätigen des Hebels einen Überdruck im Kessel regulieren oder vor dem Ölen prüfen, ob noch Dampfdruck vorhanden ist.

3. Kolben nur ölen, wenn kein Dampfdruck im Kessel vorhanden ist. Zur Kontrolle ist die Dampfpeife mehrmals zu betätigen. Zum Ölen Kolbenstange vom Stift der Kurbelscheibe abnehmen, ca. 2-3 Tropfen Wilescodampfmaschinenöl auf den Kolben und in den Zylinder selbst ca. 2-3 Tropfen Öl einfüllen. Kolben wieder einsetzen. 2-3 Tropfen Öl reichen für ca. 10 Minuten Betriebszeit.

Sämtliche Lager und Gelenke leicht ölen. Vor jeder Kesselfüllung ist ebenfalls durch Öffnen der Dampfpeife zu überprüfen, ob sich kein Dampfdruck mehr im Kessel befindet.

4. WiTabs-Trockenbrennstofftabletten in den Brennerschieber hochkant einlegen (nicht mehr als 1 + 1/2 Stück). Anschließend die Tabletten anzünden. Ausschließlich den original WILESCO- Brennerschieber benutzen. **Vorsicht: Unbedingt die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen für den Umgang mit offenem Feuer treffen und beachten.**



Der Brennerschieber ist verstellbar. Mit den seitlich angebrachten Löchern, passend zu der Brennerschieberführung im Kesselhaus, lässt sich die Sauerstoffzufuhr und somit die Flammenhöhe regulieren. Um ein Trockenheizen des Kessels zu vermeiden, sollte vor jedem Nachfüllen mit Brennstofftabletten der Wasserstand überprüft und der Kessel mit Wasser neu aufgefüllt werden. Das Verhältnis Brennstofftabletten zum Wasserinhalt im Kessel ist so bemessen, dass der Kessel ohne Nachfüllen von Brennstofftabletten nicht trocken geheizt werden kann. Der Brennerschieber muss ganz eingeschoben sein. Wichtig: Nach Beendigung des Heizens den Brennerschieber, während er noch warm ist, also vor dem Abkühlen/Erkalten aus der Führung herausnehmen. Sonst kann sich der Schieber durch das Verkleben von Brennrückständen festklemmen. Sollte der Brennerschieber einmal festsitzen, kann man diesen dann durch ein leichtes Verkannten nach links/rechts lösen.

Achtung: Die Befuerung mit Trockenbrennstofftabletten erfordert viel Sauerstoff. Eine gute Belüftung des Zimmers ist daher notwendig!



Hinweis:

Tabletten, die nicht restlos abgebrannt sind, wegen der auftretenden Geruchsbelästigung nicht ausblasen, sondern unbedingt ausbrennen lassen. Falls nicht genügend Wasser im Kessel ist, sollte der Brennerschieber auf eine feuerfeste Unterlage gelegt werden und hier die Brennstofftabletten restlos abgebrannt werden.

5. Das Schwungrad bei sichtbarer Dampfentwicklung von Hand anwerfen, damit das in der Dampfleitung und dem Zylinder befindliche Kondenswasser entweichen kann. Dadurch setzt sich die Dampfmaschine in Betrieb.

6. Nach Beendigung des Dampfbetriebes und dem Abkühlen sollte die Dampfmaschine gewartet werden. Noch im Kessel vorhandenes Wasser sollte ausgeschüttet werden. Hierzu das Federsicherheitsventil abschrauben und vor dem Umkippen des Modells alle losen aufgesetzten Teile abnehmen. Vorsicht bei heißem Wasser! Im Kessel verbleibendes Wasser kann der Funktion nicht schaden, aber evtl. zu Ablagerungen an dem Schauglas führen. Kalkrückstände am Wasserstandsschauglas oder im Kessel auf keinem Fall mit Essig oder sonstigen stark ätzenden Mitteln entfernen (Empfehlung: Kalklösendes Mittel verwenden, welches Messing und Lötzinn nicht angreift). Eine Rußbildung an der Unterseite des Kessels beein-

flusst ebenfalls nicht die Funktion, kann aber mit einer weichen Bürste entfernt werden. Zum Abschluss das Modell trocken putzen.



3.2: Dampfmachine der Dampfbox mit Generator

Abb2.

3. Experimente mit der Dampfmaschine und zusätzlichen Komponenten

Mit den zusätzlichen Komponenten können, in Verbindung mit der Dampfmaschine, elektrische und elektronische Schaltungen aufgebaut werden.

3.1 Komponenten und Beschreibung

Nachfolgend werden die Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der beiliegenden Komponenten der Dampfbox D 100E und der E-Box E50 beschrieben.

3.1.1 Generator

In der Dampfbox D 100E und in der E-Box E50 befindet sich eine permanent erregte Gleichstrommaschine, die für die Experimente vor allem als Generator verwendet wird. Die Unterscheidung zwischen Motor und Generator gibt es streng genommen nicht. Elektrische Maschinen arbeiten je nach Einsatz und Beschaltung als Motor oder als Generator.

Bei einem Generator hat die Permanenterregung den Vorteil, dass das für die Induktion/Stromerzeugung erforderliche Feld nicht durch eine Spule, sondern durch einen Dauermagneten erzeugt wird. Dadurch entfällt der Energie/Stromverbrauch für das Feld, welches vor allem bei niedrigen Drehzahlen einer Dampfmaschine mehr Energie verbraucht, als aus der mechanischen Energie umgewandelt werden kann.

Der Gleichstrom-Generator besteht aus einem Rotor (eine Spule mit Kupferlackdraht), welcher sich innerhalb eines umgebenden permanenten Magnetfeldes (Stator) dreht. Diese Rotor-Spule ist über einen bürstenartigen Stromwender mit den Generatoranschlüssen (rotes und schwarzes Anschlusskabel) verbunden. Durch den Stromwender wird bei jeder halben Drehung des Rotors, die Polarität der Spule umgepolt.

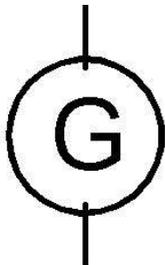


Abb. 3.01: Schaltsymbol, Generator.



Abb. 3.02: Gleichstrommaschine mit dem Lagerbock verbunden

Die Anschlussleitungen (rot/schwarz) sind aus flexibler Litze und können z.B. mit Hilfe der Krokoklemmen mit dem Steckbrett verbunden werden.

3.1.2 Riemen (Antriebsspirale)

Die beiliegende Antriebsspirale kann durch Verdrehen zusammengesteckt und auseinander gezogen werden. Dazu das in der Abbildung linke Ende festhalten und das rechte Ende der Antriebsspirale 1-2 Umdrehungen nach links drehen (a), damit die Antriebsspirale selbst später ohne Spannung bleibt. Anschließend das konische – in der Abbildung rechte Ende - in das linke zylindrische Ende hinein schieben und mit 1-2 Umdrehungen eindrehen (b), sodass die Windungen der Spiralen ineinander greifen. Die Demontage erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.



Abb. 3.03: Riemen, zusammenfügen
a) erster Schritt,
b) zweiter Schritt

Der Dampfbox liegen Antriebsspiralen bei. Auch können längere Antriebsspiralen aus dem Zubehör durch Abtrennen mit einer stabilen Schere auf die richtige Länge gebracht werden. Für die Übertragung der mechanischen Leistung von der Dampfmaschine zum Generator ist eine Länge von 175 bis 185 mm optimal. Wichtig ist dabei, dass die Überlänge vom zylindrischen Ende gekürzt wird, damit das konische Ende noch zum Zusammenfügen der beiden Riemenhälften zur Verfügung steht.

3.1.3 Steckbrett

Das Steckbrett, auch als Experimentierbrett bezeichnet, besteht im Inneren aus Kontaktfedern, die in einem Reihen-System miteinander verbunden sind.

Das Steckbrett eignet sich hervorragend für die praktische Umsetzung von elektronischen Schaltungen, in Verbindung mit der Dampfmaschine. Die elektronischen Bauteile, wie z.B. Leuchtdioden, Widerstände und Verbindungsdrähte, können wiederholt in die Kontakte eingesteckt werden. Das Steckbrett ermöglicht es somit, ohne Löten oder Schrauben die Schaltungen aufzubauen, und durch Umstecken oder Austausch einzelner Komponenten, mit dem Schaltungsaufbau zu experimentieren.

Daten: Das beigelegte Steckbrett hat insgesamt 170 Kontakte im 2,54-mm-Raster. Die 170 Kontakte sind jeweils durch vertikale Streifen in 5er-Reihen verbunden.

- Abmessungen: 45mm x 33mm x 9mm
- Kontaktabstand: 2.54 mm (100 mil)
- Kabelanschluss - Größe: 0.3 - 0.8 mm (AWG 20 - 28)
- Lochform: rechteckig
- Befestigung: Klebefolie an der Unterseite



Abb. 3.04: Steckbrett

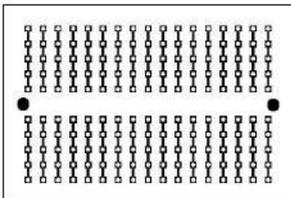


Abb. 3.05: Inneres Verschaltungsprinzip des Steckbretts (Verbindung der Steckkontakte in senkrechten 5er-Reihen)

Ist das Experimentierbrett neu, so kann das Einstecken der Anschlussdrähte von Bauteilen und von Drahtbrücken zunächst etwas mühsam sein. Abhilfe bringt dann, mit einer dünnen Stecknadel in die Kontakte zu gehen. Die Kontaktfedern sind für einen Drahtdurchmesser von ca. 0,3 bis 0,6 mm vorgesehen, deshalb sollte die Nadel nicht zu dick sein, da ansonsten die Kontaktfedern zu stark ausleiern und dann der Kontakt zu den eingesteckten Drahtanschlüssen darunter leidet.

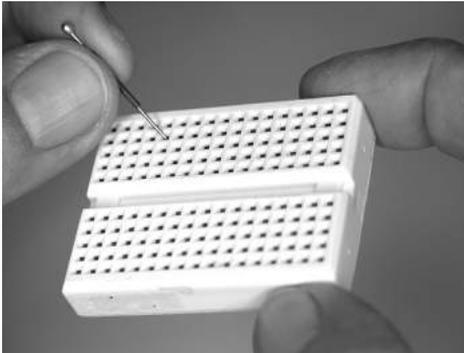


Abb. 3.06: Mit Stecknadel Kontakte vorsichtig aufweiten

Es können alle Bauteile ohne Lötten direkt eingesteckt werden. Das Einstecken bedarf etwas Übung, damit die Anschlussdrähte nicht gleich umknicken. Den einzelnen Anschlussdraht sollten Sie möglichst kurz (an-) fassen und mit ein wenig Kraft senkrecht in den Kontaktpunkt einstecken, eine kleine Flachzange kann dabei hilfreich leisten.

Schräg mit dem Seitenschneider abgewickelte Anschlussdrähte erleichtern das Einstecken. Kurze Drähte - wie die der LEDs - können Sie auch mit einer kleinen Flachzange oder einer Pinzette einstecken, damit diese nicht abknicken. Drahtbrücken können Sie aus dem beiliegenden Schaltdraht mit einem Durchmesser von ca. 0,6 mm herstellen. Dazu die ungefähre Länge der Drahtbrücke abschätzen oder abmessen (zuzüglich der Länge für die Drahtenden, die in die Steckkontakte eingesteckt werden sollen). Die Enden abisolieren. Entweder mit einer feinen Abisolierzange oder die Isolierung mit einem Messer rundherum einschneiden und abziehen.

Das Steckbrett kann auch auf eine Unterlage, die z.B. aus einem Stück Holz besteht, montiert werden. Dazu die Unterlage in geeigneter Größe herrichten und bearbeiten.

Die Rückseite des Steckbretts ist mit Klebefolie versehen. Nach dem das Schutzpapier abgezogen wurde, kann so das Steckbrett auf einen glatten und staubfreien Untergrund aufgeklebt werden.

Achtung: Ist der Klebevorgang erst einmal erfolgt, so ist es schwierig das Steckbrett wieder abzulösen, ohne dass dieses beschädigt wird.



Abb. 3.07: Steckbrett auf ein Montagebrett aufgeklebt (Montagebrett nicht enthalten)

3.1.5 LEDs (Leuchtdioden)

Eine LED (aus dem Englischen: light emitting diode = Lichtemittierende Diode) hat neben den Eigenschaften einer normalen Diode noch eine weitere Eigenschaft! Sie leuchtet wenn Spannung angelegt wird. Beiliegend finden Sie eine rote, eine orangefarbige LED, zwei weiße LEDs, sowie eine rote Blink-LED. Die Blink-LED erkennen Sie an dem kleinen schwarzen Punkt innerhalb des roten Gehäuses. Der dunkle Punkt ist der integrierte Schaltkreis, der die LED zum Blinken bringt.

Leuchtdioden (LEDs) dürfen in der Regel nur mit einem Vorwiderstand betrieben werden, ansonsten können diese zerstört werden.

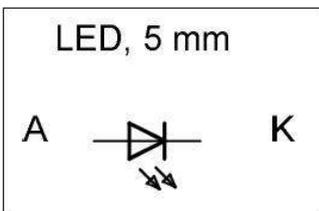


Abb. 3.08: Schaltsymbol, LED der Pfeil zeigt die technische Stromrichtung an, A steht für die Anode (+) und K für die Kathode (-)

Für einige Experimente in Verbindung mit dem Generator sind Vor-Widerstände mit 100 Ohm bis 1 K-Ohm geeignet.

Im Gegensatz zur Glühlampe besitzt die LED keinen Glühfaden und hat aus diesem Grund eine lange Haltbarkeit und einen geringen Stromverbrauch.



Abb. 3.09: Anschlussbelegung der Leuchtdioden: Die Anode(+) mit dem längeren Anschlussdraht und der „Minusanschluss“, die Kathode (-), zusätzlich durch eine Abflachung am Gehäuse markiert.

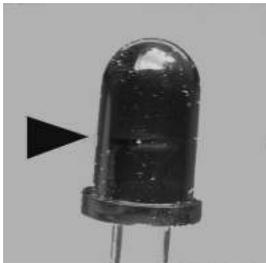


Abb. 3.10: Blink-LED mit integriertem Blink-IC.

3.1.6 Elko (Elektrolytkondensator)

Elektrolytkondensatoren haben im Vergleich zu normalen Kondensatoren eine hohe Kapazität. Man kann sich den Kondensator mit 2 Metallplatten vorstellen (so wie dies im Schaltzeichen auch prinzipiell dargestellt wird). Die erste „Platte“ des Elektrolytkondensators ist durch eine Oxyd-Schicht (Dielektrikum) isoliert. Die zweite „Platte“ besteht aus einem Elektrolyten, der dem Elektrolyt-Kondensator auch den Namen gibt (leitende Flüssigkeit). Aufgrund des Elektrolyten ist ein Elko polungsabhängig und die Anschlüsse sind mit einem Pluspol und einem Minuspol bezeichnet.

Wird das Bauteil über längere Zeit „falsch herum“ angeschlossen, wird dadurch der Elektrolyt des Kondensators zerstört.

Die aufgedruckte maximale Spannungsangabe darf nicht überschritten werden, ansonsten kann die Isolierschicht zerstört werden.

Beiliegend befinden sich radiale Elektrolytkondensatoren mit den Werten: 1000 μF und 4700 μF

C = Elektrolytkondensator



Abb. 3.11: Schaltsymbol, Elektrolytkondensator, kurz als Elko bezeichnet. Links der Pluspol

Hinweis:

μF bedeutet „mikro-Farrad“, die Einheit μ ist der ein millionste Teil der Grundeinheit.

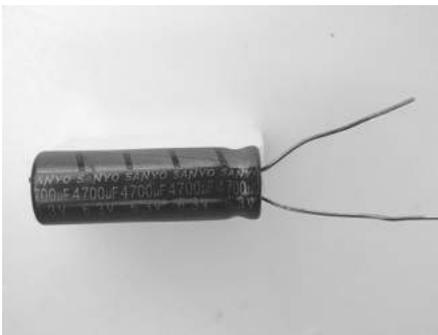


Abb. 3.12: Elektrolytkondensatoren (Elkos) mit Anschlussdrähte. Der Pluspol ist der längere Anschlussdraht. Zusätzlich ist der Minuspol am Gehäuse durch einen hellen Strich gekennzeichnet.

Hinweis: Der Einfachheit halber wird der Elektrolytkondensator von Fachleuten mit dem Begriff „Elko“ abgekürzt. Diese Abkürzung wird auch in der Anleitung verwendet.

3.1.7 Diode

Dioden lassen den Strom nur in einer Richtung durch, sie werden deshalb unter anderem zum Gleichrichten von Wechselspannungen und zur Abblockung unerwünschter Polarität bei Gleichspannung eingesetzt.

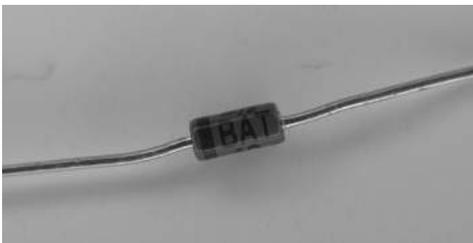
Die Funktion der beiliegenden Diode, kann man sich im Normalbetrieb am einfachsten sinnbildlich als Rückschlagventil (so wie es bei Wasserinstallationen verwendet wird) vorstellen. Wenn Druck (Spannung) auf dieses Ventil (Diode) in Sperrrichtung erfolgt, so wird der Stromfluss blockiert.

SCHOTTKYDIODE



*Abb. 3.13: Schaltsymbol Schottkydiode.
Links mit A bezeichnet ist die Anode (+),
rechts mit K bezeichnet ist die Kathode (-)*

In die Gegenrichtung (Pfeilrichtung) muss der Druck groß genug werden, um den Federdruck des Ventils (Sperrspannung) überwinden zu können. Danach öffnet das Ventil und der Strom kann fließen. Die Spannung, die in diesem mechanischen Modell zum Überwinden des Federdruckes notwendig ist, entspricht bei einer Diode der so genannten Vorwärtsspannung. Dabei muss zunächst eine bestimmte Spannung in Flussrichtung der Diode anliegen, damit die Diode in den leitenden Zustand übergeht.



*Abb. 3.14: Schottkydiode, Typ
BAT 48. Die Kathode der Diode
ist an dem aufgedruckten
schwarzen Ring zu erkennen,
der andere Anschlussdraht
ist die Anode. Die technische
Stromrichtung geht von der
Anode zur Kathode*

Hinweis:

In Durchlassrichtung (Schaltsymbol Pfeil) beginnt bei den beiliegenden Schottkydioden der Stromfluss bei etwa 0,25 V, was eine besonders verlustfreie Übertragung möglich macht.

3.1.8 Widerstände

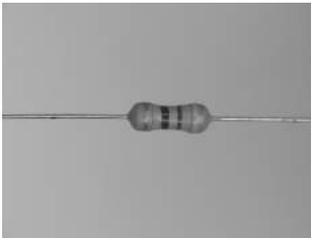
Ein Widerstand ist ein passives Bauelement in elektrischen und elektronischen Schaltungen. Seine Hauptaufgabe ist die Reduzierung des fließenden Stromes auf sinnvolle Werte (siehe auch im Abschnitt zu den LEDs).

Die bekannteste Widerstands-Bauform ist der zylindrische keramische Träger mit axialen Anschlussdrähten.

Die Widerstandswerte sind kodiert und in Form von farbigen Ringen aufgedruckt.

Beiliegend befinden sich Kohleschichtwiderstände mit folgenden, in der Tabelle angegebenen Werten:

| Anzahl | Widerstandswert | 1. Ring 1. Ziffer | 2. Ring 2. Ziffer | 3. Ring Multiplikator | 4. Ring Toleranz |
|--------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | 1 Ohm | braun | schwarz | Gold | gold |
| 1 | 10 Ohm | braun | schwarz | Schwarz | gold |
| 1 | 100 Ohm | braun | schwarz | Braun | gold |
| 2 | 1 K-Ohm | braun | schwarz | Rot | gold |



R = Widerstand



Abb. 3.15: Links Foto des Widerstands, rechts das Schaltsymbol. Beim Widerstand ist es egal wie herum er angeschlossen wird

3.1.9 Experimentierstrippen (rot/schwarz)

Mit den roten und schwarzen Experimentierstrippen, an deren Enden jeweils Krokoklemmen angeschlossen sind, können Sie schnell und einfach einzelne Teile elektrisch anschließen und verbinden (ohne LötKolben). Sinnvoll ist es, die roten Anschlussstrippen für den Pluspol und die schwarzen für den Minuspol zu verwenden.



Abb. 3.16: Experimentierstrippen mit Krokoklemmen.

3.1.10 Verbindungsdraht (rot/schwarz)

Beiliegend finden Sie auch Schaltdraht. Der Draht sollte an den Enden ca. 8 mm abisoliert werden und kann dann direkt in die Kontakte des Steckbretts eingesteckt werden.

Vom Schaltdraht können Sie, je nach Bedarf, unterschiedliche Längen abschneiden und die Enden jeweils abisolieren. Mit diesen Drahtstücken können Sie die elektrischen Verbindungen zwischen den einzelnen Kontakten des Steckbretts herstellen. Die einmal hergestellten Drahtbrücken können immer wieder verwendet werden.

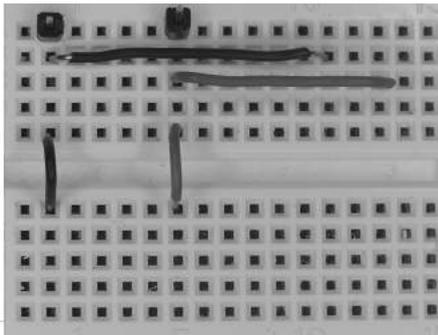


Abb. 3.17: Anwendungsmöglichkeit des Schaltdrahtes. In den obersten Kontakten sind die Steckstifte für die Verbindung mit den Krokoklemmen zu sehen. Die oberen 5 Reihen der Kontakte werden mit den unteren 5 Reihen verbunden.

3.1.11 Tastschalter

Es liegt ein Tastschalter entsprechend der Abbildung bei. Die gezeigte Form mit zwei Anschlüssen, die doppelt herausgeführt sind, eignet sich gut für die Verwendung im Steckbrett. Die elektrische Verbindung ist so lange hergestellt, wie die Taste gedrückt wird. Beim Loslassen ist die Verbindung wieder unterbrochen. Beim Anschluss ist darauf zu achten, dass die 4 Beine des Tasters wie in der Abbildung gezeigt, anzuschließen sind. Bei verdrehtem Einbau funktioniert der Taster nicht wie vorgesehen, da die Anschlüsse intern verbunden sind.

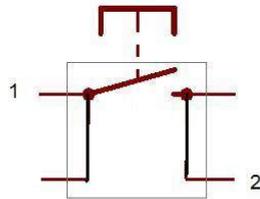
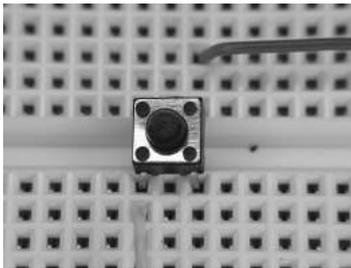


Abb. 3.18: a) Tastschalter im Steckbrett und b) Anschlussbelegung

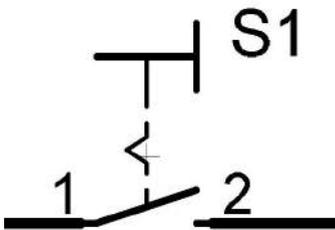


Abb. 3.19: Schaltsymbol Tastschalter

Komponenten in der Übersicht:

| Anzahl | Art | Detail |
|--------|--|--------------------------------|
| 1 | Generator, permanent, Gleichstrom | |
| 1 | Generatorhalter | |
| 1 | Steckbrett | 170 Kontakte |
| 1 | Tastenschalter | |
| 1 | LED, rot | 5 mm |
| 1 | LED, orange | 5 mm |
| 2 | LED, weiß, extra hell | 5 mm mind. 2500 mcd |
| 1 | Blink-LED, rot | 5 mm |
| 1 | Elko | 1000 μ , 10 V (oder höher) |
| 2 | Elko | 4700 μ , 10 V (oder höher) |
| 1 | Dioden, Schottky | BAT 48 |
| 2 | Experimentierstrippen mit Krokoklempen | rot, schwarz |
| 2 | Steckstifte | |
| 5 | Widerstände, Kohle ¼ Watt | 1, 10, 100 Ohm, 2x 1K |
| 0,5m | Draht, rot | 0,6 mm |
| 0,5m | Draht, schwarz | 0,6 mm |

Hinweis:

Es wird empfohlen, sich an die im Anleitungsbuch vorgegebene Reihenfolge zu halten. Das erleichtert das Verständnis und erspart Handgriffe beim Umbau. Später können Sie die Experimente leicht in beliebiger Art wiederholen.

Empfehlung für die Reihenfolge:

1. Anleitung lesen
2. Experiment aufbauen
3. Aufbau kontrollieren
4. Bauteile und Varianten für die Experimente vorbereiten
5. Dampfmaschine starten

Der Generator darf nur für die hier beschriebenen Zwecke verwendet werden!

3.2 Von der mechanischen Energie zur elektrischen Energie

Um aus dem erzeugten Dampf elektrischen Strom zu erhalten, braucht es mehrere Schritte. Zuerst die Umwandlung von der Dampfenergie in mechanische Energie und im nächsten Schritt die Umwandlung der mechanischen Energie in elektrische Energie. Elektrische Energie hat in unserem Alltag den großen Vorteil, dass diese über das bereits vorhandene Stromnetz transportiert und beim Verbraucher universal verwendet werden kann.

3.2.1 Anschluss und Funktion der elektrischen Maschine

In der Dampfbox D 100E und in der E-Box E50 befindet sich ein permanent erregter Gleichstrommotor, der für die Experimente vorzugsweise als Generator verwendet wird. Die Unterscheidung zwischen Motor und Generator wird in der Elektrotechnik nicht getroffen. Elektrische Maschinen arbeiten je nach Einsatz und Beschaltung als Motor oder als Generator.

Die Eigenschaften und Funktionen des Generators erfahren Sie in den folgenden Kapiteln durch die praktischen Experimente. Im nachfolgenden Text wird die elektrische Maschine als Generator bezeichnet, wenn diese mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt.

Generator anschließen:

Komponenten: Generator, Krokoklemmen

Der Generator hat zwei Anschlüsse mit je einem roten und einem schwarzen Kabel. Die Stromart, die der Generator liefert, ist pulsierender Gleichstrom. Somit gibt es wie bei einer Batterie einen Pluspol und einen Minuspol. Am Ausgang eines Gleichstrom-Generators erhält man genau genommen zwei halbzyklische positive Wellenformen. Für die nachfolgenden Experimente verbinden Sie die Generatorkabel mit den Krokoklemmen.

Schließen Sie das schwarze Kabel an die schwarze Krokoklemme und das rote und die rote Krokoklemme wie in der Abb. 3.20 gezeigt an. Die Anschlüsse des Generators können für die meisten nachfolgenden Experimente in dieser Art verbunden bleiben.

Hinweis: Für einen guten Kontakt zwischen den Anschlussleitungen des Generators und den Krokokklemmen ist es hilfreich, die abisolierten Drahtenden zur Isolierung hin umzubiegen und dann das Ganze in die Zähne der Krokokklemme einzuklemmen. Die Anschlüsse des Generators können für die meisten nachfolgenden Experimente verbunden bleiben.

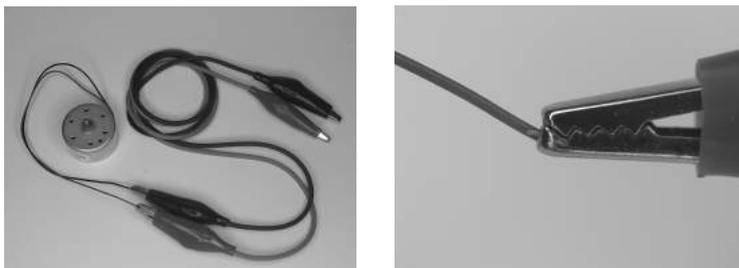


Abb. 3.20: a) Verbindung von Generatorkabel und Krokokklemmen b) Detail, wie das Kabel eingeklemmt wird, sodass es einen guten Kontakt hat.

Der Generator wird für die ersten Experimente noch nicht an die Dampfmaschine montiert!

3.3 Erste Experimente mit dem Generator

Komponenten: wie vor, zusätzlich eine orangefarbige LED,

Für das erste Experiment mit dem Generator (noch nicht an der Dampfmaschine montiert), bauen Sie die Schaltung mit einer orangefarbenen LED auf. Das längere Beinchen der LED ist der „Pluspol“ und sollte in die Richtung zeigen, wo der rote Generatoranschluss angeschlossen ist. Sind alle Teile montiert, kann die Generatorachse (mit dem Riemenrad) zwischen Daumen und Zeigefinger hin- und her gedreht werden. In einer Drehrichtung blitzt die LED auf, in die andere Richtung gedreht, bleibt sie dunkel.

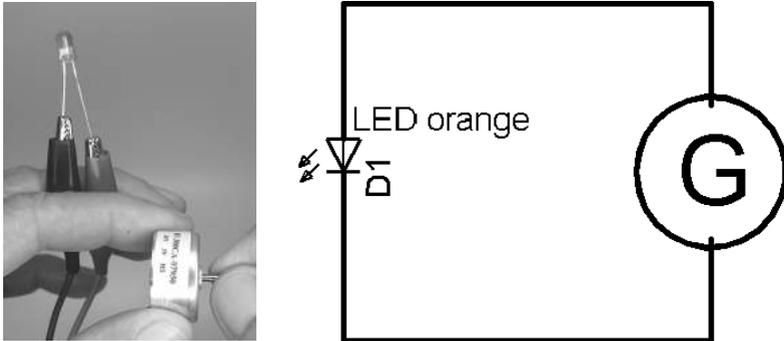


Abb. 3.21: a) Experimentieraufbau und b) Schaltbild

Hinweis:

Die Experimentierreihen sind so aufgebaut, dass die Versuche jeweils einen Schritt weitergehen. Sie brauchen daher nicht jedes Mal alle Komponenten wieder abzubauen, sondern können auf dem vorhergehenden Versuch weiter aufbauen, indem Teile dazukommen, weggenommen oder ausgetauscht werden.

3.4 Drehrichtungsanzeige

Mit dieser Schaltung kann eine Drehrichtungsanzeige aufgebaut werden. Je nachdem wie herum der Generator gedreht wird, leuchtet die eine oder andere LED. An dieser Schaltung kann man auch gut üben, ob die LEDs richtig gesteckt sind.

3.4.1 Umsetzung der Schaltung

Die Umsetzung einer Schaltung vom Schaltplan auf das Steckbrett wird nachfolgend am Beispiel der Richtungsanzeige mit zwei LEDs beschrieben. In Abb. 3.22a wird der Schaltplan gezeigt. Dieser besteht aus Symbolen für die Elektronikkomponenten.

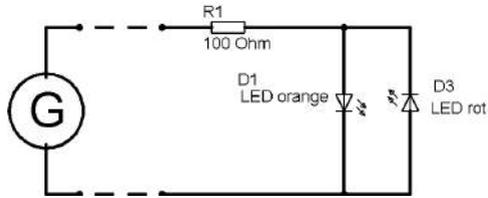


Abb. 3.22a: Der erste Schaltplan, G ist der Generator, R1 ist der Vorwiderstand, D1 eine orangefarbige LED und D3 eine rote LED

Die Elektronikkomponenten, wie der Widerstand R1 oder die LEDs (Leuchtdioden) D1 (LED orange) und D3 (LED rot), können ohne Löten in das Steckbrett gesteckt werden. Durch die interne Verbindungen der Kontakte im Steckbrett und durch zusätzliche Drahtbrücken erhält man die Elektronikschaltung und den Stromkreis.

Bei Widerständen (z.B. dem Vorwiderstand R1) ist es egal, wie herum diese gesteckt werden. Anders ist es bei den Dioden und den Leuchtdioden. Die Leuchtdioden haben einen längeren- und einen kürzeren Anschlussdraht. Der längere Anschlussdraht ist der Plusanschluss, die Anode, der kürzere ist der Minusanschluss, die Kathode. Aber auch wenn die LEDs „falsch“ eingesteckt werden, gehen sie nicht kaputt.

Die vom Generator kommenden Leitungen, verbunden mit den Krokodilkabeln rot- und schwarz, werden über die Steckstifte an das Steckbrett angeschlossen. Die schwarze Leitung (-Pol) links und die rote (+Pol) rechts, wie im Bild gezeigt.

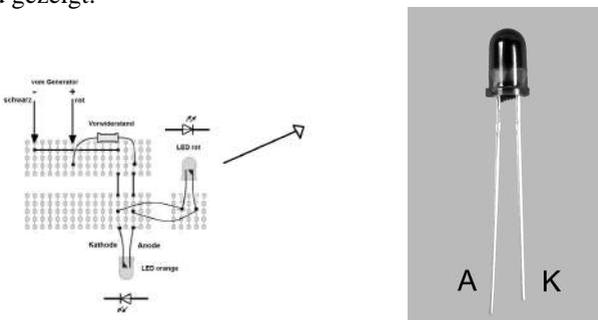


Abb. 3.22b: Aufbau der Komponenten auf dem Steckbrett, rechts die rote LED als Foto

In Abb. 3.22b kann man die Anschlüsse und die Ausbildung der LEDs auch im Gehäuse erkennen. Die Kathode (Minusanschluss) hat einen kürzeren Anschlussdraht und innerhalb des durchscheinenden Gehäuses hat das Metallteil eine dreieckige Ausbildung. In der Abbildung ist zu sehen, wie die LEDs auf das Steckbrett gesteckt werden. Zur besseren Übersichtlichkeit wurde die „rote LED“ rechts heraus gezeichnet. Auch kann man die Kontakte des Steckbretts (5er-Reihe) und deren senkrechte Verbindungen erkennen (grau).

Experimentaufbau: Komponenten wie vor, zusätzlich: eine rote LED, Vorwiderstand 100 Ohm. Es ist sinnvoll für die LEDs immer einen Vorwiderstand zu verwenden, um eine Zerstörung bei hohen Drehzahlen und damit hohen Spannungen des Generators zu verhindern.

Der noch nicht an die Dampfmaschine montierte Generator, wird für erste Experimente unabhängig von der Dampfmaschine verwendet. Die LEDs können durch kräftiges Drehen der Generatorachse (Riemenrad) zwischen Daumen und Zeigefinger zum Leuchten gebracht werden. Bei korrektem Aufbau der einfachen Schaltung, leuchtet immer nur eine LED je Drehrichtung. Zum Beispiel die rote LED bei Rechtsdrehung und die orangefarbige LED bei Linksdrehung (oder umgekehrt). Leuchten beide LEDs bei einer Drehrichtung, so wurde eine der LEDs falsch gesteckt.

Das Experiment zeigt: Die mechanische Bewegung wird in elektrische Energie umgewandelt. Und dazu kommt noch die Erfahrung, dass je nach Drehrichtung die Polarität unterschiedlich ist, angezeigt durch die beiden LEDs, die in gegensätzlicher Art (unterschiedlicher Polaritätsanschluss) angeschlossen wurden.

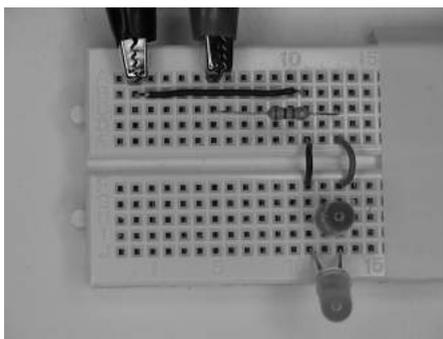


Abb. 3.23: So sieht der Steckbrettaufbau aus, 2 LEDs, antiparallel, Vorwiderstände, Krokoleitungen, Generator

3.4.2 Die technische und tatsächliche Stromrichtung

In welcher Richtung fließen die Elektronen in einem elektrischen Stromkreis?

Infos zur technischen und tatsächlichen Stromflussrichtung:

Beobachtet man den Elektronenfluss (z.B. bei der Elektrolyse), so kann man sehen, dass die Elektronen tatsächlich vom Minuspol zum Pluspol fließen. Das ist die "physikalische Stromrichtung" im Gegensatz zur "technischen Stromrichtung", bei der per Definition festgelegt wurde, dass der elektrische Strom vom Pluspol zum Minuspol fließt. In den Schaltplänen (wie z.B. bei LEDs, Dioden und dem Generator) wird immer die technische Stromrichtung verwendet.

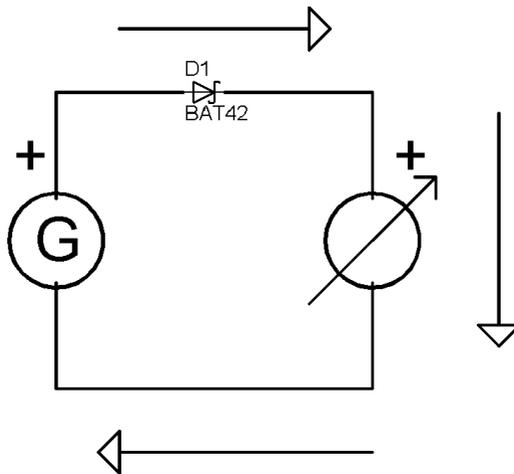


Abb. 3.25: Prinzipdarstellung der technischen Stromflussrichtung (im geschlossenen Stromkreis) vom Pluspol zum Minuspol.

Die Diode funktioniert wie ein Ventil, das den Energiestrom nur in die eine Richtung zulässt und in die andere Richtung verhindert.

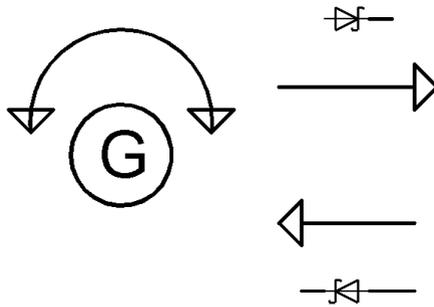


Abb. 3.24: Prinzip von Dreh- und Stromrichtung

3.5 Generator montieren

Komponenten: Generator mit Lagerbock und Riemenrad, Generator-Klemmhalterung, Schrauben

Die Montage des Generators an die Grundplatte der Dampfmaschine erfolgt mit einer zweiteiligen Klemmverschraubung in Verbindung mit dem Generator-Lagerbock.

Die Anbauteile ermöglichen die Generatormontage an nahezu alle Grundplatten der Wilescos-Modell-Dampfmaschinen. Die Dampfmaschinenmodelle haben je nach Typ Drehzahlen von ca. 1000 bis 2000 U/min an der Schwungradachse.



Abb. 3.26: Anbauteile für Generatormontage, a) zweiteiliger Generatorarm, b) Lagerbock und Stellschraube

Das Unterteil unterhalb - und das Oberteil oben auf der Grundplatte positionieren und zusammen mit dem Lagerbock/Generator durch jeweils zwei Schrauben und Muttern verbinden. Bevor die Schrauben fest angezogen werden, die Generatorhalterung so in Position bringen, dass die beiden Riemenräder und zwar das vom Generator - und das auf der Schwungradachse der Dampfmaschine befindlichen Riemenrad - in einer Flucht sind. Nach dem Festziehen der zwei Verbindungsschrauben, anschließend die Klemmschraube an der Unterseite soweit anziehen, dass der Generatorhalter gut fixiert ist.



Abb. 3.27: Generatormontage: a) Riemenräder in der Flucht b) Klemmschraubung, unten an der Grundplatte

3.5.1 Generator, mechanisch mit dem Schwungrad der Dampfmaschine verbinden

Die Antriebsspirale zusammenfügen (siehe auch Kapitel Komponenten) und auf das Riemenrad des Generators und auf das Riemenrad der Schwungradachse auflegen. Die Spannung der Antriebsspirale sollte so sein, dass die Übertragung leicht läuft.



Abb. 3.28: Die richtige Riemenspannung, ist wichtig für den Erfolg!

Die richtige Riemenspannung trägt dazu bei, dass die mechanische Leistung optimal und ohne Schlupf zum Generator übertragen wird und gleichzeitig so wenig als möglich Reibungsverluste entstehen. Wird der Riemen zu eng bemessen, so tut sich die Dampfmaschine schwerer den Generator anzutreiben und kommt dadurch nicht auf die erforderliche Drehzahl.

Wichtiger Hinweis:

Der Generator darf auch bei größeren Dampfmaschinenmodellen nur mit dem kleinen Riemenrad betrieben werden. Bei dem großen Riemenrad (auf der Schwungradachse) wird die Drehzahl und damit die elektrische Spannung des Generators zu hoch, sodass Generator und Elektronikschaltungen Schaden nehmen können.

3.5.2 Generatorspannung messen

Komponenten: Generator, Multimeter

Für den Fall, dass Sie einen Multimeter zur Verfügung haben, besteht die Möglichkeit die Generatorspannung zu messen. Einstellung des Multimeters im Bereich Gleichspannung, z.B. Messbereich bis 20V.

Mit dem Dampfmaschinenmodell der Dampfbox D 100E lassen sich bei Volldampf ca. 2,9 bis 3 Volt messen, bei größeren Dampfmaschinenmodellen bis über 7 Volt.



Abb. 3.29:
Messen der Generatorspannung mit dem Multimeter, Messaufbau

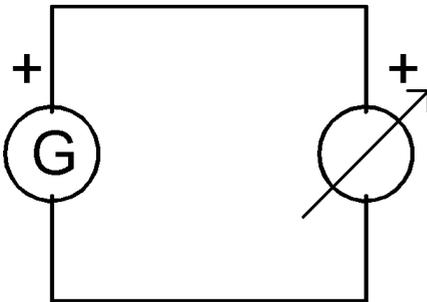


Abb. 3.30:
Prinzipschaltbild: links das Generatorsymbol, rechts das Messinstrument.

Hinweis: Die elektronischen Schaltungen, aufgebaut auf dem Steckbrett sollten nicht in unmittelbare Nähe des Dampfauslasses (Zylinder) aufgestellt werden. Deshalb liegen die zwei Kabel mit den Krokoklemmen bei, sodass die elektronische Schaltung etwas abseits von der Dampfmaschine aufgestellt und dort die Experimente durchgeführt werden können.



Abb. 3.31: Guter Aufstellplatz für das Steckbrett

Die zu messende Spannung ist abhängig von der maximal möglichen Drehzahl des Dampfmaschinenmodells und der Übersetzung zum Generator. Vor allem bei den größeren Dampfmaschinenmodellen kann man mit den Drehzahlen dadurch experimentieren, indem die Dampfzufuhr mehr oder weniger auf- bzw. zugelehrt wird.

3.5.3 Die Drehrichtung von Dampfmaschine und Generator

Je nachdem welches Dampfmaschinenmodell verwendet wird, kann auch mit der Drehrichtung der Dampfmaschine in Verbindung mit dem Generator experimentiert werden.

Oszillierende Dampfmaschinenmodelle wie z.B. das Modell aus der Dampfbox D 100E haben nur eine mögliche Drehrichtung, andere Modelle mit einem schiebergesteuerten Zylinder, wie z.B. das Modell D10 oder D20, können in beide Drehrichtungen funktionieren. Die beschriebenen Experimente benutzen die Drehrichtung des Schwungrades im Uhrzeigersinn (direkt auf das Schwungrad gesehen mit dem Kessel im Hintergrund).

3.6 Nutzung der Dampfenergie für Elektrizität

Um aus der Dampfenergie elektrische Energie zu bekommen, ist ein Generator erforderlich. Das Wort Generator kommt aus dem lateinischen (*generare*) und bedeutet frei übersetzt soviel wie „hervorholen“, oder auch „erzeugen“. Streng genommen kann natürlich keine Energie erzeugt, sondern nur von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden. Insofern handelt es sich um einen Energiewandler.

Der hier verwendete Generator ist ein Gleichstromgenerator mit einem Permanentmagnet. Der Strom wird im Rotor (Läufer) induziert, der Dauermagnet ist außen. Der generierte Strom wird mit einem Kommutator gleichgerichtet und kann an der roten und schwarzen Anschlussleitung abgenommen werden.

Die entnehmbare Spannung ist abhängig von der Drehzahl, der entnehmbare Strom ist im Wesentlichen abhängig von der Generatorkonstruktion und dem Drehmoment (der Kraft) der Dampfmaschine.

3.6.1 Leistung der Dampfmaschine und Leistung des Generators ermitteln

Komponenten: Generator, orangefarbige LED, Vorwiderstand 1K-Ohm, Widerstände entsprechend der Auflistung

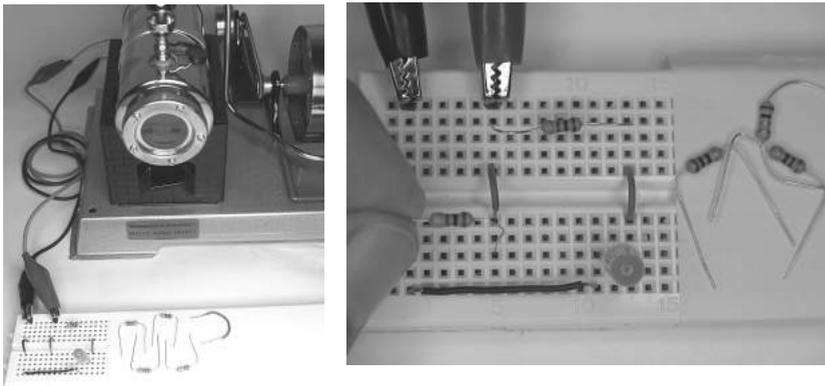


Abb. 3.32: Belastungstest mit mehreren Widerständen, a) Versuchsaufbau, b) Steckbrettaufbau

Zur einfacheren Handhabung hier nochmals die Farbkodierungen und die Reihenfolge der im Experiment verwendeten Widerstände.

| Widerstands-Wert | 1. Ring | 2. Ring | 3. Ring | 4. Ring |
|------------------|---------|---------|---------|---------|
| 1000 Ohm | braun | schwarz | rot | gold |
| 100 Ohm | braun | schwarz | braun | gold |
| 10 Ohm | braun | schwarz | schwarz | gold |
| 1 Ohm | braun | schwarz | gold | gold |
| ca. 0 Ohm = | Draht | | | |

Die Widerstände sollten bereitgelegt werden, bevor die Dampfmaschine gestartet wird und können während des Betriebs des Dampfmaschinen-Modells in das Steckbrett eingesteckt werden. Mit zwei Trockenbrennstofftabletten und der Vorgeschriebenen Wassermenge hat man bei dem Modell der Dampfbox etwas mehr als 5 Minuten Zeit, die Experimente durchzuführen. Die orangefarbige LED mit dem Vorwiderstand zeigt optisch an, ob die Spannung des Generators abfällt oder unverändert bleibt.

Erst wenn sich die Drehzahl der Dampfmaschine stabilisiert hat und die LED gleichmäßig leuchtet, ist es sinnvoll mit den Experimenten zu starten.

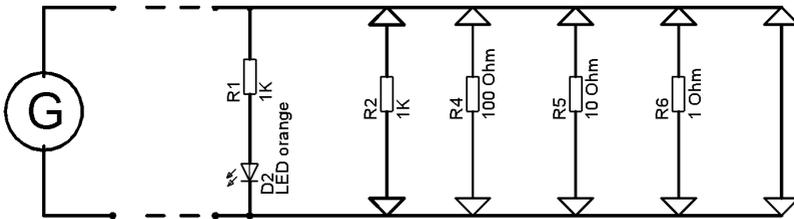


Abb. 3.33: Schaltbild zum Belastungstest

Wahrnehmungen beim Belastungstest, in Verbindung mit dem Dampfmaschinenmodell der Dampfbox D 100E:

Wird der 1 K Widerstand (K steht für Kilo-Ohm) verwendet, so kann man kaum eine Veränderung wahrnehmen. Die zusätzliche Strombelastung beträgt auch nur ein paar mA. Wird der nächste Widerstand mit dem Wert von 100 Ohm eingesteckt, so kann man feststellen, dass die orangefarbige LED nur noch flackert und die Drehzahl des Dampfmaschinenmodells langsamer wird. Die zusätzliche Strombelastung geht nun in den Bereich von 20 mA. Mit dem 10 Ohm Widerstand erlischt die LED völlig und die Drehzahl wird noch geringer, die zusätzliche Strombelastung geht nun in den Bereich von 40 mA. Mit dem 1 Ohm Widerstand geht die Strombelastung in den Bereich zwischen 45 und 50 mA und die Drehzahl der Dampfmaschine geht stark zurück. Mit der Drahtbrücke gibt es einen Kurzschluss am Generator und nun fließt der volle Kurzschluss-Strom des Generators, es kann möglich sein, dass dann der Antriebsriemen durchrutscht oder das Dampfmaschinenmodell stark abgebremst wird. Der Generator und die Dampfmaschine nehmen dadurch keinen Schaden.

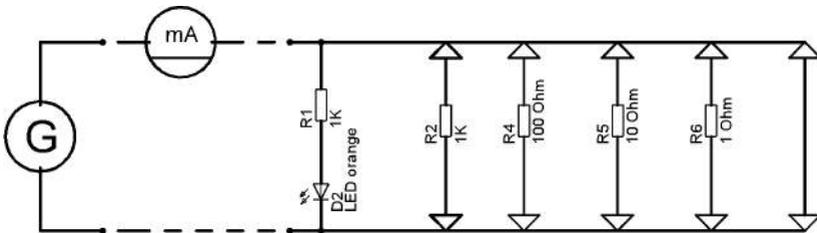


Abb. 3.34: Schaltungsprinzip: Belastungstest mit einem Multimeter im Stromkreis, zur Stromanzeige

Wenn ein Multimeter zur Verfügung steht, so kann man mit einem weiteren Start der Dampfmaschine erneut nacheinander die Widerstände in das Steckbrett stecken. Je nachdem welches Dampfmaschinenmodell verwendet wird, kann eine direkte Reaktion der Dampfmaschine auf den unterschiedlichen Strombedarf, simuliert durch die Belastungswiderstände, wahrgenommen werden.

Zur systematischen Erforschung, kann man die Widerstandswerte und den abgelesenen Strom in eine Tabelle eintragen und dadurch die Leistungsabgabe des Generators bzw. der Dampfmaschine ermitteln. Die Leistung in Milli-Watt lässt sich entsprechend der Formeln im Anhang, ermitteln.

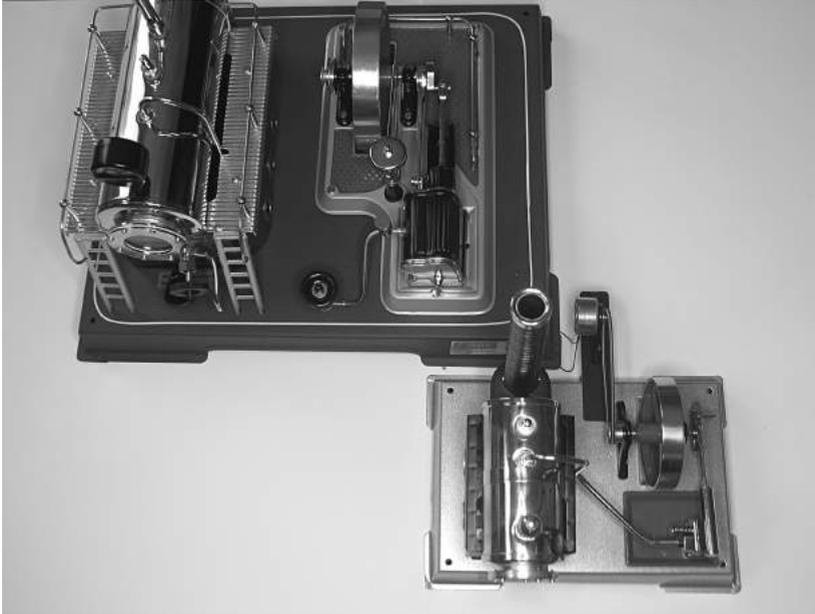


Abb. 3.35: Zwei verschiedene Dampfmaschinenmodelle mit unterschiedlicher Leistungsabgabe. Dampfbox D 100E und D20 im Vergleich.

Zwei extrem unterschiedliche Modelle, auch was die Leistungsabgabe angeht sind das Dampfmaschinenmodell der Dampfbox D 100E und die D20. Die Experimente mit den Belastungswiderständen zeigen auch auf, dass ein größeres Dampfmaschinenmodell problemlos mit der Belastung fertig wird. Steht ein Multimeter zur Verfügung, so kann man damit zusätzlich den Stromfluss ablesen.

3.7 Aus Dampf wird Schritt für Schritt helles Licht

Komponenten: Generator, Elko 1000 μ F und Elko 4700 μ F bereitlegen, Vorwiderstand 1 K-Ohm, weiße LEDs, Krokostrippen

Die Schaltung entsprechend der Abbildung durch Montieren der Komponenten auf das Steckbrett aufbauen.

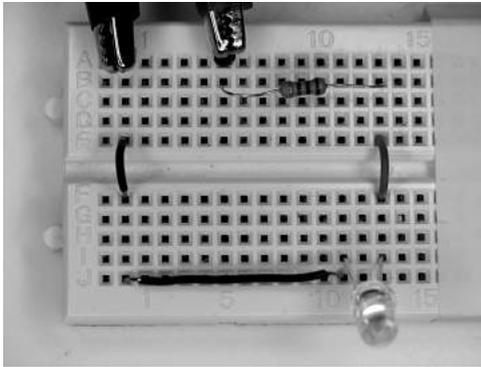


Abb. 3.36: Licht durch Dampf, Schaltungsaufbau. Zu sehen ist der Vorwiderstand (oben rechts) die Drahtbrücken und die weiße LED (unten rechts), der längere Anschlussdraht (+) der LED auf der rechten Seite

Das Dampfmaschinenmodell entsprechend Kapitel 2.4 zum Start vorbereiten. Das Riemenrad des Generators und der Dampfmaschine sind mit dem Antriebsriemen (Riemenspirale) verbunden. Die Übersetzung ist bei jedem Dampfmaschinenmodell immer so zu wählen, dass das kleine Riemenrad auf der Schwungradachse der Dampfmaschine mit dem Riemenrad auf der Generatorachse durch den Antriebsriemen verbunden sind.

Hinweis: Eine größere Übersetzung zum Generator hin – bei leistungsfähigeren Dampfmaschinenmodellen - schadet dem Generator und der Elektronik, da hier zu hohe Drehzahlen und Spannungen von über 10 Volt am Generator entstehen.

Die Generatorkabel sind mit den Krokodklemmenkabeln verbunden. Bei diesem Experiment werden sie aber noch nicht elektrisch mit dem Schaltungsaufbau auf dem Steckbrett verbunden. Nun wird das Dampfmaschinenmodell gestartet. Erst wenn die Dampfmaschine auf Touren gekommen ist, den Generator mit dem Schaltungsaufbau auf dem Steckbrett verbinden.

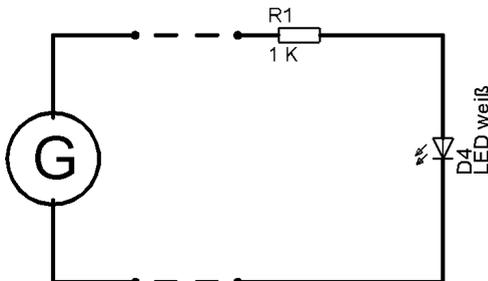


Abb. 3.37: Das Schaltbild zu dem Schaltungsaufbau: Licht durch Dampf

Nun kann man wahrnehmen, vor allem bei den kleineren Dampfmaschinenmodellen, dass die Drehzahl der Dampfmaschine etwas abfällt und die weiße LED zu leuchten anfängt. Nachdem sich die Drehzahl stabilisiert hat, leuchtet die weiße LED hell, möglicherweise aber immer noch mit einem pulsierenden Licht bzw. mit einem Flackern. Würde man die Ausgangsspannung mit einem Oszilloskop (einem professionellem Gerät zur graphischen Darstellung von Spannungen) messen, so hätte die dann gezeigte Spannungsgrafik eine Wellenform, herrührend von der ständigen Unterbrechung des Kommutators im Generator.

Um hier weitere Verbesserungen zu erhalten, kann man mit diesem Versuchsaufbau und bei der laufenden Dampfmaschine weitere Experimente durchführen:

Besteht der Wunsch die „wellenförmige“ Spannung zu glätten, wird im nächsten Experiment ein Kondensator (Elko) in die Schaltung eingefügt. Stellen Sie unbedingt sicher, dass Sie den positiven (+) Pol des Kondensators mit dem roten Kabel und den negativen (-) Pol des Kondensators mit dem schwarzen Kabel auf dem Steckbrett zusammen bringen.

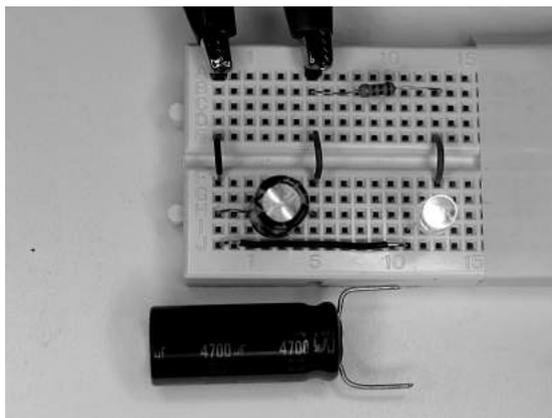


Abb. 3.38: Zuerst wird der Elko mit $1000\mu\text{F}$, dann alternativ der Elko mit $4700\mu\text{F}$ polrichtig aufs Steckbrett gesteckt.

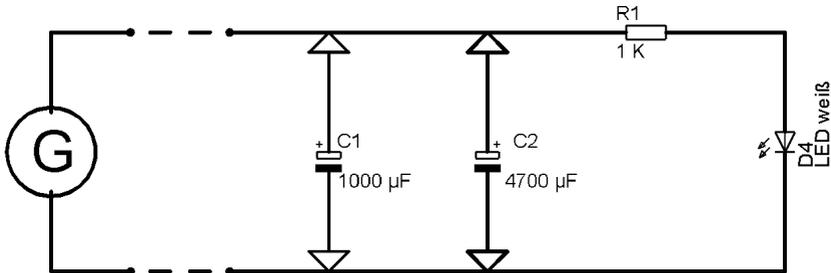


Abb. 3.39: Schaltbild, die beiden Elkos sind mit Pfeilen eingezeichnet, um zu zeigen, dass diese alternativ verwendet werden

Nach dem Einstecken des Elkos mit 1000 μF erlischt die LED kurz und dann flackert die LED etwas weniger. Im nächsten Schritt wird der 1000 μF Elko durch einen größeren Elko mit 4700 μF ersetzt. Nun kann man ein sehr ruhiges Licht wahrnehmen. Würde man nun die durch den Elko geglättete Spannung wieder mit einem Oszilloskop messen, so wäre nur noch eine geringe bis keine Wellenform zu sehen.

Sich den elektronischen Glättungsvorgang bildlich vorstellen:

Für ein bildliches Verstehen des Begriffes „Glättung der Elektrizität mittels eines Kondensators“, gehen wir davon aus, dass sich die elektrische Spannung wie „Wasser“ verhält, und dass das elektrische Bauteil Kondensator (Elko) einem „Wassereimer mit einem Loch im Boden“ gleicht. Füllt man nun diesen Eimer mit einer Schöpfkelle stoßweise mit Wasser, so kann man sehen, dass das stoßweise eingefüllte Wasser in einem gleichmäßigen Wasserstrom unten aus dem Loch fließt.

3.7.1 Mehr Licht mit zwei weißen LEDs

Experimentieraufbau: Komponenten wie vor, zusätzlich 1 weitere weiße LED parallel zur ersten einstecken, beide LEDs sind gemeinsam mit dem Vorwiderstand 1 K-Ohm (braun, schwarz, rot, gold) verbunden.

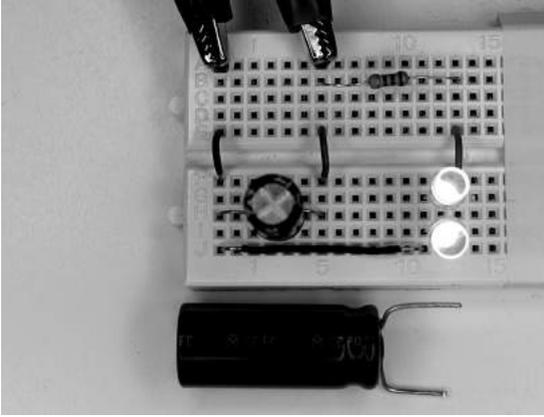


Abb. 3.40:
Steckbrettaufbau mit
zweiter weißer LED
parallel zu der ersten
LED. Bei beiden LEDs
ist der längere An-
schlussdraht (+) auf
der rechten Seite

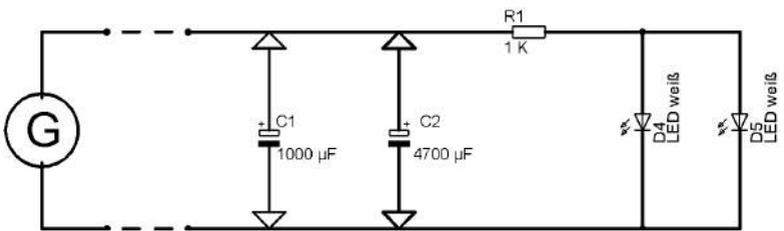


Abb. 3.41: Schaltbild mit zwei LEDs, auch hier können die Elkos alternativ
verwendet werden

3.7.2 Licht von 4 LEDs mit der Dampfmaschine

Nun werden alle LEDs (ohne die Blink-LED) verwendet und man kann sehen, was selbst die kleine Dampfmaschine aus der Dampfbox D 100E leisten kann.

Die Vorwiderstände und die rote LED werden, wie auf dem Bild oben zu sehen ist, im oberen Bereich des Steckbretts eingesteckt. Durch Drahtbrücken und den Tastschalter, wird der Stromfluss zu den weiteren LEDs und dem Speicherkondensator zu der unteren Hälfte des Steckbretts geleitet. Die untere Abbildung zeigt den Schaltungsaufbau auf dem Steckbrett von der anderen Seite aufgenommen. Die rote und die orangefarbige LED leuchten, sobald der Schaltungsaufbau mit dem laufenden Generator verbunden

wird. Wenn der Taster gedrückt wird, dann leuchten auch die beiden weißen LEDs.

Die Vorwiderstände für die LEDs hier in der Übersicht:

| Widerstands- wert | 1. Ring | 2. Ring | 3. Ring | 4. Ring |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| 1 K-Ohm | braun | schwarz | rot | Gold |
| 100 Ohm | braun | schwarz | braun | Gold |

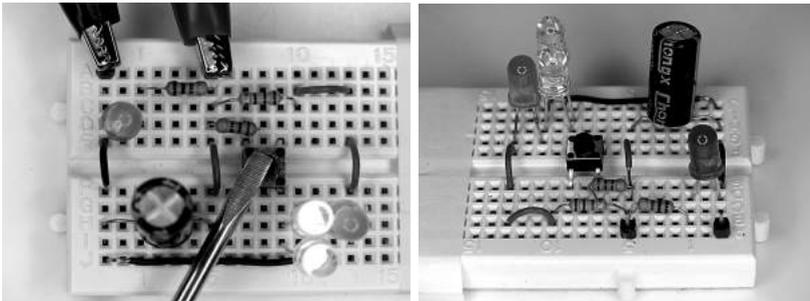


Abb. 3.42: Steckbrettaufbau und b) Detail des Aufbaus von der anderen Seite aufgenommen

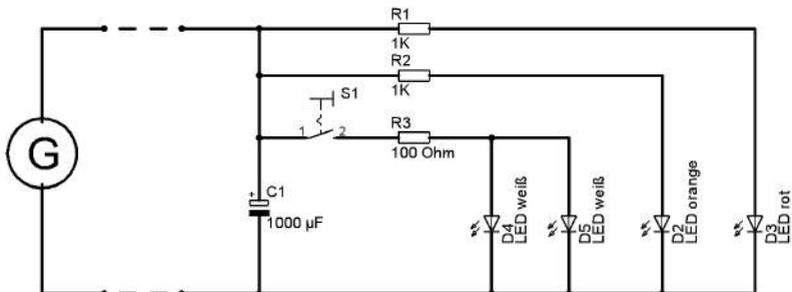


Abb. 3.43: Schaltbild mit weiteren LEDs

Hinweis: Wenn die Dampfmaschine etwas an Drehzahl verliert, kann man versuchs halber das Schwungrad vorübergehend abbremsen, eine kurze Zeit anhalten und dann wieder neu starten lassen. Die LEDs werden dann wieder heller aufleuchten.

3.8 Speicherung der elektrischen Energie

Bei diesem Experiment geht es darum zu erforschen, ob die durch die Dampfmaschine gewonnene elektrische Energie auch gespeichert werden kann.

Den Speichervorgang kann man sich am besten wieder bildlich vorstellen: Nimmt man nun wieder das Beispiel von oben mit dem Wassereimer, nur dass diesmal das Loch mit einem Absperrhahn versehen ist, so wird man bei geschlossenem Hahn und dem Befüllen mit der Schöpfkelle feststellen, dass der Wasserspiegel im Eimer steigt.

Der Wassereimer (Kondensator) stellt nun einen Speicher dar, der es nun ermöglicht, Wasser (Spannung) zu einem späteren Zeitpunkt zu entnehmen, indem dann der Absperrhahn aufgedreht wird.

3.8.1 Mit der Dampfmaschine den Kondensatorspeicher laden

Der „Energiespeicher“ kann in der Praxis unterschiedliche Ausbildungsformen haben.

Die beiliegenden Elektrolytkondensatoren, kurz abgekürzt mit „Elkos“ stellen eine Speichermöglichkeit dar. Der Vorteil des Kondensatorspeichers liegt darin, dass dieser eine sehr lange Lebensdauer hat. Im Vergleich zum Akku ist die Speicherkapazität aber nur gering, was für die Experimente wiederum den Vorteil hat, dass das Prinzip der Speicherung in einer überschaubar kurzen Zeitspanne nachvollzogen werden kann.

Hinweis: Die Elkos vor jedem Experiment entladen, damit der Ladeeffekt realistisch erforscht werden kann. Achtung: Beim Entladen des Elkos kann ein kleiner, ungefährlicher Funke entstehen.

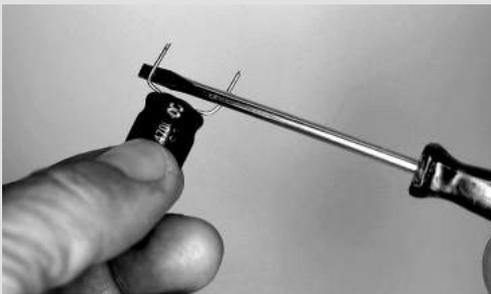


Abb. 3.44: Elko vor den Experimenten mit dem Schraubendreher entladen

Versuchsaufbau: Generator, Steckbrett, je eine rote und eine schwarze Strippe mit Krokodklemmen, orangefarbige LED, Vorwiderstand 1K-Ohm (rot, schwarz, braun, gold), 2xElko 4700 μ F

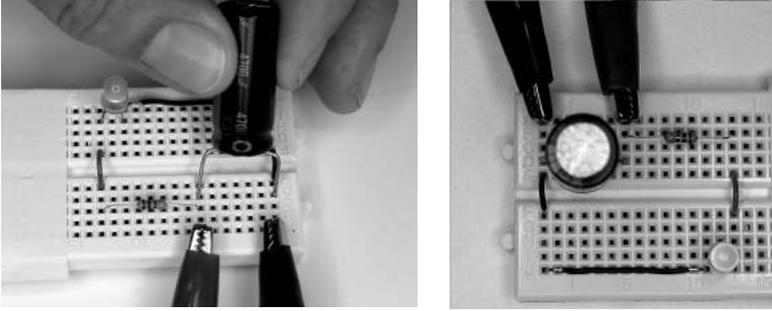


Abb. 3.45: a) Ladeschaltung und b) mit einem Elko und LEDs als Lade- bzw. Verbrauchsanzeige

Experimentierschritte:

Die Schaltung entsprechend der Abbildungen bzw. des Schaltplans aufbauen. Einen Elko in das Steckbrett stecken (der Pluspol ist besonders markiert!) und während des Dampfmaschinenbetriebs durch den Generator einige Sekunden laden lassen.

Zusatzexperiment: Schwungrad der Dampfmaschine kurz abbremsen und anhalten, dann wieder anlaufen lassen.

Die orangefarbige LED leuchtet solange der Generator läuft, beim Stoppen des Schwungrads erlischt die LED relativ schnell

Zusatzexperiment: Eine der Krokodklemmen zum Steckbrett abklemmen, die Stromzufuhr vom Generator ist nun unterbrochen. Trotzdem leuchtet die LED weiter.

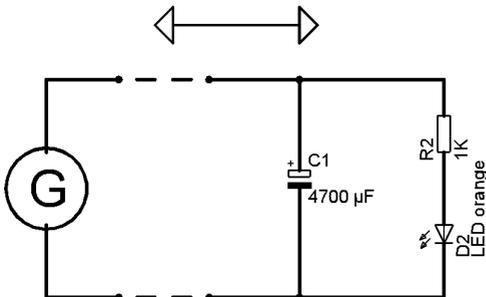


Abb. 3.46: Schaltplan der Ladeelektronik

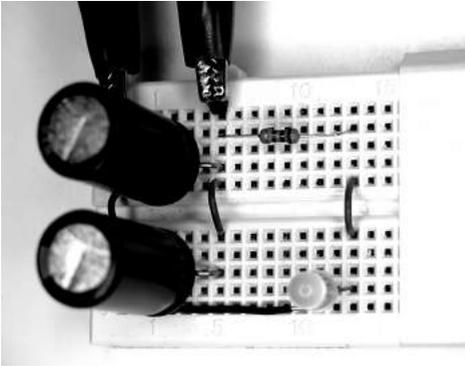


Abb. 3.47: Ladeschaltung mit 2 Elkos und einer LED als Lade- bzw. Verbrauchsanzeige

Die zuvor beschriebenen Experimente kann man nun wiederholen, diesmal aber mit einem weiteren, parallel eingesteckten Elko. So werden beide Elkos gleichzeitig durch die Dampfmaschine über den Generator geladen.

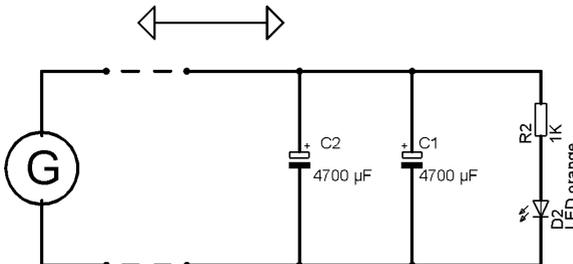


Abb. 3.48: Schaltbild mit 2 Elkos und einer LED als Lade- bzw. Verbrauchsanzeige

Bei beiden Experimenten kann man beobachten, dass der Energiespeicher die Ladung nicht behält, wenn die Dampfmaschine bzw. der Generator vorübergehend angehalten werden. Wird der Generator (eine Krokoklemme) vom Steckbrett abgeklemmt, so leuchtet die LED einige Zeit weiter.

Gibt es ein Leck oder was ist passiert? Nun, bei dieser Form der Ladetechnik entlädt sich der Energiespeicher (Elko) rückwärts in den Generator. Damit ist es nicht möglich, die Energie sinnvoll und dauerhaft zu speichern. Um die Entladung zu verhindern, ist ein elektrisches Ventil erforderlich, welches den Stromfluss nur in eine Richtung zulässt bzw. in der anderen Richtung sperrt. Mit diesem Ventil wird es möglich, dass der Ladestrom in den Energiespeicher fließen kann, dieser sich aber nicht ungewollt in den Generator entlädt.

3.8.2 Entladeschutzdiode, Schottkydiode

Komponenten: Wie vor, zusätzlich eine Schottkydiode BAT 48

Wie Sie in dem vorhergehenden Experiment erkennen konnten, wurde die in den Elko eingebrachte Ladung vermutlich wieder über den Generator entladen. Beim Laden eines Energiespeichers wie z.B. eines Elkos, eines Gold-Caps oder auch von Akkus ist es daher erforderlich, eine Rückstromsperre in Form einer Diode einzufügen. Die Diode funktioniert wie ein Ventil, das den Energiestrom in die eine Richtung zulässt und in die andere Richtung verhindert.

In Durchlassrichtung (Schaltsymbol Pfeil) beginnt bei der Siliziumdiode erst ab einer Spannung von ca. 0,6 bis 0,7 V oder 700 mV (Millivolt) nennenswert Strom zu fließen. Dahingegen beginnt der Stromfluss bei Schottkydioden schon bei etwa 0,25 V.

Hinweis:

Sperrdioden verhindern die Entladung des Speichers. Normale Siliziumdioden (Sperrdiode) "vernichten" ca. 0,6 V der gewonnenen Spannung. Schottkydioden nur 0,25 V.

Der Umstand des Spannungsverlustes ist vor allem bei der Ladetechnik entscheidend, wo es auf kleinste Spannungen ankommt, denn je nach verwendeter Diode kommen 0,6 bzw. 0,25 Volt weniger Spannung „hinter“ der Diode beim zum ladenden Speicher an. Im nachfolgenden Experiment hat dies zur Folge, dass durch die zusätzlich eingefügte Diode weniger Spannung beim Ladespeicher, dem Elko ankommt. Dies macht sich vor allem dann bemerkbar, wenn wie im Experiment, die Ladespannung relativ niedrig ist.

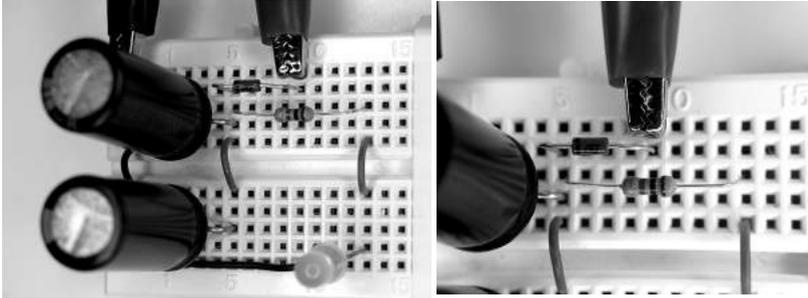


Abb. 3.49: a) Experimentaufbau, b) Detail Einbau der Diode, der schwarze Ring (Kathode) ist im Bild auf der linken Seite.

Durch dieses Experiment kann man erkennen, dass die Elkos durch die Dampfmaschine über den Generator aufgeladen werden und die Ladung im Kondensator erhalten bleibt bzw. gespeichert wird.

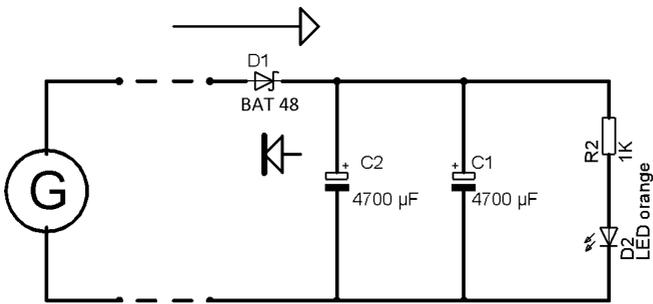


Abb. 3.50: Schaltbild Entlade-schutzdiode

Wenn Sie einen Multimeter zur Verfügung haben, dann können Sie die im Elko gespeicherte Spannung messen. Den Multimeter dazu auf den Gleichspannungs-Messbereich (DC, 20 V) einstellen und die Messstrippen polungsrichtig mit den Anschlussdrähten des Elkos verbinden.

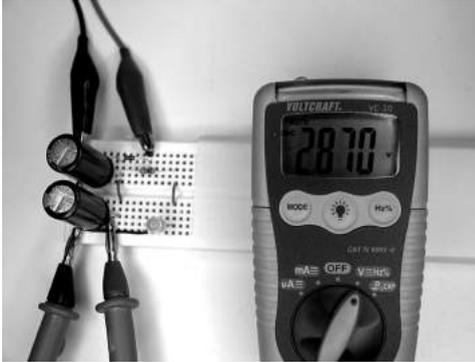


Abb. 3.51: Messung der Spannung mit einem Multimeter, zu sehen sind die Messstriben (links unten im Bild) an den Elkoanschlüssen.

Beim Aufladen des Speichers stellt sich nun die Frage: Ist der Energiespeicher nun leer, halbvoll oder voll? Diese Frage könnte – sofern verfügbar – auch mit dem Multimeter beantwortet werden, indem man die Ladespannung misst. Das nächste Experiment verwendet dazu eine einfache elektronische Anzeige, in Form einer blinkenden LED.

Im nächsten Abschnitt wird gezeigt, wie die einfache Ladezustandsanzeige aufgebaut ist, welche über die Spannungsanzeige den Ladezustand der Elkos anzeigt.

3.8.3 Ladeanzeige für den Kondensatorspeicher

Experimentieraufbau: Komponenten wie vor, zusätzlich einen weiteren Vorwiderstand 1K-Ohm (rot, schwarz, braun, gold), 1 rote Blink LED

Die Schaltung entsprechend der Abbildung durch Stecken der Komponenten in das Steckbrett aufbauen. In der oberen Hälfte des Steckbretts der Speicherelko, + Pol rechts und in derselben Kontaktreihe der Anschlussdraht der Diode (Kathode, Strich am Gehäuse), ein Anschlussdraht des Vorwiderstandes und der Drahtbrücke zum Tastschalter. In der unteren Hälfte Vorwiderstand und Blink-LED und orangefarbene LED (der längere Anschlussdraht jeweils rechts).

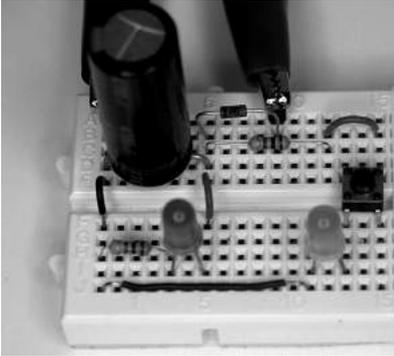


Abb. 3.52: Ladeanzeige mit der Blink-LED, Schaltungsaufbau auf dem Steckbrett

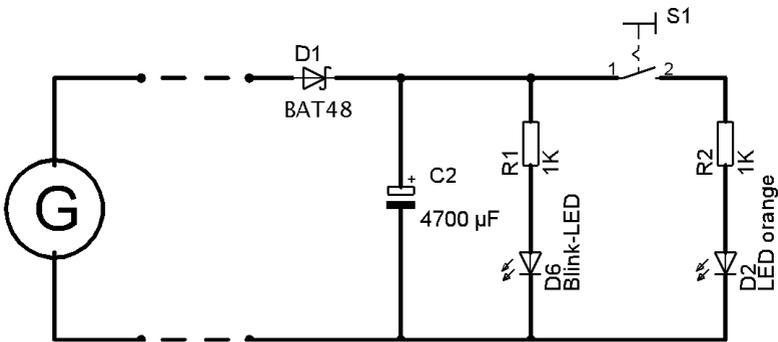


Abb. 3.53: Schaltbild der Ladeanzeige

Wichtig ist, die Anschlussdrähte des Elkos vor dem Experiment z.B. mit einem Schraubendreher kurzschließen, sodass es sicher ist, dass sich keine Ladung mehr im Speicher befindet.

Nun die Dampfmaschine entsprechend Kapitel 2.4 zum Start vorbereiten. Das Riemenrad des Generators und der Dampfmaschine sind mit dem Antriebsriemen (Riemenspirale) verbunden.

Das Dampfmaschinenmodell starten und warten bis das Schwungrad auf Touren kommt. Dann die mit dem Generator verbundenen Krokoklemmen an die Steckstifte im Steckbrett anschließen. Nach wenigen Sekunden kann man beobachten, dass die rote Blink-LED erst schwach und dann immer stärker blinkt. Die Blink-LED zeigt durch schwaches Blinken eine Ladung bzw. Kondensatorspannung von ca. 1,7 Volt und durch helles Blinken eine Spannung von um die 2,5 Volt an.

Mit diesem Versuchsaufbau und der laufenden Dampfmaschine kann man weitere Experimente durchführen, wie z.B.:

- Die rote Krokoklemme bei der Diode von dem Steckstift vorübergehend trennen, warten und dann wieder anschließen.
- Einen weiteren Elko 4700 μ F in das Steckbrett parallel zum ersten stecken. Kurz nachdem der zusätzliche Elko eingesteckt wird, leuchtet die Blink-LED nicht mehr, es dauert einige Zeit nach dem Einstecken des Elkos, bis die LED wieder leuchtet, bzw. blinkt. Der Grund, der zusätzliche Elko muss erst aufgeladen werden.

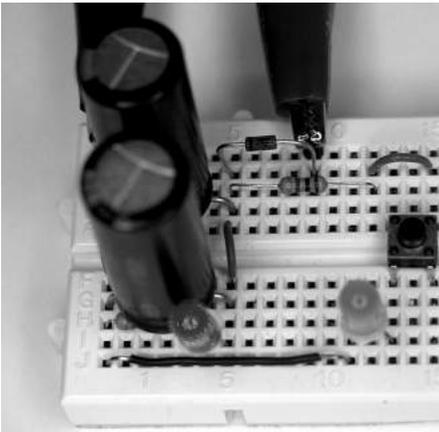


Abb. 3.54: Zusätzlicher Elko in das Steckbrett stecken, der Vorwiderstand der Blink-LED befindet sich nun unter dem zweiten Elko, unten links im Bild

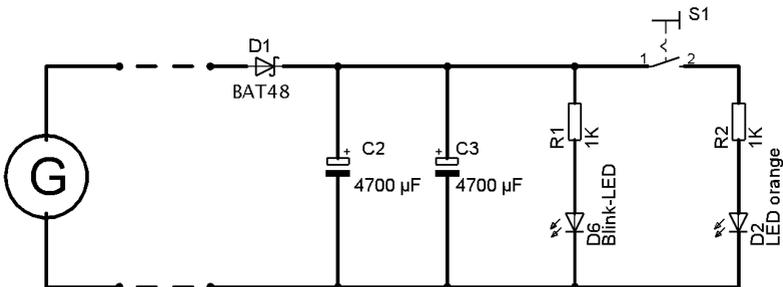


Abb. 3.55: Schaltplan mit Ladeanzeige und 2 Elkos

3.8.4 Gespeicherte Energie nutzen

Experimentieraufbau: Der Schaltungsaufbau aus dem vorhergehenden Experiment wird nun etwas umgebaut. Die LEDs und die Vorwiderstände werden entfernt, der Anschlusssteckstift des „+“-Pols rückt auf dem Steckbrett ganz nach rechts und die Schottkydiode wird so gesteckt, dass der Tastschalter jetzt parallel zur Schottkydiode verschaltet ist. Damit ist es möglich, die Schottkydiode durch Drücken des Tastschalters zu überbrücken und damit die Elkos direkt mit dem Generator zu verbinden

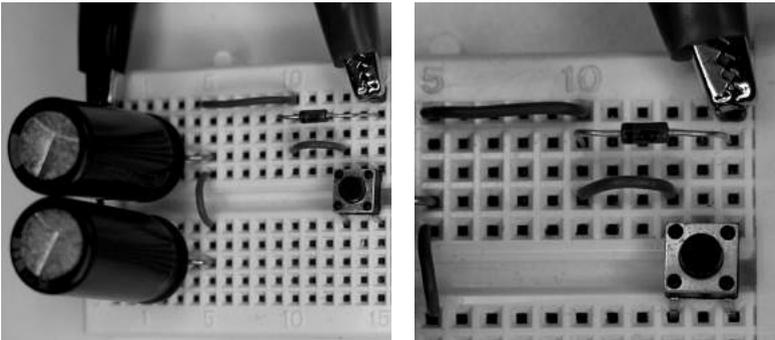


Abb. 3.56: a) Steckbrettaufbau der Speicherschaltung, b) Detail, die Diode mit der Kathode (Ring am Gehäuse) im Bild nach links gerichtet.

Nach ausreichender Ladezeit durch die Dampfmaschine (über den Generator), das Schwungrad etwas abbremsen, dann den Riemen herunternehmen und dann den Taster drücken und damit die Diode überbrücken. Dadurch kann die gespeicherte Energie aus den Elkos zurück in die elektrische Maschine fließen, die nun als Motor arbeitet. Die Motorachse dreht sich für einen kurzen Moment.

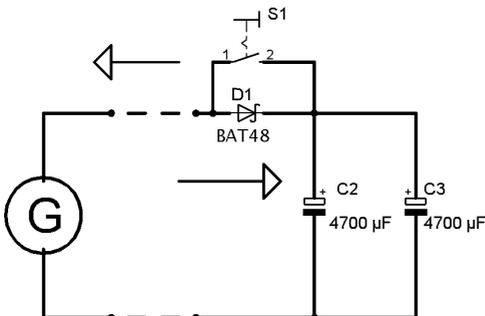


Abb. 3.57: Schaltbild mit dem Tastschalter zur Überbrückung der Sperrdiode

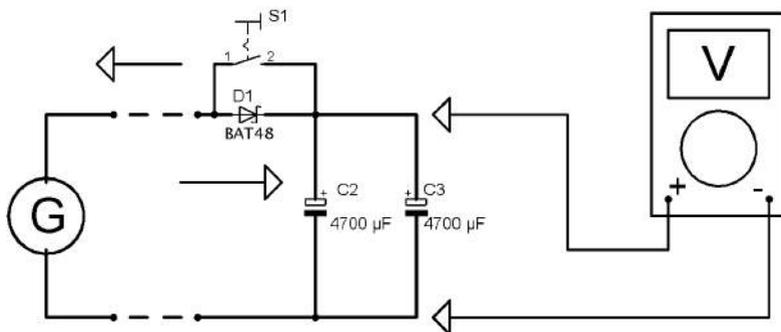


Abb. 3.58: Mit dem Multimeter die Spannung der Elkos messen

3.8.5 Die Dampfmaschine als Ladestation für die Taschenlampe

Experimentieraufbau: Der Schaltungsaufbau aus dem vorletzten Kapitel wird im Prinzip wieder aufgenommen. Jetzt werden anstatt der orangefarbenen LED nun zwei helle weiße LEDs gesteckt.

Nach kurzer Ladezeit durch die Dampfmaschine und den Generator, kann man die Krokoklemmen vom Steckbrett abkoppeln.

Wenn dann der Taster gedrückt wird, leuchten die beiden LEDs für einige Zeit. Danach kann das Steckbrett mit der „LED-Taschenlampe“ wieder an die Ladestation „Dampfmaschine“ angeschlossen werden.

Obwohl die beiden Elkos nur eine kleine Speicherleistung haben, ist es erstaunlich, wie lange die beiden LEDs damit leuchten.

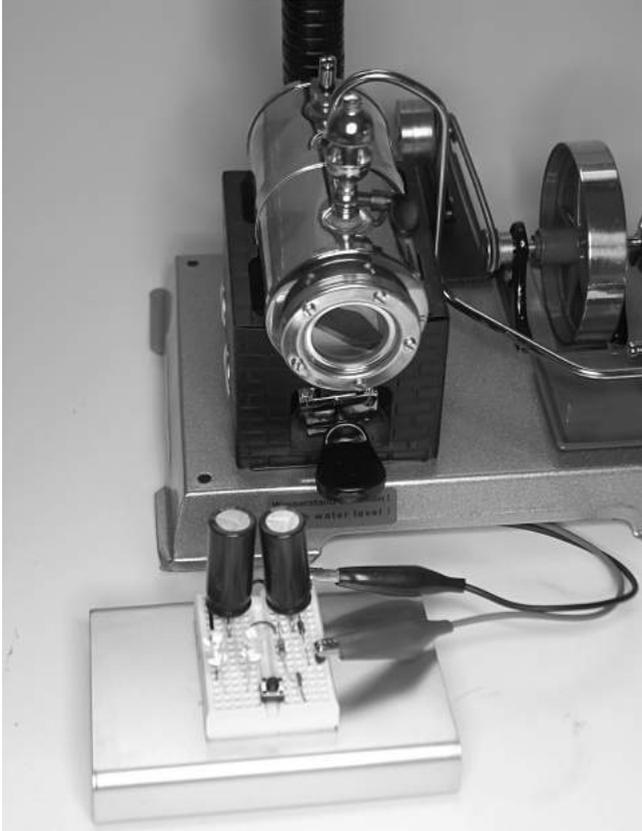


Abb. 3.59: Ladestation, LED-Lampe mit Dampfmaschinenmodell

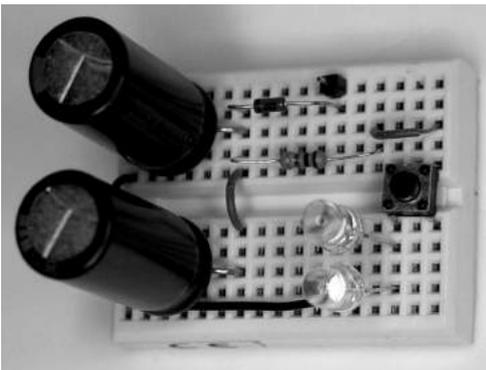


Abb. 3.60: Steckbrettaufbau mit 2 parallel gesteckten Elkos 4700 μ F, Schottkydiode, Vorwiderstand, Taster, 2 weiÙe LEDs und Drahtbrücken.

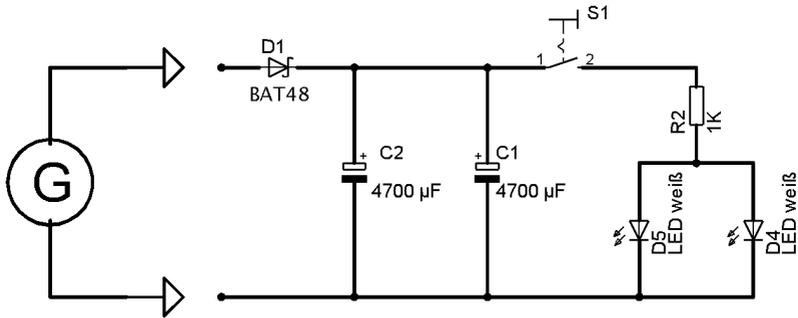


Abb. 3.61: Schaltplan der Ladestation

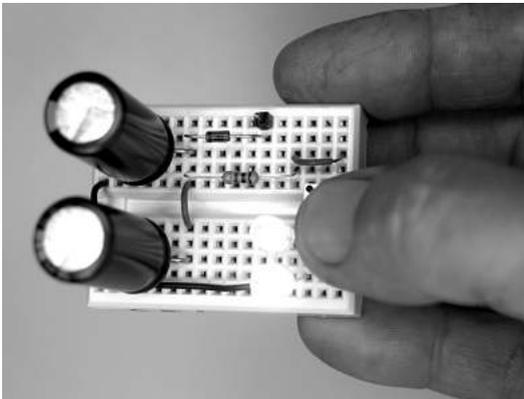


Abb. 3.62: Abgekoppelte LED-Taschenlampe in Funktion

Mit den Komponenten der Dampfbox D 100 E bzw. mit der E-Box E50, lassen sich natürlich noch viele weitere Experimente durchführen. Ich wünsche Ihnen dazu viel Kreativität und Freude!

4. Anhang

4.1 Formelsammlung

Nachfolgend einige wenige Berechnungsformeln für typische Grundschaltungen, wie sie in den Experimenten aufgebaut und untersucht wurden.

4.1.1 Spannung, Strom und Widerstand

Die wichtigsten Größen der Elektrotechnik sind Spannung, Strom und Widerstand, zusammengefasst in dem Ohmschen-Gesetz mit nachfolgenden Formelzeichen und Einheiten:

| | Formelzeichen | Einheit |
|------------|---------------|----------|
| Spannung | U | V |
| Strom | I | A |
| Widerstand | R | Ω |

Wird in einem einfachen Stromkreis die angelegte Spannung erhöht, so erhöht sich auch der in der Schaltung fließende Strom. Die Stromstärke „I“ ist also proportional zur angelegten Spannung.

Erhöht man bei konstanter Spannung den Widerstand, so verringert sich die in der Schaltung fließende Stromstärke. Dieser Umstand wird z.B. bei der Stromversorgung der LEDs genutzt. Die Stromstärke „I“ ist also umgekehrt proportional zum Widerstand „R“.

Die drei Größen lassen sich durch folgende Formeln errechnen:

Strom = Spannung / Widerstand; oder als Formel:

$$I = \frac{U}{R}$$

Beispiel:

Spannung U = 3 V - Widerstand R = 100 Ohm

Berechneter Strom I = 3 V/100 Ohm = 0,03 A oder 30 mA

daraus abgeleitet ergeben sich die beiden Formeln:

Spannung = Widerstand x Stromstärke; oder als Formel:

$$U = R \cdot I$$

Und Widerstand = Spannung / Stromstärke; oder als Formel:

$$R = \frac{U}{I}$$

4.1.2 Parallelschaltung von Widerständen

Werden zwei Widerstände R1 und R2 parallel geschaltet, ergibt sich für den Gesamtwiderstand $R = (R1 \times R2) / (R1 + R2)$

Beispiel:

Widerstand R1 = 1 k-Ohm parallel zu Widerstand R2 = 100 Ohm

Berechneter Gesamtwiderstand $R = (1 \times 0,1) / (1 + 0,1) = 99,9$ Ohm.

Der Gesamtwiderstand wird geringer.

Ein weiteres Beispiel zeigt auf, wenn zwei gleiche Widerstände von 1 k-Ohm parallel geschaltet werden:

$(1 \times 1) / (1+1) = 0,5$ k-Ohm

Der Gesamtwiderstand halbiert sich!

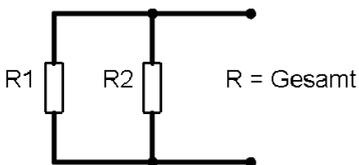


Abb. 4.01: Parallelschaltung von Widerständen

4.1.3 Serienschaltung von Widerständen

Werden Widerstände in Reihe, d.h. hintereinander verschaltet, so addieren sich die Werte von R1 plus R2 zum Gesamtwiderstand: $R = R1 + R2$

Beispiel:

Widerstand R1 = 100 Ohm und Widerstand R2 = 1 k-Ohm in Serie

Berechneter Gesamtwiderstand: $R = 100 \text{ Ohm} + 1 \text{ k-Ohm} = 1100 \text{ Ohm}$

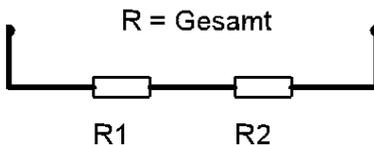


Abb. 4.02: Serienschaltung von zwei Widerständen

4.1.4 Leistungsberechnung

Soll die elektrische Leistung berechnet werden, so können Sie dies mit der folgenden Formel tun:

$$P = U \times I \quad (P = \text{Elektrische Leistung, } U = \text{Spannung, } I = \text{Stromstärke})$$

„P“ wird in Watt angegeben, „U“ in Volt und die Stromstärke „I“ wird in Ampere angegeben.

Berechnungsbeispiel:

Ein Gleichstromgenerator liefert eine Spannung von 3,0 Volt und hat eine Stromabgabe von 50 mA.

$3,0 \text{ V} \times 0,05 \text{ A}$ ergibt eine Leistung von 0.015 Watt

4.2 Troubleshooting

Nachfolgend erhalten Sie Tipps und Hinweise für den Fall, dass Ihre Dampfmaschine nicht richtig läuft, oder die Elektronik nicht oder nur unbedingend funktioniert.

4.2.1 Dampfmaschine

Die Leichtgängigkeit und Dichtigkeit bei einer Modellbaudampfmaschine behindert zwar nicht die grundsätzliche Funktion. Gleichzeitig ist es wichtig, dass die Dampfmaschine leicht läuft. Wie bei allen Modellbaumaschinen gilt auch bei der Dampfmaschine: Je leichter sie läuft, desto besser funktioniert sie.

Ist der Riemen vom Schwungrad zum Generator zu stramm gespannt, so kommt ein kleines Dampfmaschinenmodell nicht genügend auf Touren. Der Generator benötigt mindesten 1000 Umdrehungen/min von der Dampfmaschine her kommend, damit die Spannung hoch genug ist, sodass die LEDs leuchten können.

Für die Leistung ist auch die Dichtigkeit entscheidend. So ist es wichtig darauf zu achten, dass die Dichtungen zwischen Kessel, Dampfleitung und Zylinder gut eingelegt sein müssen und auch die Verbindungen so angezogen werden, dass seitlich kein Dampf entweichen kann.

Wenn eine schiebergesteuerte Dampfmaschine nicht läuft, könnte der Hauptgrund sein, dass die Steuerzeit nicht richtig einjustiert ist. Stellen Sie die Steuerzeit so ein, wie sie in der Anleitung oder der Zeichnung beschrieben sind.

4.2.2 Elektronik

Funktioniert eine von Ihnen auf dem Steckbrett aufgebaute Schaltung nicht wie gewünscht, so bitte ich Sie, folgende Punkte zu beachten bzw. zu prüfen:

- Tut sich nach Aufbau der Schaltung nichts, nicht die Nerven verlieren und zuerst die vom Generator kommende Stromversorgung überprüfen. Sind alle Kontaktverbindungen in Ordnung? Manchmal hat das Anschlusskabel des Generators nur einen ungenügenden Kontakt zu der Krokoklemme.
- Hat die Dampfmaschine genügend Drehzahl? Um die Spannungsabgabe des Generators zu prüfen, kann man entweder einen Multimeter benutzen oder eine ganz einfache Schaltung mit nur einer roten LED aufbauen. Die LED kann dafür einfach kurzzeitig an die beiden Krokoklemmen angeschlossen werden, an die rote Klemme der längere Anschluss der LED.

- Dann die Komponenten im Schaltungsaufbau nachprüfen, stimmen die Polaritäten (Plus- und Minuspole), gibt es vielleicht ein nicht richtig oder zu wenig in das Steckbrett eingestecktes Bauteil?
- Sind die Bauteile wie z.B. die LEDs polungsrichtig eingesteckt? Der längere Anschlussdraht ist der Pluspol. Bei Elektrolytkondensatoren ist auch der längere Anschlussdraht der Pluspol, zusätzlich befindet sich am Gehäuse beim Minuspol ein „minus“-Zeichen.
- Funktioniert die Schaltung, aber das Ergebnis ist unbefriedigend? Dann stellen Sie sich zuerst einmal die Frage, ob das Dampfmaschinenmodell überhaupt genug Leistung bringt.
- Haben Sie unter den bisherigen Punkten keinen Fehler gefunden und das Dampfmaschinenmodell läuft unter Volldampf, dann ist die Schaltung, beginnend beim Generator weiter über den Speicher-Kondensator (Elko) bis zu den weiteren Komponenten auf fehlerhafte Verdrahtung durchzuschauen. Möglicherweise wurde auch ein Bauteil vergessen?

4.3 Bezugsquellen Ersatzteile und Elektronikteile

Das unten genannte und weiteres Verbrauchsmaterial sowie Ersatzteile für Dampfmaschinen sind erhältlich beim Wileco Fachhändler oder bei: www.sell-it-easy.de (info@sell-it-easy.de)

Elektronikteile erhalten Sie z.B. bei www.conrad.de

4.3.1 Verbrauchsmaterial für Dampfmaschinen

| Bezeichnung | Inhalt | Best.-Nr. |
|---------------------------------|----------------------------|-----------|
| Antriebsspiralen 260 mm Z80 | 1 Beutel = 5 Stück | 00800 |
| Trockenbrennstoff Z81 | 1 Schachtel = 20 Tabletten | 01020 |
| Wileco-Dampfmaschinenöl Z83 | 1 Fläschchen = 30 ccm | 00801 |
| Zubehörbeutel „Elektronikteile“ | diverse Elektronikteile | 01459 |
| Generatorhalterung | 1 Stück | 01460 |
| Generator mit Sockel | 1 Stück | 01461 |

4.4 Garantie

Alle WILESCO-Dampfmodelle durchlaufen eine Endkontrolle. Bei einem evt. Fehler können Sie die Dampfmaschine über Ihren Fachhändler oder direkt an uns einsenden. Wir bitten um Verständnis, dass bereits angeheizte/gebrauchte Modelle nicht gegen neue ausgetauscht werden können. Die häufigsten Reklamationen sind undichte Dampfessel. Die Lötnaht wird durch Beheizung ohne ausreichenden Wasserstand zerstört. In solchen Fällen verflüssigt sich das Lötzinn an der Lötnaht tropfenförmig und der Kessel wird undicht. Dies ist ein eindeutiger Beweis, dass der Kessel trockenbeheizt wurde. Bitte beobachten Sie stets sorgfältig den Wasserstand, da eine Trockenbeheizung jegliche Garantieansprüche ausschließt.

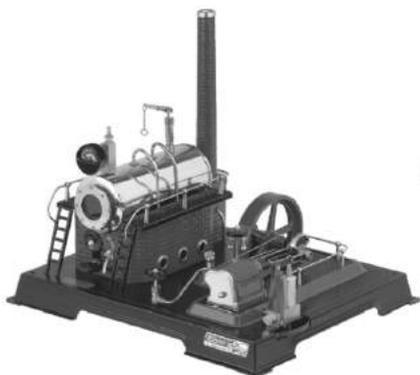
Dieses Modell und die Komponenten sind ausschließlich für die oben beschriebene Funktion bestimmt.
Technische Änderungen behalten wir uns vor.

WILESCO wünscht Ihnen viel Spaß mit der Dampfbox D 100E und der E-Box E50 mit „Volldampf voraus“

Wilhelm Schröder GmbH & Co. KG
D-58511 LÜDENSCHIED Schützenstraße 12
Telefon : 0180 / 500 29 96 (€ 0,12 / Minute) e-mail : info@wileSCO.de

SELL it easy

**Der kompetente Internetshop -
Das gesamte Wilescoprogramm auf Lager**



Dampfmaschine D21



**Der Klassiker
Dampfwalze D365**



**Trockenbrennstoff
Z81**

Sell-it-easy IH GmbH
Schützenstr.12
58511 Lüdenscheid
Tel.: 02351-984780
Fax : 02351-974781

info@sell-it-easy.de
www.sell-it-easy.de