

# GO FOR GREEN

Erneuerbare Energien für das Eigenheim



**Interdisziplinäre Projektarbeit**

Berufs- und Weiterbildungszentrum bzb,  
9470 Buchs

**Robin Eberle**

**Simon Teuscher**

13. März 2014



## I. Abstract

Für die Nutzung von erneuerbaren Energien gibt es heutzutage sehr viele verschiedene Methoden. In dieser Projektarbeit werden folgende näher angeschaut:

- Die Sonnenenergie, welche das Nutzwasser über thermische Solarzellen erwärmt oder mit einer Photovoltaikanlage Strom produziert.
- Die Restwärme im Abwasser, die durch eine Art eines Wärmetauschers rückgewonnen wird.
- Der organische Abfall, der in Biogas umgewandelt wird und somit als Brennstoff in der Heizung dient.
- Die Windkraft, welche über eine Windturbine Strom erzeugt.
- Erdpfähle, welche die Wärme der Erde nutzen und über einen Wärmetauscher die Wärme an das Wasser abgibt.

Jedoch können einige dieser Anlagen nicht an jedem Standort ihre Höchstleistung abgeben. Um das idealste Zusammenspiel zu erreichen, wird ein Projekthaus geplant. Somit ist die Region festgelegt, das Volumen, welches beheizt werden muss, wie hoch der Energieverbrauch sein wird und wie hoch der Verbrauch von Warmwasser sein wird. Jedoch ist die wirkungsvollste Kombination nicht das Beste, wenn die Finanzierung zu hoch ist. Aus diesem Grund werden auch die Kosten berücksichtigt und wie lange es dauert, bis die Anlage gegenüber einer Ölheizung und gegenüber Strom vom Netz amortisiert ist.

Nowadays, there are many different methods of using renewable energy. This project work surveyed the following in more details:

- Solar energy, which heats water with thermal solar cells or a photovoltaic system that's able to produce electricity.
- The residual heat in the wastewater, which is regained by a similar type of a heat exchanger.
- The organic waste, which will be transformed into biogas and thus works as combustible material for the heating system.
- The wind energy, that generates power by wind turbine.
- Ground posts, which uses the heat of the earth and supplies via a heat exchanger the warmth into the water.

However, some of these methods can't produce their maximum efficiency. There's a project house planned, to reach the best performance. The following facts are already determined; the region / area, the heatable volumes, how much energy consumption and usage of heated water.

The most effective combination won't be the best, if the financing will be to overpayed. That's the reason to have an eye on the costs and length of amortisation, compared both systems, oil heating and power from a provider versus renewable energy.

## II. Inhaltsverzeichnis

I.	Abstract.....	2
II.	Inhaltsverzeichnis.....	3
III.	Abbildungsverzeichnis.....	4
1	Einleitung .....	7
2	Energiequellen .....	9
2.1	Rahmenbedingungen.....	9
2.2	Windenergie.....	9
2.2.1	Aufbau einer Windturbine: .....	10
2.2.2	Technische Daten.....	10
2.2.3	Funktionsweise:.....	10
2.2.4	Windkarte Sarganserland .....	12
2.2.5	Fazit der Fragebogen .....	12
2.3	Sonnenenergie.....	13
2.3.1	Thermische Solaranlage:.....	13
2.3.2	Thermische Solarzelle: .....	14
2.3.3	Photovoltaikzellen.....	14
2.3.4	Solar Tracker .....	15
2.4	Erdwärme.....	16
2.4.1	Energiepfähle .....	16
2.4.2	Erdschichten .....	17
2.4.3	Wasser–Wasser Wärmepumpe .....	18
2.5	Abwasser .....	19
2.6	Biogas.....	21
2.7	Projekthaus .....	22
2.7.1	Das geplante Einfamilienhaus.....	22
2.7.2	Auswahl der Energiequellen .....	23
2.7.3	Amortisationsrechnungen .....	24
2.8	Versuch.....	26
2.8.1	Wärmetauscher .....	26
2.8.2	Versuchsprotokoll .....	28
3	Fazit.....	28
	Literaturverzeichnis .....	31
	Eidesstattliche Erklärung .....	32
	Anhang.....	33

### III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Windturbine .....	10
<a href="http://www.wkgreenusa.ch/german/windturbine.html">http://www.wkgreenusa.ch/german/windturbine.html</a>	
Abbildung 2: BTPS Windturbine .....	11
<a href="http://www.wkgreenusa.ch/german/windturbine.html">http://www.wkgreenusa.ch/german/windturbine.html</a>	
Abbildung 3: Windkarte Sarganserland .....	12
<a href="http://wind-data.ch/windkarte/">http://wind-data.ch/windkarte/</a>	
Abbildung 4: Darstellung Sonnenenergie .....	13
Solarsysteme, Fachinformation, 2013, Seite 3	
Abbildung 5: Thermische Solaranlage .....	13
<a href="http://www.racheterheizung.ch/Solaranlage.htm">http://www.racheterheizung.ch/Solaranlage.htm</a>	
Abbildung 6: Thermische Solarzelle .....	14
Solarsysteme, Fachinformation, 2013, Seite 5	
Abbildung 7: Photovoltaikzellen .....	15
<a href="http://www.solarladen.de/photovoltaik-funktion">http://www.solarladen.de/photovoltaik-funktion</a>	
Abbildung 8: Solar Tracker .....	15
<a href="http://www.vilters-wangs.ch/contento/Home/Gemeindebetriebe/Elektrizit%C3%A4tswerk/AktuellesMitteilu-gen/tabid/301/Default.aspx?udt_750_param_de tail=793">http://www.vilters-wangs.ch/contento/Home/Gemeindebetriebe/Elektrizit%C3%A4tswerk/AktuellesMitteilu-gen/tabid/301/Default.aspx?udt_750_param_de tail=793</a>	
Abbildung 9: Energiepfähle .....	16
<a href="http://referate.mezdata.de/sj2008/geothermie_holger-gebhardt/ausarbeitung/s eite2.html">http://referate.mezdata.de/sj2008/geothermie_holger-gebhardt/ausarbeitung/s eite2.html</a>	
Abbildung 10: Erdspiralen .....	17
<a href="http://www.roth-werke.de/roth-en/aktuell_1235.htm,2013">http://www.roth-werke.de/roth-en/aktuell_1235.htm,2013</a>	
Abbildung 11: Temperaturveränderung des Erdreiches über ein Jahr .....	17
<a href="http://energieberatung.ibs-hlk.de/,2012">http://energieberatung.ibs-hlk.de/,2012</a>	
Abbildung 12 Wasser-Wasser Wärmepumpe .....	18
<a href="http://www.doerfler-bauengineering.de/haustechnik_waermepumpe.html">http://www.doerfler-bauengineering.de/haustechnik_waermepumpe.html</a>	
Abbildung 13: Darstellung Erdschichten .....	18
<a href="http://www.planet-schule.de/wissenspool/geomorphologie/inhalt/sendungen/sc hichtstufen/geologische-schichten.html,2006">http://www.planet-schule.de/wissenspool/geomorphologie/inhalt/sendungen/sc hichtstufen/geologische-schichten.html,2006</a>	
Abbildung 14: Erdsondenkarte der Gemeinde Sargans .....	19
<a href="http://www.geoportal.ch/,2013">http://www.geoportal.ch/,2013</a>	
Abbildung 15: Wärmetauscher im Abwasserrohren .....	19
<a href="http://www.energieregion-el.de/contents/competencies/energieeffizienz/project s/abwasser.php,2008">http://www.energieregion-el.de/contents/competencies/energieeffizienz/project s/abwasser.php,2008</a>	

Abbildung 16: Rohreinlegung in Kanalisationsnetz .....	20
<a href="http://www.berlin-klimaschutz.de/projekte/abwasserwaermenutzung-fuer-die-sport-und-lehrschwimmhalle-schoeneberg">http://www.berlin-klimaschutz.de/projekte/abwasserwaermenutzung-fuer-die-sport-und-lehrschwimmhalle-schoeneberg</a>	
Abbildung 17: Schnitt durch Wärmetauscher im Abwasserkanal .....	20
<a href="http://www.energie.ch/themen/haustechnik/heizabwkan/schnitt.gif">http://www.energie.ch/themen/haustechnik/heizabwkan/schnitt.gif</a>	
Abbildung 18: Funktionsweise einer Biogasanlage .....	21
<a href="http://www.onlinezeitung.co/de/sonderseiten-kunden/allgemein/b/biogasanlage/,2014">http://www.onlinezeitung.co/de/sonderseiten-kunden/allgemein/b/biogasanlage/,2014</a>	
Abbildung 19: Biogasanlage von Aussen .....	21
<a href="http://www.dresden-fernsehen.de">www.dresden-fernsehen.de</a>	
Abbildung 20: Geplantes Einfamilienhaus in der Region Sarganserland .....	22
Gezeichnet von Robin Eberle	
Abbildung 21: Veranschaulichung der Energiequellen.....	23
Zusammengestellt von Teuscher Simon	
Abbildung 22: Grafik Amortisation Anschaffungskosten Ölheizung / Erdsonde.....	25
diverse Offerten der Elcotherm AG	
Abbildung 23: Grafik Amortisation Anschaffungskosten feste Anlage / Tracker .....	25
diverse Offerten der Elcotherm AG	
Abbildung 24: Gleichstromprinzip .....	26
<a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/W%C3%A4rme%C3%BCbertragung_Gleichstrom.svg">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/W%C3%A4rme%C3%BCbertragung_Gleichstrom.svg</a>	
Abbildung 25: Gegenstromprinzip .....	26
<a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/W%C3%A4rme%C3%BCbertragung_-_Gegenstrom.svg">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/W%C3%A4rme%C3%BCbertragung_-_Gegenstrom.svg</a>	
Abbildung 26: Kreuzstromprinzip .....	26
<a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Kreuzstrom_W%C3%A4rme%C3%BCbertragung.jpg">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Kreuzstrom_W%C3%A4rme%C3%BCbertragung.jpg</a>	
Abbildung 27: Rohrbündel Wärmetauscher .....	27
<a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shell&amp;TubeRegenerator.jpg,2013">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shell&amp;TubeRegenerator.jpg,2013</a>	
Abbildung 28: Spiralwärmetauscher .....	27
<a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:WTU-Email.jpg,2014">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:WTU-Email.jpg,2014</a>	
Abbildung 29: Plattenwärmetauscher .....	27
<a href="http://shop.wiltec.info/product_info.php/info/p3854_Edelstahl-Waermetauscher-60-Platten-Plattenwaermetauscher-max--130-kW.html,2006">http://shop.wiltec.info/product_info.php/info/p3854_Edelstahl-Waermetauscher-60-Platten-Plattenwaermetauscher-max--130-kW.html,2006</a>	
Abbildung 30: Wärmetauscher einer Heizanlage .....	27
<a href="http://www.beobachter.ch/dossiers/energie/artikel/heizen_schluss-mit-stromfressern/">http://www.beobachter.ch/dossiers/energie/artikel/heizen_schluss-mit-stromfressern/</a>	
Abbildung 31: Prototyp des ersten Wärmetauschers .....	28
Eberle Robin	

Abbildung 32: Zweiter Wärmetauscher in Bearbeitung .....	28
Eberle Robin	
Abbildung 33: Simon beim Fertigen von Teilen .....	28
Eberle Robin	
Abbildung 34: Fertiger Wärmetauscher .....	29
Eberle Robin	

## 1 Einleitung

Umweltfreundliche Autos, Hauptverkehr auf den öffentlichen Verkehr umstellen, in den Medien hört man oft von Energieeinsparung, überall wo es auch nur möglich ist. Dasselbe gilt auch bei den Häusern. Ab sofort soll versucht werden, nur noch mit erneuerbaren Energien die Häuser zu heizen.

Als wir in der Schule den Auftrag erhielten einen Vortrag über das Thema Energieeinsparung oder umweltfreundliche Energie zu erstellen, hatten wir sofort die Idee bei einem Einfamilienhaus möglichst viele verschiedene Arten von erneuerbaren Energien aufzuzeigen. Schlussendlich wollten wir aufzeigen, welcher neue Energieträger, ohne Fremdversorgung an unserem Standort Sarganserland am wirtschaftlichsten ist. Wir wollen ein optimales Preis-Leistungsverhältnis erzielen und den Erstellungsstandort berücksichtigen, damit nicht durch den Transportweg hohe Umweltbelastungen verursacht werden. Jedoch untersuchen wir lediglich die Energiegewinnung respektive Energieversorgung für ein Einfamilienhaus, nicht wie man die Wärmedämmung verbessern könnte.

Dieses Thema hat uns stark interessiert, weil uns viel daran liegt, dass wir mit der Erde auf erdenkliche Sicht weiterleben können und nicht, dass sie in 20 Jahren ausgebeutet ist. Ein weiterer Faktor ist, dass wir in unserer Arbeitswelt häufig mit erneuerbaren Energien und Energieeinsparungen konfrontiert werden. Als Zeichner kommt man oft in Kontakt mit Erdsonden oder Energiepfählen und als Schreiner kommt man immer wieder über den Energieverlust der Fenster in Kontakt und wie man den Verlust reduzieren könnte. Irgendwann wollen wir auch mal unser eigenes Haus bauen und wenn wir dann vor der Frage stehen, welche Energiequelle wir am besten verwenden würden, müssen wir uns nicht von Grund auf damit befassen, sondern können uns zurückerinnern an unsere Projektarbeit und dann die Entscheidung schnell und vor allem sinnvoll treffen. Des Weiteren wollen wir mit dieser Arbeit alle dazu motivieren und gar auffordern, in Zukunft in erneuerbare Energien zu investieren.

Es war geplant, von jeder erneuerbaren Energiequelle ein Produkt aufzuzeigen, damit man sich vorstellen kann, wie teuer, oder auf längere Sicht gesehen, wie günstig es wird, die Umwelt zu schonen. Damit wir das Prinzip des Wärmetauschers nicht nur beim theoretischen belassen, haben wir als Versuch einen kleinen Wärmetauscher nachgebaut. Wir hoffen, dass unser Versuch einwandfrei funktioniert und dass der Vortrag alle Zuhörer überzeugt, in Zukunft umweltschonend zu handeln.

Als erstes haben wir uns einen groben Überblick verschafft, wie man die einzelnen natürlich vorhandenen Energiequellen nutzen kann. Danach haben wir uns für Sonne, Wind, Erde, Gas und Abwasser entschieden. Die allgemeinen Informationen über diese Themen erhielten wir hauptsächlich aus dem Internet und aus Interviews mit Fachpersonen. Die Befragungen haben wir immer zu zweit ausgewertet, damit wir beide über die Energiequellen Bescheid wissen. Um den wirtschaftlichen Teil unserer Arbeit leisten zu können, mussten wir mehrere Offerten bei der Firma Elcotherm AG in Vilters-Wangs einholen, damit wir überhaupt Amortisationsrechnungen aufstellen konnten.

Wir empfehlen jedem, diese Arbeit zu lesen, denn es bringt eine Einsicht auf die vielen vorhandenen neuen Energiequellen und hilft jedem, die Entscheidung zu treffen, auf welche erneuerbare Energie er in Zukunft setzen würde.

Wir bedanken uns bei der Familie Teuscher, Iris John, Oliver Mullis, Spetim Jakupi von der Firma Elco, Leonhard Gubser von der Gemeinde Vilters-Wangs, Geologe Kaspar Papritz, bei der Schreinerei Bärtsch für das Material und bei Janette Eberle.



## 2 Energiequellen

### 2.1 Rahmenbedingungen

Bevor wir uns auf die Suche nach erneuerbaren Energien gemacht haben, verfassten wir einige Rahmenbedingungen. In unserem Projekt versuchen wir ein Haus zu versorgen, welche unabhängig von Kraftwerken, Öl- Lieferanten oder anderen Drittpersonen ist:

- Unser Ziel ist es ein durchschnittliches Einfamilienhaus mit Warmwasser und Strom zu versorgen.
- Wir wollen für die Montage dieser Anlagen hauptsächlich Firmen aus der Umgebung engagieren.
- Die Produkte aus der Schweiz werden von uns bevorzugt, da es ökologisch nicht sehr effizient ist, wenn wir Anlagen aus China importieren.
- Unser geplantes Haus wird den Standort im Sarganserland haben.
- Die ausgewählten Energieanlagen müssen sich selbst amortisieren und nach reeller Zeit einen Gewinn abwerfen.

### 2.2 Windenergie

Ein Windrad wird, wie das Wort bereits erklärt, vom Wind angetrieben. Die Rotation wird über eine Welle zu einem Generator weitergeleitet und setzt diesen in Gang. So funktionieren die normalen Windkraftanlagen, welche im Meer oder in der Peripherie stehen. Jedoch ist solch ein riesiges Windrad keine gute Option für die Versorgung eines Einfamilienhauses, da es schlichtweg zu gross ist. In Berschis, ein Dorf im Sarganserland, wurde eine kleine Windturbine für eine anliegende Werkstatt erstellt. Mit dem erzeugten Strom der Windturbine, kann die Werkstatt ein Teil ihres Strombedarfs abdecken. Wäre diese kleine Windturbine geeignet für die Stromversorgung eines Einfamilienhauses?

## 2.2.1 Aufbau einer Windturbine

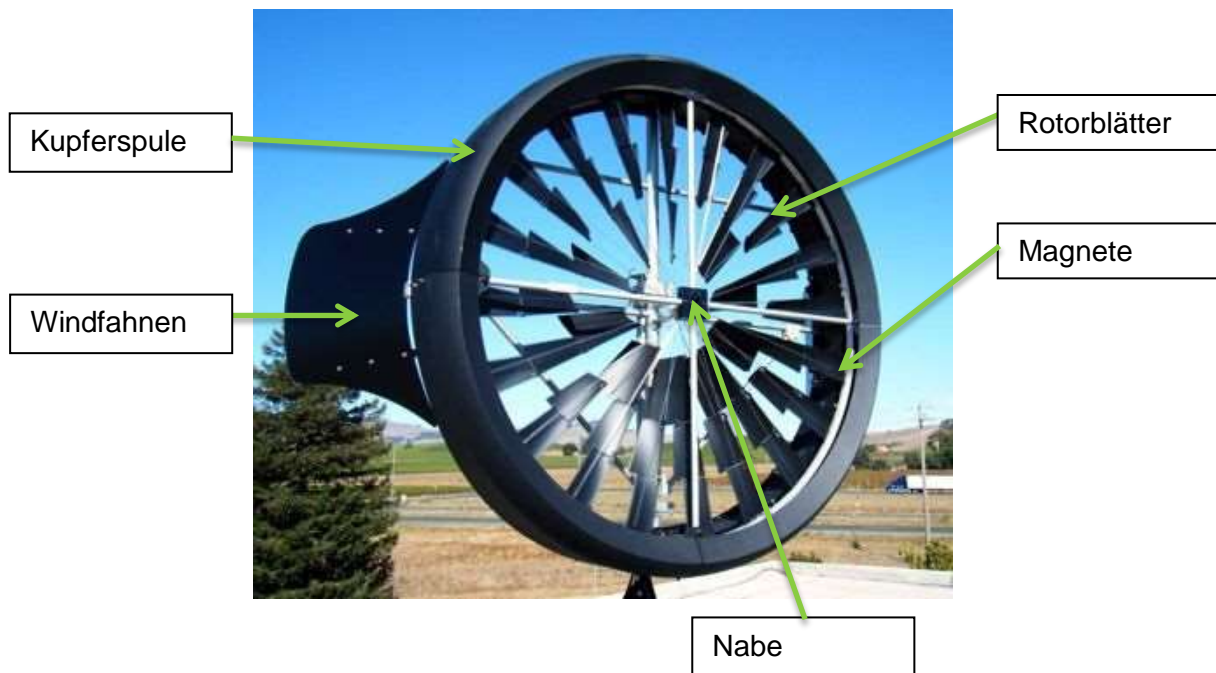


Abbildung 1: Windturbine

## 2.2.2 Technische Daten

Generator	BTPS Permanentmagnet
Generatorspannung	0 bis 160V Gleichstrom
Maximal-Leistung	2'250W bei 16,9m/s
Einschalt-Geschwindigkeit	0,9m/s (3km/h)
Maximale-Drehzahl	400U/min
Bremssystem	Elektromagnetisches Bremssystem
Gewicht	110kg
Rotor-Durchmesser	1,82m
Rotorblätter	20Stk.
Rotorblätter-Werkstoff	Glasfaser-Verbundwerkstoff
Geräusentwicklung	unter 35dB (gemessen bei 3,1m Entfernung)
Garantie	5 Jahre
Lebensdauer	20 Jahre

## 2.2.3 Funktionsweise

Die BTPS-Windturbine, Abkürzung von Blade Tip Power System, was auf Deutsch soviel wie „Rotorspitz Stromversorgungsanlage“ heisst, ist eine getriebelose Windenergieanlage. Das heisst, anstatt über eine Kardanwelle die Drehbewegung des Windrades an einen Generator weiter zu leiten, ist die BTPS-Windturbine sozusagen ihr eigener Generator. Jedoch ist der Aufbau dieser Turbine ähnlich wie ein Generator. An den Spitzen der Rotorblätter sind Magnete angebracht, die mit hoher Geschwindigkeit an den feststehenden Kupferspulen im Aussenring vorbeigeführt werden und somit Energie erzeugen.

So wird die Windenergie effizienter genutzt, denn man verliert keine Energie durch die Weiterleitung und durch Getriebe. Die BTPS-Windturbine hat nur einen Durchmesser von 1,8m und ein Gewicht von 110kg. Sie kann in Gebieten mit einer Windgeschwindigkeit von 130 bis 170km/h, was der Windklasse 3 entspricht, bis zu 2200kWh pro Jahr produzieren. Die Windkraftanlage mit ihrem einzigartigen Design mehrstufiger Rotorblätter reagiert sehr schnell auf Änderungen der Windgeschwindigkeit und ermöglicht maximale Energiegewinnung. Die BTPS-Windkraftanlage ist als dezentrale Energiequelle ausgelegt, um den Energieverbrauch im Haus und in kleineren Betrieben zu unterstützen.<sup>1</sup>



Abbildung 2: BTPS Windturbine

Da die Windturbine keinen Generator anzutreiben hat, benötigt man keinen Platz für den zusätzlichen Generator und man kann somit die Anlagegrösse sehr klein halten. Zudem gibt die Windkraftanlage keine Geräusche oder Vibrationen ab, wie ein Generator. Dies ermöglicht eine vielfältige Einsetzbarkeit dieser Windturbine.<sup>2</sup>

Viele Industrieanlagen oder Klimaanlage produzieren Abluft, die normalerweise unbenutzt abgeleitet wird. Durch Verwendung der BTPS-Windturbine kann man diese abströmende Luft zur Energiegewinnung nutzen.

Durch die Windfahnen richtet sich die Turbine kontinuierlich in die Position aus, von welcher sie genau in Windrichtung steht. So kann sie für eine maximale Windaufnahme garantieren. Die Turbine beginnt sich bei einem Wind von 0,2 m/s (0,72km/h) zu drehen und somit Strom zu produzieren. Ab einer Windgeschwindigkeit von 17.0m/s bremst die Windturbine automatisch auf 400 U/min durch ein elektromagnetisches Bremssystem ab. Das System hält Windgeschwindigkeiten von bis zu 240 km/h stand. Jedoch liegt die Menge des produzierten Stroms von dem Standort ab. Beim Aufstellen müssen viele Faktoren berücksichtigt werden wie zum Beispiel die Region. In einer windarmen Gegend kann die Windturbine nicht ihre volle Leistung erbringen und ist nicht rentabel. Zugleich ist es wichtig, dass die Anlage alleinstehend oder höher als die Nebengebäude ist, ansonsten kann sie den Wind nicht von den ganzen 360 Grad nutzen. Eine richtige Standortbestimmung ist deshalb wichtig, um eine optimale Leistung zu erzielen.

Eine durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit von 4.5m/s ist als Minimum empfehlenswert.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Zuordnung der Windklassen, Technischer Ratgeber, Seite 1

<sup>2</sup> Vgl. <http://www.wkgreenusa.ch/german/windturbine.html>

<sup>3</sup> Vgl. <http://www.wkgreenusa.ch/german/files/System-Brochure.pdf>

## 2.2.4 Windkarte Sarganserland



Abbildung 3: Windkarte Sarganserland

Auf diesem Kartenausschnitt vom Sarganserland erkennen wir, dass in unserer Region nur eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 2.5 – 3.4 m/s vorhanden ist. Wir können auch aus der Karte herauslesen, dass auf den Gipfeln der Berge die höchsten Windgeschwindigkeiten herrschen.

## 2.2.5 Fazit der Fragebogen

Die Auswertung der Fragebogen hat ergeben, dass Windanlagen im Sarganserland nicht einen geeigneten Standort haben, da die durchschnittliche Windgeschwindigkeit unter 4.5 m/s betragen. Um diese Problem zu beheben, müsste man ein Haus auf einen Berggipfel bauen, was jedoch nicht möglich ist. Zugleich bestätigen die beiden Fragebogen, dass die Windturbine sehr leise dreht und kaum durch die Geräusche wahrzunehmen ist. Auch die Optik fand eine gute Rückmeldung bei den Anwohnern, denn die Windanlage sieht modern aus und bietet sich durch ihr auffallendes Design sehr gut für Werbungen. Es steckt noch sehr viel Potential in dieser Windturbine, welches man verbessern könnte und somit einen höheren Wirkungsgrad erzielen könnte.<sup>4</sup>

**Vorteile:** Die Windturbine ist an sehr vielen Orten einsetzbar wie bei Abluftkanälen und Lüftungen. Sie kann so Strom produzieren von vorhandener strömender Luft und ist nicht angewiesen auf die Umwelt. Mit geeignetem Standort kann sie die Stromversorgung eines Hauses sehr gut unterstützen.

**Nachteile:** Die Technik der Anlage ist noch nicht vollkommen ausgereift und hat somit nicht einen höheren Wirkungsgrad. Zudem ist es schwierig den geeigneten Standort zu finden, da die Windgeschwindigkeit und das Umfeld passen müssen.

<sup>4</sup> HTW Chur, Fragebogen vom 10.12.2013

Für unser Projekthaus fällt die Windkraftanlage aus, da an unserem Standort nicht genügend Wind vorhanden ist und somit die Turbine nicht die volle Leistung erbringen könnte.<sup>5</sup>

## 2.3 Sonnenenergie

Wie beim Wind im Sarganserland sind wir in der Schweiz nicht am idealsten Ort. Je näher der Standort einer Solaranlage an dem Äquator liegt, desto effizienter wird die Anlage.

Die Sonne ist eine unerschöpfliche und überall anzutreffende Energiequelle. Die Sonnenstrahlen teilen sich jedoch in zwei Gruppen auf. Es gibt die diffuse und die direkte Sonnenstrahlung. Unter diffuser Strahlung versteht man die Strahlen, welche durch Streuung, Reflektion, Staubpartikel und Glasmoleküle reflektiert oder absorbiert worden sind und wild auf die Erdoberfläche auftreffen. Im Gegensatz treffen die direkten Strahlen ohne Verwirbelung an.

Diese Sonnenstrahlung kann durch zwei Arten genutzt werden. Einerseits durch eine Photovoltaikanlage, welche Strom produziert und andererseits mit thermischen Solarzellen, welche für das Erwärmen von Nutzwasser zuständig sind. Die Hauptsaison für die Nutzung von Sonnenenergie geht von Mitte März bis Mitte Oktober.<sup>6</sup>



Abbildung 4: Darstellung Sonnenenergie

### 2.3.1 Thermische Solaranlage

Unter einer thermischen Solaranlage versteht man, dass die Sonnenenergie als Wärme verwendet wird. Sie erhitzt eine Flüssigkeit, welche umgewandelt zum Beispiel zum Heizen, etc. verwendet werden kann.

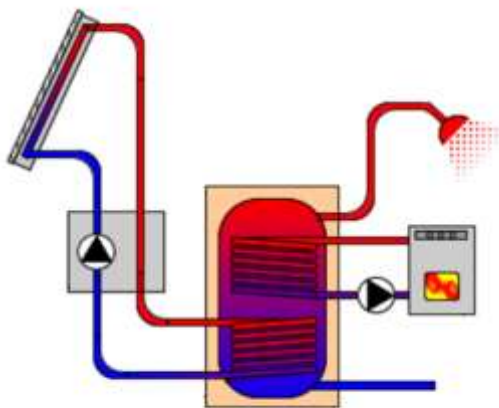


Abbildung 5: Thermische Solaranlage

Eine thermische Solaranlage ist in zwei Kreisläufe aufgeteilt. Zum einen die Solarflüssigkeit, welche durch die Zelle fließt. Der zweite Zyklus ist für das Nutzwasser. Das kalte Wasser kommt über einen Zufluss in den Wärmetauscher. An dieser Stelle wird es über das natürliche Grundprinzip des Wärmeausgleiches erwärmt und gelangt in den Speicher. Von dort aus ist das Wasser bereit für eine Warmwasser-Dusche, für die Heizung oder für die Geschirrspülmaschine. Zu diesem Kreislauf kommt noch eine Zusatzheizung hinzu. Sie unterstützt die Solaranlage, wenn sie die geforderte Leistung nicht erbringen kann oder die Sonnenenergie zu knapp ist.

Der Kreislauf der Solarzelle besteht aus drei Ele-

<sup>5</sup> Stöckli Jörg, Landmaschinenmechaniker bei Stöckli AG, Befragung vom 25.11.2013

<sup>6</sup> Vgl. <http://www.elco.ch/de/resources/downloads/fachinformationen/ELCO-Fachinformation-Solarsysteme.pdf>

menten. Über eine Pumpe wird die Solarflüssigkeit durch die Solarzelle gepumpt, in welcher die Flüssigkeit die Wärme aufnimmt. Das erhitzte Wasser fließt weiter zu einem Wärmetauscher. Dort gibt es die Wärme an das kalte Nutzwasser ab und wird wieder durch die Zellen gepumpt.<sup>7</sup>

### 2.3.2 Thermische Solarzelle

Die Solarzelle nimmt die Sonnenstrahlung über einen Absorber auf, welcher das Herzstück der Zelle ist. Er wird deshalb mit schwarz-blau beschichtet, weil dunklere Farben die Wärmeenergie besser aufnehmen können. Man kann dies vergleichen mit einem schwarzen und einem weissen Auto. Im Sommer verbrennt man sich an der Oberfläche eines schwarzen Wagens fast die Hände und bei gleicher Sonneneinstrahlung fasst man einen weissen Wagen an, ohne dass es heiss ist. Der Absorber besteht meist aus einem oder mehreren Kupfer- oder Aluminiumblechen. Seine Aufgabe ist es, die Energie der Sonne aufzunehmen und an die dahintergelegenen Rohre weiter zu leiten. In diesen Rohren zirkuliert eine Solarflüssigkeit. Sie ist ein Gemisch und besteht aus Wasser ( $H_2O$ ) und Propylenglycol ( $C_3H_8O_2$ ). Das Glykol ist eine ölige, beinahe geruchlose, hygroskopische, viskose und beinahe farblose Flüssigkeit und ist auch eine Art Frostschutzmittel. Hinter dem Leitungsnetz befindet sich noch eine Dämmung, damit die Wärme nicht nach hinten verloren geht. Die ganze Solarzelle ist mit einer Glasplatte gegen Einflüsse von Aussen geschützt.



Abbildung 6: Thermische Solarzelle

### 2.3.3 Photovoltaikzellen

Der Begriff Photovoltaik leitet sich ab von dem griechischen Wort Phos, was auf Deutsch Licht heisst und von der elektrischen Masseinheit Volt. Davon ist abzuleiten, dass der photovoltaische Effekt die Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie ist.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Vgl. [http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische\\_Solaranlage](http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische_Solaranlage)

<sup>8</sup> Vgl. [http://www.gehrlicher.com/fileadmin/content/pdfs/de/technik/Funktion\\_Komponenten\\_Photovoltaik.pdf](http://www.gehrlicher.com/fileadmin/content/pdfs/de/technik/Funktion_Komponenten_Photovoltaik.pdf)

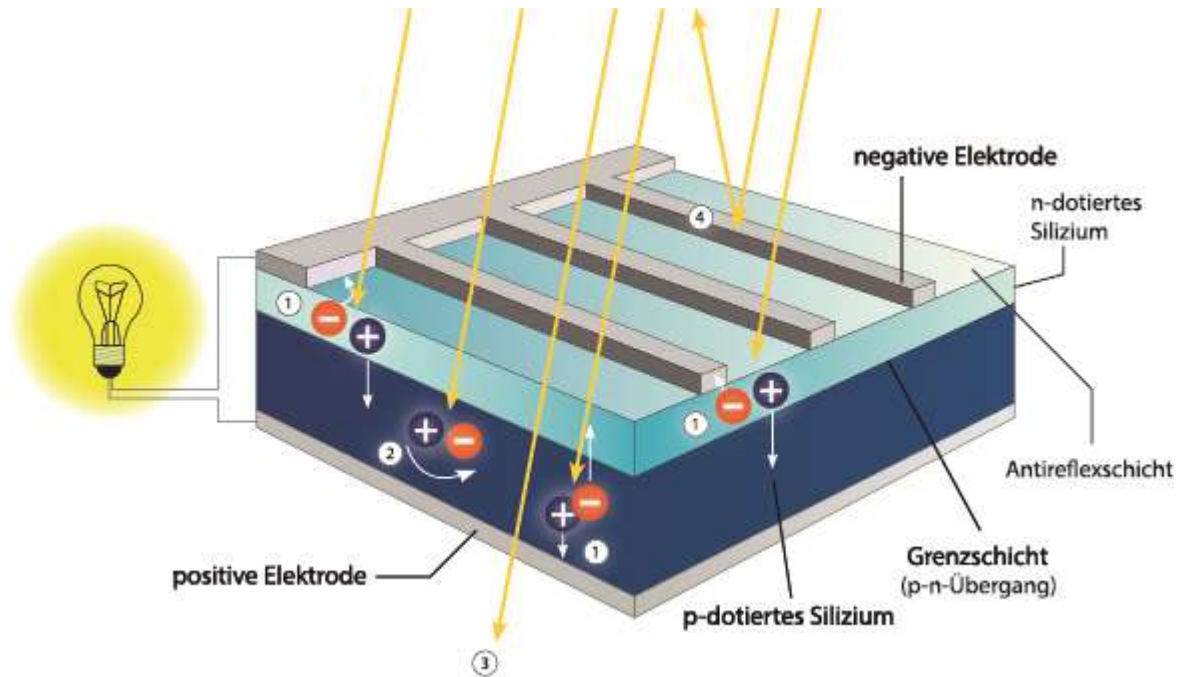


Abbildung 7: Photovoltaikzellen

Das Licht von der Sonne dringt in Form von Lichtteilchen, die sogenannten Photonen, auf die Solarzelle ein. Dort trifft es auf die äusseren Elektronen der Siliziumatome, welche sich in der Sperrschicht befinden. Die Siliziumatome nehmen die Photonen auf und werden dadurch mit Energie angereichert. Durch dies ändert sich die natürliche Kreisbahn um den Kern des Siliziumatoms. Durch dies trennen sich die Elektronen vom Kern. Die negativen Elektronen werden durch das elektrische Feld in der Sperrschicht nach oben getrieben und über die Leiterbahnen abgegeben. Die positiven Atomkerne zieht es entlang des elektrischen Feldes nach unten in die p-dotierte, negative Siliziumschicht. Dort nehmen sie wieder ihre Elektronen auf. Durch dauerhaftes Auftreffen von Photonen spalten sich weitere Elektronen ab, welche wieder in die n-dotierte Siliziumschicht verschoben werden. Die positiven Kerne sinken nach unten und nehmen über den Leiter Elektronen auf. Wenn man jetzt Minus- und Pluspol über einen Verbraucher verbindet, sorgt der beschriebene Prozess für stetige Ladungstrennung.<sup>9</sup>

### 2.3.4 Solar Tracker

Ein Solar Tracker ist eine freistehende Photovoltaikanlage, welche sich stetig zur Sonne ausrichtet, damit eine optimale Einstrahlung erreicht wird. Durch diesen Mechanismus kann diese Anlage 40% mehr Strom erzeugen als eine gleich grosse, welche fest auf einem Dach montiert ist. Ein Feind dieser Anlagen ist der Wind. Sobald ein Wind mit der Geschwindigkeit von mehr als 25km/h herrscht, fährt die Solarpanelfläche in die waagerechte Lage, sodass der Wind fast keine Angriffsfläche mehr hat. Der Standort für einen Solar Tracker ist so zu wählen, dass kein Schattenwurf auf die Solarzellen fällt. Wenn dies jedoch



Abbildung 8: Solar Tracker

<sup>9</sup> Teuscher Remo, Elektro-Projektleiter Gall Elektro AG in Flums, Befragung vom 28.02.2014

der Fall sein sollte, fällt die ganze Stromproduktion zusammen, da alle Solarzellen miteinander verbunden sind. Man kann sich dies vorstellen wie bei einer Weihnachtsbeleuchtung: Ist eine Glühbirne kaputt, so leuchten alle nicht mehr.<sup>10</sup>

## 2.4 Erdwärme

### 2.4.1 Energiepfähle

Bei einer thermischen Solaranlage wärmt die Sonneneinstrahlung das in den Kollektoren zirkulierende Wasser auf. Ähnlich funktioniert es bei der Erdwärme, nur dass hier das Erdreich das Wasser erwärmt, und nicht die Sonne.

Bei Häusern oder anderen Bauten, welche in nicht druckfesten Boden erbaut werden, müssen meist Pfählungen stattfinden, damit die Last, welche die Fundamentplatte auf den Untergrund abgibt, auf eine grössere Fläche verteilt werden kann.

In diesen Pfählen, welche meistens aus Beton erstellt werden, kann man mehrere Röhren einlegen, welche mit Wasser und Frostschutzmittel gefüllt sind. Durch eine kleine Pumpe wird die Flüssigkeit in den Rohren zirkuliert und an der Erde aufgewärmt. Da die Pumpe ständig den Druck von stark auf schwach wechselt, wird durch das Komprimieren zusätzliche Wärme erzeugt. Mit Hilfe von einem Wärmetauscher, welchen wir euch im Vortrag später genauer erklären werden, kann die Wärmeenergie der Flüssigkeit in den Pfählen entzogen werden und für den eigenen Haushalt genutzt werden. Dasselbe Prinzip gilt bei der Erdsonde. Der Unterschied ist, dass der Energiepfahl nicht nur eine statische Funktion, sondern auch eine energietechnische Funktion besitzt. Es lohnt sich jedoch nicht, einen massiven Betonpfahl (bis zu  $\varnothing$  50 cm) in die Erde zu treiben, wenn ein Haus auf seinem Baugrund steht, ohne dass zusätzliche Massnahmen getroffen werden müssen. In diesem Fall würden Energiesonden zum Zuge kommen. Diese haben den Vorteil, dass sie in die Erde gebohrt werden können und somit leicht eine Länge von über 100 Metern erreichen können und sich somit mehr aufwärmen können, denn die Erde wird alle 100 Meter um je 3°C wärmer. Die Folgerung ist, dass man weniger Sonden - Laufmeter braucht, wenn man weiter in die Tiefe bohrt als wenn man nur ca. 40 Meter tief bohrt.<sup>11</sup>

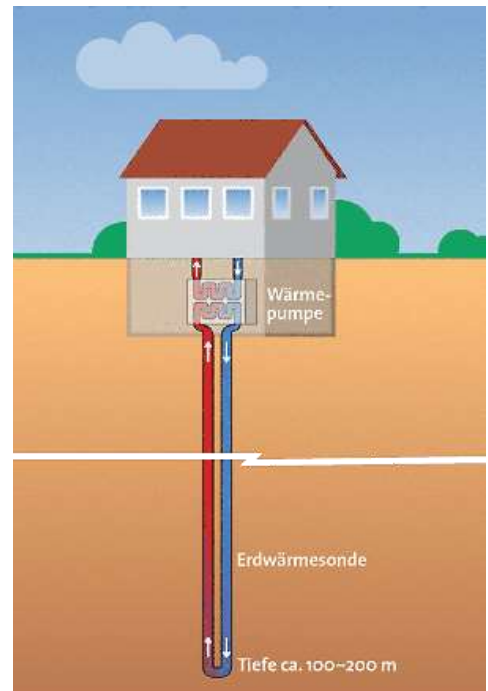


Abbildung 9: Energiepfähle

**Vorteile:** Mit dieser Energiegewinnung spart man viele fossile Brennstoffe ein und kann sich selber mit Strom versorgen. Man kann mit einer solchen Anlage nicht nur für das ganze Jahr Strom erzeugen, sondern auch im Winter das Haus heizen und im Sommer kühlen.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Gubser Leonhard, Abteilungsleiter EW Gemeinde Vilters-Wangs, Befragung vom 07.03.2014

<sup>11</sup> Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdw%C3%A4rmesonde>

<sup>12</sup> Vgl. <http://www.erdwaerme-ag.ch/>



Nachteile: Die Pfähle geben anfangs viel Strom ab, doch mit der Zeit wird die Energiegewinnung immer geringer. Nach ca. 50 Jahren ist der Boden ausgekühlt und es braucht mehr Energie, die Pumpe zu betreiben, als dass man Energie aus dem Boden gewinnt. Bis der Untergrund wieder aufgewärmt ist, braucht es ca. 200 Jahre. Wie man sieht, ist das eine gute Idee als Energienutzung, jedoch ist es auf lange Sicht ohne Garantie.<sup>13</sup>

## 2.4.2 Erdspiralen

Bei diesem Vorgang wird eine Spirale auf einer Tiefe von 2 Meter gebaut, welche die gleichen Eigenschaften aufweist wie der Energiepfahl oder die Erdsonde. Jedoch hat diese Spirale den Vor- und Nachteil, dass sie nach ca. 15 bis 20 Jahren die Erde unterkühlt hat. Doch weil die Spirale nur wenig unter der Erdoberfläche liegt, braucht es nur 2 bis 5 Jahre, bis sich die Oberfläche wieder von der Sonne aufgewärmt hat. Wie man auf dem Diagramm sieht, wärmt die Sonne im Sommer den Boden stark auf und in einer Tiefe von ca. 18 Metern ist die Erdwärme im Sommer wie im Winter konstant. Somit gilt: wenn die Wärme aus den tiefen Schichten entzogen wird, braucht es sehr lange bis der oberer Mantel der Erde wieder von innen aufgewärmt ist.<sup>14</sup>



Abbildung 10: Erdspiralen

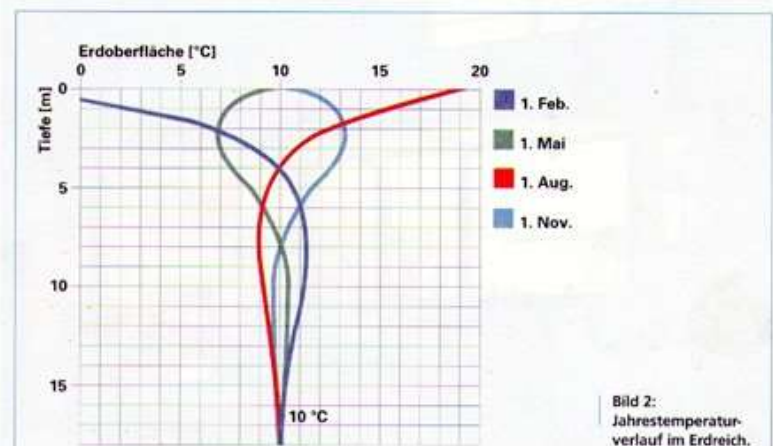


Abbildung 11: Temperaturveränderung des Erdreiches über ein Jahr

<sup>13</sup> Papritz Kaspar, dipl. Natw. ETH – Geologe, Befragung vom 19.11.2013

<sup>14</sup> Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdw%C3%A4rmesonde>

### 2.4.3 Wasser–Wasser Wärmepumpe

Mit einer Wasser–Wasser Wärmepumpe pumpt man warmes Grundwasser aus der Erde und lässt dieses durch den Wärmetauscher fließen. Nachdem die Energie aus dem Wasser entzogen worden ist, fließt das abgekühlte Wasser wieder in das Grundwasser zurück.

**Vorteil:** Bei dieser Energiegewinnung wird das Grundwasser, sofern es dauernd fließt, nie ausgekühlt, sodass man, nicht wie beim Energiepfahl, keine Energie mehr aus der Erde gewinnen kann, wenn die Erde ausgekühlt ist. Denn durch den dauernden Grundwasserstrom wird ständig wieder warmes Wasser antransportiert, welches wieder zur Energiegewinnung genutzt werden kann.

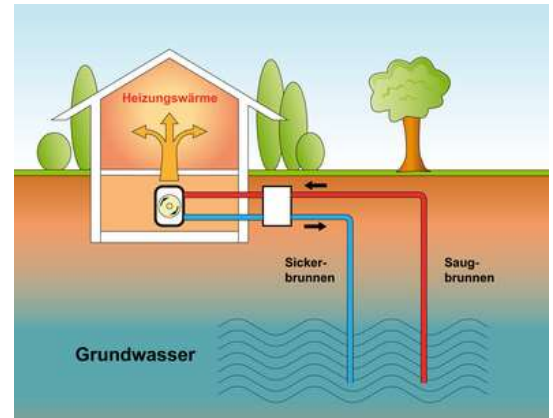


Abbildung 12 Wasser-Wasser Wärmepumpe

**Nachteil:** Es braucht sehr sauberes Grundwasser. Wenn Verunreinigungen im Grundwasser vorkommen, muss der Wärmetauscher ständig gereinigt werden, sonst liefert er die gewünschte Energie nicht. Das Grundwasser muss gut untersucht werden, denn oft sind auch gelöste Stoffe im Wasser, welches ein grosses Problem ist. Zum Beispiel im Altersheim Sargans wurde eine solche Wasser-Wasser Pumpe eingesetzt und erst später merkte man, dass es einen hohen Eisenanteil im Wasser hat. Weil bei der Wärmepumpe immer etwas Sauerstoff ins Wasser kommt, oxidierte das Eisen und lagerte sich rasch in dem Wärmetauscher ab, wodurch er immer wieder verstopft wurde.

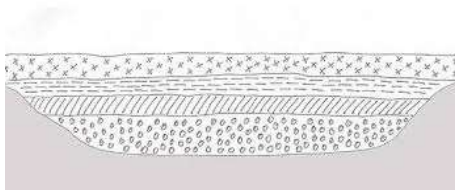


Abbildung 13: Darstellung Erdschichten

In den Gemeinden Sargans und Mels ist es zu grossen Teilen nicht möglich, Energie aus Pfählen oder Erdsonden zu gewinnen. Dies, weil es sehr viele wassertragende Schichten im Untergrund hat und wenn man durch die verschiedenen Erdschichten eine Sonde bohrt, würde das Wasser aus den tragenden Schichten in eine andere Schicht absinken oder es könnte verunreinigtes Grundwasser aus tieferen Schichten das saubere Grundwasser verschmutzen. Am besten leiten nichtbindende Böden das Wasser. Das bedeutet, wenn eine Erdschicht nur aus Feinanteil besteht (0.002 bis 0.06mm Korndurchmesser), saugt die Schicht sich voll mit Wasser. Eine Erdschicht aus > 0.06 mm Korndurchmesser bindet das Wasser nicht, sondern leitet es weiter. Die siltigen Böden (bindenden) geben oft eine gute Tragschicht für das Wasser.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Papritz Kaspar, dipl. Natw. ETH – Geologe, Befragung vom 19.11.2013

Auf diesem Kartenausschnitt der Gemeinde Sargans und Mels, von [www.geoportal.ch](http://www.geoportal.ch), sieht man sehr gut, dass nur die Parzellen am Bergfuss Pfählungen oder Erdsondenbohrungen ohne eine geologische Vorabklärung durchführen dürfen. Bei den kleinen grünen Punkten wurde bereits eine Erdsonde gebohrt.<sup>16</sup>

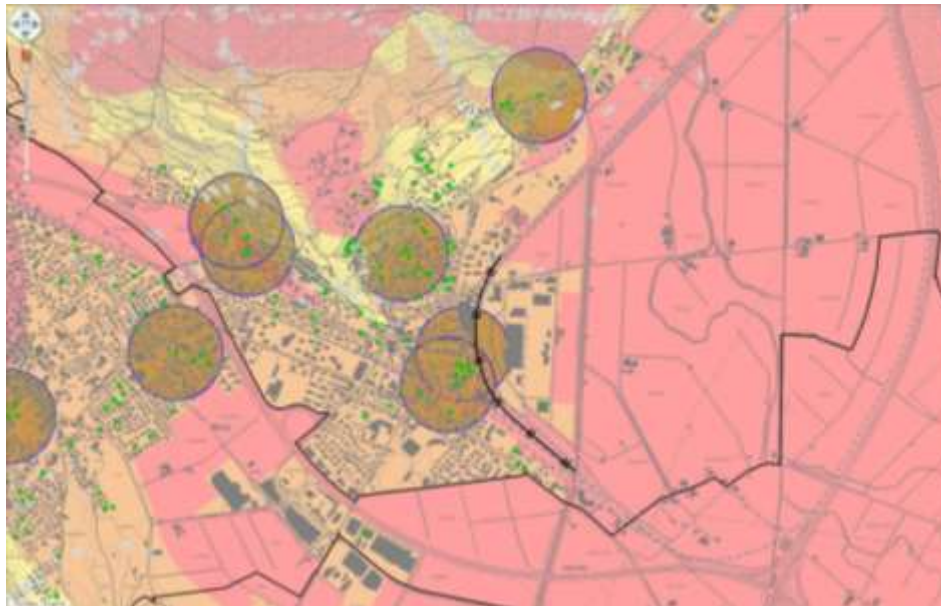


Abbildung 14: Erdsondenkarte der Gemeinde Sargans

- Gelb = Bohrungen bis zu 100m ohne Geologische Vorabklärungen
- Braun = Bohrung nach Bewilligung vom Kanton
- Rot = Keine Bohrungen zugelassen

## 2.5 Abwasser

### Wärmetauscher in Abwasserrohren

Bei dem Wärmetauscher im Abwasser ist das gleiche Prinzip vorhanden, wie bei einer Erdsonde. Das warme Abwasser gibt seine gespeicherte Energie an einen kälteren Kreislauf weiter, wie es das Erdreich bei einer Sonde ebenfalls übergibt.

Unser Abwasser fliesst mit Zimmertemperatur durch die Kanalisationsrohre und verdampft die Wärme auf dem Weg zur ARA oder spätestens in der ARA. Diese Energie geht an die Umwelt weiter, ohne dass diese genutzt werden konnte.

Eine Idee, die häufig angesprochen wird, ist ein kleiner Wärmetauscher, der im Kanalisationsnetz einzulegen ist. Dieser würde in

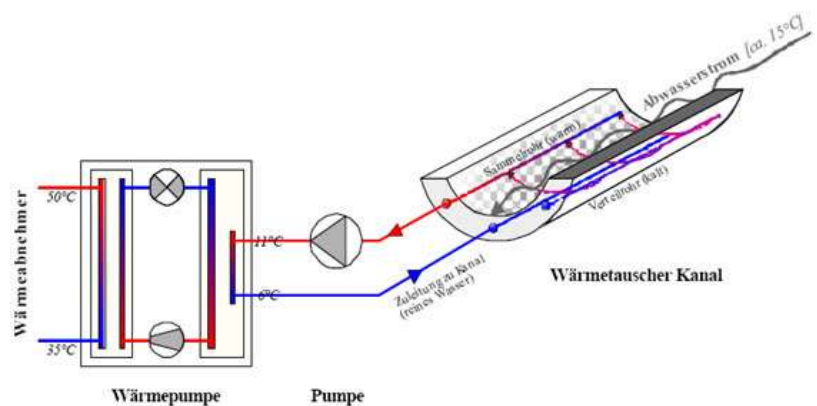


Abbildung 15: Wärmetauscher im Abwasserrohren

<sup>16</sup> Vgl. <http://www.geoportal.ch/map.aspx?intern=1&Topic=4&Attr1=3296&ShowPOI=1>

dem Rohr so eingebaut werden, sodass er die Wärme des Abwassers aufnehmen kann, jedoch nicht mit dem Abwasser in Kontakt gerät. Wenn der Wärmetauscher mit Abwasser in Kontakt käme, müssten die Wärmeleiter immer wieder von den Ablagerungen befreit werden. Denn wenn auf den Leitern zu viele Verunreinigungen haften, kann die Wärme nicht mehr optimal getauscht werden und somit findet ein Energieverlust statt. Dieses Wasser, welches in den Abwasserrohren die Wärme des Abwassers aufgenommen hat, fließt in einen weiteren Wärmetauscher, welcher die gewonnene Energie ins Netz einspeisen kann. Wie man bei diesem Bild sehr gut sieht, sind es 2 Wärmetauscher mit 3 verschiedenen Wasserkreisläufen.

Dieses Projekt liefert nicht sehr viel Strom, doch wenigstens hilft es, dass wir weniger fossile Ressourcen brauchen würden. Jedoch ist ein solches Projekt nicht für jeden Haushalt möglich, weil nur unregelmässig warmes Abwasser fließt. In einer Hauptleitung oder einer Sammelleitung fließt ständig etwas Schmutzwasser, welches dann immer den Wärmetauscher im Kanal aufwärmen kann und somit Energie wieder nutzbar macht. Ein solches Projekt ist sehr gut umzusetzen, jedoch würde es sich nur dann lohnen, wenn das Kanalisationsnetz saniert werden müsste. Denn die Kanalisationsleitungen liegen mindestens 1.8 Meter unter der Strasse und somit müsste fast die ganze Strasse aufgerissen werden, da nur im 90° Winkel gegraben werden kann, wenn man den Graben spriesst, was sehr teuer ist. Somit würden unnötige Kosten verursacht werden, obwohl die Strasse noch gut intakt wäre.<sup>17</sup>

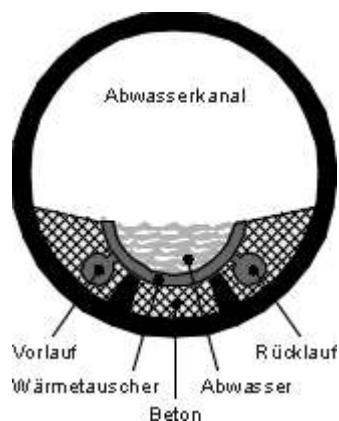


Abbildung 16: Schnitt durch Wärmetauscher im Abwasserkanal



Abbildung 17: Rohreinlegung in Kanalisationsnetz

<sup>17</sup> Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Abwasserw%C3%A4rmer%C3%BCckgewinnung>

## 2.6 Biogas

Abwasser kann nicht nur mit einem Wärmetauscher genutzt werden, sondern auch mit einer Biogasanlage, in der das Abwasser mit anderen organischen Stoffen einem Gärungsprozess unterzogen wird.

Biogas wird nicht aus einem fossilen Brennstoff gewonnen, sondern durch das Gären von natürlichen Abfallprodukten erzeugt. Das bedeutet, ein riesiges Gemisch aus Klärschlamm, Bioabfällen, Speiseresten und Jauche wird in einem grossen Behälter zusammengeführt und unter ständigem Rühren erwärmt. Durch das Erwärmen wird der Zerfallsvorgang beschleunigt. Kleinste Mikroorganismen zersetzen biologische Abfälle unter anaeroben Bedingungen, das bedeutet ohne Zufluss von Sauerstoff, zu ca. 60% Methan und 30% Kohlenstoffdioxid. Die Mikroorganismen können nur im Wasser oder an feuchten Stellen überleben. Sie brauchen genügend Wärme, um sich zu vermehren und um den Zerfallsprozess optimal einleiten zu können. Durch den Rührvorgang im Becken bilden sich keine Sedimente am Boden des Behälters und somit kann das beim Zerfallen entstehende Gas Methan ( $\text{CH}_4$ ) besser entweichen, weil es nicht unter den Sedimenten begraben wird. Mit dem erzeugten Methan kann man durch Verbrennung diverse Motoren antreiben. Jedoch entsteht durch das Verbrennen von Methan  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ . Somit ist es für die Umwelt und die Ozonschicht nicht von Vorteil, würde jeder sagen. Aber wenn man diese Speisereste oder die Jauche auf freiem Feld oder auf einer Deponie verfaulen liesse, würde die gleiche Menge  $\text{CO}_2$  in den Himmel aufsteigen und dazu käme noch der Anteil von Methan, welcher nun in Generatoren oder Motoren verbrennt wird. In den Medien wird meistens nur von der Verminderung des  $\text{CO}_2$ -Ausstosses gesprochen, doch man hört nur selten davon, den Methan-Ausstoss zu verringern, obwohl Methan den Treibhauseffekt 25-33 Fach so stark beschleunigt wie  $\text{CO}_2$ . Das in den Mischbehälter tanks entstehende Abfallprodukt ist nun ein perfektes Düngemittel, weil der Ammoniumanteil erhöht wurde.<sup>18</sup>

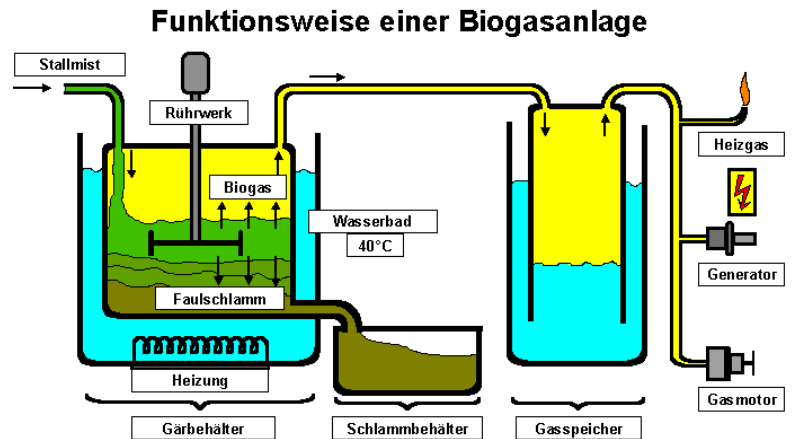


Abbildung 18: Funktionsweise einer Biogasanlage



Abbildung 19: Biogasanlage von Aussen

<sup>18</sup> Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Biogas>

**Vorteil:** Man kann ein Abfallprodukt, welches die gespeicherte Energie, ohne, dass sie genutzt werden kann, an die Umwelt abgeben würde, nutzen und zudem den Treibhauseffekt etwas bremsen, weil das Methan in der Luft schädlicher ist als das Kohlenstoffdioxid.

**Nachteil:** Auch wenn wir damit den Treibhauseffekt etwas bremsen können, ist der Kohlenstoffdioxidausstoss dennoch sehr hoch, was zur Umweltschonung nicht wirklich beiträgt.<sup>19</sup>

## 2.7 Projekthaus

### 2.7.1 Das geplante Einfamilienhaus

Das Projekt bezieht sich auf ein Einfamilienhaus mit dem Standort Mels. Es handelt sich um ein Minergie Haus, was bedeutet, dass die Heizkosten sehr niedrig anfallen. Dies ergibt sich daraus, da das Gebäude durch eine sehr dicke und effiziente Dämmung, welche das Ausdringen von Wärme im Winter verhindert und im Sommer das Eintreten von Wärme hemmt. Geheizt wird das Haus durch eine Bodenheizung auf durchschnittliche 20°C. Die beheizte Fläche des Hauses beträgt 244.4m<sup>2</sup> und die Raumhöhe misst 2.606m. Daraus schliesst sich ein Gebäudevolumen von 636.9m<sup>3</sup>. Gesamthaft beträgt die Dachfläche 180m<sup>2</sup>, die sich aus einem Walmdach (130m<sup>2</sup>) und einem Garagendach (50m<sup>2</sup>) zusammensetzt. Ein Walmdach ist ein Dach, welches auf alle vier Seiten abgeschrägt ist, nicht nur wie ein Giebeldach auf zwei.

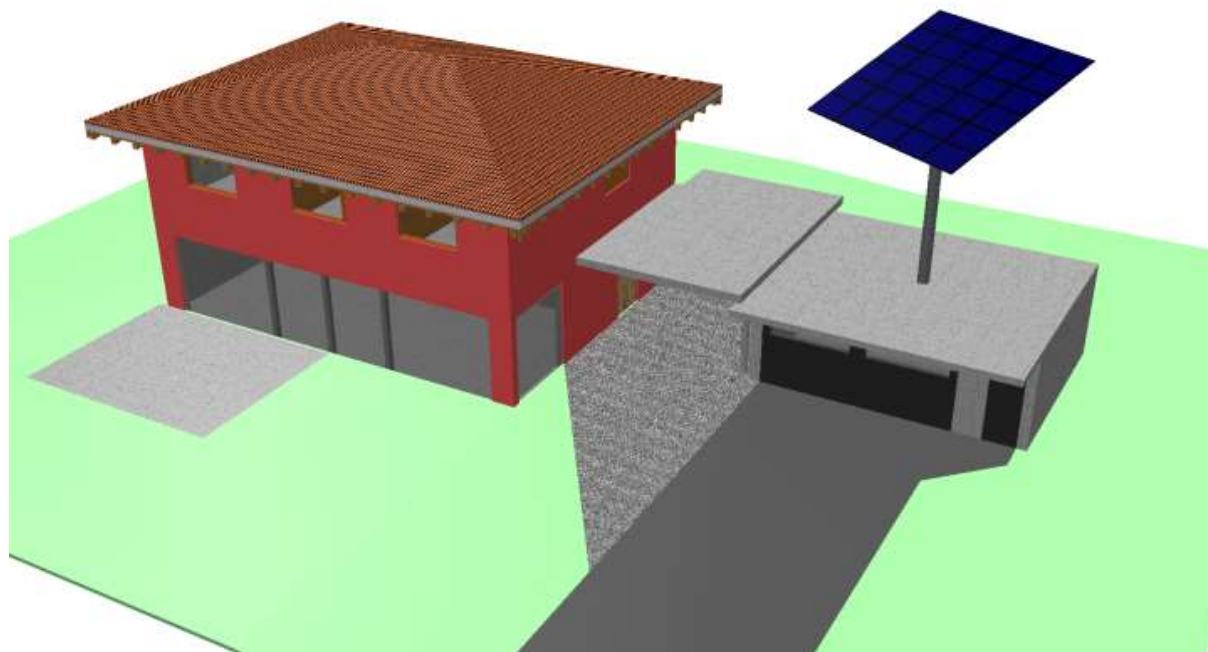


Abbildung 20: Geplantes Einfamilienhaus in der Region Sarganserland

<sup>19</sup> Vgl. <http://www.biogas.ch/>

## 2.7.2 Auswahl der Energiequellen

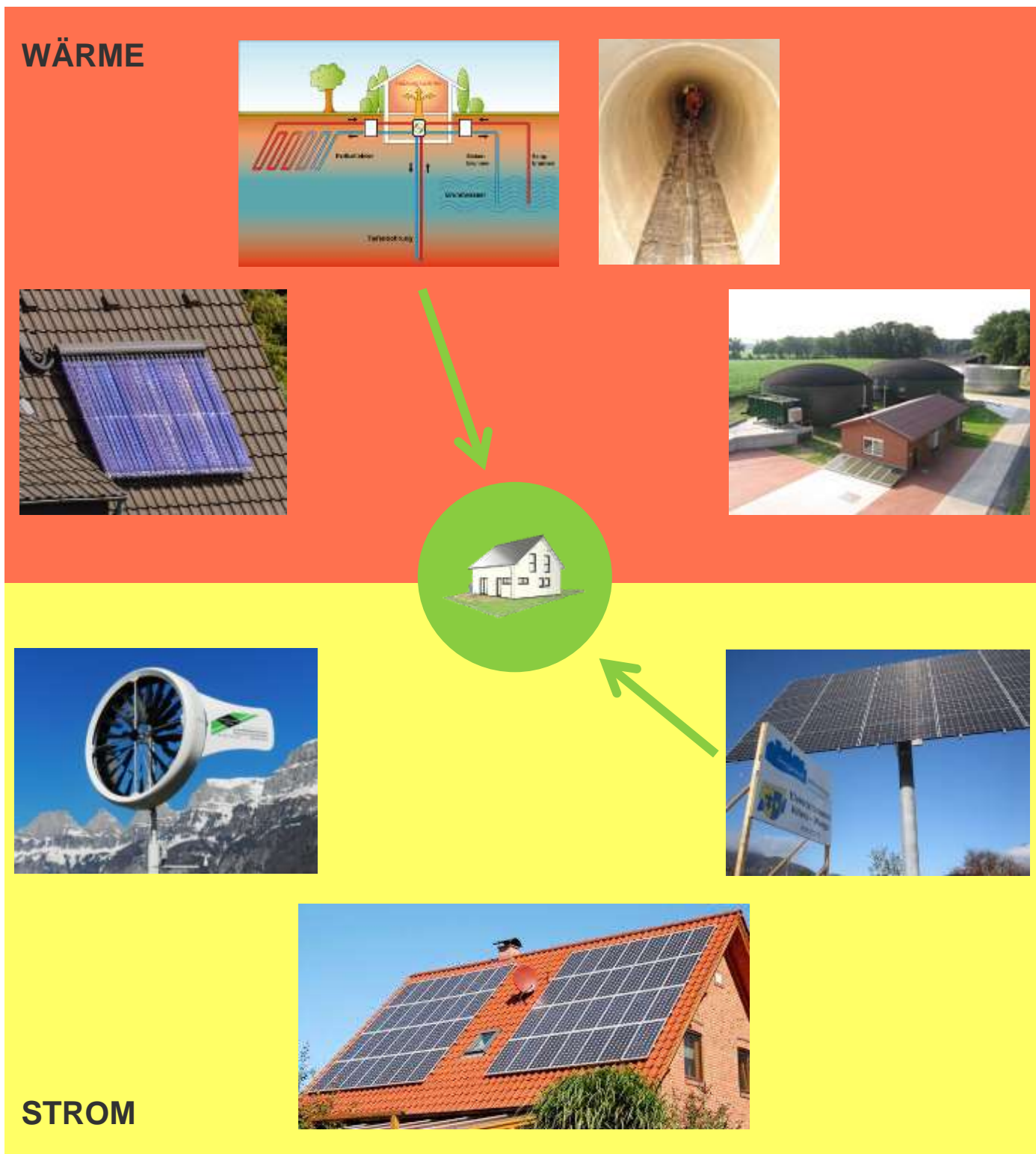


Abbildung 21: Veranschaulichung der Energiequellen

## 2.7.3 Amortisationsrechnungen

### Heizung

Um das Projekthaus mit Wärme zu versorgen, haben wir uns für eine Erdwärmesonde entschieden. Jedoch stellt sich die Frage, wann fährt man mit der erneuerbaren Energie finanziell besser, als mit einer Ölheizung? Die folgende Tabelle zeigt auf, wie sich die Erstellungskosten einer Erdwärmesonde und einer Ölheizung verhalten.<sup>20</sup>

Arbeit/ Produkt	Erdwärmesonde	Ölheizung
Bohren, Erdwärmesonde einbringen und hinterfüllen Drucktest	Fr. 14'000.00	
Wärmepumpe mit 10.1kW Heizleistung	Fr. 12'000.00	
Kompaktwärmezentrale mit 9-13kW Heizleistung inkl. Steuerung		Fr. 8'200.00
Technischer Speicher, isoliert, 750l Inhalt	Fr. 2'300.00	
Heizsteuerung	Fr. 2'400.00	
Anschluss der Erdwärmesonde an die Wärmepumpe inkl. Pumpe, Expansionsgefäss, allen Armaturen und Füllung (Wasser und Frostschutz)	Fr. 4'300.00	
Anschluss des technischen Speichers an die Wärmepumpe inkl. Pumpe, Expansionsgefäss, allen Ar- maturen	Fr. 2'000.00	
Öltank, 2x 1500l, Kunststoff, inkl. Auffangwanne		Fr. 3'700.00
Tankarmaturen und Verbindungsleitungen		Fr. 500.00
Montage		Fr. 2'000.00
Kamin inkl. Ummauerung, Isolation, Verputz über Dach, Spenglerarbeiten und Kaminhut		Fr. 7'000.00
Platzbedarf Öltank (14m <sup>3</sup> à Fr. 400.-)		Fr. 5'600.00
<b>Total</b>	<b>Fr. 37'000.00</b>	<b>Fr. 27'000.00</b>

"Gegenüber einer herkömmlichen Ölheizung sind die Investitionskosten einer Erdwärmesonden-Heizanlage erheblich höher. Die jährlichen wiederkehrenden Betriebskosten (Stromverbrauch, Wärmepumpenservice) sind jedoch im Allgemeinen geringer als die einer Ölheizung. Bei jener muss der Ölverbrauch und die Servicekosten für Brenner und Kamin gerechnet werden." (Das Betriebsverhalten der Erdwärmesonde, 1992, Seite 5)

<sup>20</sup> Vgl. Eugster W., Hopkirk R., Kälin B., Rybach L., Seisert P. (1992), Das Betriebsverhalten der Erdwärmesonde, Schweizerischer Ingenieur- und Architekt Sonderdruck4



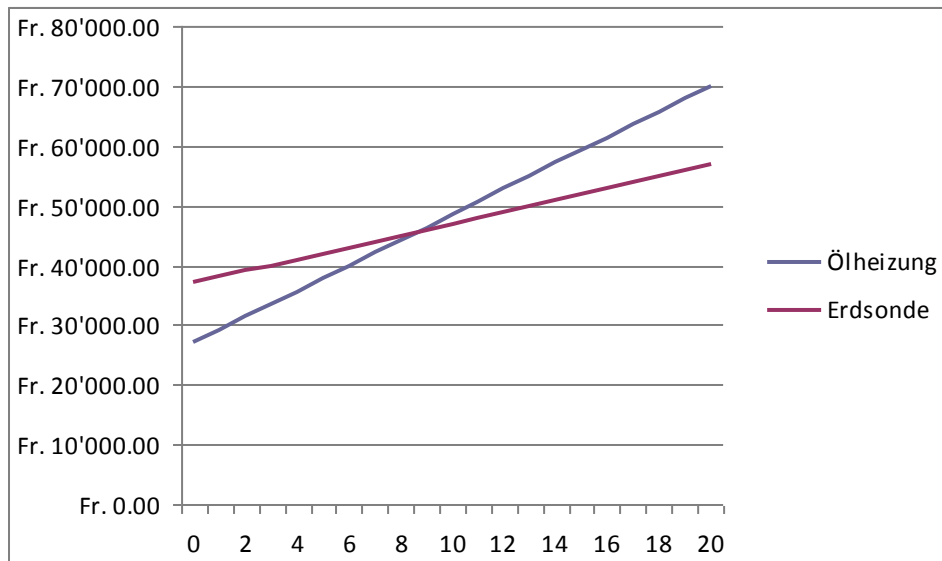


Abbildung 22: Grafik Amortisation Anschaffungskosten Ölheizung / Erdsonde

Auf dieser Grafik kann man herauslesen, ab wann sich die höheren Anschaffungskosten einer Erdwärmesonden-Heizanlage amortisiert haben. Für die Ölheizung haben wir die Grundkosten von Fr. 27'000.- plus den Ölverbrauch von 2'000 Liter à Fr. 100.- pro Liter und der Kaminfeger, welcher jährlich mit durchschnittlich Fr. 150.- das Budget belastet. Die Erdwärmesonden-Heizanlage hat Erstellungskosten von Fr. 37'000.-, bei welcher der Stromverbrauch für die Wärmepumpe und kleine Unterhaltarbeiten dazu kommen. Die Kosten für dies belaufen sich auf etwa Fr. 1'000.- pro Jahr.

Wenn man mit diesen Werten auf die Jahre rechnet, kann man aus der Grafik herauslesen, dass ab dem neunten Jahr die Erdsonde rentabler ist.

## Stromversorgung

Auf dieser Grafik kann man herauslesen, ab wann sich die höheren Anschaffungskosten eines Solar Trackers und einer fest auf dem Hausdach montierte Anlage amortisiert haben. Für die fix montierte Solaranlage haben wir die Investitionskosten von Fr. 30'000.-, von den noch Fr. 1'000.- Subventionen abgezogen werden. Das Gleiche kann beim Solar-Tracker, welcher Erstellungskosten von Fr. 70'000.- aufweist, abziehen und somit die Grundkosten von Fr. 69'000.- hat.

Wenn man den selbstproduzierten Strom zum höheren Tarif an das Elektrizitätswerk verkauft und den günstigen Strom vom EW einkauft, ergibt sich eine positive Bilanz. Wenn man mit diesen Werten

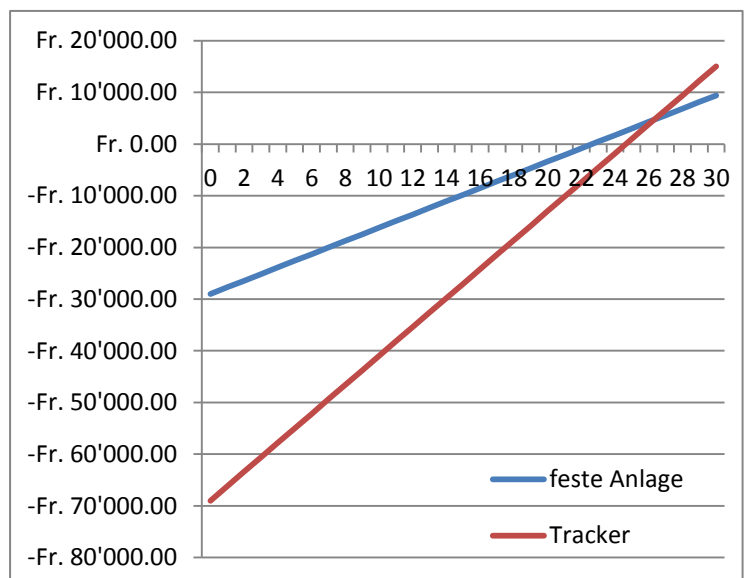


Abbildung 23: Grafik Amortisation Anschaffungskosten feste Anlage / Tracker

auf die Jahre rechnet, sieht man, dass die befestigte Solaranlage nach 23 amortisiert sein wird und der Tracker erst nach 25 Jahren. Jedoch wenn man auf längere Zeit die Anlagen vergleicht überholt der Tracker ziemlich bald die normale Solaranlage. Diese Amortisationsrechnung kann man erst so berechnen, wenn man die Unterstützungen der KEV dazurechnet. Normalerweise kauft die Gemeinde den umweltfreundlich produzierten Strom für 20 Rappen ab, jedoch mit der kostendeckenden Einspeisevergütung erhält man 40 Rappen pro kWh.<sup>21</sup>

## 2.8 Versuch

### 2.8.1 Wärmetauscher

Ein Wärmetauscher ist vereinfacht gesagt ein Gerät, dass einer Flüssigkeit oder einem Gas die Energie, in Form von Wärme, entzieht und diese Wärmeenergie an eine zweite Flüssigkeit weitergibt, um die Wärme in einem Generator oder in einer Heizung zu nutzen.

Bei Wärmetauschern gibt es drei verschiedene Möglichkeiten die Wärme von einer Flüssigkeit auf eine andere zu übertragen:

**Gleichstromprinzip:** Im Gleichstrom fließen die zwei Flüssigkeiten nebeneinander her und während dem sich die eine Flüssigkeit aufwärmt, wird die andere ständig kälter. Jedoch kann die nun wärmere Flüssigkeit nur genau so warm werden wie die abgekühlte Flüssigkeit, sodass beide Flüssigkeiten den Wärmetauscher mit gleicher Wärme wieder verlassen.



Abbildung 24:  
Gleichstromprinzip

**Gegenstromprinzip:** Im Gegenstrom fließen die zwei Flüssigkeiten gegeneinander. Die Wärmeenergie wird wieder ausgetauscht, doch bei diesem Prinzip wird die kältere Flüssigkeit auf die Wärme der einst wärmeren Flüssigkeit gebracht.



Abbildung 25:  
Gegenstromprinzip

**Kreuzstromprinzip:** In diesem Prinzip kreuzen sich die zwei Flüssigkeiten immer wieder und können so, wie auch beim Gleichstromprinzip nur die gleiche Endtemperatur erreichen.



Abbildung 26:  
Kreuzstromprinzip

Um eine gute Effizienz und somit einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, müssen die Materialien, welche die beiden Flüssigkeiten voneinander trennen, eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzen. Des Weiteren sollte eine möglichst grosse Fläche vorhanden sein, auf der die Wärmeenergie getauscht werden kann.

Bei Wärmetauschern wird meistens Kupfer, Aluminium oder Stahl verwendet. Nur in der chemischen Industrie wird häufig Email, Glas, Kunststoff oder Siliciumcarbid verwendet, weil man dort

<sup>21</sup> Jakupi Spetim, Arbeiter von Elcotherm AG in Vilters, Offertenbesprechung vom 28.02.2014

mit Temperaturen von teilweise über 2000°C fungiert. Diesen Temperaturen würde das Metall nicht standhalten können, ohne sich zu verformen. Des Weiteren unterscheidet man Wärmetauscher in drei weiteren Kategorien:

- Es gibt Plattenwärmetauscher, bei denen durch immer abwechselnde, aufeinanderliegende Platten gegenströmig die Wärme übertragen wird.
- Spiralwärmetauscher tauchen mit vielen einzelnen Stäben oder als Einheit in Spiralförmigkeit in die andere Flüssigkeit ein und wird so in den dünnen Rohren erwärmt. Je dünner das Rohr ist und je schneller die Fließgeschwindigkeit ist, desto besser ist die Wärmeübertragung, jedoch muss auch die Pumpenleistung erhöht werden.
- Rohrbündel-Wärmetauscher funktionieren ähnlich wie die Spiralwärmetauscher, nur dass die einzelnen Stäbe fixiert in einen Rohrblock platziert sind und im Inneren des Rohrblocks fließt die zweite Flüssigkeit hindurch.



Abbildung 27: Plattenwärmetauscher



Abbildung 29: Spiralwärmetauscher



Abbildung 28: Rohrbündel-Wärmetauscher

Dies ist ein Bild von einem Wärmetauscher für eine Heizungsanlage. Es ist das gleiche Prinzip wie bei einem Wärmetauscher einer Erdwärmeanlage oder bei der Energierückgewinnung durch Abwasser. Dieser Wärmetauscher funktioniert mit dem Gleichstromprinzip.<sup>22</sup>

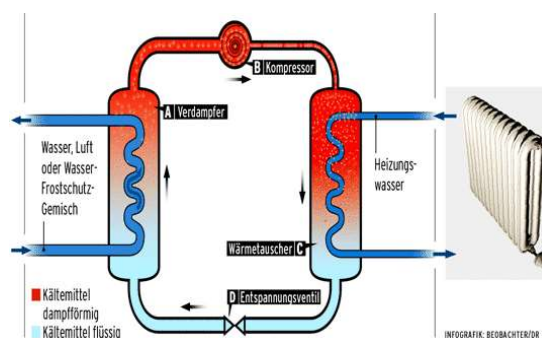


Abbildung 30: Wärmetauscher einer Heizanlage

<sup>22</sup> Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rme%C3%BCbertrager>

## 2.8.2 Versuchsprotokoll

In unserem Versuch bauen wir eine vereinfachte Form eines Wärmetauschers nach. Dazu verwendeten wir folgende Materialien:

- 2.4 Meter (d = 24 mm) Plastikschlauch
- 1.5 Meter (d = 8 mm) Kupferrohr
- 2 Plastikbehälter
- 2 Pumpen
- Holzkonstruktion zur Befestigung



Abbildung 31: Prototyp des ersten Wärmetauschers

Als erstes haben wir das Kupferrohr in den Plastikschlauch eingefahren und an einer Stelle durch die Plastikrohrwand ein Loch gebohrt, durch welches das Kupferrohr entweichen kann. So haben wir zwei separate Wasserkreisläufe geschaffen, welche trotzdem ineinander verbunden sind. Diese zwei Rohre haben wir provisorisch aufgerollt und die Pumpen so angeordnet, dass die zwei Wasserkreisläufe im Gegenstrom zu einander zirkulieren. Schon kurze Zeit danach starteten wir unseren ersten Durchlauf. Dabei haben wir 5 Liter 50°C warmes Wasser in den grossen gelben Kübel gefüllt und in die kleinere Blechdose 1 Liter 10°C kaltes Wasser. Als wir den Versuch circa eine Minute in Betrieb hatten, massen wir die Temperatur des anfänglich kalten Wasser und waren erstaunt, wie schnell sich das kalte Wasser erwärmt hatte. Jedoch stiegen nach längerer Versuchsdauer die grossen Pumpen aus und wir mussten den Versuch abbrechen.



Abbildung 33: Simon beim Fertigen von Teilen



Abbildung 32: Zweiter Wärmetauscher in Bearbeitung

Danach fingen wir an den Versuch zu verbessern. Wir haben uns gedacht, wenn wir einen stabileren Schlauch nehmen, wird der Wärmeverlust geringer, da durch eine dickere Wand des Schlauches weniger Wärme verloren geht. Kurze Zeit danach hatten wir uns eine neue Pumpe besorgt, und dazu einen stabileren Schlauch.

Mit dem neuen Schlauch machten wir Probewicklungen, um zu sehen, wo die Ausgänge für das Kupferrohr gebohrt werden müssen. Nachdem wir das Kupferrohr dem alten Plastikrohr entnommen haben und in das neue eingeführt und durch die Auslässe geschoben hatten, rollten wir die Beiden sorgfältig um ein Rohr auf und schlossen die beiden Kreisläufe an die jeweiligen Pumpen an. Damit die Gefässe das richtige Niveau beibehalten und wir nicht immer die Behälter von Hand halten mussten, bauten wir in der Schreinerei Bärtsch eine Konstruktion für den Wärmetauscher. Wir nahmen eine weiss beschichtete Spanplatte als Grundplatte, schraubten eine Trennwand auf

diese, an welcher wir den gewickelten Schlauch mit zwei Briden an der Wand anschraubten. Damit der transparente Kübel, in welchem sich die leistungsstärkere Pumpe befindet, nicht verschoben kann, hobelten wir Leisten aus und schraubten sie auf die Grundplatte. Mit diesen wollten wir verhindern, dass der Kessel bei voller Leistung der Pumpe sich nicht wegbewegen kann. Um das Niveau für den Kaltwasserzyklus zu erreichen, stellten wir den Massbecher auf einen Eichenklotz. Zum Schluss befestigten wir noch das Thermometer und der Schwimmschalter an der Trennwand. Damit die wir beide Pumpen gleichzeitig einschalten können, haben wir auf der Rückseite der Trennwand eine Steckerleiste angebracht, welche mit einem Ein-, Ausschalter versehen ist. Mit dieser erbauten Holzkonstruktion, muss der ganze Versuch nicht immer wieder neu aufgebaut werden, sondern kann Standfest transportiert werden und jederzeit, nur mit Zugabe von Wasser, gestartet werden. Jetzt mussten nur noch die Pumpen angehängt werden und Wasser in die Behälter gefüllt werden.

Als wir den Versuch mit der verbesserten Konstruktion starteten, wieder mit 5 Liter à 50°C und 1 Liter à 10°C, mussten wir feststellen, dass bei den Austrittslöchern des Kupferrohres Wasser herausspritzte. Dadurch ging viel Wasser verloren und wir mussten handeln. Sofort haben wir diese zwei undichten Stellen mit Silikon abgedichtet und trocknen lassen. Beim dritten Anlauf funktioniert der Wärmetauscher und wir konnten unsere Messungen starten.



Abbildung 34: Fertiger Wärmetauscher

### Daten der Messung

	Anfangs Temp. °C	End Temp. °C	Wassermenge in l
kaltes Wasser	12	32	1
warmes Wasser	56	46	5
Energie in Ws	83'600	209'000	
<b>Wirkungsgrad</b>	<b>0.4</b>		<b>40%</b>

### Der Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad wird mit folgender Formel berechnet:  $\eta = \frac{E_{ab}}{E_{zu}}$

Um den Energiewert zu erhalten, den man benötigt um 1 Liter Wasser um  $\Delta t$  zu erwärmen verwendet man diese Formel:  $E = 4,18 \text{ J/(g K)} * 1000 \text{ g} * 1 \text{ K}$

Somit lässt sich, wie in der Tabelle ersichtlich, die Energie, welche den Aufwand betreibt, auf 209'000Ws errechnen und die Energie, welche genutzt werden kann, auf 83'600Ws. Wenn man nun diese zwei erhaltenen Energiewerte in die oben genannte Wirkungsgradformel einfügt ergibt es einen Wirkungsgrad von:  $209'000\text{Ws} / 83'600\text{Ws} = 0.4$ .

### 3 Fazit

Nach dem Vergleich zwischen den verschiedenen erneuerbaren Energien und deren Variante sie zu nutzen, haben wir uns auf Sonnenenergie und für die Erdwärme entschieden. Für die Nutzung der Sonnenenergie um die Strombedürfnisse zu decken, bearbeiteten wir zwei Methoden einer Photovoltaikanlage. Einerseits eine fest montierte Anlage auf dem Dach und andererseits einen Solar Tracker, welcher immer in idealster Ausrichtung zur Sonne steht. Durch die Amortisationsrechnung entschieden wir uns endgültig für den Solar Tracker, obwohl man die festmontierte Anlage schon nach 23 Jahren amortisiert hat und den Tracker erst nach 25 Jahren. Jedoch ist die Lebenszeit einer solchen Solarzelle ca. 30 Jahre und nach 27 Jahren macht man mehr Gewinn mit dem Solar Tracker gegenüber der Photovoltaikanlage auf dem Hausdach.

Für die Wärmeversorgung haben wir eine Erdwärmesonde ausgewählt, da diese Methode in unserer Region am besten geeignet ist für ein Einfamilienhaus. Obwohl man nach 50 Jahren eine neue Bohrung vornehmen muss, hat man genug Geld eingespart gegenüber einer Ölheizung. Dieser Grund beeinflusste unsere Entscheidung schwerwiegend.

Diese Kombination von der Nutzung der Erdwärme mit einer Erdsonde und dem Solar Tracker ist für unser Referenzobjekt am besten.

Mit den vielen Untersuchungen der einzelnen Energiequellen haben wir bemerkt, dass es eine ausgewogene Nutzung der einzelnen Quellen braucht. Es funktioniert nicht, wenn jeder Haushalt in der Schweiz seinen Wärmebedarf mit einer Holzheizung deckt. Denn dann wären die Ressourcen genau, wie beim Öl, zu schnell erschöpft. Doch da trifft man auch schon wieder auf das erste Problem. Unser Öl reicht noch mindestens für die nächsten 30 - 50 Jahre aus, auch wenn wir weiterhin so verschwenderisch leben. Das Problem ist nur, dass das Öl immer noch zu günstig ist, so dass es sich vom finanziellen Teil her nicht lohnt auf erneuerbare Energien zu wechseln. Ein grosser Schritt in Richtung erneuerbare Energie wäre, ein Gesetz zu erlassen, welches nur noch erneuerbare Energien erlauben würde. Somit müsste jedes neugebaute oder renovierte Haus erneuerbare Energien verwenden. Denn nur weil man erneuerbare Energie einbauen muss, verzichtet niemand auf ein Haus. Ein weiterer Aspekt wäre, wenn der Staat die erneuerbaren Energien mehr subventionieren würde, und nicht wie momentan über ein Jahr Wartezeiten, bis man Unterstützung der KEV erhält.

Wie auch bei der Ölheizung gilt es auch bei der Nutzung von Erdwärme. Wenn nur eine Erdwärmeanlage in einem kleinen Umkreis vorhanden ist, kann die restliche Erdwärme diesen Fleck rasch wieder aufwärmen. Jedoch nutzt jeder die Erdwärme, kann dieser Prozess nicht mehr stattfinden, da die Erdkruste überall unterkühlt wäre. Wir haben gemerkt, dass alle erneuerbaren Energien eine tolle Sache sind, jedoch muss man alle im Mass geniessen.

Wir finden unsere Projektarbeit ist gelungen und wir haben unser Ziel erreicht. Ein sehr grosses Problem bei dem Erstellen unserer Dokumentation war, dass wir die Zeit falsch eingeschätzt haben. Obwohl wir einen Terminplan angefertigt haben, haben wir unsere Termine nicht richtig ernst genommen und uns nur auf die Lektionen in der Schule konzentriert und die Arbeit Zuhause für das Fach IDPA vernachlässigt. Ein sehr positiver Punkt war für uns die Teamarbeit, da wir beide die gleiche Einstellung zu dieser Arbeit haben und die Zusammenarbeit sehr gut funktioniert hat. Uns ist es gelungen, die Arbeit so aufzuteilen, dass jeder von uns mit jedem Thema in Kontakt kam und somit jeder über alle Themen bescheid weiss.

## Literaturverzeichnis

Abwasserwärmerückgewinnung, (2014),

<http://de.wikipedia.org/wiki/Abwasserw%C3%A4rmer%C3%BCckgewinnung>

Biogas, (2014), <http://de.wikipedia.org/wiki/Biogas>

Biogas Forum Schweiz, <http://www.biogas.ch/>

BTPS 6500 Windkraftanlage – Die neue Art der Windenergiegewinnung,

<http://www.wkgreenusa.ch/german/files/System-Brochure.pdf>

Erdwärme (2013), <http://www.erdwaerme-ag.ch/>

Erdwärmesonde, (2014), <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdw%C3%A4rmesonde>

Eugster W., Hopkirk R., Kälin B., Rybach L., Seisert P. (1992), Das Betriebsverhalten der Erdwärmesonde, Schweizerischer Ingenieur- und Architekt Sonderdruck4

Gehrlicher Solar AG, Funktion und Komponenten

[http://www.gehrlicher.com/fileadmin/content/pdfs/de/technik/Funktion\\_Komponenten\\_Photovoltaik.pdf](http://www.gehrlicher.com/fileadmin/content/pdfs/de/technik/Funktion_Komponenten_Photovoltaik.pdf)

Gubser Leonhard, Abteilungsleiter EW Gemeinde Vilters-Wangs, Befragung vom 07.03.2014

HTW Chur, Fragebogen vom 10.12.2013

Jakupi Spetim, Arbeiter von Elcotherm AG in Vilters, Offertenbesprechung vom 28.02.2014

Papritz Kaspar, dipl. Natw. ETH – Geologe, Befragung vom 19.11.2013

Solarsysteme, Fachinformation, 2013,

<http://www.elco.ch/de/resources/downloads/fachinformationen/ELCO-Fachinformation-Solarsysteme.pdf>

Stöckli Jörg, Landmaschinenmechaniker bei Stöckli AG, Befragung vom 25.11.2013

Teuscher Remo, Elektro-Projektleiter Gall Elektro AG in Flums, Befragung vom 28.02.2014

Wärmeübertrager, (2014), <http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rme%C3%BCbertrager>

WindTronics BTPS 6500 Windkraftanlage, (2011),

<http://www.wkgreenusa.ch/german/windturbine.html>

Zuordnung der Windklassen, Technischer Ratgeber,

<http://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDkQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.rs-fachverband.de%2Fnm%2Fmedia%2Foriginal%2F0cd94494-282c-43e4-8e0f-d4e9bcd0ec37.pdf&ei=NA32UqvzHePmywOvhoCADA&usg=AFQjCNH17TdNmFHeP0O2eILyZ2oGGxmOca>

## Eidesstattliche Erklärung

„Wir versichern, dass wir die Arbeit selbständig angefertigt, nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben sowie wörtliche und sinngemässe Zitate gekennzeichnet haben.“

7320 Sargans, 13. März 2014

7320 Sargans, 13. März 2014

---

Robin Eberle

---

Simon Teuscher



## Anhang

### Projektjournal

Datum: 07.11.2013

Dauer: 45min

#### Tätigkeiten:

Robin: Fragen zusammenstellen, die dem Geologen über Erdwärme und deren Energiegewinnung gestellt werden können

Simon: Informationen über diverse Windkraftanlagen sammeln

#### Reflexion:

Robin: Mir ist durch die Fragestellung aufgefallen, dass es noch mehrere Möglichkeiten gibt, Erdwärme als Energie zu nutzen.

Simon: Ich habe im Internet eine Windturbine gefunden, welche optisch und von der Grösse für ein Einfamilienhaus geeignet wäre. Ich bin erstaunt über die Technik dieser Anlage.

Datum: 14.11.2013

Dauer: 45min

#### Tätigkeiten:

Robin: Im Internet diverse Möglichkeiten suchen, welche durch Erdwärme Energie gewinnen können

Simon: Fragen zusammenstellen, die er der Firma Stöckli in Berschis stellen kann, um mehr Informationen über diese Windturbine zu erhalten

#### Reflexion:

Robin: Es ist schwierig gute Informationen zu suchen denn jeder gibt seiner „Erfindung“ einen eigenen Namen und daher wird es schwierig alles zu finden.

Simon: Die Überlegung, welche Fragen sinnvoll sind, war nicht ein grosses Problem. Ich habe darauf geachtet, dass die Fragen in einer logischen Reihenfolge stehen, damit das Interview einen guten Ablauf nimmt.

Datum: 19.11.2013

Dauer: 105min

#### Tätigkeiten:

Robin: Gespräch mit Geologen Kaspar Papritz über die verschiedene Nutzung der Erdwärme

**Reflexion:**

Robin: Er konnte mir viele Arten zeigen und hat mich ebenfalls auf das Thema Erdgas mit Bohrungen und dem Fracking aufmerksam gemacht.

---

Datum: 21.11.2013

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin, Simon: Rückblick auf Interview mit dem Geologen Kaspar Papritz

Robin: Informationen sammeln zu heizen mit Gas

Simon: Informationen sammeln zur Funktion eines Generators

**Reflexion:**

Robin: Es ist schwierig, etwas über Gas zu erfahren, da es in der Schweiz nicht sehr aktuell ist.

Simon: Die Funktionsweise eines Generators ist sehr komplex und benötigt ein wenig mehr Zeit als ich dachte. Ein Grund dafür ist sicherlich die fehlenden Kenntnisse in Bezug auf Elektrotechnik.

---

Datum: 25.11.2013

Dauer: 35min

**Tätigkeiten:**

Robin, Simon: Interview mit Stöckli Landmaschinen AG

**Reflexion:**

Robin, Simon: Leider war das Interview nicht sehr aufschlussreich, da Herr Stöckli nicht sehr viele Informationen zu dieser Windturbine hatte. Jedoch hatte das Gespräch einen guten Lauf.

---

Datum: 28.11.2013

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin: Informationen über Fracking und Erdgasbohrungen suchen

Simon: Die Befragung über das Windkraftwerk bei der Stöckli AG Berschis rein schreiben

**Reflexion:**

Robin: Ich finde es spannend, dass ein Land wie die USA, welche nie ein Erdgas Exporteur war durch neue Techniken mit Fracking ein Hauptexporteur werden konnte.

Simon: Die Antworten sauber aufzuschreiben ist nicht sehr schwierig, da wir viele und gute Notizen gemacht haben.

---

Datum: 04.12.2013

Dauer: 45min

### **Tätigkeiten:**

Robin: Den genauen Vorgang beim Fracking untersuchen und Informationen über Energiegewinnung durch Abwasser suchen

Simon: Fragenstellung an HTW Chur wegen Windkraftanlage

### **Reflexion:**

Robin: Man könnte die Energie im Abwasser gut nutzen, doch es ist nicht möglich für alle diese Energie zu nutzen, denn eine gewisse Wärme braucht es in der ARA, damit der Klärungsprozess stattfinden kann.

Simon: Aus den Erfahrungen mit dem Interview mit Herr Stöckli formulierte ich einzelne Fragen um, damit wir gezielter nach unserer Antwort fragen können.

---

Datum: 12.12.2013

Dauer: 45min

### **Tätigkeiten:**

Robin: Auswertung der Befragung der HTW Chur über ihre Windturbine

Simon: Notieren der Rahmenbedingungen

### **Reflexion:**

Robin: Die HTW konnte uns besser weiterhelfen als Herr Stöckli beim letzten Interview, weil die HTW uns Firmennamen und Produktehersteller nennen konnte. Herr Stöckli hatte keine Informationen, weil er sich nicht sehr für die Windturbine interessierte.

Simon: Das Schreiben der Rahmenbedingungen benötigte viele Überlegungen, in welche Richtung wir das Projekt steuern wollen.

---

Datum: 18.12.2013

Dauer: 60min

### **Tätigkeiten:**

Simon: Text zu Windkraft schreiben

### **Reflexion:**

Simon: Es ist schwierig, aus vorhandenen Fachtexten selbst einen Text zu formulieren.

---

Datum: 19.12.2013

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin: Schreiben der ersten Texte über Energiegewinnung aus Erdwärme

**Reflexion:**

Robin: Ich finde es schwierig aus einem mündlichen Interview einen brauchbaren Text zu schreiben.

---

Datum: 09.01.2014

Dauer:45min

**Tätigkeiten:**

Robin: Schreiben der ersten Texte über Energiegewinnung durch Gas

Simon: Anmeldungen bei Klimawerkstatt, Überarbeitung der Reflexionen

**Reflexion:**

Robin: Ich habe bis jetzt nur im Internet über Erdöl und Erdgasgewinnung gelesen und daher verstehe ich zum Teil nicht sehr gut, wie die Gewinnung genau funktioniert.

Simon: Ich habe gemerkt, dass es besser gewesen wäre, wenn wir die Reflektionen immer sauber geführt hätten. Wir versuchen dies zu verbessern.

---

Datum: 16.01.2014

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin: Informationen sammeln über Energiegewinnung aus Abwasser

Simon: Fertigstellung Text über Wind

**Reflexion:**

Robin: Ich habe gelesen dass man mit dem Abwasser nicht nur Energie gewinnen kann, indem man die Wärme des Abwassers entzieht, sondern auch durch die Erzeugung von Methan in Biogasanlagen.

Simon: Nach langer Arbeit wurde ich mit dem Text fertig. Ich habe es unterschätzt, wie viel Zeit ein solcher Text benötigt.

Datum: 30.01.2014

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin: Schreiben der ersten Texte über Abwasser

Simon: Informationen suchen über Versuch und Wärmetauscher

**Reflexion:**

Robin: Mir ist aufgefallen, dass es ein sehr ähnliches Prinzip ist wie ein Wärmetauscher

Simon: Ich habe gesehen, dass unser Versuch noch viel Arbeit benötigt.

---

Datum: 13.02.2014

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin / Simon: Besprechung über weiteres Vorgehen

**Reflexion:**

Robin: Ich habe für mich gemerkt, dass ich erst viele Resultate erzielen kann, wenn ich unter Druck stehe.

Simon: Ich habe erkannt, dass wir die Zeit falsch eingeschätzt haben und noch viel vor uns haben.

---

Datum: 13.02.2014

Dauer: 210min

**Tätigkeiten:**

Robin / Simon: Planung unseres Hauses

**Reflexion:**

Robin: Es ist besser, wenn wir ein Referenzobjekt haben.

Simon: Es ist gut, dass wir gerade ein Haus mit Wärmezahlen vorhanden haben.

---

Datum: 20.02.2014

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin / Simon: Überarbeitung von Texten

**Reflexion:**

Robin: Mir ist aufgefallen, dass wir die Texte noch ausbauen müssen.

Simon: Ich habe gemerkt, dass wir im Grunde schon viele Texte geschrieben haben.

---

Datum: 24.02.2014

Dauer: 180min

**Tätigkeiten:**

Robin / Simon: Bau des Wärmetauschers

**Reflexion:**

Robin: Die ersten Versuche fielen positiv aus. Der Wärmetauscher hat funktioniert.

Simon: Es ist schwierig das richtige Material zu finden, um den Energieverbrauch gering zu halten und trotzdem günstig und gebrauchstauglich zu gestalten.

---

Datum: 27.02.2014

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin / Simon: Texte zusammenstellen

**Reflexion:**

Robin: Mir ist aufgefallen, dass alle Themen zusammen einige Seiten Text ergibt.

Simon: Ich bin überrascht, über das was wir bereits geleistet haben. Jedoch liegt noch viel vor uns.

---

Datum: 06.03.2014

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Simon: Hilfsarbeiten für Marc Heeb, Vorbereitung für Treffen mit Leo Gubser

**Reflexion:**

Simon: Ich habe mich informiert, damit ich bei dem Gespräch einige Fachbegriffe kenne.

---

Datum: 07.03.2014

Dauer: 30min

**Tätigkeiten:**

Simon/ Robin: Gespräch mit Leo Gubser von der Gemeinde Vilters-Wangs

**Reflexion:**

Robin: Es war ein gutes Gespräch, da er uns auch mit konkreten Zahlen weiterhelfen konnte.

Simon: Der Besuch bei Leo Gubser war sehr aufschlussreich über Solar Tracker und Photovoltaikanlagen, da Herr Gubser alle Anlagen in Vilters-Wangs betreut.

---

Datum: 08.03.2014

Dauer: 420min

**Tätigkeiten:**

Simon / Robin: Fertigstellung des Versuches und Protokoll schreiben.

**Reflexion:**

Robin: In der Schreinerei konnte ich nicht sehr viel helfen, da Simon der Schreiner ist und sich an seinem Arbeitsplatz auskennt. Doch ich half wo immer es nur möglich war.

Simon: Es fiel mir sehr leicht, da es die gewohnte Arbeit für mich war.

---

Datum: 09.03.2014

Dauer: 420min

**Tätigkeiten:**

Robin / Simon: Fertigstellung der Dokumentation

**Reflexion:**

Robin: Viele kleine Arbeiten kommen erst am Schluss zum Vorschein, mit denen man gar nicht gerechnet hat. Diese benötigen sehr viel Zeit.

Simon: Die Formatierung benötigt sehr viel Zeit, was ich nicht erwartet hatte.

---

Datum: 11.03.2014

Dauer: 45min

**Tätigkeiten:**

Robin: Verbesserung der Dokumentation, ausdrucken und binden

**Reflexion:**

Robin: Ich konnte von meiner Firma aus alles gratis ausdrucken und binden, was viele Materialkosten eingespart hat. Ma-

**Fragebogen für Stöckli Söhne Landmaschinen AG, Berschis**

1. Wie wurden Sie auf diese Windturbine aufmerksam?

Früher stand an derselben Stelle wie heute die Windturbine ein altes Windrad, welches der Vater von Bernhard Stöckli aus einem gebrauchten Lager, an welches er aus Blech einfache Lamellen annietete und dahinter ein Ruder anbrachte, an welchem er das Logo seiner Firma aufdruckte. Das Windrad wurde nur als Werbezweck genutzt. Von diesen Windrädern wurden mehrere in Berschis als Werbezwecken aufgestellt. Leider viel nach einigen Jahren an einem Windrad ein Rotorblatt ab.

Irgendwann ist ein Vertreter der Firma clevergrid an der Firma Stöckli Söhne Landmaschinen AG in Berschis vorbeigefahren und entdeckte das klapprige Windrad, welches an der Strasse stand. Daraufhin wurde Bernhard Stöckli von dem Vertreter auf diese neuartige Windturbine aufmerksam gemacht. Herr Stöckli war begeistert von dieser innovativen Windturbine und entschied sich, sein altes Windrad durch dieses Neue zu ersetzen.

2. Was war der Grund für Ihren Entscheid eine solche Anlage bei Ihnen aufzustellen?

Da das alte Windrad direkt an einer Schnellstrasse lagte, hatte Herr Stöckli Angst, dass von seinem Windrad auch eine Lamelle hinunterfallen könnte. Er wollte dieses Risiko nicht sein lassen, und wie der Zufall wollte, kam genau in diesem Moment ein Vertreter von clevergird vorbei.

3. Wie teuer war die Windturbine? Montage?

Die Kosten für die Windkraftanlage betragen Fr. 10'000.-. Dieser Betrag setzt sich aus Windturbine mit dem Wechselrichter und der Anschluss an die Firma zusammen. Das Fundament und der Masten waren bereits von dem alten Windrad vorhanden. Jedoch musste Herr Stöckli für den Masten noch einen statischen Nachweis von einem Ingenieur anfertigen lassen.

4. Wie viel kWh Strom erzeugt die Windturbine an ihrem Standort in Berschis?

Herr Stöckli konnte uns keine Zahl zu der produzierten Strommenge sagen, da die Leistungsauswertung dieser Anlage an die Firma clevergird geht. Er versicherte uns aber, dass die Anzahl erzeugten kWh weit von dem Soll-Wert liegt.

5. Erzeugt die Windturbine irgendwelche Nebengeräusche?

Da Die Windturbine viele schmale Lamellen hat und nicht drei grosse Rotoren besitzt, erzeugt sie keine Nebengeräusche.

6. Was für ein Feedback haben Sie aus der Umgebung bekommen auf Ihre Windturbine?

Er sei positiv Überrascht gewesen, auf die Rückmeldung der Umgebung. Diese neuartige Anlage zieht sehr viele Blicke auf sich und ist weiterhin noch eine gute Werbetafel für die Firma Stöckli Söhne Landmaschinen AG. Für die Windturbine, mit ihrer modernen Form, interessierten sich sehr viele Österreicher. Es hielten regelmässig Geschäftsführer an, um Informationen zu dieser Windanlage abzuholen, da für sie diese auch auf ihrem Firma Areal in Frage kommen könnte.



7. Hatten Sie schon irgendwelche Probleme mit dieser Windturbine? Vögel, Wetter etc?

Dadurch dass es viele schmale Rotorblätter an dem Windrad hat, ist sie sehr gut ersichtlich für alle Arten von Vögeln. In Bezug auf das Wetter gab es auch noch keine Probleme. Bei zu starkem Wind bremsst sich die Anlage selbständig ab und durch den äusseren Ring ist das Windrad vor dem Schnee geschützt und kann trotzdem weiterhin den Wind aufnehmen.

8. Müssen Sie einen grossen Unterhalt betreiben oder benötigt die Turbine gar keinen?

Das Windrad ist mit einem Keramikkugellager ausgerüstet, welches nicht geschmiert oder gewartet werden muss. Alle anderen Teile an der Windturbine sind wartungsfrei.

**Fragebogen für HTW Chur**

1. Wie wurden Sie auf diese Windturbine aufmerksam?

Herr Krättli (Inhaber der Giesserei Chur, vis a vis HTW) hat uns die Honeywell Windturbine gesponsert. Er wollte das Potenzial für einen Vertrieb des USA/CAN-Produktes in der Schweiz eruieren.

2. Was war der Grund für Ihren Entscheid eine solche Anlage bei Ihnen aufzustellen?

see Pkt.1. Erfahrungen sammeln (Produktionszahlen) am Standort HTW-Pulvermühlestrasse. Vergleich zur bestehenden Propelleranlage. Beide Anlagen haben die gleiche Nennleistung  $P=1.5\text{kW}$ .

3. Wie teuer war die Windturbine? Montage? Firma?

Das Sponsoring umfasste nur das Material. Montage, Verkabelung und Inbetriebsetzung haben wir in eigener Regie durchgeführt. Aktuelle Angaben zu den Preisen können Sie via Offeranfrage, das Internet oder bei Hr. Krättli ([wkgreenusa@gmail.com](mailto:wkgreenusa@gmail.com)) direkt erfragen.

4. Haben Sie im Voraus Amortisationsrechnungen aufgestellt?

Nein (an einem geschenkten Gaul schaut man nicht ins Maul). Auf der Windtronic-Homepage gibt es diesbezüglich Zahlen. Schlussendlich und alles entscheidend sind natürlich die durchschnittlichen Winddaten an Ihrem Standort.

5. Wie viel kWh Strom erzeugt die Windturbine an ihrem Standort in Chur?

Der Standort ist nicht ideal auf unserem Dach. Das wussten wir schon vor der Montage nach den gemachten Erfahrungen mit der Propelleranlage. Wir haben auch nie Standortabklärungen durchgeführt, was natürlich mit unter das Wichtigste ist bevor man auch nur an den Erwerb einer Anlage nachdenkt. Stand aber in unserem Falle auch nicht im Vordergrund. Für Vergleichsmessungen der beiden Anlagen muss die Turbine noch auf die gleiche Höhe wie die Propelleranlage installiert werden (to do).

6. Haben Sie Probleme mit dem Wechselrichter oder Funktioniert dieser Einwand frei?

Der WR funktioniert soweit einwandfrei und doch besteht gerade bei diesem Gerät nach meiner Ansicht der grösste Handlungsbedarf für eine Optimierung. Das Problem ist auch bei dem WR-Hersteller, PowerOne bekannt, hat aber dort keine grosse Priorität. Problem: Bei böigen Windverhältnissen, wie sie bei uns auf dem HTW-Dach vorwiegend auftreten, arbeitet der WR in einem ständigen stopp and go-Betrieb. D.h. sobald die Spannung am WR-Eingang ansteht startet der WR mit einem Power-On-Self-test der laut Beschrieb bis max.60 sec. dauert und dies bei jeder wiederkehrenden Spannung aus Neue.

7. Erzeugt die Windturbine irgendwelche Nebengeräusche?

Nein, in ein paar Meter Distanz nicht wahrnehmbar. Im Vergleich zum Rotor (Propeller) dessen Geräusche sich über zwei Gebäudestockwerke übertragen.

8. Was für ein Feedback haben Sie aus der Umgebung bekommen auf Ihre Windturbine?

Diverse Personen haben sich erkundigt (ca. 10 Personen) innerhalb der letzten 11/2 seit der Montage. Fragen wie Preis, Aufstellungsmöglichkeiten und Energiegewinn waren die am Meisten gestellten Fragen.

9. Hatten Sie schon irgendwelche Probleme mit dieser Windturbine? Vögel, Wetter etc?

Keinerlei. Kleiner Unrundlauf vermutlich Ursache eines Transportschadens aber nicht signifikant.

10. Müssen Sie einen grossen Unterhalt betreiben oder benötigt die Turbine gar keinen?

Nach Handbuch benötigt die Anlage keinen Unterhalt. Gemäss Hersteller sind aber Fälle bekannt wo Lagerschäden auftraten. Bei neueren Anlagen sind deshalb Keramiklager verbaut.