

Baustein: Solex- Solarwasserpumpe ohne bewegliche Teile

Deutschsprachiges Lehrerhandbuch für die
Physik der Solarthermodynamik einfacher,
solarthermischen Anlagen wie der Solexpumpe:



Erfinder- Autor

Dr. Uwe Christian Plachetka

Die große Pumpe in Thailand

2. erweiterte und ergänzte Version
des Offline-Lehrerhandbuches.

Zusammenfassung:

Ziele der Solex-Pumpe

Veranschaulichung der Umwandlung von Sonnenenergie in technische Arbeit, um

1. Energiesparbewusstsein zu fördern
2. Zukünftige Innovatoren auf dem Bereich der erneuerbaren Energiewirtschaft heranzubilden.
3. Die Solarwasserpumpe ist ein innovatives Beispiel für einen preisgünstigen Umgang mit Sonnenenergie. Das bedeutet, anhand der Solex-Pumpe sollen auch die Rahmenbedingungen des Einsatzes erneuerbarer Energie diskutiert werden damit innovatives Denken über den Gegenstand Solexpumpe hinaus angeregt werden kann. Dazu bedarf es der phänomenologischen Empathie in solche thermomechanischen Vorgänge.
4. Eine gebildete Mentalität (educated mind) für eine neue Generation von Frontier Scientists zu fördern.

Gewünschte Aha-Effekte (Zielvorgabe)

Erster Aha-Effekt:

Was bedeutet die Äquivalenz zwischen Wärme und Arbeit konkret? Die Gleichwertigkeit von Wärme und Arbeit lässt sich anhand des Solimeters darstellen:

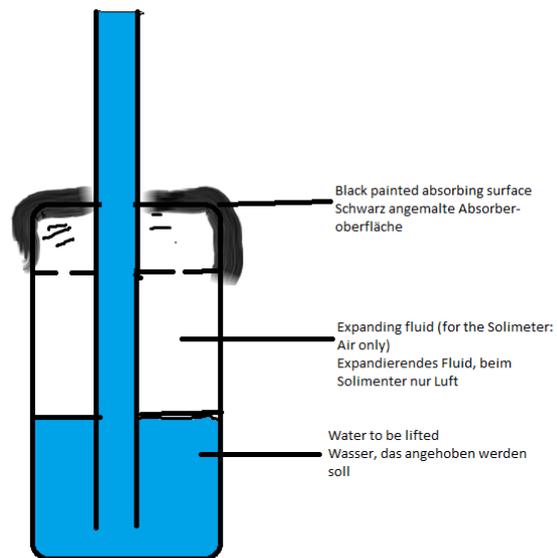


Fig.1: Das Solimeter. Quelle: Wikilampao¹

Dieses Solimeter zeigt allerdings aufgrund der thermischen Ausdehnung der Luft das absolute Energiebudget an einem Ort an, das durch die Sonneneinstrahlung zur Verfügung steht.

Wichtiger Hinweis:

Die wichtigsten Beiträge zur Nachhaltigkeit, die vier Punkte der Zusammenfassung (links) sind das Ergebnis eines längeren Experimentierprozesses. Sie sind daher detailliert im Support-Wiki oder „the Making of...“ Wiki dieses Bausteins dargestellt: <http://www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex> (Google keyword „**Wikilampao Nanosolex**“). Sprache: englisch mit Ausnahme des deutschsprachigen Lehrerhandbuchs.

¹ <http://www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex#ThestepsforconstructingthesmallpumpExperiments>



Fig. 2 Solimeter mit peruanischer Soziologieprofessorin, Huancayo – Peru 2009

Die technisch wirksame Arbeit wird erst durch die Energiedichte erzielt, ein Parabolspiegel (oder sogar eine Alufolie) erzeugen die Energiedichte:



Fig.3: Solimeter mit Solarfolie, das Wasser rinnt aus².

Zweiter Aha-Effekt:

Die relative Umwandlungseffizienz von Energie in Arbeit:

Es werden für die Verdampfung von 1 Liter Wasser zum Siedepunkt 313 Kilojoule Energieeintrag benötigt. Um Dampf zu erzeugen, bedarf es zusätzlich 2230 Kilojoules³. Dies bedeutet Aufheizzeit je nach dem Energieeintrag pro Sekunde in Joules pro Sekunde = Watt. Erst dann kann die Pumpe technische Arbeit verrichten. In älteren Lehrbüchern der

² Quelle: www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex

³ Abfrage an die Wolfram Alpha-Suchmaschine: <http://www.wolframalpha.com/>. Genauere Informationen zum Gebrauch der Wolfram Alpha Suchmaschine (die auf künstlicher Intelligenz basiert) befinden sich im deutschsprachigen Lehrerhandbuch auf dem Support-Wiki: WikiLampao.

Dampfmaschinentechnologie und Raketentechnik wird 1 kcal, also 4.184 kJ mit 427 Meterkilogramm angegeben⁴



Fig.3: Parabolspiegel (1,5x1m) der thailändischen Solexpumpe mit einem Betriebsdruck von rund 4 Bar im Verdampferrohr.

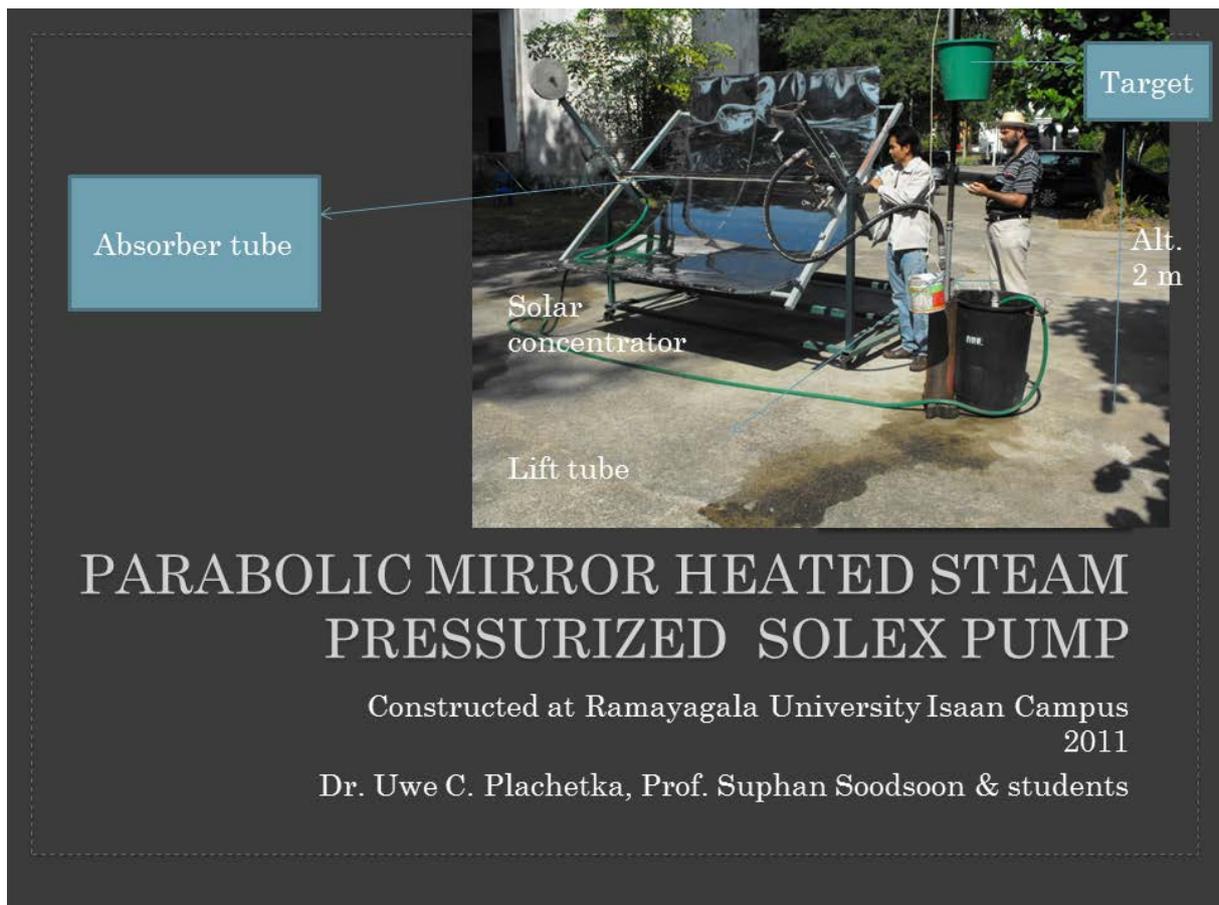
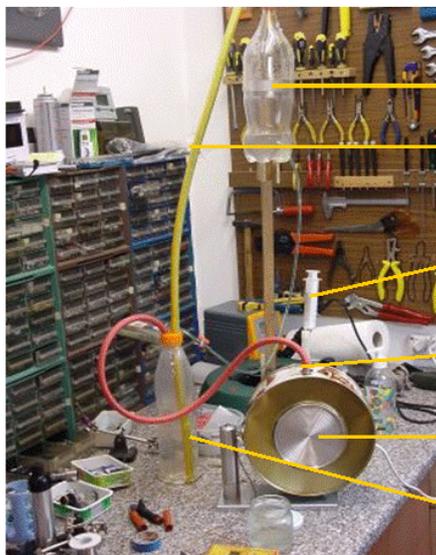


Fig.4: Die Solexpumpe in Thailand mit Solarverdampfer

⁴ Eugen Sänger: Raketentechnik, München-Berlin 1933, S. 16, online: http://epizodsspace.no-ip.org/bibl/inostr-yazyki/nemets/sanger_raketen-flugtechnik_1933.pdf als Bild-pdf-Datei.

Hier zeigt sich, dass es einer Menge von energetischer Vorleistung bedarf, um technische Arbeit aus der Solarenergie zu gewinnen: Die Verdampfungswärme des Wassers, anhand des elektrischen Betriebes der Solexpumpe im Vergleich zum Solimeter zu demonstrieren: Die Energie, die zu einem Betriebsdruck von ca 4 Bar führt, ist aufzubauen. Bei der Nano-Solexpumpe ist sowieso Schnellverdampfung vorgesehen, in dem trommelförmigen Verdampfer.

Nanosolex-Beschreibung



• Legende

Auffangflasche (storage bottle)

Steigrohr (lift tube)

Wassereinspritzung
Water injection

Dampfschlauch (steam hose)
zur Druckflasche (pressure
bottle)

Heizplatte (mit Wärmespeicher für
schlagartige Verdampfung).
Heat area as flash vaporizer

Druckflasche (pressure bottle)

Original photo in the lab: Source: Sepp Lumper

Fig. 5 Nano-Solexpumpe: Kernteil noch ohne Messinstrumente⁵

Siehe zum Betrieb der vollständigen Nano-Solexpumpe auch folgenden Mitschnitt:

Youtbe: Nanosolexready.

<http://www.youtube.com/watch?v=2xmuOra0yYE>

⁵ <http://www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex>

Didaktische Zielvorgabe von den Innovationsquellen definiert:

Das Entwicklungsnetzwerk der Solexpumpe



Fig. 6: Das kreative Ping-Pong –Spiel der Entwicklung der Solexpumpe 2009 bis 2011.

Reihe 1: Beginn in Peru aufgrund der Gefährdung der Genreserven für die Zukunft unserer Nahrung durch dem Klimawandel : Hitech-Pumpen wären unleistbar (links), Bewusstseinsarbeit war angesagt (rechts)-

Reihe 2: Die etwas zu hochtechnische Solexpumpe als funktionsnachweisender Probiertyp im Vulkanland, Globales Dorf Kirchbach in der Steiermark, dessen Institution KB5⁶ als Schnittstelle von internationalen Wissensströmen in regionale Entwicklungsinitiativen es zu einem Globalen Dorf macht –nur: Ausschließlich über das Internet liefen diese Wissensströme auch nicht (zweite Zeile rechts)⁷.

Dieses Entwicklungsnetzwerk wurde über den kreativen Einsatz neuer Informations-und Kommunikationstechnologien betrieben (NIKT), wobei das europäische Modell der „Globalen Dörfer“ auf die Lebensqualität der älteren Generation im ländlichen Raum abzielt (Europäische Breitbandinitiative), siehe den Dokumentarfilm über das Globale Dorf Kirchbach-Steiermark⁸, wo auch die etwas gewalttätige 100 Liter Pumpe aufgrund der peruanischen Erfahrungen entstanden

⁶ Verena Peer: Wissen als Nährboden der Regionalentwicklung : formelle und informelle Prozesse wissensbasierter Regionalentwicklung am Beispiel des "Steirischen Vulkanlandes" und des lokalen Wissens- und Bildungszentrums "KB5" Diplomarbeit, BOKU-Wien 2007: Abstract: <http://www.formgeben.at/kb5/>

⁷ Uwe C. Plachetka: „Das Globale Dorf s.T. Das erste südamerikanische Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum in Österreich“ Der KonaK Nr.57 (4/2009),S.14-27, eingescannt:

<http://www.dorfwiki.org/upload/UweChristianPlachetka/GlobaleD%6fer-st.pdf.pdf>

⁸ http://www.youtube.com/watch?v=TzMEQhgWPYI&feature=player_embedded

Baustein: Solex- Solarwasserpumpe ohne bewegliche Teile

war, mit Zwangsumlauf. Sie erfüllte einen wesentlichen politischen Zweck in der Region. Diese Vorgehensweise der „Aldeas Globales Populares“ der **technischen Umsetzung** von Bildung ist lehr- und lernbar zu machen, sie heißt Frontier science.

Page | 6 **Ausbildung zum Frontier Scientist**

Der Verlust der Meinungsführer-Rolle der EU punkto Nachhaltigkeit hängt mit einem Mangel an frontier scientists zusammen, also Wissenschaft, wie sie seit den Tagen Heinrichs des Seefahrers von "faustischen Typen" (Spengler) betrieben wurde. Laut Europäischer Kommission sind die Indikatoren für die "Müdigkeit der Faustischen Seele" folgendermaßen dargestellt:

Zusammenfassung: EU-Punkte zum Mangel an Frontier scientists und dessen Folgen für Europa:⁹

- losing part of its heritage and identity; becoming a continent of imitators rather than innovators;
- losing out economically, as well as politically, in a globalising world; and
- giving up on the aspiration of developing its own vision of a desirable future for humanity and maintaining the capacity to shape it.

Die Solexpumpe als Mittel, um das Gehirn zu trainieren

Die Solexpumpe ist über drei Kontinente entwickelt worden - siehe "das -the making of- Wiki" – das WikiLampao¹⁰. Die Solexpumpe dient als Lehrmittel für folgende didaktische Aufgaben:

1. Sichtbarmachung der Grundgleichung für Wärmekraftmaschinen ($\rho \cdot g \cdot h$) aufbauend auf der Äquivalenz von Wärme und Arbeit: Das Solimeter als Indikator für potentielle Solar-Exergie.
2. Sichtbarmachung der aktuellen Exergie, die in der potentiellen Energie des hochgedrückten Wassers besteht (und dem Klick-Klack-Zähler, wenn es herunter fließt= kinetische Energie)
3. Debatten über die Einsatzbedingungen der Solexpumpe (leistbare Energieautarkie)¹¹
4. Debatten über die Ressourcen und Quellen der Innovation: Wie relevant sind Mythen und Denkweisen archaischer oder exotischer Völker?

Dieser Punkt 4 führt zum nächsten didaktischen Auftrag der Solexpumpe: Die Solexpumpe als Lehrbeispiel für interkulturelle Kreativität

⁹ http://ec.europa.eu/research/future/pdf/hleg_fullreport_frontier_research_april2005.pdf

¹⁰ Key-word: Wikilampao Nanosolex.

¹¹ Zur Diagnose lokaler Ressourcen: Liliana H. Muñoz: „Los diferentes usos de las TICs en zonas rurales: Kirchbach Austria "Aldea Global Popular" y el anexo de Tinyari Chico, Chupaca-Perú" Tikpa Pachapaq 1(1), Huancayo-Peru pp.4-8

Ausgangsfrage: Leistbare Energieautarkie (beispielsweise für arme Reisbauern im Isaan - Ostthailand oder indigene Hochlandbauern Peru)

Page | 7

Der Beginn der Entwicklung der Solexpumpe fand im peruanischen Hochland statt¹² und wurde dann dank persönlicher Beziehungen vom Globalen Dorf Kirchbach-Steiermark mit Lam Pao in Thailand vernetzt. In Österreich, Oststeiermark, Entwicklungsregion Vulkanland, wo das Globale Dorf Kirchbach steht gibt es ähnliche Probleme. Diese Region wurde durch die Mobilisierung lokaler, erneuerbarer Ressourcen auch durch Ressourcenwahrnehmung der Bevölkerung aus der deprimierenden Situation des Armen- und „Dodel“ - Hauses vor den Toren der Stadt Graz herausentwickelt¹³.

Die orthorepetitive und heteroinnovative Problemlösungsstrategie

Die orthorepetitive Problemlösungsstrategie sind Förderungen in Geld - und einer Regionalregierung, welche diese Förderungen verwaltet. Haben einzelne Bürgerinnen und Bürger Probleme, so ist deren Lösung entweder förderungswürdig oder ausbleibend. Damit werden die Leute, welche die gesellschaftlich inakzeptablen Probleme haben, tendentiell als asozial dargestellt, im 20. Jahrhundert hieß dies "Volksschädlinge", im 21. Jahrhundert wohl "Nachhaltigkeitsschädlinge". Wir wollen aber niemanden ausgrenzen.

Die **heteroinnovative Problemlösungsstrategie** hingegen passt nicht die Probleme an die Lösung an, sondern **die Lösung an die Problemstellung**. Dazu galt

(a) nachzusehen, was am kulturellen Erbe an Innovationspotential vorhanden ist, vor allem, um die operativen Kosten zu senken.

(b) wie dieses Innovationspotential zu mobilisieren ist.

Kurz gesagt: Statt altväterischem Bohneneintopf ein cooles Chilli con carne.

Das bedeutete,

ad (a) es wurde im griechischen Ursprung der Technik gesucht - und bei Heron von Alexandria gefunden

ad (b) die wichtigsten Akteure aus der Region wurden über das gemeinsame Projekt mit nichteuropäischen Regionen, die ähnliche Probleme hatten, vernetzt. Dadurch wurde über die neuen Informations- und Kommunikationstechnologien die Entwicklung der Solex über drei Kontinente (Südamerika, Europa, Asien) vorangetrieben und für die beteiligten Menschen war dies ein leicht exotisches Abenteuer, welches die heteroinnovative Problemlösungsstrategie demonstrierte.

¹² Projekt Oil Reduced Agriculture (2005-2009). Zum Thema Kulturen der Biodiversität: Uwe C. Plachetka: Die Inka, das Imperium das aus der Kälte kam (Mensch- und Gesellschaft 18), Peter-Lang, Frankfurt am Main; New York 2011

¹³ <http://www.vulkanland.at/>

Die technische Grundlage der Solex, damit sie der Dorfschmied reparieren kann

Die Solex besteht aus einem Verdampferrohr, dass von einem Parabolspiegel oder Fresnell-Linsen beheizt wird. Der dort produzierte Heißdampf wird in den Heronsball geblasen, daraufhin wird das Wasser über das Steigrohr hochgedrückt. Der Massenverlust im Heronsball führt über die bekannten Zusammenhänge $p \cdot V = R \cdot T$ (der idealen Gasgleichung) zu einem Temperatur- und folgerichtig Druckabfall, sodass ein Unterdruck entsteht, womit neues Wasser angesaugt wird.

Dabei sind folgende Themen aus der Technik angesprochen worden, die normaler Weise nichts miteinander zu tun haben:

1. Heron's antike Maschinen, die genial und relativ einfach sind: Die "brain force" soll sich in den Köpfen der Entwickler und nicht in den Computerchips von Produkten befinden, die daher niemand reparieren kann.
2. Das Thema Massenverlust bzw. der gesamte Entdeckungszusammenhang kommt aus der Idee, eine Wasserrakete umzudrehen, damit nicht die Rakete fliegt, sondern das Wasser dorthin spritzt, wo es gebraucht wird.
3. Die Gleichwertigkeit von Wärme und Arbeit erlaubt die Unterscheidung zwischen absoluter Solar-Exergie (maximale Höhe der Wassersäule im Solimeter) und operativer Solar-Exergie (maximale Steighöhe, die Ausfließen in ein Auffanggefäß ermöglicht).

Bezug zur Nachhaltigkeit: Die biogene Wende beginnt im Kopf

Die biogene Wende in den Köpfen der frontier-scientists erfordert den Paradigmenwechsel von orthorepetitiver Wissenschaft zur heteroinnovativer Wissenschaft um ab ovo (ab Paradigma) nachhaltige Lösungen entwickeln zu können, statt konventionelle Lösungen einem "greenwash" zu unterziehen.

Gerade das Thema "interkulturelle Kreativität" und damit die Entwicklung über drei Kontinente verlangte, dass nachhaltig arbeitende Wärmekraftmaschinen von Dorfschmieden repariert werden können - also keine Computerchips usw. die aus den komplexesten Anlagen Einwegprodukte machen, da niemand sie reparieren kann. Einwegprodukte sind nicht nachhaltig.

Das Drehbuch für die Online-Lehrveranstaltung

Vorbereitungen:

Page | 9

- Einen Internetzugang größer als 5M bits pro Sekunde¹⁴
- Einen Laptop
- Einen Videobeamer
- Verdunkelbare Klassenräume
- eventuell eine Leinwand.
- Eine Klemm- oder Tischlampe für den Laptop, da der Lehrkörper wahrscheinlich eine Auswahl zeigen will und daher auf der Website navigieren können muss.
- Ca 1 - 3 Stunden Muße, sich vorher die Website zu Gemüte zu führen, eventuell in einem Kaffeehaus mit Wireless Lan (im Interesse der anderen Gäste bitte mit Headset).
- Die Nano-Solexpumpe (das Tischmodell)
- Wasserhahn im Physiksaal
- Stromzufuhr wenn sie mit Strom und einem Amperemeter betrieben wird
- Eine Fresnell-Linse, idealer Weise mit 50 Zoll Durchmesser.
- Große Fenster, durch welche die Sonne scheint
- Die Sonne (also einen sonnigen Tag).

Modell-Vorlesung basierend auf dem Wikilampao:

Sehr geehrte Damen und Herren!

Wie können Solarthermische Anlagen nachhaltig und mit einfachen Mitteln gebaut werden, die sich irgendwelche Dörfer in der Einsicht leisten können? Das ist eine Frage der leistbaren Energieautarkie.

Wir fangen bei der Solarthermodynamik nicht mit Brennsiegeln und Linsen an, sondern mit der höchst wichtigen Beziehung, wie Wärme in Arbeit umgewandelt wird:

Dies ist die Beziehung:

Gleichung: Potentielle Energie aus Wärmeenergie = $\rho \cdot g \cdot h$.

Das kann mit einem einfachen Heronsball auf Sonnenergiebasis dargestellt werden:

<http://www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex#Milestone1Banglingtheory>

Wir sehen an dieser Skizze, wie das Solimeter funktioniert (runterscrollen).

Solimeter in die Sonne stellen (Fenster, das nicht abgedunkelt wurde).

Nun ist dies eine Grundgleichung, die eine hochwichtige Beziehung darstellt. Die richtige Berechnung der Umwandlung von Sonnenenergie in Arbeit – nämlich Hubarbeit erfordert die praktische Analyse des Solimeters, da das Solimeter eine eigene Maschine ist

<http://www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex/NanosolexLehrerhandbuch/SolimeterGrundgleichung#HerleitungderGrundgleichungendesSolimeters>

Diese Maschine hat Luft als Fluid, daher ist die Ausdehnung der Luft als Fluid entscheidend. Dazu bedarf es eines Temperatur-Druck-Diagramms:

¹⁴ Tester: <http://www.speedtest.net/>

<http://www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex/NanosolexLehrerhandbuch/SolimeterGrundgleichung#DieLuftimSolimeteralsgeschlossenesaberdiathermesnichtadiabatischesSystem>

Gut, dies ist ein Heronsball. Aber wo sehen wir die hergestellte potentielle Energie?
An diesem Tischmodell der Solexpumpe.

Page | 10

⇒ Auspacken der Solexpumpe oder Demonstrationsvideo aus dem WikiLampao.

Bei größeren Modellen ist kontinuierliche Arbeit zu erwarten. Infolge dessen muss die Pumpe als Wärmekraftmaschine dem Carnot-Zyklus unterliegen. Der Carnotzyklus besteht aus einer isothermen Phase und einer adiabatischen Phase. Darstellbar ist dies anhand des berühmten Türöffners von Heron:

<http://www.youtube.com/watch?v=LE2qyZ7hUxU>

Hier haben wir die Isotherme und die Adiabate schön säuberlich auseinander gehalten: Isotherme ist die thermische Ausdehnung der Luft, Adiabate ist, wenn der schwere Kübel sinkt, rein mechanisch. Isotherme ist, wenn das das gelöschte Opferfeuer zum Abkühlen der Luft führt, sodass das Wasser aus dem Kübel hinausgesaugt wird, Adiabate ist, wenn das Gegengewicht den leichteren Kübel hoch zieht und die Türen schließt.

Okay, bisher haben wir mit Luftmaschinen gearbeitet. Nun zum Dampf:
Verdampfendes Wasser nimmt mehr Raum ein, als flüssiges Wasser:

http://www.youtube.com/watch?v=mjcEpT8fUm4&feature=player_embedded

Dies bedeutet: Wir haben Druck, weil der Wasserdampf den Raum nicht einnehmen kann:
Dies ist Enthalpie: Innere Energie plus Ausdehnungsarbeit.

Daher betreiben wir nun unseren Heronsball mit Dampf.

Wie sich ausdehnendes Gas direkt in Arbeit umgewandelt wird, wird anhand der Rakete deutlich, die uns zeigt, wie Arbeit in Energie und Energie in Arbeit umgewandelt wird.

http://www.youtube.com/watch?v=cm13_t1cOUk

Die Kommentare für den Film:

- Minute 00:17: Sie müssen Ihre Maschine nach der Energie, die es gilt zu nutzen, konstruieren. Sonst funktioniert sie nicht. Bei der Rakete findet diese Umwandlung in den Düsen statt.
- Minute 0:37-38: Menschen arbeiten, um die Luft für die Rakete zu komprimieren. Dies bedeutet: Die Arbeit ist zu "produzieren" (dh umgewandelt werden) in potentielle Energie. Das Lehrbuch sagt: Das Äquivalent zwischen Energie (auch Wärmeenergie) und Arbeit: $1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ Kilojoule (thermische)} = 427 \text{ Kilogrammeters (alte Arbeitseinheit)}$: Dies ist das Äquivalent zwischen thermischer Energie und Arbeit. Pumpet Ihr eine Wasser-Rakete auf, dass Sie spüren, wie viel Arbeit für 1kJ gespeicherte Energie benötigt wird.

Wichtig: Die Arbeit wird in potentielle Energie (die Druckluft) transformiert.

- Minute 1.00 Anpassung der Geräte für die Umwandlung potentieller Energie in die Arbeit (die Abstoßung zur Bewegung der Rakete: Die Düsen)
- Minute 01.30: Der Start-Winkel: So ist es nicht nur Kraft (Energie), um die Maschine anzutreiben, bei der Rakete manifestiert sich die Arbeit auch in der Flugbahn: Die Wirkung des ballistischen Wirkungsgrades (des Impulserhaltungssatzes) verlängert die Flugbahn.

Baustein: Solex- Solarwasserpumpe ohne bewegliche Teile

Jetzt brauchen wir aber keine Rakete, sondern eine kontinuierlich arbeitende Maschine. Also verwandeln wir unsere Rakete in eine Pumpe – wobei ich hier zeige, was passiert, wenn die Isochore Verdichtung fehlt:

<http://www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex#SolexFilmdocumentsonthetesruninThailand>

Page | 11

Hier haben wir die isochore Verdichtung, die Pumpe lädt sich selbst (zweiter Film ibid.)

Jetzt kommen wir zur Sonnenenergie.

Sonnenenergie muss konzentriert werden, also die Energiedichte muss erhöht werden. Dies geschieht entweder durch Spiegel oder durch Linsen.

<http://www.wikilampao.org/wiki.cgi?FolderFolders/NanoSolex#SolarEnergyprovision>

(Dauer ca 20 Minuten)

Jetzt Einsatz der Nanopumpe, siehe Folder: Experiment Nanosolex.