

2017

Energie durch Wind, Wasser und Sonne



Christian Grau, Fabian Wyss, Patrick Nalop

BBZ Biel Eli2014a

28.03.2017

Inhaltsverzeichnis

<u>INHALTSVERZEICHNISS</u>	2-3
<u>THEMENAUSWAHL</u>	4
<u>WINDKRAFT</u>	5
GESCHICHTE DER WINDENERGIENUTZUNG	5
DAS WINDRAD	6
AUFBAU	6
<u>WINDENERGIE VS. KOHLE & ATOMENERGIE</u>	7
ENERGIEFEWINN	7
CO2-AUSSTOSS	7
PRODUKTIONSABFALL	7
<u>Befragung zu Windenergie auf dem Mont-Soleil</u>	8
BEFRAGUNGEN	8
MEINE SITUATION	8
<u>WASSERKRAFT</u>	9
<u>GESCHICHTE DES WASSERKRAFT WERKES</u>	10
ZAHLEN & FAKTEN	10-11
FUNKTION DES WASSERKRAFTWERKES	11
<u>VOR & NACHTEILE</u>	12
<u>WASSERKRAFTWERKSTYPEN</u>	13
<u>TURBINEN</u>	14
<u>WASSERKRAFTWER HAGNECK</u>	15-16
<u>PHOTOVOLTAIK</u>	17
GESCHICHTE	17
PRO & CONTRA	18
MODULE	18
FUNKTION	18
UNTERSCHIEDE	19

ANSCHAFFUNGSKOSTEN	20-21
LAUFENDE KOSTEN	22
3D MODELLE	23
FAZIT	24
QUELLENVERZEICHNIS	25-26

Themenauswahl

Nachdem dieser junge Mann von Myclimate bei uns seine Präsentation beendet hatte, wurden wir damit beauftragt Gruppen zu bilden, was in unserem Fall ziemlich schnell ging. Wir als angehende Elektroinstallateure hatten natürlich sofort viele Gedanken zum Thema Umweltschutz, weil wir im Berufsalltag mehr und mehr mit erneuerbaren Energien in Berührung kommen. Jedoch gestaltete sich die Themenwahl etwas schwieriger als wir gedacht hatten. Nach diversen Vorschlägen und Diskussionen sind wir zum Schluss gekommen, dass wir die ÜVA unter anderem mit den Themen; Wind, Wasser und Photovoltaik Energie arbeiten wollen. Nachdem haben wir dies untereinander aufgeteilt hatten. Das heisst nach Kriterien, wer welche Energie intressant findet. Das heisst Fabian hat sich für die Photovoltaik entschieden da in seinem alten Schulhaus solch eine Anlage auf dem Dach ist und er die besten Kontakte hat um diese zu dokumentieren und fotografieren. Die anderen 2 Themen wurden per Zufallsverfahren auf Patrick und Christian aufgeteilt. Da dies alleine nicht genügt für solch eine Arbeit machen wir zusätzlich noch ein Virtuelles Modell welches mit Wind, Wasser und Photovoltaik Strom betrieben wird.

Windkraft

Geschichte der Windenergienutzung

Ursprung

Die Windenergie oder besser gesagt der Wind, wurde schon genutzt bevor der Mensch angefangen hat die Jahre zu zählen. Ein klassisches Beispiel dafür ist das Segelschiff welches sich durch den Wind fortbewegt. Jahre später dann der Luftballon welcher durch erhitzte Luft auftrieb bekommt und sich mit dem Wind vorwärts bewegt.

Windmühle

Windmühlen welche gebraucht wurden um Getreide zu mahlen und Baumwolle zu spinnen, wurden schon vor über 4'000 Jahren genutzt. Die ersten Windmühlen in Europa wurden zwischen dem 8. Und 9. Jahrhundert in England benutzt. Danach kam Frankreich und daraufhin gab es sie sogar in Polen. Die mechanische Energie welche durch die Mühlenräder entsteht wird auf Zahnräder übertragen welche zum Schluss den Mahlstein in Bewegung setzt.



Abb. 1.0 Der deutsche Windenergiepionier Hermann Honnef

Erfinder des Windrads

Einen direkten Erfinder des Windrads gibt es nicht, denn die Idee kommt von der bereits erfundenen Windmühle. Deshalb wäre eine Revolutionierung wohl der bessere Ausdruck. Der Name des Mannes der die Windkraft revolutioniert hat ist Hermann Honnef. Der Deutsche Erfinder hatte schon früh eine Vision eines Windkraftwerkes. Der Honnef-Rotor war eine der ausgefallensten Ideen des Ingenieurs. An einem 250m hohen Turm sollten 3 Räder, welche einen Durchmesser von 160m haben, montiert werden. Jedes dieser sollte 20 MW erzeugen. Jedoch blieb es bei dieser Idee.

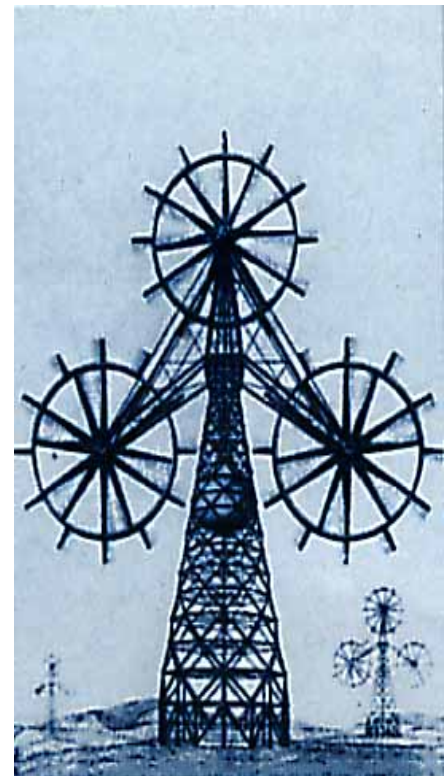


Abb. 1.1 Windradentwurf

Das Windrad

Die ersten Stromerzeugenden Windkraftanlagen wurden Ende des 19. Jahrhunderts gebaut. Diese erzeugten anfangs nicht viel mehr als 100 kW. Obwohl dies ein sehr geringer Ertrag ist war man trotzdem stark daran interessiert diese Anlagen zu modernisieren und verbessern. Die ersten Seriengefertigten Windkraftanlagen stammen aus Dänischen Firmen. Zwischen den 1980 Jahren und den 1990 Jahren war die Windkraftanlagenproduktion eine der grössten Industriebranchen der Welt. Auch fast 20 Jahre später ist die Windkraft durch Windräder immer noch ein sehr grosses Thema. Obwohl über den gesamten Markt gesehen die Windenergie nur einen Bruchteil ausmacht, wird damit gerechnet dass in 20 Jahren dieser kleine Anteil um 80% angestiegen sein wird.



Abb. 1.3 Mont-Soleil

Aufbau

Die Hauptbestandteile einer Windkraftanlage sind der Turm oder Mast, die Gondel, die Rotorblätter, das Getriebe, der Generator, die Messinstrumente und die Windrichtungsnachführung. Die Gondel ist auf dem Turm montiert und beherbergt das Getriebe und den Generator. Durch das Getriebe kann die Drehzahl des Generators auch bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten konstant gehalten werden. Die Drehbewegung der Rotorblätter wandelt der Generator in Strom um. Bildlich kann man sich das wie ein Fahrraddynamo vorstellen. Die Rotorblätter sind ähnlich wie die im Flugzeugbau verwendeten Komponenten aerodynamisch geformt. Ab 90 km/h werden die meisten Windräder abgestellt, da es sonst zu Beschädigungen kommen kann.

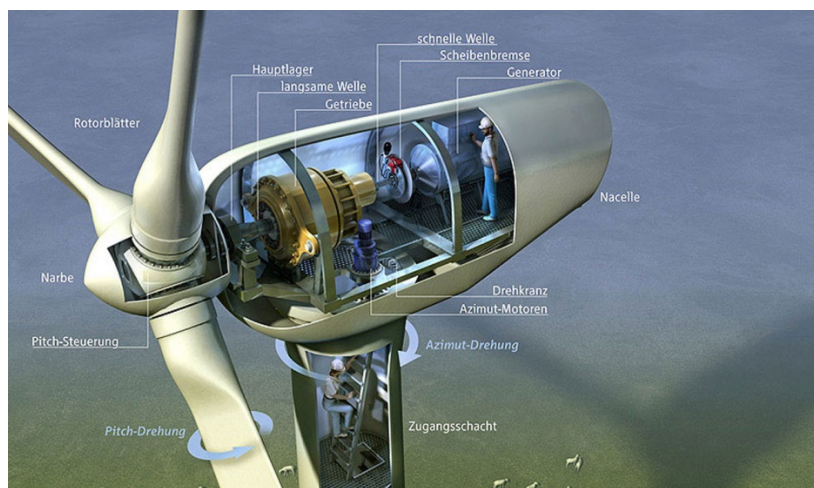


Abb. 1.4 Organe einer Windkraftanlage

Windenergie vs. Kohle & Atomenergie

Energiegewinn

Moderne Anlagen erzeugen eine Strommenge von 4 Mio.kWh bis 7 Mio.kWh pro Jahr. Grundsätzlich hängt die erzeugte Energie einer Anlage von vielen Faktoren wie Rotordurchmesser, Windgeschwindigkeit und vielem mehr ab. Windräder an Binnenlandstandorten produzieren weit weniger Energie als in Küstennahen Regionen. Daher werden sie oft auch als Schwachwindstandorte bezeichnet. Hingegen ein mittleres Atomkraftwerk hat eine Nennleistung von etwa 1.400 Megawatt, das entspricht nach Angaben des Betreibers jährlich elf Milliarden Kilowattstunden. Ein beträchtlicher Unterschied.



Abb. 1.5 Mont-Soleil

Co2 Ausstoss

Während Windkraftanlagen weder Öl oder Kohle verbrennen muss und ihren Energiegewinn rein durch eine erneuerbare Energie betrieben wird. Ist es z.B. bei Kohlekraftwerken und Atomkraftwerken etwas anders. Beim Kohlekraftwerk wird durch Verbrennung von Braun und Steinkohle Energie erzeugt welches effizient jedoch sehr umweltbelastend ist. Während Windkraftanlagen nur ca. 10–40 g/kWh Kohlendioxidemissionen haben beträgt es beim Kohlekraftwerk bis zu 850–1200 g CO₂ pro kWh. Auch wenn es bei der Kernspaltung selber keinerlei CO₂-Emissionen gibt, so lässt sich ein Kernkraftwerk bei ganzheitlicher Betrachtung nicht vollständig CO₂-frei betreiben. Den auch ein Kernkraftwerk hat einen Co2 Ausstoss von 10–40 g/kWh



Abb. Kernkraftwerk Gösgen 2

Produktionsabfall

Ein Windkraftwerk wird durch Wind angetrieben deshalb gibt es auch keine Abfälle oder sonstigen Materialausschuss. Dies ist ein grosses ungelöstes Problem der Kernkraftwerke. Denn die im Betrieb entstandenen Spaltprodukte müssen für den Zerfall, welcher mehrere Monate bis 1000 Jahre dauert, endgelagert werden. Das Problem dieser Materialien ist unter anderem auch wenn sie in die Atmosphäre gelangen, werden Partikel an den menschlichen Körper weiter gegeben welche uns schaden.



Abb. 1.6 Kohlekraftwerk

Befragung zu Windenergie auf dem Mont-Soleil

Befragungen

Am 25.3 als das Wetter endlich einmal gut war, konnten wir uns auf den Weg zum Mont-Soleil machen um Leute zur Windkraft zu befragen. Wie wir erwartet hatten, hatte es viele Personen auf dem Mont-Soleil (1288 m.ü.M). Somit fingen wir an die ersten Personen zu befragen. Wir befragten sie was sie gut und was sie schlecht finden. Auffallend war das die meisten keine richtige Meinung dazu hatten. Dennoch waren die Leute relativ positiv gestimmt was die Windkraft anbelangt. Immer wieder wurde erwähnt dass es gut sei dass man alternativen sucht und fördere, damit man etwas für die Umwelt mache. Auf die Frage ob sie die Geräusche und der Schattenwurf störe beantworteten alle zehn befragten tendenziell mit einem Nein. Jedoch muss man auch berücksichtigen dass wir nicht die Möglichkeit hatten mit einem Bewohner des Mont-Soleil eine Befragung durchzuführen.

Meine Situation

Ich persönlich muss auch gestehen dass mich die Geräusche und auch die Anwesenheit der Windkraftanlagen

nicht gestört haben, den der sogenannte Lärm kann verglichen werden mit einer Windprise welche durch einen Wald zieht. Doch wenn ich mich in die Anwohner versetzen würde, kann ich auch sehr gut nachvollziehen das sie nicht so begeistert sind. Denn wer will ein 50m – 130m hohen Turm vor seiner Haustüre?



Abb. 1.7 Mont Soleil

Wasserkraft

Geschichte des Wasserkraftwerkes

Die Wasserkraft ist nach dem Verbrennen von Holz die wohl älteste Form der Energiegewinnung. Seit Jahrtausenden klappert die Mühle am rauschenden Bach, etwa um Mehl zu mahlen. Heute ist die Wasserkraft ein wichtiger Baustein in der nachhaltigen Versorgung mit Strom. Wasserkraft schneidet in der Ökobilanz vorbildlich ab. Wirklich ökologisch ist sie jedoch nur, wenn strenge Auflagen zum Gewässerschutz befolgt werden.



Abb.2.0 Wassermühle

Wer hat die Wassermühle erfunden?

Die Wassermühlen sind sehr alte Erfindung die von Menschen erfunden wurde, das Besondere daran war, dass es keine Muskelkraft benötigt d.h. keine Muskelkraft von Mensch oder Tier. Durch Wasserkraft wurden die ersten Bewässerungen im 5. Jahrhundert v. Chr. aus Mesopotamien (Liegt zwischen Irak und Syrien) bekannt. Erste Mahlmühlen mit Wasserkraftantrieb sind aus dem 3. Jahrhundert v. Chr. aus Asien (China) belegt.

Zahlen und Fakten:

Brutto-Energieproduktion der BIK-Kraftwerke 2012 in Mio. kWh

2012	Winter (Okt. - März)	Sommer (April - Sept.)	Total	Vorjahr	Langjähriges Mittel
Hagneck	37,1	48,2	85,3	65,9	75,2
Bözingen	10,4	4,5	14,9	4,8	12,3
Brügg	9,7	12,8	22,5	22,9	23,6
Total BIK	57,2	65,5	122,7	93,6	111
In Prozenten	46,6%	53,4%	100%		

Abb.2.1 Tabelle der BIK-Kraftwerke

CO₂-Vergleich bei der Stromerzeugung in Deutschland

Kraftwerkstypen im CO ₂ -Vergleich	CO ₂ -Emission
Biogas-Blockheizkraftwerk	- 409 g pro kwh
Windenergie Offshore	23 g pro kwh
Windenergie Onshore	24 g pro kwh
Solarstrom Import aus Spanien	27 g pro kwh
Atomkraftwerk	32 g pro kwh
Wasserkraftwerk	40 g pro kwh
multikristalline Solarzelle	101 g pro kwh
Erdgas-GuD-Heizkraftwerk	148 g pro kwh
Erdgas-GuD-Kraftwerk	428 g pro kwh
Import-Steinkohle-Heizkraftwerk	622 g pro kwh
Braunkohle-Heizkraftwerk	729 g pro kwh
Import-Steinkohle-Kraftwerk	949 g pro kwh
Braunkohle-Kraftwerk	1153 g pro kwh

Abb.2.2 CO₂-Vergleich

Auf dieser Tabelle sieht man sehr gut welche Kraftwerke wieviel CO₂-Emmissionen haben. Ein paar habe sicher weniger CO₂-Emissionen als Wasserkraftwerk, z.B. das Atomkraftwerk, aber die Entsorgung ist das Problem.

So funktioniert ein Wasserkraftwerk:

Durch eine Stauanlage wird Wasser im Stauraum, dass so genannte Oberwasser auf möglichst hohem Stand zurückgehalten. Die Energie der Bewegung des abfließenden Wassers durch die Rohrleitung wird auf eine Turbine übertragen, wodurch dieses in Drehbewegung versetzt wird. Diese Drehbewegung wird direkt an die Welle des Generators im Maschinenhaus weitergeleitet, der die mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt. Damit der Strom wirtschaftlich sinnvoll transportiert werden kann, erhöht ein Transformator die Wechselspannung, die der Generator an ihn übermittelt hat.

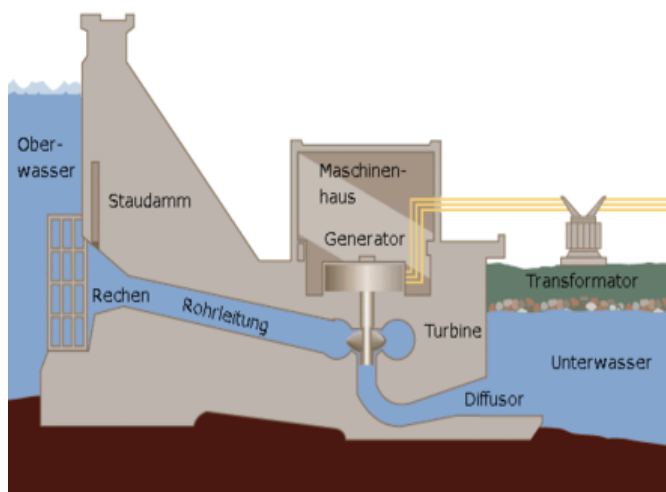


Abb.2.3 Funktion der Wasserkraftwerke

Bei Wasserkraftwerken gibt es positive wie auch negative Auswirkungen

Positive Auswirkungen:

- Geringster Ausstoss an klimaschädigenden Treibhausgasen
- Beste Gesamt-Ökobilanz über den gesamten Lebenszyklus
- Beitrag zum Hochwasserschutz durch Ausgleich der Abflüsse
- Entstehung neuer Lebensräume wie Seen und Flachwasserzonen
- Steigerung touristische Attraktivität durch Seen und imposante Talsperren

Negative Auswirkungen:

- Beeinträchtigung der Durchgängigkeit der Lebensräume
- Beeinflussung des Geschiebe- und Feststoffhaushaltes im Gewässer
- Ungenügende Wassermengen und Abflussdynamik in Restwasserstrecken
- Veränderung der Wassertiefen und Fließ Geschwindigkeiten
- Unnatürliche, kurzfristige Veränderungen der Abflüsse
- Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Bauten

Unterschiedliche Wasserkraftwerkstypen

Es gibt verschiedene Arten von Wasserkraftwerken, und zwar einmal wie in Hagneck dies ist ein Laufkraftwerk, welche die geringen Fallhöhen von Simme, Emme und Aare-Hagneck-Kanal nutzen.

Aber es gibt natürlich auch noch andere wie zum Beispiel in Ragn d'Err dies verfügt über Gefällstufen mit durchschnittlich mehreren hundert Metern Höhenunterschied. Hier wird das Wasser in einem Stausee gesammelt und über kilometerlange Druckleitungen unterirdisch talwärts zu den Zentralen geleitet, wo es Turbinen geleitet wird und anschliessend ins genutzte Gewässer zurückgeleitet.

Verschiedene Turbinen bei Wasserkraftwerken

Kaplan-Turbine

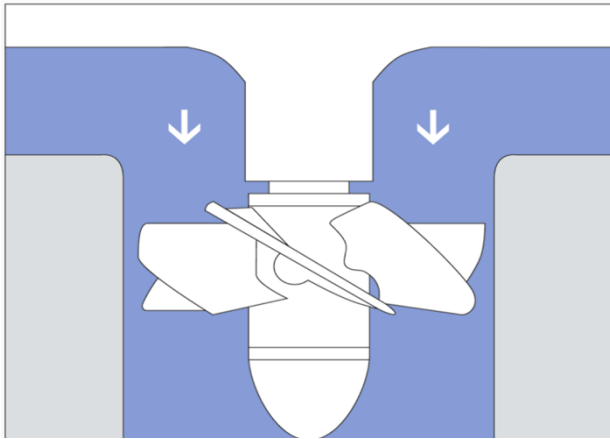


Abb.2.4 Kaplan-Turbine

Die Kaplan-Turbine wird vor allem in Flüssen mit großen Wassermengen und kleinem Gefälle, also mit geringer Fallhöhe, eingesetzt. Vertikal eingebaut ist sie in Laufwasserkraftwerken für Fallhöhen von bis zu 65 m geeignet und erreicht einen Wirkungsgrad von 80 bis 95 %. Bei geringeren Fallhöhenunterschieden wird die Turbine auch mit horizontaler Welle eingebaut. Turbine und Generator befinden sich dabei in einem Gehäuse vollständig unter Wasser. Diese Bauweise nennt man dann Rohrturbine. Das Laufrad ähnelt einem Schiffspropeller, durch dessen verstellbare Schaufeln die Wassermassen strömen und die Turbine antreiben.

Francis-Turbine

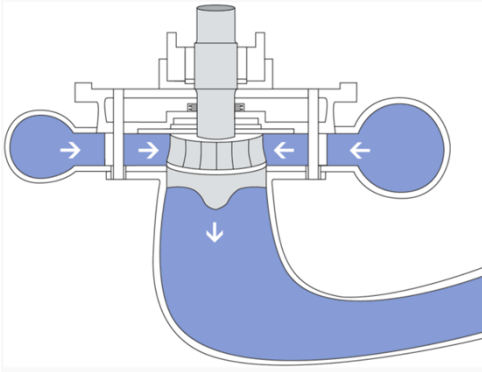


Abb.2.5 Francis-Turbine

Francis-Turbinen sind universell einsetzbar und deshalb sehr verbreitet. Sie werden bei Fallhöhen von ca. 50 m bis ca. 700 m eingesetzt und erreichen einen Wirkungsgrad von bis zu 90 %.

Die Wasserzufuhr erfolgt bei der Francis-Turbine über die so genannte Spirale, ein schneckenförmig gekrümmtes Rohr, das für eine gleichmäßige Wasserzuführung auf das Laufrad sorgt. Das Wasser wird anschließend durch die verstellbaren Schaufeln des Leitapparats geführt und damit reguliert, bevor es auf die gegenläufig gekrümmten Schaufeln des Laufrades trifft. Diese Laufradschaufeln sind fest miteinander verbunden.

Die Pelton-Turbine ähnelt von allen Turbinenarten am stärksten dem klassischen Wasserrad. Diese Turbine wird bevorzugt in Kraftwerken mit großen Fallhöhen und geringen Durchflüssen eingesetzt.

Ein Peltonrad hat je nach Größe 20 bis 40 becherförmige Schaufeln, auf die der Wasserstrahl aus einer oder mehreren

regelbaren Düsen mit sehr hohem Druck trifft. Der Strahl wird dabei so gelenkt, dass er seine Energie fast vollständig an die Turbine abgibt. Der Wirkungsgrad einer Pelton-Turbine liegt zwischen 85 und 90 %. Bei einer Fallhöhe von 1.000 m schießt beispielsweise der Wasserstrahl mit einer Geschwindigkeit von rund 500 km/h aus der Düse, bevor er auf die Becher trifft.

Pelton-Turbine

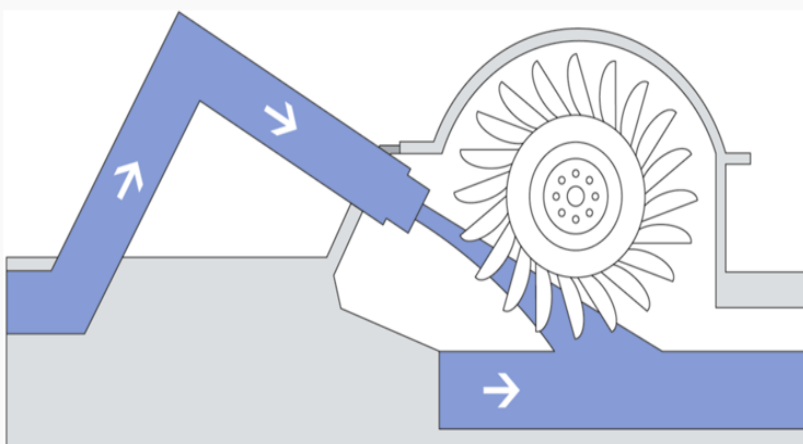


Abb.2.6 Pelton-Turbine

Artikel aus dem Internet

„Vor dem Hintergrund der aktuellen Debatte über die Neuregelung des Wasserzinses stellt sich die Frage, was sich seit der Einführung der Abgabe vor 100 Jahren verändert hat, beziehungsweise wieso die Wasserkraft besonders in den letzten Jahren so stark unter Druck geraten ist.

Hauptsächlich leidet die Schweizer Wasserkraft unter dem tiefen Marktpreis für Strom. Dieser ist bedingt durch den vorhandenen Stromüberschuss aufgrund von günstigem Kohlestrom, tiefen CO₂-Preisen und Subventionen. Diese Entwicklung stellt die Rentabilität von Wasserkraftwerken in Frage, da die Produktionskosten deutlich über den aktuellen europäischen Marktpreisen für Strom liegen.“

Meine Meinung zu diesem Artikel ist, dass man lieber einen Moment mehr zahlt aber dafür die Umwelt schützt und den CO₂-Ausstoss verringert.

In der Schweiz gibt es mit dem Stand August 2015 insgesamt 579 Wasserkraftwerke mit einer installierten Leistung > 0,3 MW. Die installierte Leistung dieser Wasserkraftwerke beträgt 13'774 MW und ihre durchschnittliche Jahreserzeugung liegt bei 35,913 Mrd. kWh. Der Anteil der Wasserkraft an der Stromerzeugung beträgt rund 55 %. Bei dieser Tabelle sieht man die grössten Wasserkraftwerke der Schweiz

Name des Kraftwerks	Inst. Leistung (MW)	Fluss/See	Status				
				Linth-Limmern	1'480	Limmerensee, Muttsee	in Betrieb
Aarberg	15	Aare	in Betrieb	Mauvoisin ^[A 1]	388	Lac de Mauvoisin	in Betrieb
Airolo	58	Lago di Lucendro, Lago della Sella	in Betrieb	Mühleberg	45	Aare	in Betrieb
Albruck-Dogern	108	Rhein	in Betrieb	Nant de Drance ^[A 1]	900	Lac d'Émosson, Lac du Vieux Émosson	in Bau
Amsteg	120	Reuss	in Betrieb	Niederried-Radelfingen	15	Aare	in Betrieb
Beznau	19	Aare	in Betrieb	Reckingen	38	Rhein	in Betrieb
Birsfelden	100	Rhein	in Betrieb	Reichenau	18	Rhein	in Betrieb
Campocologno	47	Lago di Poschiavo	in Betrieb	Rheinau	36	Rhein	in Betrieb
Chancy-Pougny	49	Rhone	in Betrieb	Rheinfelden	100	Rhein	in Betrieb
Eglisau-Glattfelden	43	Rhein	in Betrieb	Ritom	44	Lago Ritóm	in Betrieb
Émosson	162	Lac d'Émosson	in Betrieb	Robbia	27	Lago Bianco	in Betrieb
Etzelwerk	140	Sihlsee	in Betrieb	Rupperswil-Auenstein	40	Aare	in Betrieb
Felsenau	11	Aare	in Betrieb	Ryburg-Schwörstadt	120	Rhein	in Betrieb
Göschenen	160	Göscheneralpsee	in Betrieb	Säckingen	73	Rhein	in Betrieb
Grande Dixence	2'069	Lac des Dix	in Betrieb	Schaffhausen	26	Rhein	in Betrieb
Grimmel 2 ^[A 1]	348	Grimmelsee, Oberaarsee	in Betrieb	Unteraa	57	Lungerersee	in Betrieb
Hugschwendli	14	Melchsee, Tannensee	in Betrieb	Verbois	98	Rhone	in Betrieb
Kandergrund	18,8	Kander	in Betrieb	Vernayaz	92	Barberine	in Betrieb
Klingnau	37	Aare	in Betrieb	Verzasca	105	Verzasca	in Betrieb
Klosters	16	Davosersee	in Betrieb	Veytaux	480	Genfersee, Lac de l'Hongrin	in Betrieb
Kubel	13	Gübsensee	in Betrieb	Wägital	108	Wägitalersee	in Betrieb
Laufenburg	106	Rhein	in Betrieb	Wassen	54	Reuss	in Betrieb

Abb.2.7 Die Grössten Wasserkraftwerke der Schweiz

Wasserkraftwerk Hagneck



Abb.2.8 Effizienzsteigerung in der Wasserkraft

In Hagneck hat es seit 2015 zwei Wasserkraftwerke, aber davon ist eines ausser Betrieb.



Abb.2.9 Neues Kraftwerk in Hagneck

Dieses Kraftwerk ist das neue Wasserkraftwerk in Hagneck. Das alte Kraftwerk besteht immer noch wird aber nicht mehr gebraucht.

Dies ist das über 100 Jähriges Wasserkraftwerk:



Abb.2.10 Altes Wasserkraftwerk in Hagneck

Photovoltaik

Geschichte der Photovoltaik

Die Photovoltaik basiert auf der Fähigkeit bestimmter Materialien, Licht direkt in Strom umzuwandeln. Der photoelektrische Effekt wurde bereits im Jahre 1839 von dem französischen Physiker Alexandre Edmond Becquerel entdeckt. Dieser wurde daraufhin weiter erforscht, wobei insbesondere Albert Einstein mit seiner 1905 erschienenen Arbeit zur *Lichtquantentheorie* großen Anteil an dieser Erforschung hatte, für die er 1921 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde. 1954 gelang es, die ersten Siliziumsolarzellen mit Wirkungsgraden von bis zu 6 % zu produzieren. Die erste technische Anwendung wurde 1955 bei der Stromversorgung von Telefonverstärkern gefunden. In Belichtungsmessern für die Photographie fand Photovoltaik weite Verbreitung.

Seit Ende der 1950er Jahre werden Photovoltaikzellen in der Satellitentechnik verwendet; als erster Satellit mit Solarzellen startete Vanguard 1 am 17. März 1958 in die Erdumlaufbahn, und blieb bis 1964 in Betrieb. In den 1960er und 1970er Jahren führte die Nachfrage aus der Raumfahrt zu Fortschritten in der Entwicklung von Photovoltaikzellen, während Photovoltaikanlagen auf der Erde nur für bestimmte Inselanlagen eingesetzt wurden.

Ausgelöst durch die Ölkrise von 1973/74 sowie später verstärkt durch die Nuklearunfälle von Harrisburg und Tschernobyl setzte jedoch ein Umdenken in der Energieversorgung ein. Seit Ende der 1980er Jahre wurde die Photovoltaik in den USA, Japan und Deutschland intensiv erforscht; später kamen in vielen Staaten der Erde finanzielle Förderungen hinzu um den Markt anzukurbeln und die Technik mittels Skaleneffekten zu verbilligen. Infolge dieser Bemühungen stieg die weltweit installierte Leistung von 700 MWp im Jahr 2000 auf 177 GWp im Jahr 2014 und erreichten 2015 227 GW. Bis 2020 rechnet die IEA mit einem weiteren Anstieg auf ca. 400 bis 500 GWp.

Bei Dieser Tabelle sieht man die kumulierte Leistung der globalen Photovoltaik.

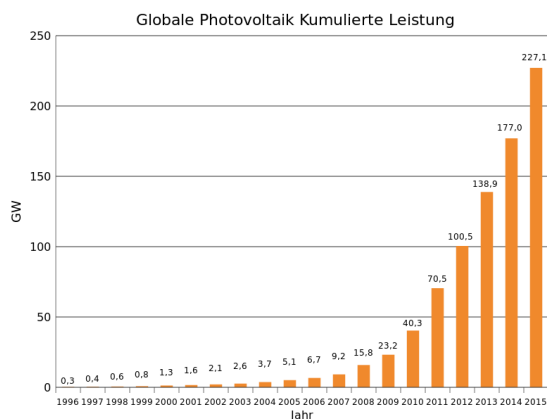


Abb. 3.1 Wikipedia, Eynre

Positive Argumente für eine Photovoltaik Anlage.

- Die Photovoltaik ist als dezentrale Energieversorgung großteils in Bürgerhand.
- Photovoltaik erzeugt Strom, wo er verbraucht wird.
- Die Stromproduktion durch die Photovoltaik ist erneuerbar und umweltfreundlich.
- Die Photovoltaik ist rentabel.
- Die Photovoltaik wird kontinuierlich günstiger und effektiver.

Contra-Argumente

- Die Förderung der Photovoltaik erhöht den Strompreis
- Die Photovoltaik-Förderung ist unverhältnismäßig
- Solarstrom ist in der Erzeugung zu teuer
- Photovoltaik-Anlagen verbrauchen mehr Energie als sie erzeugen
- Die PV-Förderung schafft vor allem im Ausland (Asien) Arbeitsplätze
- Die Photovoltaik führt zu hohen Netzausbaukosten
- Die Photovoltaik gefährdet die Netzstabilität bzw. die Versorgungssicherheit
- Die Photovoltaik erhöht das Brandrisiko

Solarmodule

Die Solarmodule sind die entscheidende Komponente einer Photovoltaikanlage. In ihnen wird je nach Größe eine unterschiedliche Anzahl an Solarzellen zusammengeschaltet. Für eine Photovoltaikanlage werden wiederum mehrere Solarmodule zu sogenannten Strings verschaltet. Mehrere Strings ergeben dann den gesamten Solargenerator.

Funktion einer Solarzelle

Eine Solarzelle ist letztlich eine Halbleiterdiode. Hier wird die Strahlungsenergie in Gleichstrom verwandelt. Physikalisch erklärt werden kann dies durch den sogenannten Photoeffekt. In einer Solarzelle werden unterschiedlich dotierte Halbleiterschichten zusammengesetzt. An dem Übergang zwischen diesen beiden Schichten (die eine positiv, die andere negativ), dem p-n-Übergang, entsteht ein elektrisches Feld, das die beiden Schichten voneinander trennt und verhindert, dass die Ladungen sich ausgleichen. Gleichzeitig erlaubt die Grenzschicht, dass der Strom nur in eine Richtung fließt, wenn der Stromkreis geschlossen wird.

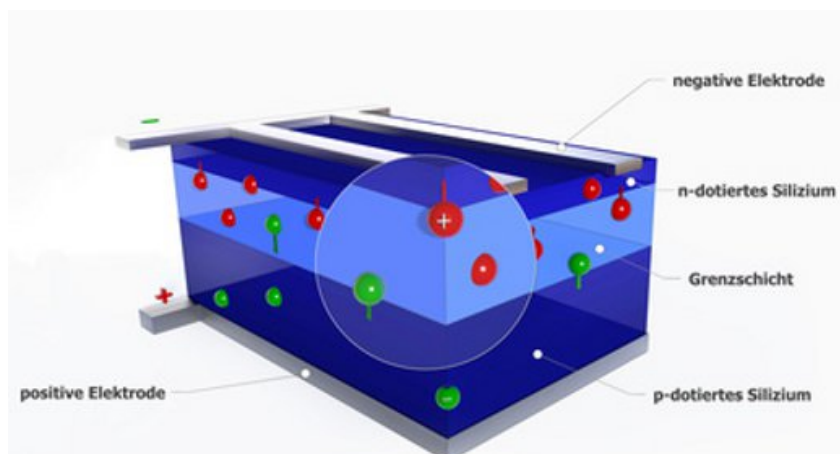


Abb.3.2 Solaranlage Ratgeber

Je nach Halbleitermaterial werden verschiedene Solarzellen unterschieden.

- **Polykristalline Solarzellen**

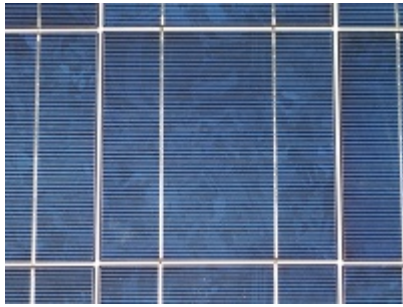


Abb.3.3 Solaranlage Ratgeber

Das Halbleitermaterial bei polykristallinen Solarzellen ist Silicium. Silicium wird zur Herstellung der Solarzellen geschmolzen, mit Boratomen „verschmutzt“ (dotiert) und dann in große Blöcke gegossen, wobei verschiedene Gießverfahren angewendet werden. Das Silicium erstarrt dann zu den sogenannten Ingots. Diesen Ingots werden anschließend in Scheiben gesägt, den sogenannten Wafer, und abschließend mit einer Antireflexionsschicht versehen. Dieses Herstellungsverfahren bedingt, dass die Kristalle sich unterschiedlich ausrichten. An den Grenzen der einzelnen Kristalle, den sogenannten Korngrenzen, entstehen Verluste. Daher ist der Wirkungsgrad polykristalliner Solarzellen geringer als der monokristalliner Solarzellen. Die Herstellung ist preiswert.

- **Monokristalline Solarzellen**



Abb.3.4 Solaranlage Ratgeber

Auch monokristalline Solarzellen werden aus dem Halbleiter Silicium hergestellt. Allerdings sorgt ein anderes Herstellungsverfahren dafür, dass sich die Ingots aus einem sogenannten Einkristall bilden. Anschließend werden auch hier die Wafer gesägt. Da es keine unterschiedliche Kristallorientierung gibt, entfallen die Korngrenzen im Wafer und es entstehen weniger Verluste. Damit ist der Wirkungsgrad der monokristallinen Solarzellen höher. Die Fertigung ist vergleichsweise teuer, der Energieaufwand hoch.

- **Dünnschichtzellen**



Abb.3.5 Solaranlage Ratgeber

Dünnschichtzellen werden ganz anders hergestellt als mono- oder polykristalline Solarzellen. Hier wird ein Trägermaterial mit dem Halbleiter beschichtet. Dünnschichtzellen kommen daher mit sehr wenig Rohstoff aus und sie lassen sich vergleichsweise einfach herstellen. Die Auswahl an Halbleitermaterial ist groß: Neben Silicium (amorphe Siliciumzellen) kommen auch Galliumarsenid (GaAs), Cadmiumtellurid (CdTe), Kupferindiumselenid (sogenannte CIS-Zellen) oder auch Farbstoffe (Grätzelzelle oder Farbstoffzelle) infrage. Der Wirkungsgrad von Dünnschichtmodulen ist geringer als der von kristallinen Zellen. Sie haben aber andere Vorteile wie die preiswerte Fertigung, das geringe Gewicht, den geringen Rohstoffbedarf.

Anschaffungskosten von Photovoltaik

Die Kosten von Photovoltaikanlagen setzen sich aus unterschiedlichen Komponenten zusammen:

- Solarmodule
- Wechselrichter
- Montage
- Stromspeicher

Mehr als 85 Prozent der Kosten sind dabei Materialkosten für Solarmodule, Montagesystem, Wechselrichter, Solarleitungen und sonstige kleinere Bauteile sowie evtl. einen zusätzlichen Stromspeicher. Einen ersten Eindruck, wie hoch die Anschaffungskosten konkret im Einzelfall ausfallen, ermittelt der Photovoltaik Rechner.

Kostenpunkt Solarmodule

Die Solarmodule, die zusammengesetzt den so genannten Solargenerator bilden, sind dabei der größte Kostenfaktor. Es wird zwischen monokristallinen und polykristallinen Modulen, sowie Dünnschichtmodulen unterschieden. Durch die unterschiedlichen Herstellungsverfahren und speziellen Eigenheiten bestehen Preis- und Leistungsunterschiede zwischen den einzelnen Typen. Genauere Information erhalten Sie im Artikel zu Preise von Photovoltaik Modulen. Die Kosten für die Module liegen dabei zwischen 1,46 und 2,09 Euro pro Watt Peak. Für ein Einfamilienhaus, das 4000 Kilowattstunden Strom pro Jahr benötigt, liegen die Kosten für die Photovoltaik Module demnach etwa zwischen 5.840 und 8.360 Euro.

Kostenpunkt Wechselrichter

Die meisten Haushaltsgeräte werden mit Wechselstrom betrieben. Da die Photovoltaik Module nur Gleichstrom erzeugen, muss der Strom umgewandelt werden. Dafür wird ein Wechselrichter eingebaut. Die **Kosten eines Wechselrichters liegen bei rund 2.000 Euro**. Sonstige Bauteile wie zum Beispiel Netzanschluss und Zähler machen etwa 10 Prozent der Gesamtkosten aus.

Kosten für die Montage

Neben den reinen Materialkosten entstehen jedoch auch noch andere Kosten bei dem Errichten einer Photovoltaikanlage. Die **Montage** sollte möglichst ein Fachmann durchführen. Pro installiertem Kilowatt Peak (kWp) Leistung, muss dafür mit **Kosten zwischen 120 und 180 Euro** kalkuliert werden. Im Beispielfall des Einfamilienhauses, welches eine Photovoltaikanlage mit 4 kWp benötigt, kostet die Installation daher zwischen 480 und 720 Euro. Hinzu kommen jedoch noch Planungs- und Dokumentationskosten.

Gesamtkosten

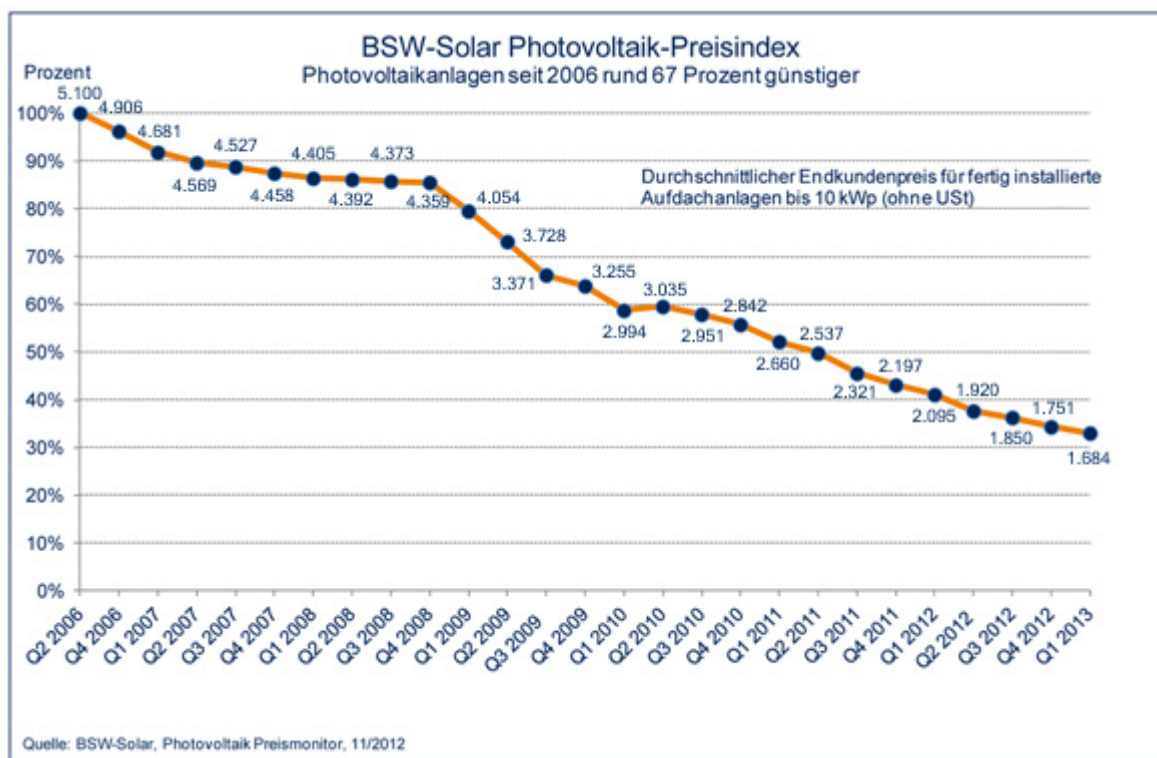


Abb.3.6 Solaranlagen - Portal

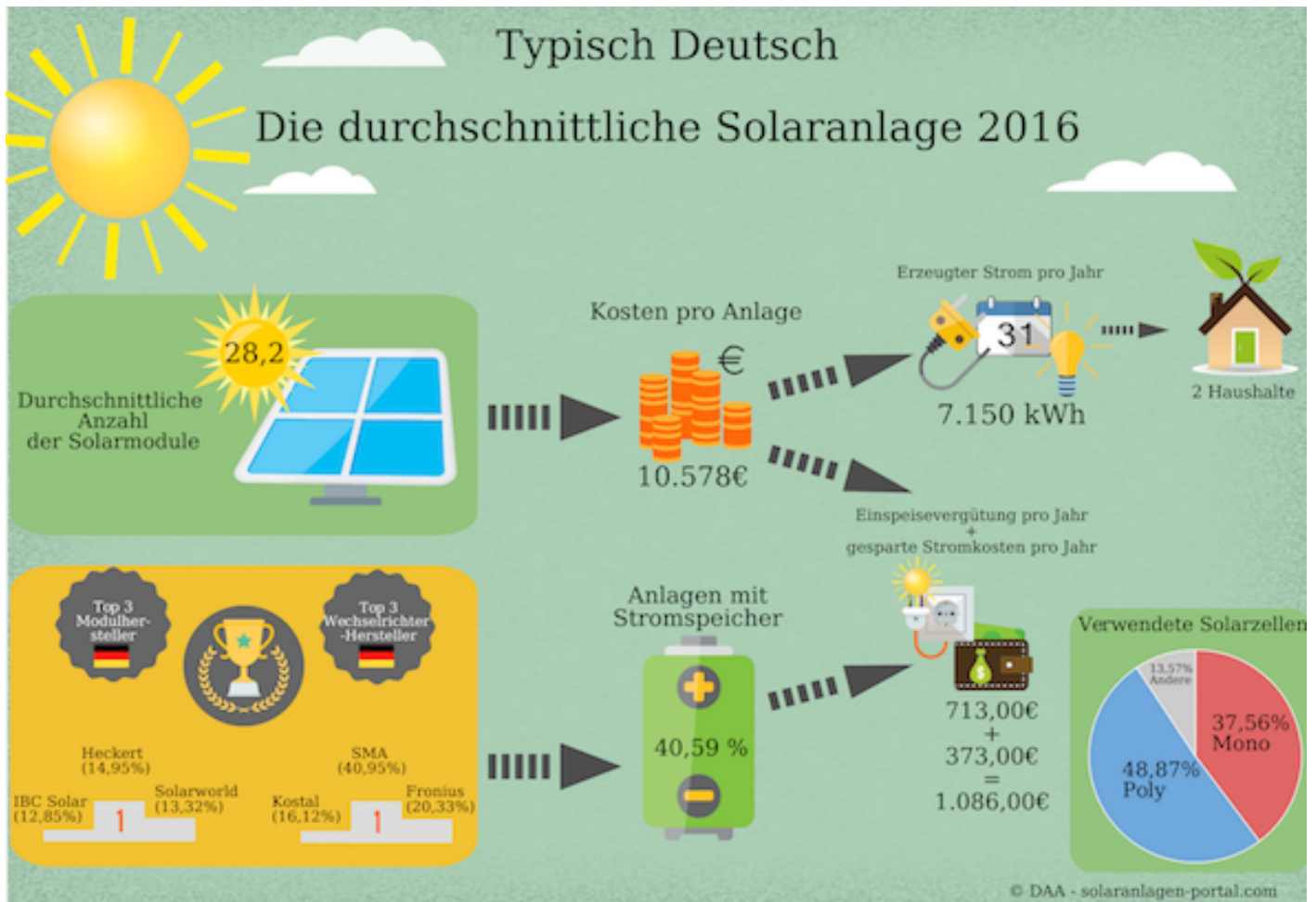
Netto-Preise in € pro kWp (ohne Umsatzsteuer) inkl. Montage | Quelle: BSW-Solar /
www.solarwirtschaft.de

Klicken für eine größere Darstellung

Insgesamt liegen die Kosten für die Anschaffung von Photovoltaik für ein typisches Einfamilienhaus derzeit bei rund 8.500 Euro für eine durchschnittliche 5 kWp Anlage (ohne Steuer). Das entspricht **durchschnittlichen Kosten von 1.700 Euro pro installierten kWp**. Da auch hier erhebliche Preis- und Qualitätsunterschiede bestehen, sollten Sie sich auf jeden Fall von einem Fachbetrieb beraten lassen. Dieser stellt Ihnen aus den vielfältigen Produkten eine für Sie optimale Photovoltaikanlage zusammen, die auch zu Ihren Preisvorstellungen passt.

Optional: Kosten für Photovoltaik Speicher

In die Gesamtkosten nicht eingeflossen sind bisher die Kosten für einen Photovoltaik Speicher. Diese Geräte sind vor allem seit der Speicherförderung, die seit Mai 2013 beantragt werden kann, immer öfter auch schon ein Thema in Verkaufsgesprächen für eine neue Photovoltaikanlage. Denn der Eigenverbrauch von Solarstrom wird mit der weiter sinkenden Einspeisevergütung immer attraktiver. Photovoltaik Speicher für ein Einfamilienhaus kosten derzeit noch zwischen 5.000€ und rund 14.000€. Mit der genannten Förderung lassen sich die Kosten z.B. bei einer durchschnittlichen 5 kWp Anlage jedoch um bis zu 3.000€ senken. Nach aktuellen Erhebungen auf Basis des Photovoltaik Angebotschecks wird in gut 40% der Anlagen ein Speichersystem mit angeboten. Die Tendenz ist hier stark steigend.



3.7 Solaranlagen - Portal

Durchschnittliche Solaranlage in Deutschland 2016 | Quelle: Soalanlagen-Portal.com

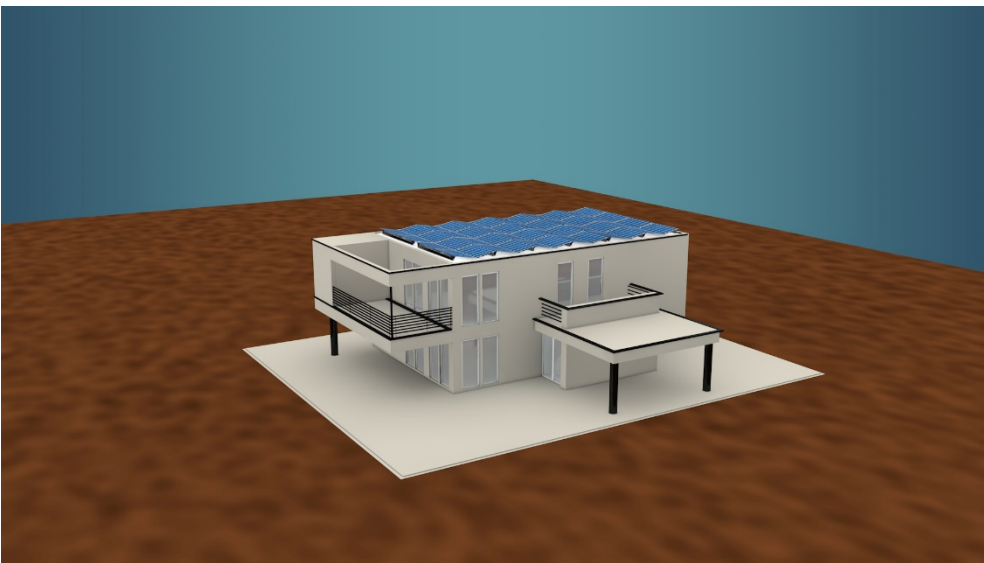
Laufende Kosten für Photovoltaik

Im Vergleich zu den Anschaffungskosten sind die laufenden Kosten für Photovoltaik gering. Man geht bei den laufenden Kosten von pro Jahr etwa 2 Prozent der Anschaffungskosten aus. Dies bedeutet im Beispielfall des Einfamilienhauses Kosten zwischen 240 und 280 Euro.

Betriebskosten sind unter anderem Versicherungsbeiträge sowie Rücklagen für eventuelle Reparaturen und möglicherweise den Austausch eines defekten Gerätes. Außerdem werden jährlich Kosten für die Miete des Zählers fällig, der anzeigt, wie viel Strom die Photovoltaikanlage in das öffentliche Stromnetz einspeist.

Bei einer teuren Anschaffung wie Photovoltaik sollte besonders auf eine geeignete Versicherung Wert gelegt werden, um bei Schäden abgesichert zu sein. Wenden Sie sich daher schon vor der Montage der Photovoltaikanlage an Ihre Gebäude- und Haftpflichtversicherung.

Hier sind noch unsere drei selbsterstellten 3D Modelle



Quellenverzeichnis

Windkraft:

Informationen:

<http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB109-9.htm>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Windenergie>

<http://www.zeit.de/2012/06/Windkraft/seite-2>

<http://www.ndr.de/nachrichten/Watt-Das-leisten-die-Anlagen-im-Vergleich,watt250.html>

<https://www.ckw.ch/ueberckw/strom/wissen/stromproduktion/wind.html>

<http://www.energienpoint.de/erneuerbare-energien/windenergie/wie-funktioniert-eine-windkraftanlage/>

<https://www.ckw.ch/ueberckw/strom/wissen/stromproduktion/wind.html>

<http://www.gesundes-haus.ch/wasserkraft/vor-und-nachteile-der-wasserkraftnutzung.html>

<http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de>

Bilder:

http://austria-forum.org/af/Bilder_und_Videos/Historische_Bilder_IMAGNO/Windenergie/00625354

Abb. 1.0 Hermann Honnef

https://www.google.ch/search?q=windrad+hermann+honnef&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi4vsHOfTSAhVJrRoKHXSFB84Q_AUIBigB&biw=1600&bih=844#imgrc=maBkTvRuyKbAJM:&spf=192

Abb. 1.1 Windradskizze Honnefs

https://www.google.ch/search?q=windrad&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiki4uV5-fSAhXLDcAKHbeLAIaQ_AUIBigB&biw=1600&bih=844&dpr=1#imgrc=ZciK2aReEzAYM:&spf=200

Abb. 1.2 Organe des Windrads

Abb. 1.3 Mont Soleil

https://www.google.ch/search?q=kohlekraftwerk&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjlupLy8efSAhVjIMAKHbW0ArIQ_AUIBigB&biw=1600&bih=844#tbn=isch&q=g%C3%B6sgen+2+kernkraft*&imgrc=yCXR5RQYCEQEnM:&spf=2205

Abb. 1.4 Gösgen 2

Abb. 1.5 Mont Soleil

https://www.google.ch/search?q=kohlekraftwerk&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiouYzl7-rSAhWmJsAKHYsEDiUQ_AUIBigB&biw=1600&bih=844#imgrc=sVBuAh2QSAqLyM:&spf=192

Abb. 1.6 Kohlekraftwerk

Abb. 1.7 Mont Soleil

Wasserkraft:

Informationen:

Bilder:

<http://bauelement.jaramat.ru/wasserkraftwerk-geschichte/>

Abb.2.0 Wassermühle

http://www.bielerseekraftwerke.ch/ueber-uns_-oktober_2015.html

Abb.2.1 Tabelle der BIK-Kraftwerke

<http://www.co2-emissionen-vergleichen.de/Stromerzeugung/CO2-Vergleich-Stromerzeugung.html>

Abb.2.2 CO2 Vergleich

<https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserkraftwerk>

Abb.2.3 Aufbau Wasserkraftwerk

<https://www.vde.com/de/etg/arbeitsgebiete/informations-detailseiten/wasserkraft>

Abb.2.4-2.6 Turbinen

Photovoltaik:

Informationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik>

<http://www.photovoltaiksolarstrom.de/photovoltaiklexikon/photovoltaik-pro-und-contra>

<http://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/photovoltaik-solarmodule>

<https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/kosten>

<http://www.bfe-gis.admin.ch/sonnendach/?lang=de>

Bilder:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik>

Abb.3.1 Wikipedia, Eynre

<http://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/photovoltaik-solarmodule>

Abb.3.2 – 3.5 Solaranlage Ratgeber

<https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/kosten>

Abb.3.6 – 3.7 Solaranlagen - Portal