

# ÜVA MyClimate

## Effizienz verschiedener Kraftwerke

28.3.2017

Alessandro Basso & Pascal Stauffer



# Inhaltsverzeichnis

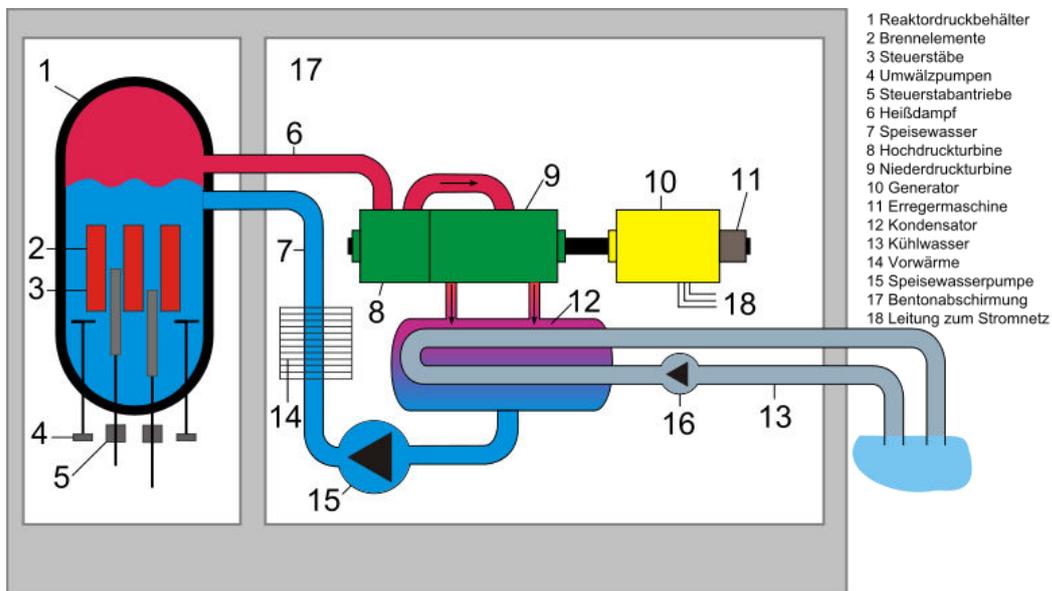
- 1 Kernkraftwerke
  - 1.1 Funktionsprinzip des Kernkraftwerkes
  - 1.2 Daten rund um die Kernenergie weltweit
  - 1.3 Daten rund um die Kernenergie in der Schweiz (Mühleberg)
  - 1.4 Vor- und Nachteile des Kernkraftwerkes
  
- 2 Wasserkraftwerke
  - 2.1 Funktionsweise von Wasserkraftwerke
  - 2.2 Daten rund um die Wasserkraftwerke weltweit
  - 2.3 Wasserkraftstromverbrauch in der Schweiz
  - 2.4 Vor- und Nachteile von Wasserkraftwerken
  
- 3 Photovoltaikanlagen
  - 3.1 Funktionsprinzip einer Photovoltaikanlage
  - 3.2 Daten rund um die Solarenergie weltweit
  - 3.3 Photovoltaikanlagen in der Schweiz
  - 3.4 Vor- und Nachteile von Photovoltaikanlagen
  
- 4 Windkraftwerke
  - 4.1 Funktionsweise von Windkraftwerken
  - 4.2 Windenergie weltweit
  - 4.3 Windenergie in der Schweiz
  - 4.4 Vor- und Nachteile des Windkraftwerkes
  
- 5 Fazit

# Kernkraftwerke

## 1.1 Funktionsprinzip des Kernkraftwerkes

Bei Kernkraftwerken gibt es zwei verschiedene Typen von Reaktoren, das wäre der Siedewasserreaktor und der Druckwasserreaktor. Ich gehe jetzt hier auf den Siedewasserreaktor ein, weil das Kernkraftwerk Mühleberg im Kanton Bern ein solches ist und ich Mühleberg als Beispiel für diese Arbeit nehme.

Zuerst zur Funktion eines Kernkraftwerkes: Zuerst wird ein Atomkern kontrolliert gespalten. Durch diese Spaltung wird enorm viel Bewegungsenergie freigesetzt, diese wird gebremst,



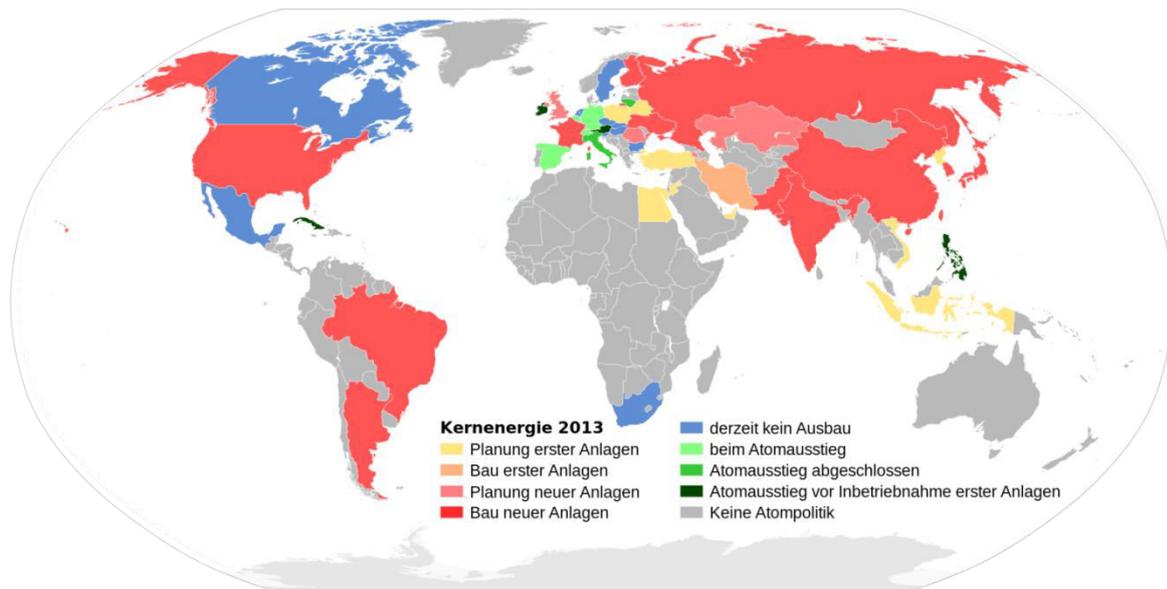
dadurch entsteht Wärmeenergie, die das Wasser im Reaktor dann zu Wasserdampf „kocht“. Weil Wasserdampf mehr Platz braucht als Wasser im flüssigen Zustand, entsteht ein hoher Druck, mit dem dann die Turbinen angetrieben werden. Um die Energie gut auszunutzen, sind meistens mehrere Turbinen verbaut. Die Bewegungsenergie, die durch die Turbinen entsteht, wird mit Hilfe von Generatoren in elektrische Energie umgewandelt, die wir dann in unseren Häusern brauchen. Der Dampf kühlt mit der Zeit wieder ab und landet so im Kondensator, wo er zu flüssigem Wasser wird. Von dort geht das Wasser weiter in den Kühl-Turm, wo es dann abgekühlt wird. Das ist auch der Grund, warum die Kraftwerke meistens an natürlichen Gewässern stehen, um die Abkühlung des Wassers zu erleichtern.

Auf dem Bild rechts ist eine Niederdruckturbine zu sehen, wie sie im Kernkraftwerk Unterweser verwendet wurde.

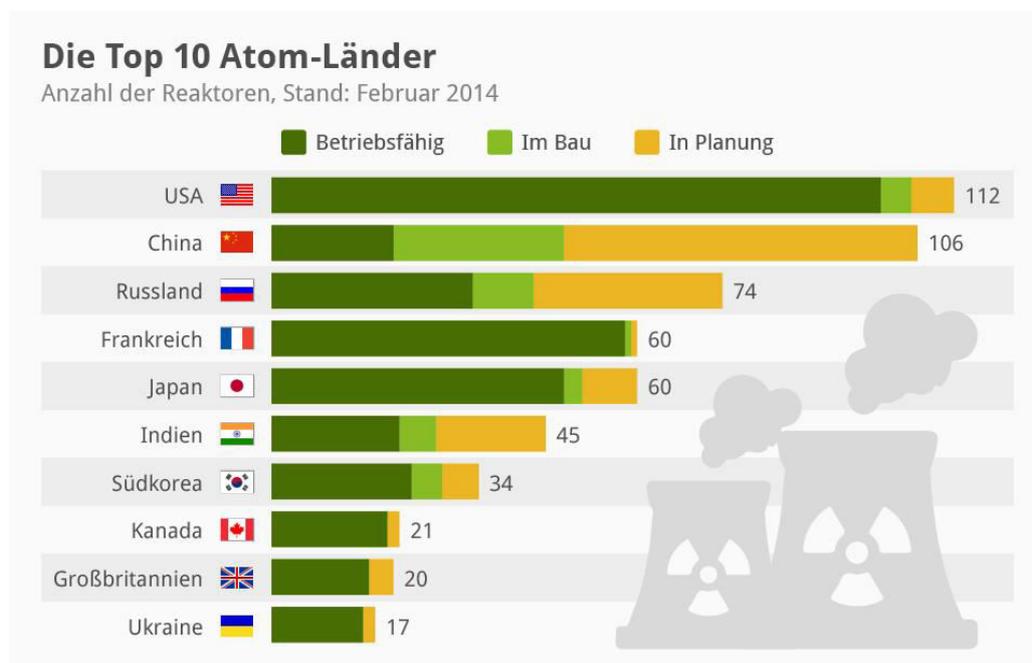


## 1.2 Daten Rund um die Kernenergie Weltweit

Jetzt gehe ich auf die Daten und Fakten der Kernkraftwerke auf der Welt ein. Zuerst wo auf der Welt sind noch Anlagen in betrieb wo werden noch welche gebaut und wo ist der Atomausstieg schon gelungen (2013).



Man sieht das Zentral Europa n dieser Hinsicht schon sehr fortgeschritten ist ausser Frankreich die gehören dafür gerade zu den Top 5 der Atomstrom Produzenten. In der unteren Tabelle sieht man erstens die Länder mit den meisten Kernkraftwerken und während Zentraleuropa mit dem Ausstieg beschäftigt ist baut man in China und Russland neue Kernkraftwerke und stellt ganz viele in Planung.



### 1.3 Daten rund um die Kernenergie in der Schweiz (Mühleberg)

In der Schweiz haben wir fünf Kernkraftwerke in betrieb. Das wäre Mühleberg, Gösgen, Beznau 1 und 2 und Leibstadt. Das Kernkraftwerk Mühleberg gehört dem Stromproduzenten BKW und wurde 1972 in Betrieb genommen. Seit 1972 produziert es um die 3009GWh Strom pro Jahr das sind 96082GWh von Anfang an bis jetzt. 2015 wurde beschlossen das Kernkraftwerk endgültig still zu legen aufgrund von seinem Alter sind risse am Reaktor aufgetaucht ein weiterer Grund ist auch das es ziemlich nahe der Stadt Bern liegt und wie schon erwähnt nicht mehr so gut in Schuss ist. Das Kernkraftwerk Mühleberg braucht keinen Kühlturm wie zum Beispiel Gösgen da es direkt mit dem Wasser der Aare gekühlt wird, eigentlich wird eine direkt Wasser Kühlung eher bei grösseren Reaktoren verwendet Mühleberg ist dagegen eher ein kleiner Reaktor.



### 1.4 Vor- und Nachteile des Kernkraftwerkes

Vorteile	Nachteile
Es wird so gut wie kein CO2 freigesetzt bei der Produktion von Strom durch Atomkraftwerke	Kernkraftwerke sind ein hohes Risiko bei Naturkatastrophen oder Betriebs Fehler
Es ist möglich unabhängig von der Witterung oder ähnlichem Strom zu produzieren.	Nicht gelöstes Problem mit dem Nuklearaktiven Abfall
Es kann sehr schnell viel Strom auf wenig Platz produziert werden.	Uran das zur Kernspaltung verwendet wird ist eine Begrenzte Ressource
Es werden nicht ganze Landstriche verunstaltet wie zum Beispiel bei Solar, Wind oder Kohlekraftwerke	Anschlagsziele für Terroristische Organisationen
Ist sehr effizient brauch im Verhältnis wenig für die Menge Strom die damit Produziert wird.	

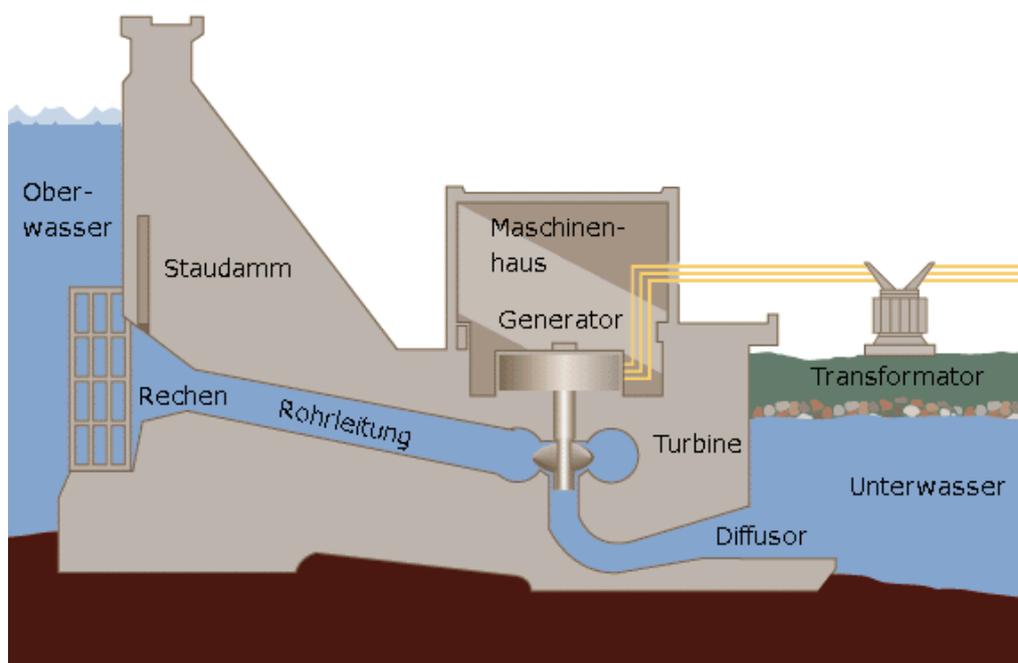
# Wasserkraftwerk

## 2.1 Funktionsweise von Wasserkraftwerken

Bei Wasserkraftwerken wird das Wasser durch eine Stauanlage, Staumauer oder auch Talsperre das Wasser zurück gehalten. Das Wasser das dann auf einem höheren Niveau zurückgehalten wird kann dann durch das Kraftwerk abgelassen werden. Wenn es durch das Wasserkraftwerk fließt wird dort eine Turbine angetrieben die die Wasserkraft in Bewegungsenergie umwandelt von dort wird dann ein Generator angetrieben der dann Elektrische Energie daraus macht. Mit einem Wasserkraftwerk kann sowohl der Pegel vom Stausee als auch der von dem Fluss



nach dem Kraftwerk gesteuert werden durch Regulierung der Menge Wasser die durch fließt. Bei Wasserkraftwerken die noch eine Pumpe haben um das Wasser mithilfe von elektrischer Energie wieder zurück in den Stausee zu Pumpen ist es dann noch möglich das Stromnetz besser zu regulieren und denn Stausee notfalls wieder aufzufüllen solche Kraftwerke heissen dann Pumpspeicherkraftwerke.



Hier im Funktionsschema von einem Wasserkraftwerk sieht man gut wo welche Teile sind und wie es aufgebaut ist

## 2.2 Daten Rund um die Wasserkraftwerke Weltweit

Das grösste Wasserkraftwerk steht in China und heisst Drei Schluchten. Es wurde von 1993 bis 2008 gebaut und anschliessen in Betrieb genommen. Das ganze Projekt hat am Schluss um die 75Mrd US-Dollar gekostet und dient noch als Hochwasser Schutz.



Hier auf dem Bild sieht man die Hauptmauer des Kraftwerkes in der Bauphase.

Das grösste Wasserkraftwerk der Schweiz ist der Grande Dixence und hat eine Höhe von 285m. Es steht im Kanton Wallis etwa 17km entfernt von der Kantonshauptstadt Sion. Mit einem Arbeitsdruck von 180bar ist die Turbine die am höchsten belastete auf der Welt.



### 2.3 Wasserkraftstromverbrauch in der Schweiz

In der Schweiz macht der Verbrauch von Strom also elektrischer Energie rund ein Viertel also 25% aus und davon wird in der Schweiz um die 60% aus Wasserkraft gewonnen, das heisst das in der Schweiz die Strom Produktion mit Wasser im Vordergrund steht. Wasserkraft ist auch die wichtigste heimische Energiequelle der Schweiz. Ein weiterer Vorteil ist auch das keine Abhängigkeit von fossilen Energieträger besteht und mit ihr sowohl Bandleistung als auch Spitzenleistung erzeugt / geregelt werden kann da immer wie mehr Spitzenleistung benötigt wird.

Ende eines Wasserkraftwerkes wo das Wasser die Turbine verlässt und zu einem fließenden Gewässer wird.



### 2.4 Vor und Nachteile von Wasserkraftwerken

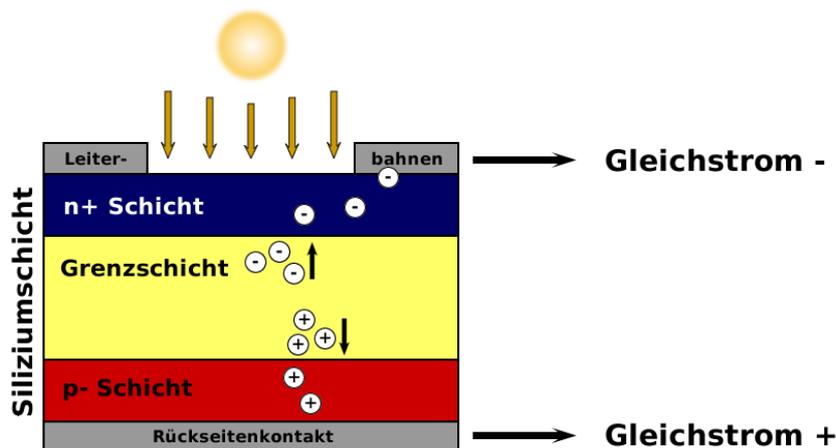
Vorteile	Nachteile
Keine CO2 Erzeugung.	Verunstaltung von Landschaften.
Energieproduktion gut regulierbar.	Behinderung der natürlichen Fließgewässer und Zerstörung von Lebensräumen für Fische.
Kann Gebiete vor Hochwasser schützen und so Katastrophen verhindern.	Sehr grossen Flächenverbrauch durch Stausee und Mauer.
Kann bei dafür vorgesehenen Standorten als Schleuse für den Güterverkehr genutzt werden.	
Wetter unabhängig es kann bei jeder Witterung Strom produziert werden.	



# Photovoltaikanlage

## 3.1 Funktionsprinzip einer Photovoltaikanlage

Eine Photovoltaikanlage besteht aus vielen einzelnen Solarzellen. Diese Solarzellen sind ca. so gross wie eine durchschnittliche Hand eines Menschen. Eine Solarzelle alleine produziert nur wenig elektrischen Strom. Um einen MP3-Player zu betreiben wären etwa 7 Solarzellen nötig. Durchschnittliche Solarmodule bestehen aus ca. 60 Solarzellen. Ein Solarmodul ist nichts anderes, als 60 angeordnete Solarzellen. Eine durchschnittliche Photovoltaikanlage auf einem Hausdach besteht aus 10-100 Solarmodulen.



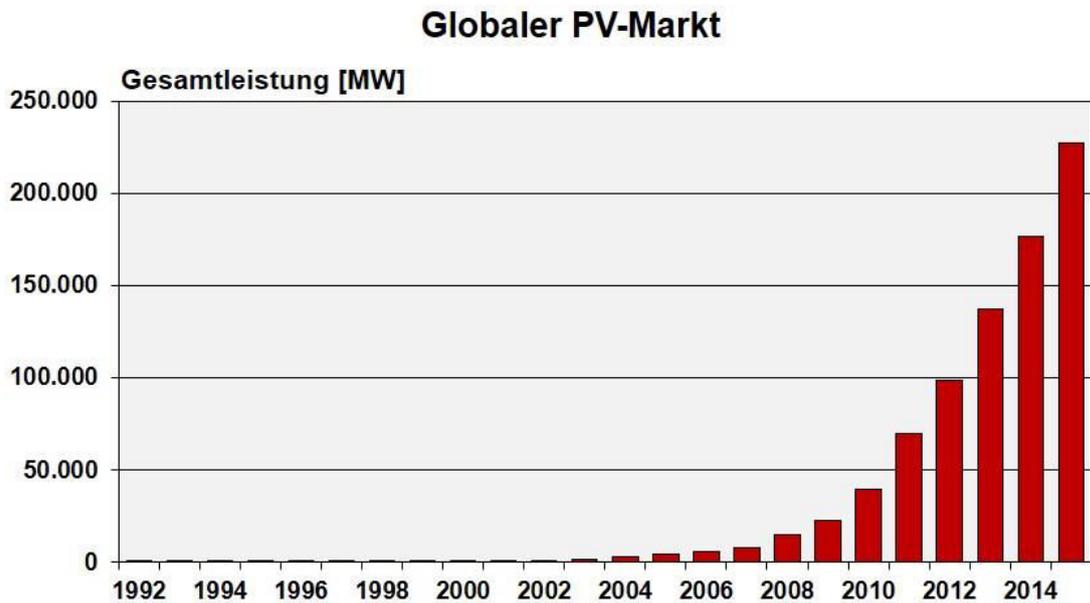
Bei der Umwandlung von Sonnenstrahlen in elektrischen Strom wird eine wichtige Eigenschaft des Sonnenlichts benutzt. Das Sonnenlicht besteht aus unzähligen Photonen, welche als Energieträger benutzt werden. Diese treffen auf eine Halbleiterschicht, die sich auf der Solarzelle befindet, auf. Meistens werden dafür Platten aus Silizium benutzt. Wenn die Photonen auf diese Schicht auftreffen setzen diese negativ geladene Elektronen frei. Diese wandern dann zu den Leiterbahnen (oben auf dem Bild). Gleichzeitig wandern die positiv geladenen Teile nach unten zum Rückseitenkontakt (unten auf dem Bild). Da sich negativgeladene und positivgeladene Teile anziehen entsteht eine elektrische Spannung. Da diese ja genutzt werden soll gibt es also eine Grenzschicht, so dass sich die Teile durch die angeschlossene Leitung bewegen müssen. Der elektrische Strom der erzeugt wird ist aber ein Gleichstrom und kann soweit noch nicht wirklich genutzt werden. Also wird die Gleichspannung auf einen Wechselrichter geführt, wo er dann zum Wechselstrom gerichtet wird. Der Wechselstrom wird danach auf einen Zähler geführt, damit man weiss, wieviel



elektrischer Strom erzeugt wurde. Wenn an sonnigen Tagen mehr Strom produziert als verbraucht wird, fließt der Überschuss ins öffentliche Netz. Umgekehrt wird bei schlechtem Wetter oder am Abend oft mehr Strom verbraucht als produziert. Also fließt der fehlende Strom vom Netz ins Haus.

### 3.2 Daten rund um die Solarenergie weltweit

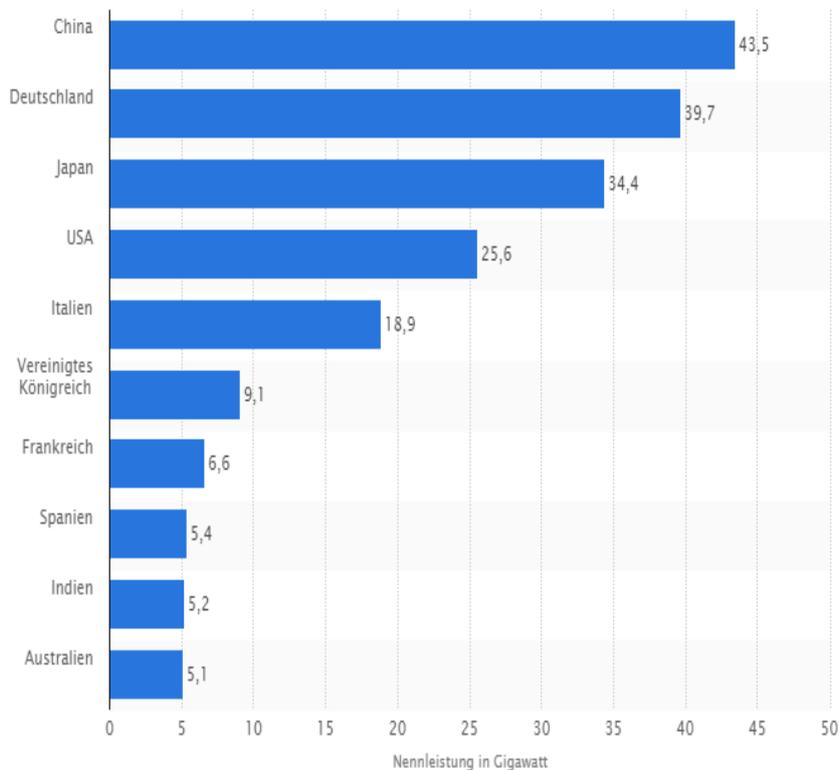
Die untenstehende Grafik zeigt das weltweite Wachstum des Photovoltaikmarktes von 1992-2015.



Quelle: IWR, Daten: IEA PVPS

© IWR, 2016

Wie wir auf der Grafik erkennen können ist die Gesamtleistung in weniger als 10 Jahren um mehr als 200'000 MW gestiegen ist.



In der nebenstehenden Grafik ist die erzeugte Gesamtleistung der Solarenergie in den wichtigsten Ländern zu sehen (stand 2015). Wenn wir die 2 Grafiken vergleichen fällt uns auf, dass China alleine schon fast einen Fünftel der weltweiten Gesamtleistung erzeugt.

### 3.3 Photovoltaikanlagen in der Schweiz

In der Schweiz werden jährlich rund 1560 Gigawattstunden erzeugt (nach Stand Dezember 2016). Was etwa einer Fläche von 11'500'000 m<sup>2</sup> von Solarmodulen entspricht. Derzeit sind in der Schweiz ca. 70'000 Photovoltaikanlagen installiert und in Betrieb. Im schweizerischen Stromnetz sind etwa 2.5% der Gesamtleistung Leistungen von Photovoltaikanlagen. Um einen nach schweizerischem Durchschnitt Haushalt ein Jahr lang mit genügend Strom zu versorgen ist eine Solarmodulfläche von ca. 25 Quadratmeter erforderlich. Eine solche Anlage kostet im Durchschnitt 10'000.- SFR.



### 3.4 Vor- und Nachteile von Photovoltaikanlagen

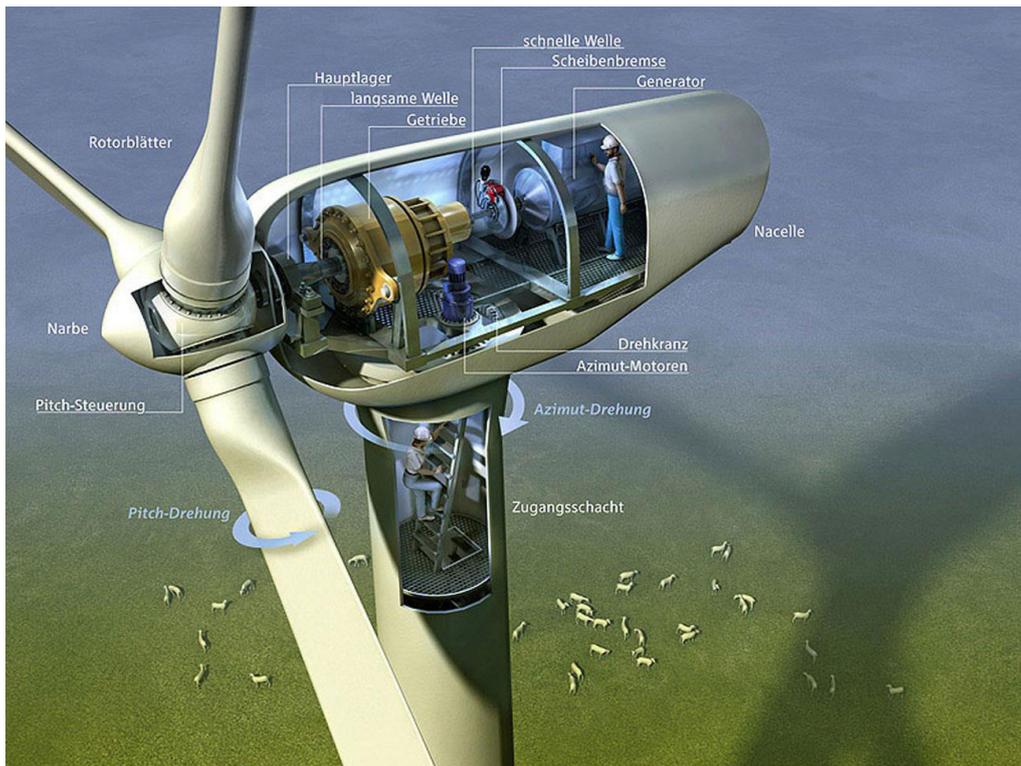
Vorteile	Nachteile
Keine Lärm oder Abgasemissionen	Hohe Anschaffungskosten
Unerschöpfliche Quelle	Relativ grosser Flächenbedarf
Sehr geringer Wartungsaufwand	Keine Stromproduktion bei schlechtem Wetter
Unabhängigkeit dank eigenem Strom	



# Windkraftwerke

## 4.1 Funktionsweise von Windkraftwerken

Wie im Namen des Kraftwerks zu erkennen ist, wird das Windkraftwerk mit dem Wind angetrieben. Dies geschieht, indem der Wind auf die Rotorblätter, welche am Rotor befestigt sind, aufprallen und den Rotor so in Bewegung setzen.



Der vom Wind angetriebene Rotor bringt die Kraft der Bewegung über das Getriebe in den Generator. Im Generator wird diese Bewegung in eine Wechselspannung transformiert. Wichtig zu wissen ist, dass der ganze Kopf der Anlage, wie auch die Rotorblätter beliebig gedreht werden können. Dies wird je nach Windrichtung und/oder Windstärke vom Unterhalter der Anlage gesteuert. In den neuesten Anlagen geschieht diese Steuerung über Sensoren, was bedeutet, dass viel Zeit gespart werden kann. Der erzeugte Strom wird anschliessend an einen Transformatoren gebracht und dort auf unser Stromnetz angepasst, dass dieser dann auch ins Netz gespeist werden kann.

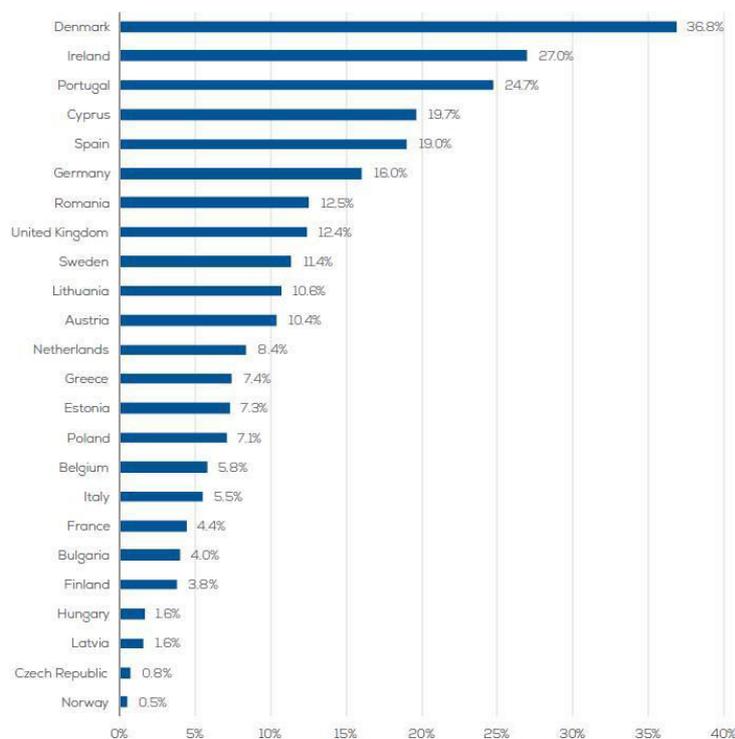


Auf diesem Bild ist ein Rotorblatt des grössten Windrades der Welt zu sehen. Das ganze Windrad hat einen Durchmesser von 180m und ist somit fast 30m grösser als das London Eye.

## 4.2 Windenergie Weltweit

Dank den sinkenden Produktionskosten und einem rasantem technischen Fortschritt ist die Nutzung von Windenergie global attraktiver geworden. Seit den 80er Jahren sind die Windkraftwerke um ein Vielfaches gewachsen und gleichzeitig auch wesentlich effizienter geworden. Ende 2011 betrug die Gesamtleistung aller Windkraftwerke der Welt rund 238'000 MW. Das ist mehr als 10-mal so viel wie im Jahre 2001. In einem durchschnittlichen Jahr liefern die Anlagen so viel Strom, dass rund 150 Millionen Haushaltungen nach schweizerischem Durchschnittsverbrauch versorgt werden könnten.

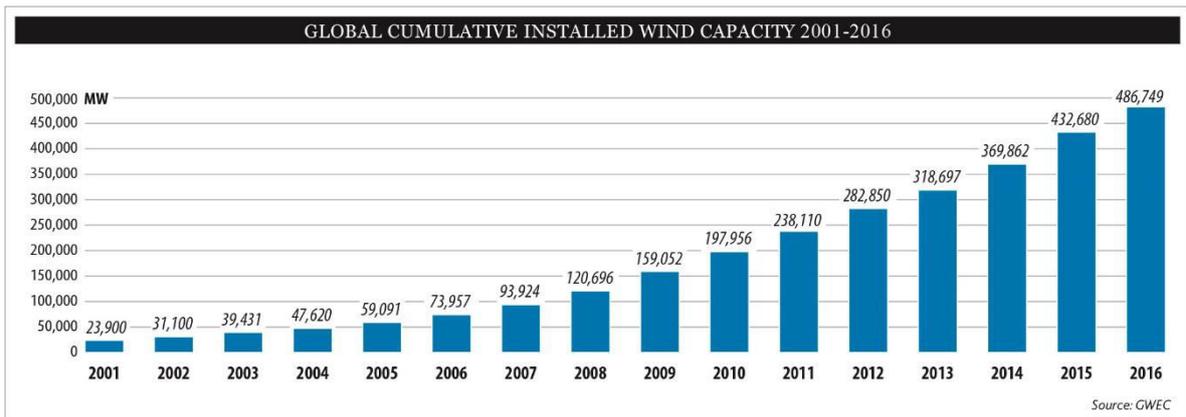
Wind penetration rates in European countries\*



Source: WindEurope

Die Windbranche in Europa ist sehr gut entwickelt. Die nebenstehende Grafik zeigt die aktuellsten Zahlen der installierten Leistung. Ende 2016 stammte 10.4% des Gesamtstromverbrauchs in Europa von Windkraftwerken. Davon kommen ca. 1.5% von Offshore-Anlagen. Offshore-Anlagen sind Windkraftwerke, welche auf offener See stehen. 2016 betrug der Anteil von Windstrom in Dänemark 36.8%, was sie zum europäischen Spitzenreiter in Sachen Windenergie krönt. Im Jahre 2016 betrug der Anteil der Windenergie über 3% des gesamten weltweiten Stromverbrauchs.

China, USA, Deutschland, Indien, Spanien und England sind die sechs Länder, die den weltweiten Windenergiemarkt dominieren. China ist nach wie vor der bedeutendste Markt. Die höchsten Wachstumsraten sind in Asien zu erkennen. In Asien ist der Windstromanteil in einigen Ländern sehr hoch.



Auf dieser Grafik ist die weltweit hergestellte Leistung durch Windenergie von 2001-2016 zu sehen. In nur 15 Jahren wurde die hergestellte Leistung verzwanzigfacht.

#### 4.3 Windenergie in der Schweiz

Ende 2015 waren in der Schweiz 37 Gross-Windenergieanlagen installiert. Sie produzierten eine Leistung von insgesamt 75MW. Dies entspricht weniger als 0.2% des gesamten Stromverbrauchs der Schweiz.

Die grösste Windkraftanlage ist der JUVENT Windpark. Er liegt in Saint-Imier. Insgesamt besteht er aus 16 Windrädern.



Von 2011-2015 wurden Energien zwischen 39 und 57 Mio. Kilowattstunden im JUVENT Windpark erzeugt. Die Produktion im Jahre 2017 wird auf ca. 70 Mio. KWH geschätzt.

#### 4.4 Vor- und Nachteile des Windkraftwerkes

Vorteile	Nachteile
Kein CO2 Ausstoss	Transport der Windräder aufwändig
Unerschöpfliche Quelle	Strom wird nur an Windigen Tagen erzeugt
Benötigt wenig Platz	Relativ starke Geräuschkulisse; Abstand zu Wohngebieten erforderlich
Schafft viele Arbeitsplätze, derzeit ca. 70'000 in der EU	Kann Landschaftsbild zerstören



# Fazit

## 5. Fazit

Elektrizitätserzeugung 2015	zu Vorjahr	Produktion GWh	Anteil
<b>Wasserkraft</b>	<b>+4.5%</b>	<b>39'486</b>	<b>59.9%</b>
Kernkraftwerke	-17.8%	22'095	33.5%
Thermische Kraftwerke	+8.7%	2'660	4.0%
Photovoltaikanlagen	+32.9%	1'119	1.7%
Bio-, Klär- und Deponiegas	+3.8%	303	0.4%
Holz- und Spezialfeuerungen	-32.6%	184	0.3%
Windanlagen	+8.9%	110	0.2%
<b>Total</b>	<b>(-5.3%)</b>	<b>65'957</b>	<b>100%</b>

Wie in der Grafik zu sehen ist, dominiert der von Wasserkraft erzeugte Strom in der Schweiz sehr. Dies aus gutem Grund. Die Schweiz ist das perfekte Land für Stauseen. Dazu kommt, dass die Wasserkraftwerke viele gravierende Vorteile mit sich bringt. Im Moment wird sich in der Schweiz häufig die Frage gestellt, ob unsere Kernkraftwerke heruntergefahren werden sollen. Dies ist aus unserer Sicht im Moment eher undenkbar, da immerhin ein ganzer Drittel des ganzen Stromes in unserem Netz von Kernkraftwerken stammt. Unser klarer Favorit ist das Wasserkraftwerk. Nicht nur, weil es unter Umständen Katastrophen verhindern kann und im Extremfall somit auch Leben retten kann. Sondern auch weil es eine Stromquelle mit Verlass ist und die Erzeugung des Stromes keine Umweltverschmutzung betreibt.

# Quellenangabe

1 Kernkraftwerke:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk\\_M%C3%BChleberg](https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk_M%C3%BChleberg)

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

<https://www.kernenergie.ch/de/so-funktioniert-ein-kernkraftwerk-content---1--1254--345.html#top>

<https://kernenergie.technology/vor-und-nachteile-der-kernenergie.html>

Bilder: Google Bilder

2 Wasserkraftwerke:

<https://www.swv.ch/Fachinformationen/Wasserkraft-Schweiz>

[https://de.wikipedia.org/wiki/Lac\\_des\\_Dix](https://de.wikipedia.org/wiki/Lac_des_Dix)

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

<https://www.planet-schule.de/sf/multimedia-interaktive-animationen-detail.php?projekt=wasserkraftwerk>

Bilder: Google Bilder

3 Photovoltaikanlagen

<http://sms.ckw.ch/content/ckwsms/de/startseite/mittelstufe/solaranlage-erklaert.html>

<http://www.solarbranche.de/ausbau/welt>

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

Bilder: Google Bilder

4 Windkraftwerke

<http://www.suisse-eole.ch/de/windenergie/statistik/>

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

<http://www.juvent.ch/%C3%BCbersicht.html>

Bilder: Google Bilder

5 Fazit

<https://www.swv.ch/Fachinformationen/Wasserkraft-Schweiz/Stromproduktion>