

Wasserkraft

die unerschöpfliche Energiequelle



Abbildung 2: Laufwasserkraftwerk, www.halfin.ch

Abbildung 1: Speichersee, <http://konzern.kelag.at/>



Autoren: Marc Heeb
Rebagger 6
9468 Sax

Dionis Lenherr
Feld 3
9473 Gams

Betreuung: Gregor Lenherr

Ort, Datum: Buchs, 13. März 2014

Abstract

Wasserkraft gehört zu den erneuerbaren Energien. Wasserkraftwerke bestechen durch ihren hohen Wirkungsgrad und ihren günstigen Unterhalt. Zu Beginn der Arbeit haben wir uns gefragt, wie Wasserkraftwerke funktionieren, wie ökologisch und ökonomisch diese sind und welche physikalischen Kräfte es benötigt, damit die Wasserkraftwerke funktionieren.

Wir haben in unserer Arbeit ihre Funktionsweise, das Generatorprinzip, die verschiedenen Turbinenarten und den Weg des Wassers durch die Kraftwerke beschrieben. Weiter haben wir die Ökonomie und Ökologie analysiert.

Wir hatten zuerst die Idee ein kleines Wasserkraftwerk zu bauen und damit eine kleine Lampe anzutreiben. Diese Idee scheiterte aber kläglich beim Versuch, einen Velodynamo unter einem Wasserstrahl in Drehung zu versetzen. Auf der Suche nach einem anderen Experiment sind wir auf die Idee gekommen einen Generator nachzubauen. Eine schwere Aufgabe bei der präzises Arbeiten wichtig war.

Die Erkenntnisse, die wir aus der Arbeit gezogen haben sind, dass es gar nicht so einfach ist, einen komplizierten Sachverhalt auf das Einfachste herunter zu brechen, dass Teamarbeit manchmal schwierig ist und dass die Wasserkraft wohl die wichtigste erneuerbare Energie ist, aber auch sehr von der geografischen Lage abhängt.

Hydroelectricity belongs to the renewable energies. Hydroelectric plants impress with their high efficiency and their low maintenance. At the start of our work we asked ourselves how hydroelectric plants work and how ecological and economical they are and which physical forces it needs, to make them work. In our work we described the functionality, the generator concept, the different turbines and the flow of water. Further we analysed the economy and ecology. At the beginning we had the idea to build a little hydroelectric plant which should light up a small lamp. This idea failed miserably as we tried to turn a bicycle dynamo in rotation with a water jet. So we decided to build a part of a generator. We had to work very precisely otherwise it would not have worked. We have learned that it is not easy to break a difficult issue down to a simple text, also we have learned that teamwork is complicated sometimes and that hydroelectricity is one of the best renewable energies, if the geographic location admits it.

Inhalt

Abstract.....	2
Abbildungsverzeichnis	4
1. Einleitung	5
2. Funktionsweise	6
2.1 Speicherkraftwerke.....	6
2.1.1 Aufbau	7
2.1.1.1 Speicher / Stausee.....	7
2.1.1.2 Druckleitung	7
2.1.1.3 Maschinenhaus / Krafthaus.....	7
2.2 Pumpspeicherkraftwerke	7
2.3 Laufwasserkraftwerke.....	8
2.3.1 Schwellbetrieb.....	8
2.3.2 Ausleitungskraftwerke	8
2.4 Trinkwasserkraftwerke.....	9
3. Turbinen.....	9
3.1 Kaplan turbine	9
3.2 Francisturbine.....	10
3.3 Peltonturbine	10
4. Generator.....	11
4.1 Lorentzkraft	12
4.2 Generatorprinzip.....	12
4.3 Aufbau	13
5. Versuch.....	13
6. Ökologie.....	14
6.1 Nutzung des Wasserkreislaufes	15
6.2 Einengung der Lebensräume	15
6.3 Flüsse werden stark verändert	15
6.4 Zusammenspiel der Nutzen und Konflikte	16
7. Ökonomie.....	17
7.1 Rentabilität, Effizienzsteigerung	17
7.2 Strommarkt.....	17
7.3 Das Wasserschloss Europas.....	18
8. Fazit.....	19
9. Reflexion	20
Literaturverzeichnis.....	21
Eidesstattliche Erklärung.....	22
Anhang	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Speichersee http://konzern.kelag.at/content/page_kraftwerke-10092.jsp	1
Abbildung 2: Laufwasserkraftwerk http://www.halpin.ch/Wasser/Wasserkraft.htm	1
Abbildung 3: Pumpspeicherkraftwerk http://www.taz.de/!68538/	6
Abbildung 4: Aufbau Speicherkraftwerk http://wizard.webquests.ch/wasserkraftwerkvanessamarina.html?page=39567	7
Abbildung 5: Maschinenhaus eines Speicherkraftwerkes http://www.energiesdienst.de/cms/unternehmen/wasserkraft/wallis/uebersicht_wallis/bildergalerie_e_nalpin.php?we_lv_start_verschachtelt=&anz_all=&uebersicht=3	7
Abbildung 6: Laufwasserkraftwerk http://www.loerrach-landkreis.de/servlet/PB/menu/1638162/index.html	8
Abbildung 7: Generator und Turbine eines Trinkwasserkraftwerkes http://www.smallhydro.ch/bdb/displayimage.php?album=21&pos=9	9
Abbildung 8: Schema Kaplan-turbine http://www.microhydropower.net/basics/turbines.php	9
Abbildung 9: Schema Francis-Turbine http://www.jfccivilengineer.com/turbines.htm	10
Abbildung 10: Pelton-turbine http://www.ecopolisla.com/en/hydro-power/products/turbines/detail-pelton-turbine-hhp---v-54/	10
Abbildung 11: Laufrad mit gut sichtbarer Schneide http://www.hydrohrom.cz/EN/horizontal-compact-pelton-turbine.html	11
Abbildung 12: Drehstromgenerator http://www.ewsennwald.ch/htms/index.php/betrieb-netzbau/kraftwerk-fassungen	11
Abbildung 13: Induktion der Bewegung http://www.sps-lehrgang.de/induktionsspannung/	112
Abbildung 14: Veranschaulichung eines Elektromagneten http://de.dreamstime.com/lizenzfreie-stockfotos-elektromagnet-image6974338	112
Abbildung 15: Sinuskurve http://www.stayathome.ch/wechselstrom.htm	112
Abbildung 16: Drehstromgenerator http://www.rafoeg.de/index.php/seite/10,Forschungsprojekte/20,Generatoren/Generatoren.html ..	13
Abbildung 17: Funktionstüchtiges Modell eines Drehstromgenerators	13
Abbildung 18: Anzeige des Spannungsverlaufes im Display des Kathodenstrahlzilloskops	14
Abbildung 19: Wasserkraftwerk Inga 1 am Kongo http://www.dw.de/umstrittene-renaissance-der-grosswasserkraftwerke/a-17233994	14
Abbildung 20: Baustelle des Wasserkraftwerkes Cheves in Peru http://www.hochtief.de/hochtief/3913.jhtml	15
Abbildung 21: Restwasserproblematik http://www.hydra-institu-te.com/de/ifah/Fische_Fischerei/Fischoekologische%20Fragen.php	15
Abbildung 22: Fischtreppe http://www.enbw.com/unternehmen/konzern/ueber-uns/umweltschutz/biodiversitaet/wasserkraft.html	16
Abbildung 23: Rechenanlage http://www.reichermuehle.de/php/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=35 ..	17
Abbildung 24: Strommarkt http://www.ordnungspolitik.ch/2013/09/27/ob-gruen-orange-oder-grau-jedem-seinen-strom	17
Abbildung 25: Stausee von Emosson http://www.1815.ch/wallis/aktuell/alpiq-ceo-staiblin-lehnt-erhoehung-der-wasserzinse-ab-132361.html	18

1. Einleitung

Wasserkraft ist in rauen Mengen vorhanden und so mächtig wie kaum eine andere. Man sieht dies am Beispiel von zahlreichen verheerenden Tsunamis. Diese Kraft nutzt der Mensch schon seit Jahrtausenden in Form von Wasserschöpfrädern, um zahlreiche Maschinen anzutreiben, vom Schmiedehammer bis zur Wollspinnerei. Heute wird die Kraft des Wassers in Form von Wasserkraftwerken, welche unseren Strom produzieren genutzt. Die Schweiz ist das Land in dem die Wasserkraft noch heute, trotz Atomkraftanlagen, den grössten Teil des Schweizer Stromes herstellt. Genau das fasziniert uns so daran. Die unbändige Kraft des Wassers, die man durch den technischen Fortschritt ausgezeichnet nutzen kann.

Wir haben dieses Thema gewählt, weil bei uns ein grosses Interesse an den verschiedenen Turbinen und Generatoren besteht. Das Ausbaupotential ist in Europa relativ gering, jedoch kann in der Dritten Welt die Wasserkraft noch stark erweitert werden. Wir wollten eine erneuerbare Energie untersuchen, da unsere Zukunft von der Energiefrage abhängt und es uns wichtig erscheint, wie unsere benötigte Energie zukünftig produziert wird. Auch die Faszination, wie die teils komplexen Turbinen hergestellt werden und wie sie funktionieren, sowie die Frage nach dem Aufbau und der Funktion eines Generators haben sicherlich zur Themenwahl beigetragen.

Unser Ziel war es, einen tieferen Einblick ins Thema Wasserkraft zu bekommen, was wir in vollem Umfang erreicht haben. Wir wollten uns informieren, wie viel die Wasserkraft zur Schweizer Stromproduktion beiträgt. Wir wollten die verschiedenen Kraftwerksarten aufzeigen und ihre Funktionsweise erläutern. Des Weiteren war es eines unserer Ziele, ein kleines Wasserkraftwerk zu bauen, was schon in der Theorie scheiterte. Also setzten wir uns das Ziel, einen Generator nachzubauen.

Die meisten Informationen haben wir aus dem Internet bezogen, jedoch haben wir nicht einfach Texte kopiert, sondern die gefundenen Informationen mit möglichst vielen anderen Seiten verglichen, um deren Wahrheitsgehalt zu überprüfen. Anschliessend haben wir diese umgeschrieben, sodass sie auch für Personen lesbar sind, welche nur geringes technisches Verständnis aufweisen. Wir haben das Buch „Erneuerbare Energien und Klimaschutz“ von Volker Quasching benutzt. Er ist Professor für Regenerative Energiesysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin. Organisiert haben wir uns durch Absprache und Aufteilung der Arbeit.

Danken möchten wir Herrn Gregor Lenherr, der uns von Anfang an bei dem Projekt unterstützte. Wir möchten auch unseren Familien danken die unsere Arbeit gelesen und ihr Feedback dazu gegeben haben.

2. Funktionsweise

Wasserkraftanlagen nutzen die potentielle Energie (Lageenergie) des auf einem erhöhten Niveau gelegenen Wassers. Die Bewegungsenergie des abfließenden Wassers treibt eine Turbine. Diese wiederum ist mit einem Generator verbunden, welcher die Energie dieser sich drehenden Turbine in elektrische Energie umwandelt. Ein Transformator bringt diese anschliessend auf das Potential des Stromnetzes.

Grundsätzlich werden Wasserkraftwerke in zwei Gruppen aufgeteilt:

- Die Laufwasserkraftwerke, welche einen Flusslauf nur sehr schwach aufstauen und so die Energie des Flusses kaum speichern. Sie arbeiten mit einer hohen Durchflussmenge.
- Speicherkraftwerke wiederum stauen das Wasser auf einem stark erhöhten Niveau. Mit hohem Druck schießt das gespeicherte Wasser auf die Turbine.

2.1 Speicherkraftwerke

In riesigen Speicherbecken oder Talsperren wird Wasser gestaut. Den Zufluss bilden Bäche, Regenwasser und Schmelzwasser. Aus diesem Grund schwankt die Zuflussmenge je nach Jahreszeit und Wetterlage stark. In Druckleitungen wird das Wasser in das tiefer gelegene Maschinenhaus geleitet. Im Gegensatz zu Laufwasserkraftwerken, wo viel Wasser bei geringem Druck auf die Turbine trifft, versucht



Abbildung 3: Pumpspeicherkraftwerk, www.taz.de

man bei Speicherkraftwerken weniger Wasser unter höherem Druck zu turbinieren. Dieser enorme Wasserdruck wird durch einen grossen Höhenunterschied von Speicherbecken und Maschinenhaus erreicht. Eine Besonderheit bildet die hohe Flexibilität von Speicherkraftwerken. Sie können innert kürzester Zeit abgeschaltet oder hochgefahren werden, was einen enormen Vorteil im Vergleich mit anderen Kraftwerken bietet. In der Nacht, wenn nur wenig Energie benötigt wird, kann im Speicherbecken Wasser angestaut werden. Morgens um ca. 7 Uhr, wenn in Industriebetrieben und in anderen Firmen Maschinen eingeschaltet oder mittags um 11.30 Uhr, wenn in den Haushalten gekocht wird, kann das Wasser turbinieren und kurzfristig viel Energie geliefert werden. Selbst um 9 Uhr kann eine halbe Stunde Wasser aufgestaut werden, wenn durch die "Znünipausen" weniger Energie benötigt wird.

(<http://stromkraftwerk.jimdo.com/speicherkraftwerk/>)

2.1.1 Aufbau

2.1.1.1 Speicher / Stausee

Das Wasser wird in einem Stausee gespeichert. Dieser wird durch riesige Talsperren aus Stahlbeton erbaut oder ist bereits natürlich vorhanden. Da ein Dammbbruch riesige Schäden verursachen könnte, muss der Stausee ständig überwacht werden.

2.1.1.2 Druckleitung

Mittels Druckleitungen oder Druckstollen wird das Wasser zum Maschinenhaus geleitet. Die Schiebekammer funktioniert wie ein grosser Wasserhahn. Sie öffnet und schliesst den Zufluss zum Maschinenhaus. Bei schnellem Schliessen des Wasserschlosses entsteht ein enormer Druckstoss in der Rohrleitung. Dieser wird bei grösseren Anlagen durch ein Wasserschloss ausgeglichen.

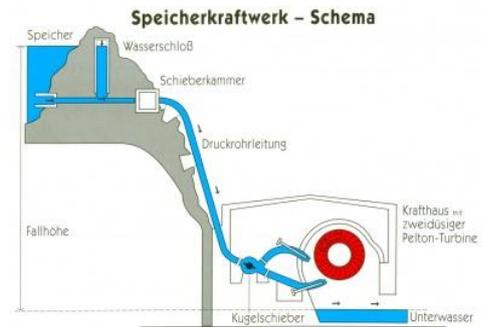


Abbildung 4: Aufbau Speicherkraftwerk
<http://wizard.webquests.ch>

2.1.1.3 Maschinenhaus / Krafthaus



Abbildung 5: Maschinenhaus eines Speicherkraftwerkes
www.energiesdienst.de

Im Maschinenhaus trifft das Wasser schliesslich mit einem Wasserdruck von bis zu 200 bar auf die Turbine und versetzt diese in Rotation. Sie wiederum ist mit einem Generator verbunden, welcher elektrischen Strom produziert. Das Wasser mündet bei kleineren Anlagen meist in einen Bach oder Fluss. Bei grossen Kraftwerken gelangt es in ein Unterbecken, welches vielfach selbst als Stausee für tiefer gelegene Speicherkraftwerke dient. Ist kein Kraftwerk nachfolgend, gleicht das Unterbecken den Wasserfluss aus, welcher ansonsten stark schwanken würde.

2.2 Pumpspeicherkraftwerke

Eine besondere Form eines Speicherkraftwerkes bildet das Pumpspeicherkraftwerk. In der Stromerzeugung funktioniert dieses Kraftwerk exakt gleich wie ein normales Speicherkraftwerk. Ausser dass das turbinierte Wasser in ein unteres Becken eingeleitet wird. Wie es der Name schon verrät kann auf den Pumpbetrieb umgestellt werden, was geschieht, wenn das Energieangebot im Vergleich zur Nachfrage sehr hoch ist. In diesem Fall wird das Wasser mittels Pumpen in den höher gelegenen Speichersee gepumpt. Zur Beförderung können dieselben Druckleitungen verwendet werden, wie zur Stromerzeugung. Teilweise werden sogar die Generatoren als Motoren verwendet, da sie technisch gesehen fast identisch aufgebaut sind. Das hinauf gepumpte Wasser hat nun durch den dazugewonnenen Höhenunterschied mehr Lageenergie. Aus diesem Grund können Pumpspeicherkraftwerke als extrem grosse Batterien betrachtet werden. Diese werden dann bei erhöhter Stromnachfrage wieder als Kraftwerk und somit als Energieerzeuger eingesetzt. Das hinaufgepumpte Wasser wird wieder zur Stromerzeugung genutzt.

2.3 Laufwasserkraftwerke



Abbildung 6: Laufwasserkraftwerk, www.ioerrach-landkreis.de

Laufwasserkraftwerke nutzen die Strömung eines Kanals oder Flusses zur Erzeugung von Strom. Das zufließende Wasser aus einem Fluss wird häufig kurz aufgestaut und dann in eine Turbine umgelenkt. Dies ist vielfach nötig, um einen größeren Höhenunterschied zu erreichen. Das Wasser trifft somit mit mehr Druck auf die Turbine, was die Leistung steigert. Jedoch ist die Fallhöhe, bei welcher der Wasserdruck entsteht nur selten so hoch wie bei Speicherkraftwerken. Bei größeren Flüssen werden mehrere Turbinen und Generatoren nebeneinander errichtet, sodass mehr Wasser turbinieren kann. Laufwasserkraftwerke geben rund um die Uhr

eine relativ gleichmässige Energiemenge ab. Sie variiert jedoch je nach Jahreszeit, da zum Beispiel im Frühling durch die Schneeschmelze die Flüsse mehr Wasser führen.

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Laufwasserkraftwerk>)

(<http://www.stromgewinnung.com/laufwasserkraftwerk.shtml>)

2.3.1 Schwellbetrieb

Einige Laufwasserkraftwerke können im Schwellbetrieb genutzt werden. Hierbei wird das Wasser mehrere Stunden aufgestaut und dann turbinieren. So kann eine kleine Zuflussmenge unter einem hohen Wirkungsgrad genutzt werden und zu bestimmten Tageszeiten in elektrische Energie umgewandelt werden, wenn viel Strom benötigt wird. Der Schwellbetrieb legt jedoch in der Aufstauphase den Fluss unterhalb des Kraftwerkes trocken, was erhebliche ökologische Probleme mit sich bringt.

2.3.2 Ausleitungskraftwerke

Das in der Wehr aufgestaute Wasser wird in Kanälen oder Stollen zum Maschinenhaus geleitet. Nachdem das Wasser die Energie auf die Turbine übertragen hat, fließt es wieder in den Fluss. Es ergibt sich der Vorteil, dass das Maschinenhaus auf trockenem und festem Untergrund relativ kostengünstig errichtet werden kann. Jedoch müssen häufig grössere Baumassnahmen für die Kanäle und Stollen getätigt werden. Ausleitungskraftwerke werden vielfach in Flussschleifen gebaut, um die Stollenlänge zu vermindern. Um den Flussabschnitt, in dem sich das Kraftwerk befindet nicht trocken zu legen, muss eine bestimmte Wassermasse dem normalen Flusslauf folgen. Dies ist in den meisten Fällen gesetzlich geregelt.

2.4 Trinkwasserkraftwerke

Die Speicherbehälter von der Trinkwasserversorgung sind meist höher gelegen und weisen im Vergleich zum Verteilnetz einen höheren Druck auf. Dieser Druckunterschied kann durch den Einsatz von Kraftwerken genutzt werden. Es müssen keine Druckminderer eingesetzt werden und ein Teil der benötigten Energie für Trinkwasserpumpen kann zurückgewonnen werden. Momentan gibt es in der Schweiz über 100 solcher Kraftwerke. Trotzdem wird geschätzt, dass nur die Hälfte des Potentials genutzt wird.

(http://www.energielexikon.info/wasser_speicherkraftwerk.html)



Abbildung 7: Generator und Turbine eines Trinkwasserkraftwerkes, www.smallhydro.ch

3. Turbinen

3.1 Kaplan turbine

Die Kaplan turbine ist eine vertikal stehende Wasserturbine, durch die das Wasser von oben nach unten durchfließt. Man kann sich dies wie einen Schiffspropeller vorstellen. Sie wurde vom Österreicher Viktor Kaplan im Jahr 1913 nutzbar weiterentwickelt und patentiert.

Durch einen spiralförmigen Einlaufkanal wird das Wasser in Rotation gebracht. Danach trifft es auf die Leitschaufeln durch welche das Wasser parallel zur Achse auf die Laufschaufeln geleitet wird. Die Anzahl der Laufschaufeln ist von der Wassermenge abhängig. Sie beträgt jedoch bei grösseren Kraftwerken meist sechs Stück. Die Kaplan turbine zeichnet sich dadurch aus, dass man die Laufschaufeln je nach Wassermenge und Fallhöhe verstellen kann. Wäre dies nicht der Fall, so würde es sich um eine Propellerturbine handeln, welche bei schwankenden Durchflussmengen schnell ihren Wirkungsgrad verliert. Die Kaplan turbine wird bei Flusskraftwerken mit geringer Fallhöhe eingesetzt. Durch die Fähigkeit die Leit- und Laufschaufeln zu verstellen, ist sie optimal für schwankende Durchflussmengen und ruhig fließende Gewässer. Der Generator wird in der Regel mittels einer Achse direkt mit der Turbine verbunden. Übersetzungen werden keine verwendet, um unnötige Verluste vorzubeugen. Der Wirkungsgrad beträgt 80-95 %.

(<http://www.ossberger.de/cms/uploads/media/2-1-23.pdf>)

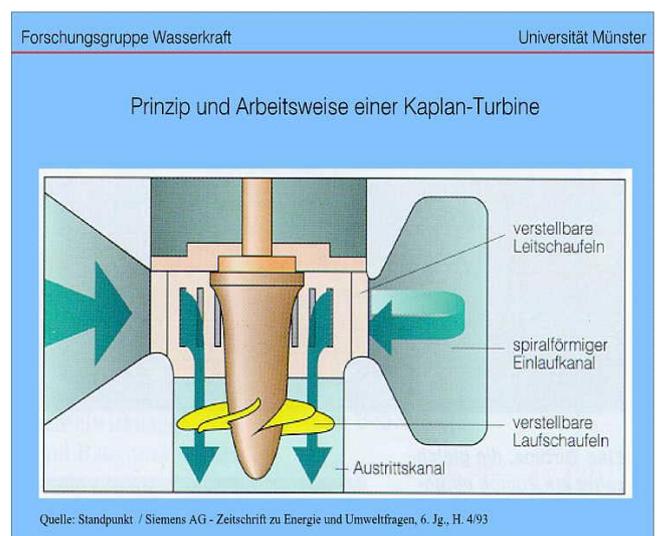


Abbildung 8: Schema Kaplan turbine
www.microhydropower.net

3.2 Francisturbine

Die Francisturbine entstand aus einer Wasserturbine, welche James B. Francis 1849 weiterentwickelte.

Das Wasser wird durch eine Schnecke in Drehung gebracht. Danach fließt es auf die Leitschaufeln und anschließend weiter auf das Laufrad. Dies wird in Bewegung gesetzt und treibt dann, über eine Achse, den Generator an. Das Wasser fließt über einen Diffusor ab. Der Diffusor ist ein Rohr, welches sich im Querschnitt ständig ausweitet und so eine Saugwirkung auf das Wasser ausübt. Wie bei der Kaplan-turbine kann man auch bei der Francisturbine die Leitschaufeln verstellen und somit die Leistung des angeschlossenen Generators bei unterschiedlichen Durchflussmengen konstant halten. Francisturbinen werden bei Fallhöhen von 100-700 m verwendet. Sie sind die meistgenutzten Turbinen bei Wasserkraftwerken und prädestiniert für Pumpspeicherkraftwerke, da sie auch als Pumpe genutzt werden können. Der Wirkungsgrad moderner Francisturbinen beträgt über 90%.

(www.wikipedia.org, <http://www.jfccivilengineer.com/turbines.htm>)

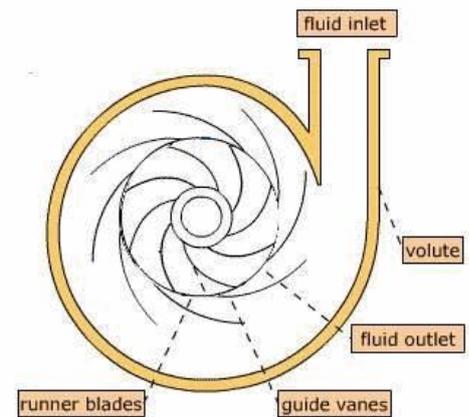


Abbildung 9: Schema Francis-Turbine
www.jfccivilengineer.com

3.3 Peltonturbine

In der Peltonturbine trifft ein Wasserstrahl unter hohem Druck auf ein Laufrad. Sie wurde im Jahr 1879 vom amerikanischen Ingenieur Lester Pelton konstruiert.

Das Wasser wird von einem höher gelegenen Stausee durch ein Druckrohr bis zum Kraftwerk gleitet. Der Höhenunterschied zwischen dem Stausee und dem Kraftwerk ist entscheidend für den Druck und somit für die Geschwindigkeit des Wasserstrahls. Das Wasser wird von einer oder mehreren Düsen unter hohem Druck (bis zu 200bar) auf das Laufrad geleitet. Somit kann das Wasser bei einer Fallhöhe von 1000 m eine Geschwindigkeit von 500 km/h erreichen. Welcher enormen Belastung das Laufrad ausgesetzt wird ist selbsterklärend. Das Laufrad treibt nun einen Generator an, der Drehstrom erzeugt und pro Minute bis zu 3000 Umdrehungen erreicht.

Die Umfangsgeschwindigkeit des Rades sollte genau der Hälfte der Geschwindigkeit des Wasserstrahls entsprechen, da bei reibungsfreier Betrachtung die komplette Energie an das Rad abgegeben wird. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 85-90%, wobei auch unter Teillast noch gute Ergebnisse erzielt werden.

Die Laufräder bestehen aus bis zu 40 Schaufelblättern, welche wiederum in zwei Halbschaufeln unterteilt sind, den sogenannten Bechern. In der Mitte jeder Halbschaufel befindet sich eine Schneide, welche die Aufgabe hat, den Wasserstrahl auf die zwei Becher aufzutrennen.



Abbildung 10: Peltonturbine
www.ecopolisla.com

Die Becher bremsen das Wasser ab und lassen es um 180 Grad zur Strahlrichtung von dem Laufrad wegspritzen. Dadurch kann die kinetische Energie optimal ausgenutzt werden. Wäre die Mittelschneide nicht vorhanden, würden die Becher schnell ermüden und der Wasserstrahl könnte nicht voll ausgenutzt werden.

Die Gefahr eines Bruches an den Wurzeln der Becher ist wegen der starken Wechselbelastung hoch. Die Laufräder müssen aus diesem Grund extrem hochwertig sein und äusserst genau hergestellt werden. Dies kann man durch unterschiedliche Herstellungsarten erzielen:

- Komplet geschmiedete und anschliessend gefräste Laufräder
- Das Rad inklusive der Schaufelblätter in einem Stück gossen. Bei diesem Verfahren besteht die Gefahr eines Gussfehlers, welcher verheerende Folgen haben kann.
- Ein geschmiedetes Rad mit angeschweissten Bechern.
- Ein sogenanntes MicroGussTM-Verfahren, bei welchem die Becher in einer Art Auftrags-Schweissverfahren auf das geschmiedete Rad gesetzt werden.

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Pelton-Turbine>, <http://www.energie.ch/peltonturbine>)



Abbildung 11: Laufrad mit gut sichtbarer Schneide, www.hydrohrom.cz

4. Generator

Die Generatoren wandeln die mechanische (kinetische) Energie der Turbinen in elektrische Energie um. Sie sind technisch gesehen das Gegenstück zu Elektromotoren, welche elektrische Energie in Bewegungsenergie wandeln. Generatoren berufen sich auf das Prinzip der elektromagnetischen Induktion, welche bereits 1831 von Michael Faraday entdeckt wurde. In der heutigen Stromerzeugung sind Generatoren kaum mehr wegzudenken. Sie liefern fast die gesamte benötigte Energie. Jedes Windrad, jedes Wasserkraftwerk und sogar jedes Kernkraftwerk wandelt mechanische Energie mit Hilfe eines Generators in elektrische Energie um. In Wasserkraftwerken werden Drehstromgeneratoren eingesetzt, welche eine Wechselspannung liefern, die nachfolgend auf das richtige Potential gebracht ins Stromnetz eingespeisen wird. Sie erreichen einen hohen Wirkungsgrad von ca. 95 – 99 %.

(http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer_Generator)



Abbildung 12: Drehstromgenerator www.ewsennwald.ch

4.1 Lorentzkraft

Generatoren sind auf dem Prinzip der Induktion der Bewegung aufgebaut. Das Bindeglied zwischen der elektrischen und mechanischen Energie bildet die Lorentzkraft. Sie bezeichnet die Kraft, die auf bewegte Ladungsträger in einem Magnetfeld wirkt.

Wird ein Stück Draht (Leiter) in einem Magnetfeld hin und her bewegt, erfährt dieser eine Kraft. Diese ist am grössten, wenn er senkrecht zu den Feldlinien bewegt wird. Bewegt man den Leiter nicht mehr senkrecht zu den Feldlinien, nimmt die Kraft, welche er erfährt ab. Wird der Draht parallel zu den Feldlinien bewegt, wirkt keine Kraft auf ihn.

Die auf den Leiter ausgeübte Kraft wird Lorentzkraft genannt. Sie bewirkt eine Ladungsverschiebung im Leiter. Genauer gesagt werden die freien Elektronen des Drahtes in Richtung eines Leiterendes verschoben. An einem Ende des Leiters herrscht nun ein Elektronenmangel, am anderen Ende ein Elektronenüberschuss. Es kann zwischen den Leiterenden eine elektrische Spannung gemessen werden, welche durch die Bewegung induziert wurde. Die Höhe der induzierten Spannung nimmt mit der Geschwindigkeit des Leiters zu.

(<http://www.supermagnete.ch/magnetismus/lorentzkraft>)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Lorentzkraft>)

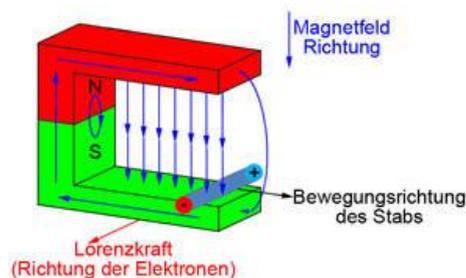


Abbildung 13: Induktion der Bewegung
www.sps-lehrgang.de

4.2 Generatorprinzip

Damit die Lorentzkraft effizient genutzt werden kann, muss ihr Einfluss auf den Leiter verstärkt werden. Dies geschieht durch die Optimierung von mehreren Bauteilen. Das Magnetfeld wird nicht durch einen Dauermagneten erzeugt, sondern durch einen stärkeren und kostengünstigeren Elektromagneten. Ebenfalls wird der Leiter nicht durch einen einzelnen Draht gebildet, sondern durch mehrere Drahtschlaufen in Serie. Sie entsprechen einer Spule und erhöhen die induzierte Spannung stark.

Bei der Induktion der Bewegung ergibt sich kein Unterschied, ob der Draht (Leiter) oder das Magnetfeld bewegt wird. Im Generator wäre es jedoch sehr aufwendig die Spulen ständig mit grosser Geschwindigkeit im Magnetfeld hin und her zu schieben, um damit Strom zu erzeugen. Viel einfacher ist es den Elektromagneten innerhalb der Spule rotieren zu lassen, was denselben Effekt bietet, als ob am die Spule im Magnetfeld bewegt.

Allerdings wechselt alle 180 Grad die Polarität, welche an der Spule vorbeigeleitet, da Magnete einen Nord- und Südpol besitzen. Durch dieses Alternieren der Polarität wechselt auch ständig die Stromrichtung. Sind beide Pole gleich weit von der Spule entfernt, wird keine Spannung induziert. Bewegt sich der eine Pol zur Spule hin, wird zunehmend Spannung induziert. Bewegt er sich danach von der Spule weg, reduziert sich auch die Spannung bis wieder beide Pole gleich weit von der Spule entfernt sind. Anschliessend bewegt sich jedoch das Gegenstück des Magneten auf die Spule hin und es wird zunehmend eine negative Spannung induziert. Die Spannung

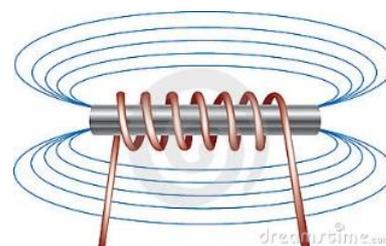


Abbildung 14: Veranschaulichung eines Elektromagneten
<http://de.dreamstime.com/>

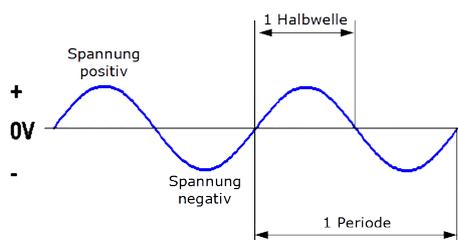


Abbildung 15: Sinuskurve
www.stayathome.ch

zunehmend eine negative Spannung induziert. Die Spannung

nimmt auch bei diesem Vorgang wieder ab, sobald sich dieser Pol von der Spule entfernt. Ein solcher Durchgang wird Periode genannt und entspricht einer vollen Umdrehung des Magneten. Wie in der Abbildung auf der Seite elf aufgezeichnet ergibt sich ein sinusförmiger Wechselstrom.

4.3 Aufbau

Drehstromgeneratoren bestehen aus einem Stator und einem Rotor. Der Stator bildet den aussenliegenden und sich nichtdrehenden Teil des Generators. Der Rotor hingegen wird über eine mechanische Welle von einer Turbine angetrieben. Wie oben genannt beinhaltet er nicht die Spule sondern den Elektromagneten. In den Drehstromgeneratoren der üblichen Stromversorgung befindet sich nicht nur eine Spule im Generator sondern drei, welche auch drei Wechselströme erzeugen. Die Spulen (Leiterwicklungen) befinden sich im Stator. Um einen gleichmässigen Drehstrom erzeugen zu können, müssen die Spulen um genau 120° versetzt angebracht werden.

Unser Stromnetz hat eine Frequenz von 50 Hertz, was 50 Perioden (Umdrehungen des Magneten) pro Sekunde entspricht. Mit Transformatoren auf das richtige Potential gebracht, bilden nun die drei Leiterwicklungen den Dreiphasenwechselstrom.

(<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/1003151.htm>)

(Lehrmittel: Fachkunde Elektrotechnik Seite 92, 93)

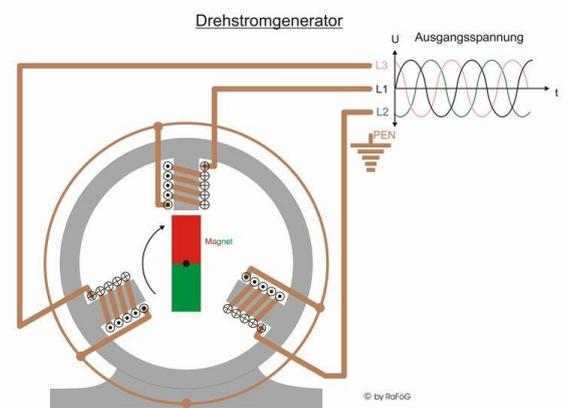


Abbildung 16: Drehstromgenerator
www.rafoeg.de

5. Versuch

Auf möglichst einfache Art und Weise möchten wir die Umwandlung von mechanischer Energie (kinetisch) in elektrische Energie erläutern. Diesen Vorgang wollen wir mit einem Versuch und einem Modell aufzeigen.

Im ersten Teil des Versuches wird die Induktion der Bewegung veranschaulicht. Das bereits im Kapitel "Generator" beschriebene Prinzip wird mit einem Dauermagneten, einem Kupferleiter und einem Analog-Spannungsmessgerät erklärt. Es soll klar ersichtlich sein, wo die Lorentzkraft (Induktion der Bewegung) auftritt und wie die mechanische in elektrische Energie umgewandelt wird.

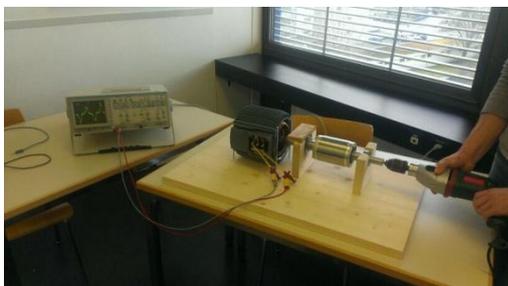


Abbildung 17: Funktionstüchtiges Modell eines Drehstromgenerators

Der zweite Teil ist ein Modell eines Drehstromgenerators. Auch hier soll die komplexe Funktionsweise verständlich erklärt werden.

Der Nachbau des Generators war dank eines Asynchronmotors realisierbar. Von diesem konnten wir den Stator verwenden, da dieser bei Asynchronmotoren baugleich mit jenem eines Generators ist. Der Rotor hingegen, war unnützlich. Da dieser jedoch sehr gut gelagert war, konnten wir ihn als Antriebswelle einsetzen. An dieser montierten wir nun eine Halterung, welche wir bei

einem Polymechniker anfertigen liessen. Sie nahm vier Stabmagnete auf und hielt diese, auch bei hohen Drehzahlen, in Position. Der Generator war somit vollständig.

Mit einer Bohrmaschine werden der Rotor, die Halterung und somit auch die Stabmagnete in Drehung versetzt. An den Anschlussklemmen des Generators kann nun während der Drehung eine Wechselfspannung abgenommen werden. Diese ist bei unserem Generator relativ klein. Aus diesem Grund schliessen wir den Generator an ein elektronisches Messgerät an, welches den zeitlichen Verlauf der Spannung auf einem Display anzeigt, einem sogenannten Kathodenstrahloszilloskop. Wie zu erwarten war, ist der Spannungsverlauf nicht exakt sinusförmig. Die positiven und negativen Halbwellen können jedoch leicht erkannt werden. Diesen Schönheitsfehler und die etwas kleine Spannung sind auf verschiedene Faktoren zurückzuführen:

- Über den Luftspalt zwischen den Magneten und dem Stator weichen zu viele magnetische Feldlinien dem Stator aus.
- Die Magnete sind zu schwach ausgeprägt.
- Der Rotor enthält zu grosse Leerräume, bei denen kein starkes Magnetfeld herrschen kann.
- Die Magnete reichen nicht über die gesamte Statorlänge.

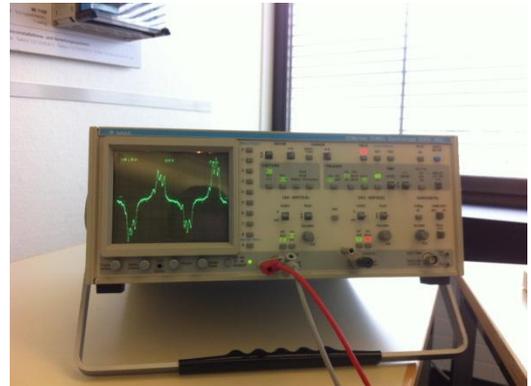


Abbildung 18: Anzeige des Spannungsverlaufes im Display des Kathodenstrahloszilloskops

6. Ökologie

Wasserkraft wird zu den erneuerbaren Energien gezählt. Der direkte Betrieb von Wasserkraftwerken erzeugt keine CO₂-Emissionen und es entstehen keine schädlichen oder risikohaften Abfallprodukte. Bei Wasserkraftwerken wird der natürliche Kreislauf vom Wasser für die Stromerzeugung genutzt. Dies bringt jedoch nicht nur Vorteile. Wasserkraftanlagen haben einen

starken Einfluss auf die Umwelt. Durch Stauanlagen werden riesige Flächen überschwemmt und der Flusslauf unterhalb der Anlagen wird stark beeinflusst, wodurch die Lebensräume der Tiere stark beeinträchtigt werden.

(http://www.eawag.ch/medien/publ/fb/doc/fs_wasserkraft_oekologie_dt.pdf)



Abbildung 19: Wasserkraftwerk Inga 1 am Kongo www.dw.de/

6.1 Nutzung des Wasserkreislaufes



Abbildung 20: Baustelle des Wasserkraftwerkes Cheves in Peru www.hochtief.de

Wasser gehört zu den regenerativen Rohstoffen und bildet einen natürlichen Kreislauf. Im Meer und in Seen verdunstet Wasser durch Sonneneinstrahlung in grossen Mengen. In höheren Luftschichten kondensiert das Wasser, fällt zu Boden und fliesst in Bächen und Flüssen wieder zurück ins Meer, wo es anschliessend dieselbe Prozedur wiederholt. Mit Lauf- sowie Speicherkraftwerken nutzt der Mensch diese Umwälzung zu seinen Vorteilen aus. Es kann mit einem vergleichbar geringen Aufwand eine riesige Menge an Energie gewonnen werden, was die Nutzung der Wasserkraft so lukrativ gestaltet. Der direkte Betrieb von Wasserkraftanlagen erzeugt keine Schadstoffe. Es wird kein CO₂ erzeugt und es entstehen keine schädlichen Abfallprodukte wie Atommüll oder Asche und Schlacke der Verbrennung.

Im Gegenteil, die Rechen, welche verhindern, dass grössere Teile in die Turbinen gelangen, sieben auch Abfallstoffe wie Plastik aus den Flussläufen.

6.2 Einengung der Lebensräume

Durch Wasserkraftanlagen wird jedoch auch ein starker Eingriff in die Natur vorgenommen. Schon durch den Bau von Kraftwerken werden grössere Lebensräume von Tieren zerstört. Werden grosse Speicherseen erbaut, wird der Lebensraum der Tiere und Menschen nochmals stark eingeschränkt. Teils werden einige Quadratkilometer Land geflutet. Ein besonderes Beispiel stellt der Dreischluchtendamm in China dar. Dem gewaltigen Stausee mussten mehr als zehntausend Dörfer, zwanzig Städte und somit über eine Million Menschen weichen. Durch die Überflutung von Pflanzen entstehen hohe Treibhausgasemissionen, welche jedoch nach einigen Jahren wieder stark abnehmen. Speicherseen bilden dafür aber einen Trinkwasservorrat und einen bedingten Hochwasserschutz, da bei starken Regenmengen die Wassermassen im Speichersee zurückgehalten werden können.

6.3 Flüsse werden stark verändert

Die natürlichen Gegebenheiten der Flüsse werden durch Wasserkraftanlagen grundlegend verändert. Durch die Aufstauung verlangsamt sich die Fliessgeschwindigkeit, der Sauerstoffgehalt nimmt ab und die Wassertemperatur kann steigen. Baumstämme, Äste und Laub werden durch die Rechen zurückgehalten und können so unterhalb der Kraftwerke keinen Unterschlupf und keine Lebensgrundlage für Fische und ufernahe Lebewesen mehr bilden.



Abbildung 21: Restwasserproblematik www.hydra-institu-te.com

Fische können durch die Kraftwerke nicht mehr zu ihren Laichplätzen vordringen. Es werden vermehrt Fischtrepfen gebaut, welche eine Überwindung der Anlagen für Tiere ermöglichen. Diese können jedoch laut Experten nicht von allen Arten genutzt werden. Fische welche sich oberhalb der Anlagen befinden können teils durch die Rechen hindurchschlüpfen, fallen danach aber der Turbine zum Opfer.

Steine oder Sand lagern sich in den Stauseen ab und müssen regelmässig entfernt werden. Dazu wird in einigen Anlagen das Wasser abgelassen. Im unteren Teil der Talsperre werden Klappen geöffnet. Dort wird dann der ganze Sand ausgespült. Unterhalb der Anlagen setzen sich die Feststoffe wieder ab und zerstören das Ökosystem oder gelangen den Fischen in die Kiemen, wodurch sie verenden.

Ebenfalls sterben viele Fische an den variierenden Wassermassen, welche die Flüsse unterhalb der Kraftwerke führen. Dies geschieht durch die unterschiedlichen Laufzeiten der Kraftwerke. So wird mehrmals am Tag innert kurzer Zeit viel Wasser abgelassen. Danach nimmt die Durchflussmenge jedoch innert kürzester Zeit wieder ab und Teile des Flussbettes werden trocken gelegt. Fische, welche sich dort befinden, können nicht reagieren und verenden. Der Laich der Fische wird ebenfalls trocken gelegt oder weggespült.

(<http://www.wwf.ch/de/hintergrundwissen/wasser/suesswasser/wasserkraft/>)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserkraft#.C3.96konomie>)

6.4 Zusammenspiel der Nutzen und Konflikte

Schlussendlich muss jedoch zwischen den Vor- und Nachteilen ein für beide Seiten vertretbarer Mittelweg gefunden werden. Wichtig ist es auch, die Wasserkraftwerke in Relation mit anderen Energieerzeugern zu setzen. In diesem Vergleich schliessen die Wasserkraftanlagen sehr gut ab und stellen sogar erneuerbare Energieerzeuger wie Photovoltaikanlagen in den Schatten. Grund dafür sind die bei der Herstellung benötigten Energiemengen und die umweltschädlichen Stoffe in Photovoltaikanlagen. Bei Wasserkraftwerken wird vor



Abbildung 22: Fischtreppe, www.enbw.com

allem eine grosse Menge an Beton für die Talsperren und Maschinenhäuser benötigt. Dieser ist jedoch nicht umweltbelastend und kann recycelt werden.

Die entstehenden negativen Einflüsse auf das Ökosystem können durch moderne Anlagen gezielt verringert werden. Dies geschieht durch Fischtrepfen, erhöhten Restwassergehalt, Geschiebedurchgängigkeit (Kies, Sand) und spezielle Turbinen, welche den Sauerstoffgehalt erhöhen. Durch Veränderung der Flussläufe unterhalb der Kraftwerke können die unterschiedlichen Durchflussmengen zum Teil kompensiert werden.

(<http://www.swv.ch/Fachinformationen/Wasserkraft-Schweiz/Umweltauswirkungen>)

7. Ökonomie

7.1 Rentabilität, Effizienzsteigerung



Abbildung 23: Rechenanlage
www.reichermuehle.de

Seit bereits vielen Jahren wird ein beachtlicher Anteil an Energie aus Wasserkraftwerken gewonnen und dies äusserst rentabel. Der Bau von Wasserkraftwerken verursacht hohe Kosten. Diese Kosten ergeben sich, da jedes Wasserkraftwerk individuell, angepasst an die natürlichen Gegebenheiten gebaut werden muss. Somit ist jedes Wasserkraftwerk ein Einzelstück. In Betrieb sind die Kraftwerke jedoch je nach Anlage relativ wartungsarm. Wasserkraftwerke sind äusserst langlebig und können bis zu 80 Jahre ohne grössere technische Erneuerungen Strom liefern. Diese Langlebigkeit garantiert auch die Rentabilität, sobald die Investitionskosten amortisiert sind. Durch den natürlichen Wasserkreislauf entstehen keine hohen Kosten für die genutzten Ressourcen, wie zum Beispiel bei Verbrennungskraftwerken für den Abbau von Kohle. Der Bau von Wasserkraftwerken an neuen Standorten gestaltet sich äusserst schwierig, da das Gesetz hohe Anforderungen stellt und von Naturschützern viele Einsprachen gegen die Bauvorhaben erhoben werden. Aus diesem Grund wird in den letzten Jahren in der Schweiz vermehrt auf die Effizienzsteigerung oder auf Neubauten an Standorten von älteren Kraftwerken mit schlechtem Wirkungsgrad gesetzt. Durch das Austauschen von veralteten Generatoren und Turbinen kann deutlich mehr Energie aus derselben Menge an Wasser gewonnen und die Wartungskosten können gesenkt werden. Anstelle von mechanischen Steuerungen werden komplexe Automatisierungen eingesetzt, welche vom Büro aus bedient werden können. Die Unterhaltskosten können ebenfalls gesenkt werden, wie zum Beispiel durch automatische Rechenanlagen.

7.2 Strommarkt

Der internationale Strommarkt ist äusserst komplex. Zwischen Stromanbietern und Stromabnehmern wird ständig gehandelt. Die Preise verändern sich innert weniger Stunden um ein Vielfaches. Grund dafür sind die starken Schwankungen in der Nachfrage und Produktion, welche den Strompreis bestimmen. Diese Schwankungen wiederum entstehen beispielsweise am Mittag, wenn gekocht und viel Energie bezogen wird oder in der Nacht, wenn fast kein Strom benötigt wird, die Kernkraftwerke jedoch ständig Energie liefern. Speicherkraftwerke, insbesondere Pumpspeicherkraftwerke, können diese Unterschiede ideal ausgleichen.



Abbildung 24: Strommarkt
www.ordnungspolitik.ch

Die Energieproduktion durch Wasserkraftwerke ist in der Schweiz seit Jahrzehnten ein lukratives Geschäft. Vor nicht mehr als zwanzig Jahren waren die Anlagen zum grossen Teil nach kurzer Zeit rentabel und warfen grosse Gewinne ab. Die wasserkraftreichen Kantone wurden sogar mit Erdölstaaten verglichen. In den letzten Jahren geriet dieser florierende Geschäftszweig aber zunehmend ins Stocken. Ausländische Konkurrenz bietet zunehmend preisgünstigeren Strom auf dem

internationalen Markt an, wodurch die schweizerischen Energieanbieter unter Druck geraten. Statt über die Verteilung üppiger Gewinne zu diskutieren, fragt man sich nun, wie die Anlagen auch in Zukunft noch rentabel betrieben werden können. Dieser Druck wächst zunehmend von Seiten der Wind- und Sonnenenergie. Diese drängen durch Förderungen und Einspeisevergütungen des Bundes mit erstaunlich kostengünstigem Strom auf den Markt. In der vom Bund beschlossenen Energiewende ist jedoch ein Zusammenspiel von Wasserkraft und anderen erneuerbaren Energien unabdingbar. So stellt sich die Frage, ob auch grössere Wasserkraftwerke subventioniert werden sollten. Anfragen an den Bund stehen bereits an.

(<http://bazonline.ch/wirtschaft/konjunktur/Wie-die-Energiewende-die-Wasserkraft-verdraengt/story/16190341>)

(<http://www.avenir-suisse.ch/28146/falsche-subventionen-fur-die-wasserkraft/>)

7.3 Das Wasserschloss Europas



Abbildung 25: Stausee von Emosson, www.1815.ch/

Die Schweiz nimmt in der Europäischen Stromversorgung einen zentralen Platz ein. Durch die zahlreichen riesigen Pumpspeicherkraftwerke stellt die Schweiz einen immensen Energiespeicher dar und gilt dadurch als Wasserschloss Europas. Schweizer Pumpspeicherkraftwerke befördern bei geringer Energienachfrage Strom in höher gelegene Speicherseen und turbinieren dieses Wasser bei hoher Nachfrage wieder. Somit können mehrere Probleme in der Energieversorgung auf einmal gelöst werden. Überschüssige Energie kann

durch die Pumpen genutzt werden, Spitzenzeiten des Stromverbrauchs können gedeckt werden und die Speicherseen bilden einen wirtschaftlichen Energiespeicher. Pumpspeicherkraftwerke befördern wie oben beschrieben das Wasser nur in höhere Speicherseen, wenn ein Stromüberschuss besteht. Zu diesem Zeitpunkt zahlt das Energieunternehmen, welches das Pumpspeicherkraftwerk besitzt nur wenige Rappen pro Kilowattstunde Energie, die sie für die Pumpen benötigt. Steigt die Energienachfrage morgens um 7 Uhr oder am Mittag, wird das nach oben beförderte Wasser wieder turbiniert. Das Energieunternehmen verlangt nun aber wegen der hohen Nachfrage ein Vielfaches des vorher bezahlten Preises pro Kilowattstunde. Befindet sich die Nachfrage auf dem höchsten Stand, kann das Unternehmen bis zu einem Franken oder mehr verlangen. Dank diesem hohen Verkaufspreis sind die Ausgaben für den eingekauften Strom und die Verluste, welche durch den Wirkungsgrad der Pumpen und der Stromerzeugung entstehen, gedeckt und es kann ein Gewinn erzielt werden.

(Erneuerbare Energien und Klimaschutz Volker Quasching)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserkraft#.C3.96konomi>)

8. Fazit

Zusammengefasst bleibt zu sagen, dass Wasserkraftanlagen bei moderner und umweltgerechter Bauweise ökologisch und ökonomisch sehr gut abschneiden. Sie wurden im Laufe der Zeit stetig weiterentwickelt und optimiert, vom ersten Wasserrad bis zu den heute hochtechnisierten Anlagen.

Es gibt eine grosse Bandbreite von verschiedenen Kraftwerken in allen Grössen, von kleinen regionalen Anlagen bis zur riesigen Drei-Schluchten-Talsperre. Ein grosser Vorteil ist, dass man die Stromproduktion auf die gerade benötigte Menge kurzfristig anpassen kann. Das heisst, während Spitzenzeiten wird mehr, nachts wird weniger Strom produziert. Dieses System nutzen vor allem Pumpspeicherkraftwerke, bei denen man das Wasser in der Nacht hochpumpen und am Tag zur Stromproduktion ablassen kann. Dank der verschiedenen Turbinenarten können alle Fallhöhen genutzt werden. Die Turbinen können auf unterschiedliche Durchflussmengen oder an die benötigte Energie angepasst werden. Die Generatoren bilden einen Hauptbestandteil der Anlagen. Ohne sie wäre eine Umwandlung der mechanischen Energie zu unserem Dreiphasenwechselstrom nicht möglich.

Bei unserem Versuch haben wir unser Ziel erreicht: Der Generator produziert Strom und zeigt mit kleinen Schönheitsfehlern eine Sinuskurve an. Wir hatten beim Bau des Generators gewisse Probleme, die sich aber im Laufe des Experiment lösen liessen.

Wenn bei der Planung von Wasserkraftwerken auf eine ökologische Bauweise geachtet wird und die Anlagen in einer vertretbaren Grösse errichtet werden, sind die Schäden für die Umwelt gering. Ein schlechtes Beispiel aus ökologischer Sicht ist die Drei-Schluchten-Talsperre in China, durch welche zahlreiche Tier- und Pflanzenarten zerstört wurden. Zudem wurde der Lebensraum von mehr als einer Million Menschen überflutet.

Ökonomisch werfen Wasserkraftwerke einen hohen Gewinn ab, sobald die grossen Investitionskosten amortisiert sind, da im Betrieb nur noch Unterhaltskosten bezahlt werden müssen und von einer langen Nutzungsdauer auszugehen ist.

9. Reflexion

Gemeinsame Reflexion

Wir sind der Meinung, dass das Projekt ein Erfolg war. Mit unserer Themenwahl sind wir immer noch zufrieden. Die Projektziele haben wir grösstenteils erreicht und somit können wir guten Gewissens eine vollständige Arbeit abliefern.

Der Versuch bereitete uns zu Beginn Sorgen. Er war zu ambitioniert und musste aus diesem Grund aufgegeben werden. Nach längerem Suchen liess sich jedoch ein neuer Versuch finden, welcher einfacher realisiert werden konnte. Unsere Terminplanung war gut angesetzt, wir haben sie jedoch nicht immer befolgen können. Die verlorene Zeit konnten wir jedoch gegen Ende des Projektes wieder aufholen und können unsere Arbeit nun beenden.

Dionis Lenherr

Ich denke, unsere Arbeit kann als gelungen betrachtet werden. Wir haben die meisten unserer Ziele erreicht. In der Dokumentation wurden mehr oder weniger alle Schlüsselfragen beantwortet und der Umfang der Arbeit ist angemessen. Beim ersten praktischen Versuch sind wir mit unserer Idee gescheitert, was mich enttäuscht hat. Mit der zweiten Idee hatte ich anfangs Mühe, da ich befürchtete, nicht so viel beisteuern zu können wie Marc. Am Anfang hatte ich nicht richtig vor Augen, wie man so ein Projekt beginnen soll, mit der Zeit und fortschreitender Arbeit verschwanden aber diese Bedenken. Die Arbeit hat sicherlich meine Word Kenntnisse verbessert. Sie hat mir in Sachen Wasserkraft Aufschluss über technische Details, Chancen und Risiken gegeben. Ich denke, ich hätte besser auf den Zeitplan achten sollen, da dieser nur selten eingehalten wurde. Schlussendlich ist das Projekt eine positive Erfahrung, die mir gezeigt hat, wie die Zusammenarbeit in einem Team funktionieren kann. Ich werde das Projekt in guter Erinnerung behalten, auch wenn ich mich manchmal dazu zwingen musste, daran weiterzuarbeiten.

Marc Heeb

Zusammenfassend bleibt mir die Projektarbeit als lehrreiche und spannende Erfahrung in Erinnerung. Zu Beginn der IDPA konnte ich mir jedoch nicht so genau vorstellen, was von mir und Dionis verlangt wird. Ich wusste nicht, wie ich beginnen sollte, wie und wo ich so genaue Infos finde und wie ich mir die erhaltenen Dossiers zu Nutzen machen konnte.

Jetzt kann ich, meiner Meinung nach, auf ein gelungenes Projekt zurückschauen. Da ich jedoch schon ein relativ grosses Vorwissen über Wasserkraftwerke hatte, blieb in diesem Bereich mein Lerneffekt relativ gering. Umso grössere Fortschritte machte ich jedoch in der Planung des Projektes. Ich weiss nun, wie ich zukünftige Arbeiten anzugehen habe, kann den Zeitaufwand besser einschätzen und kann das von mir Verlangte besser umsetzen.

Literaturverzeichnis

- Elektrischer Generator.* (kein Datum). Abgerufen am 12. Januar 2014 von http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer_Generator
- Falsche Subventionen für die Wasserkraft.* (04. Juni 2013). Abgerufen am 06. Januar 2014 von <http://www.avenir-suisse.ch/28146/falsche-subventionen-fur-die-wasserkraft/>
- Fischökologische Fragen.* (kein Datum). Abgerufen am 18. Januar 2014 von http://www.hydra-institute.com/de/ifah/Fische_Fischerei/Fischoekologische%20Fragen.php
- Francis-Turbine.* (kein Datum). Abgerufen am 08. Januar 2014 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Francis-Turbine>
- Hintergrundwissen Wasserkraft.* (kein Datum). Abgerufen am 22. Dezember 2013 von <http://www.wwf.ch/de/hintergrundwissen/wasser/suesswasser/wasserkraft/>
- Hydropower basics turbines .* (kein Datum). Abgerufen am 08. Januar 2014 von <http://www.microhydropower.net/basics/turbines.php>
- Induktion.* (kein Datum). Abgerufen am 03. Januar 2014 von <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/1003151.htm>
- Informationen zur Stromerzeugung durch ein Laufwasserkraftwerk.* (kein Datum). Abgerufen am 29. Dezember 2013 von <http://www.stromgewinnung.com/laufwasserkraftwerk.shtml>
- Kaplan-Turbinen.* (kein Datum). Abgerufen am 08. Januar 2014 von <http://www.ossberger.de/cms/uploads/media/2-1-23.pdf>
- Laufwasserkraftwerk.* (kein Datum). Abgerufen am 22. Januar 2014 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Laufwasserkraftwerk>
- Laufwasserkraftwerk.* (kein Datum). Abgerufen am 29. Dezember 2013 von <http://www.energie-lexikon.info/laufwasserkraftwerk.html>
- Lorentzkraft.* (kein Datum). Abgerufen am 09. Januar 2014 von <http://de.m.wikipedia.org/wiki/Lorentzkraft>
- Lorentzkraft.* (kein Datum). Abgerufen am 12. Januar 2014 von <http://www.supermagnete.ch/magnetismus/lorentzkraft>
- Pelton-Turbine.* (kein Datum). Abgerufen am 08. Januar 2014 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Pelton-Turbine>
- Pelton-Turbine.* (17. März 2012). Abgerufen am 08. Januar 2014 von <http://www.energie.ch/peltonturbine>
- Pumpspeicherkraftwerk.* (kein Datum). Abgerufen am 29. Dezember 2013 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherkraftwerk>
- Quasching, V. (2013). *Erneuerbare Energien und Klimaschutz* . Hanser Verlag.
- Speicherkraftwerke.* (kein Datum). Abgerufen am 29. Dezember 2013 von <http://stromkraftwerk.jimdo.com/speicherkraftwerk/>
- Turbines.* (04. August 2011). Abgerufen am 08. Januar 2014 von <http://www.jfccivilengineer.com/turbines.htm>
- Umstrittene Renaissance der Großwasserkraftwerke.* (23. Dezember 2013). Abgerufen am 24. Januar 2014 von <http://www.dw.de/umstrittene-renaissance-der-grosswasserkraftwerke/a-17233994>
- Umweltauswirkungen der Wasserkraft.* (kein Datum). Abgerufen am 18. Januar 2014 von <http://www.swv.ch/Fachinformationen/Wasserkraft-Schweiz/Umweltauswirkungen>
- Wasserkraft.* (kein Datum). Abgerufen am 04. Dezember 2013 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserkraft>
- Wasserkraft und Ökologie - Faktenblatt.* (September 2011). Abgerufen am 24. Januar 2014 von http://www.eawag.ch/medien/publ/fb/doc/fs_wasserkraft_oekologie_dt.pdf
- Wasser-Speicherkraftwerk.* (kein Datum). Abgerufen am 22. Dezember 2013 von http://www.energie-lexikon.info/wasser_speicherkraftwerk.html,
- Wie die Energiewende die Wasserkraft verdrängt.* (02. Oktober 2013). Abgerufen am 12. Dezember 2013 von <http://bazonline.ch/wirtschaft/konjunktur/Wie-die-Energiewende-die-Wasserkraft-verdraengt/story/16190341>

Eidesstattliche Erklärung

„Ich versichere, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben sowie wörtlich und sinngemässe Zitate gekennzeichnet habe.“

.....
Ort, Datum

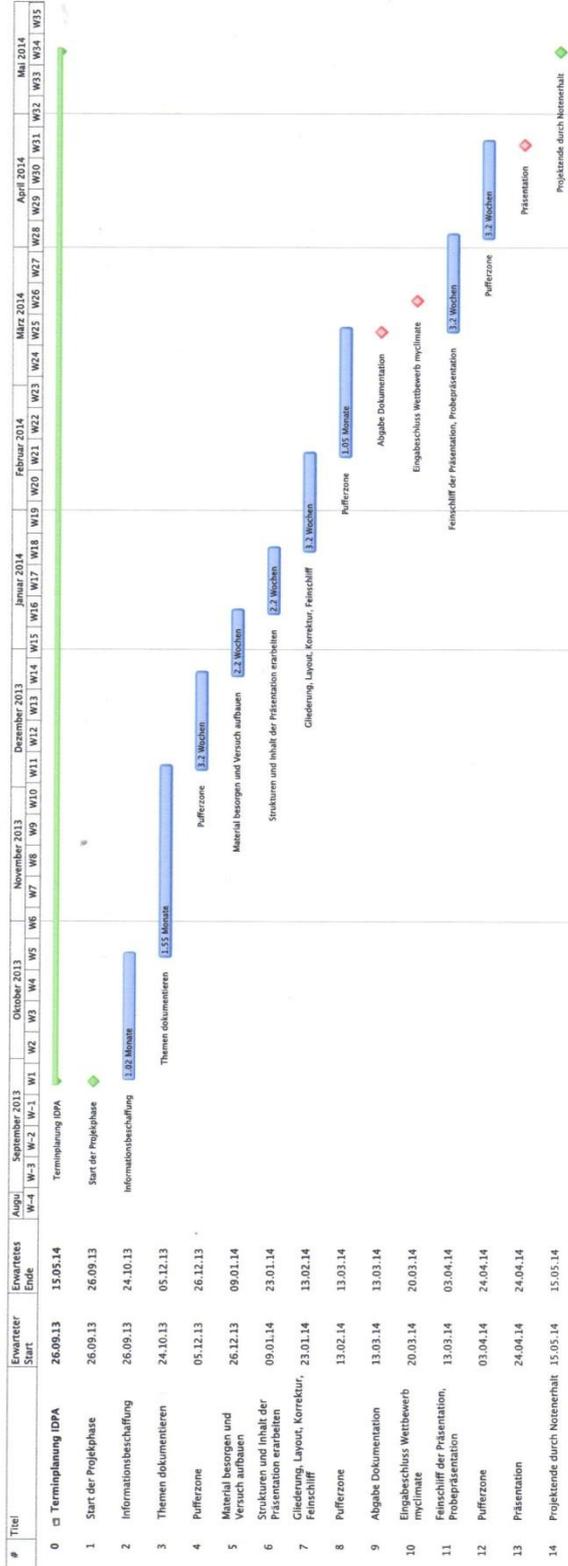
.....
Unterschrift

.....
Ort, Datum

.....
Unterschrift

Anhang

Terminplanung IDPA von Marc und Dionis



Projektjournal

Teilnehmer Datum Dauer	Tätigkeit	Reflexion
Marc, Dionis 12.10.13 16.10.13 3h	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsbeschaffung aus dem Internet. • Informationen gliedern, abspeichern und vermerken. • Sich ein Überblick über den Umfang der Arbeit verschaffen. 	<p>Wir konnten uns einen kleinen Überblick verschaffen, was auf uns zukommt.</p> <p>Dies war sehr wichtig, um über unser zukünftiges Vorgehen zu entscheiden.</p>
Marc, Dionis 24.10.13 0.75h	<ul style="list-style-type: none"> • Rückmeldung von Herrn Lenherr zum Projekt. • Folgende Arbeitsschritte besprechen. 	<p>Dank der Rückmeldung konnten wir erfahren, wo Verbesserungspotential herrscht, was wir gut gemacht haben und welche Wege wir einschlagen müssen.</p>
Marc 1.11.13 2h	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung von neuer übersichtlicher Terminplanung. 	<p>Ich erstellte die neue Terminplanung mit einem PC-Programm, welches ich nicht kannte und somit nicht beherrschte. Ich hatte anfangs grosse Mühe, konnte jedoch die für mich notwendigen Funktionen doch noch finden.</p>
Marc, Dionis 4.12.13 1.5h	<ul style="list-style-type: none"> • Informationen zu unterschiedlichen Themen bearbeiten und dokumentieren. • Die Themen auf uns aufteilen, sodass jeder jene Themen bearbeiten kann, welche ihn interessieren. 	<p>Wir hatten zwei Lektionen Zeit und bemerkten, dass wir diese viel effizienter nutzen konnten als die Einzellektionen. Wir konnten in einem Fachbuch nachschauen, worauf die Verfasser Wert gelegt haben, um so Unvollständigkeiten in unserer Doku zu vermeiden.</p>
Dionis 10.12.13 0.5h	<ul style="list-style-type: none"> • Lesen im Buch von Quasching V. 	<p>Das Buch ist sehr informativ.</p>
Marc, Dionis 12.12.13 0.75h	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführung der Dokumentation. 	<p>Wir mussten feststellen, dass man nicht an jedem Tag grosse Fortschritte erzielen kann. Aus diesem Grund machten wir uns im Internet über Turbinen schlau.</p>

Marc 22.12.13 1.5h	<ul style="list-style-type: none"> • Datensicherung von Skydrive auf Festplatte. • Weiterführung der Dokumentation. 	Ich hatte ein schlechtes Gefühl, die Daten nur auf der Internetplattform abgespeichert zu haben und kopierte diese darum auf eine Festplatte.
Marc 29.12.13 1h	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführung der Dokumentation. • Informationsbeschaffung über Generatoren. 	Die Informationsbeschaffung war ein wenig umständlich, da ich bemerkte, dass die meisten Websites ihre Informationen von Wikipedia haben und ich lieber eine oder zwei weitere ausführlichere Quellen haben möchte.
Dionis 2.1.14 0.75h	<ul style="list-style-type: none"> • Turbinen Informationen beschaffen. 	Ich habe erste Informationen auf mehreren Seiten gefunden, darunter auch gute Bilder und Infos von englischsprachigen Seiten.
Marc 3.1.14 3h	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsbeschaffung über Generatoren. • Dokumentation über Generatoren. 	Es war schwierig die Informationen richtig zu verstehen und zu dokumentieren.
Dionis 5.1.2014 2.5h	<ul style="list-style-type: none"> • Erste Dokumentierung der Turbinen. 	Ich hatte Mühe, gute Sätze zu bilden. Danach hatte ich ein Verständnisproblem bei den Turbinen. Die Bilder haben mir jedoch geholfen.
Dionis 6.1.2014 1h	<ul style="list-style-type: none"> • Überarbeitung der Turbinen. 	Ich habe die Sätze verbessert und noch mehr Informationen beschafft. Ich habe einen Fehler bei der Speicherung gemacht und alle Infos verloren.
Dionis 8.1.14 1h	<ul style="list-style-type: none"> • Nochmalige Überarbeitung. 	Ich habe versucht, nochmal das gleiche Dokument aus der Erinnerung zu erstellen.

Marc 9.1.14 0.75	<ul style="list-style-type: none"> Besprechung der Doku über Generatoren mit Herrn Lenherr. 	Ich weiss nun, dass ich in dieses Thema noch mehr Zeit investieren muss, um das Prinzip einfacher erklären zu können.
Marc 12.1.14 2h	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung der Dokumentation über Generatoren. 	Da ich nun wusste, worauf ich achten muss, fiel mir das Verfassen der Dokumentation leichter.
Marc, Dionis 16.1.14 0.75h	<ul style="list-style-type: none"> Infos und Berichte im Internet lesen. 	Keine Besonderheiten.
Marc 18.1.14 2h	<ul style="list-style-type: none"> Dokumentation über Ökologie erstellen. 	Ich musste darauf achten, Infos von Befürwortern und Gegnern der Wasserkraft zu berücksichtigen, um eine vollständige Doku zu erhalten.
Dionis 20.1.14 4h	<ul style="list-style-type: none"> Einleitung und Abstract schreiben. 	Ich habe die Einleitung und das Abstract geschrieben, wobei mir der englische Absatz Mühe bereitete.
Marc 24.1.14 1.75h	<ul style="list-style-type: none"> Infos sammeln, Dokumentation über Ökonomie schreiben. 	Ich kam schnell voran und hatte keine grösseren Schwierigkeiten.
Marc 9.2.14 1h	<ul style="list-style-type: none"> Überarbeitung der Dokumentation über Ökonomie. 	Vielfach sieht man kompliziert geschriebene und unsinnige Sätze erst beim wiederholten Durchlesen nach einigen Tagen. Diese musste ich nun verbessern.

Marc 3.2.14 2h	<ul style="list-style-type: none"> • Rechnung über Machbarkeit des Versuches. Fazit: Nicht machbar! • Überlegung zu weiterem Versuch machen: Machbarkeit, Materialbeschaffung, etc. • Beschaffung, Zerlegung und Reinigung von Motor. 	<p>Ich musste lange nach einem neuen Versuch suchen.</p> <p>Ich stiess aus Zufall auf einen geeigneten Asynchronmotor, welchen wir für unseren Versuch benötigten.</p>
Dionis 14.2.14 1.25h	<ul style="list-style-type: none"> • Holz für Generator zugeschnitten. 	Keine Besonderheiten.
Marc, Dionis 15.2.14 1h	<ul style="list-style-type: none"> • Besprechung über weiteres Vorgehen und über den Versuchsaufbau. • Versuchsmaterial bestellen. • Teil von Versuch aufbauen. 	Durch die Besprechung konnten wir unseren Standpunkt klar machen, wissen nun, dass wir uns nochmals mächtig ins Zeug legen müssen und was wer machen muss.
Marc 21.2.14 23.2.14 3h	<ul style="list-style-type: none"> • Überarbeitung von allen von mir geschriebenen Texten. • Korrektur und endgültige Reinschrift. 	Ich gab die einzelnen Dokumentationen meiner Mutter zur Kontrolle.
Dionis 23.2.14 2.5h	<ul style="list-style-type: none"> • Alles zusammentragen. 	Ich habe die fertigen Texte zusammengetragen, alles grob formatiert und angepasst.
Dionis 24.2.14 4.5h	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Quellen eintragen. 	Ich habe alle Quellen eingetragen, auch die der Bilder. Ich habe nicht genau gewusst, wie man die Bilder beschriften muss und wie man die Quellen im Text angeben muss.

Marc 26.2.14 2h	<ul style="list-style-type: none"> • Projektjournal in Tabelle im Word von handschriftlichem Journal übertragen. 	Keine Besonderheiten.
Marc 27.2.14 2h	<ul style="list-style-type: none"> • Passende Bilder vom Internet in die Dokumentation einfügen. 	Keine Besonderheiten.
Dionis 1.3.14 2.5h	<ul style="list-style-type: none"> • Mehr Bilder eintragen und beschriften. • Quellen nochmal überarbeiten. • Abbildungsverzeichnis anpassen. 	Marc hatte noch mehr Bilder, diese habe ich nun eingefügt und überarbeitet. Die ganze Formatierung und das Abbildungsverzeichnis müssen jedes Mal angepasst werden, wenn neue Bilder dazu kommen. Da in den Bildern nur die Hauptseite stehen muss und im Abbildungsverzeichnis der ganze Link, kann man nicht einfach das Verzeichnis aktualisieren.
Marc, Dionis 2.3.14 4h	<ul style="list-style-type: none"> • Versuch aufbauen. • Standortbestimmung. • Quellenverzeichnis erstellen. • Dokumentation anpassen. • Weiteres Vorgehen besprechen. 	Die Standortbestimmung half uns weiter, unser Vorgehen bis zum Abgabetermin der Dokumentation zu bestimmen. Wir konnten gut und schnell zusammenarbeiten und erreichten unser Tagesziel, welches wir zu Beginn des Treffens gesetzt hatten.
Marc 4.3.14 1.75h	<ul style="list-style-type: none"> • Bilder in Dokumentation einfügen. • Diverse Dokumentationen bearbeiten; Sätze verbessern, Fehler korrigieren. 	Ich kam gut vorwärts und hatte keine Schwierigkeiten.
Marc 5.3.14 1.75h	<ul style="list-style-type: none"> • Versuch vervollständigen und fehlende Teile einbauen. 	Mit der Hilfe meines Bruders kam ich gut vorwärts und konnte denn Versuch beenden.

Marc 6.3.14 1.75h	<ul style="list-style-type: none"> • Messung an Generator mit Kathodenstrahloszilloskop vornehmen. • Messung fotografieren. • Dokumentation über den Versuch vervollständigen. 	Dank der Messung konnte ich feststellen, dass der Generator einwandfrei funktioniert und dass er die Funktionsweise gut darstellt. Somit konnten wir uns wieder auf andere noch ausstehende Arbeiten konzentrieren.
Dionis 7.3.14 2h	<ul style="list-style-type: none"> • Nochmalige Formatierung der Bilder. • Noch den Text zum Versuch und die Bilder eintragen. • Schlussteil beginnen. 	Das ganze Verzeichnis nochmals anpassen und die Formatierung überarbeiten.
Dionis 8.3.14 5h	<ul style="list-style-type: none"> • Eidesstattliche Erklärung. • Schlussteil abschliessen. • Reflexion schreiben. • Projektjournal nachtragen. • Letzte Formatierung um es druckfertig zu machen. 	Keine Besonderheiten.
Marc 8.3.14 1.25h	<ul style="list-style-type: none"> • Persönliche Reflexion zum Projekt schreiben. 	Ich konnte die Reflexion ziemlich schnell schreiben, da ich genau weiss, was ich in der Projektphase gut gemacht habe und wo ich Verbesserungspotential habe.
Marc, Dionis 8.3.14 4h	<ul style="list-style-type: none"> • Letzte Korrekturen vornehmen. • Gemeinsame Reflexion erstellen 	Es traten keine Besonderheiten auf, ausser im Word hatten wir teilweise Probleme mit der Formatierung.
Marc, Dionis 9.3.14 2.5h	<ul style="list-style-type: none"> • Letzte Korrekturen vornehmen. • Dokumentation ausdrucken und binden. 	Keine Besonderheiten.