





Energiewende in der Schweiz

Sehr geehrte Damen und Herren, in der letzten Lektion L2 haben wir unter anderem gesehen, wie sich der Elektrizitätsverbrauch in 2011 in der Schweiz monatlich entwickelt hat. In dieser Lektion schauen wir uns nun die verschiedenen Möglichkeiten an dieser schwankenden Nachfrage in der Schweiz nachzukommen.

Notes

Summary



0m 03s

# Elektrizität je nach Anwendung 2011

[kWh/Einwohner]

1000

800

600

400

200

0

J

F

M

A

M

J

J

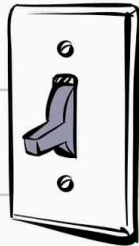
A

S

O

N

D



- Mobilität (el.)
- Industrie (el.)
- Warmwasser (el.)
- Wärmepumpe (el.)
- Elektroheizung (el.)
- Andere (el.)

Energiewende in der Schweiz

Hier sehen wir nochmals den Elektrizitätsverbrauch pro Einwohner und je nach Anwendung in Kilowattstunde und pro Monat dargestellt. Durch die gestrichelte Linie hier markieren wir nun den monatlichen Elektrizitätsverbrauch in 2011. Wir werden nun in den folgenden Bildern die farbigen Balken der Nachfrage ausblenden und zeigen, mit welchen Mitteln wir in der Schweiz dieser monatlichen Nachfrage nachkommen.

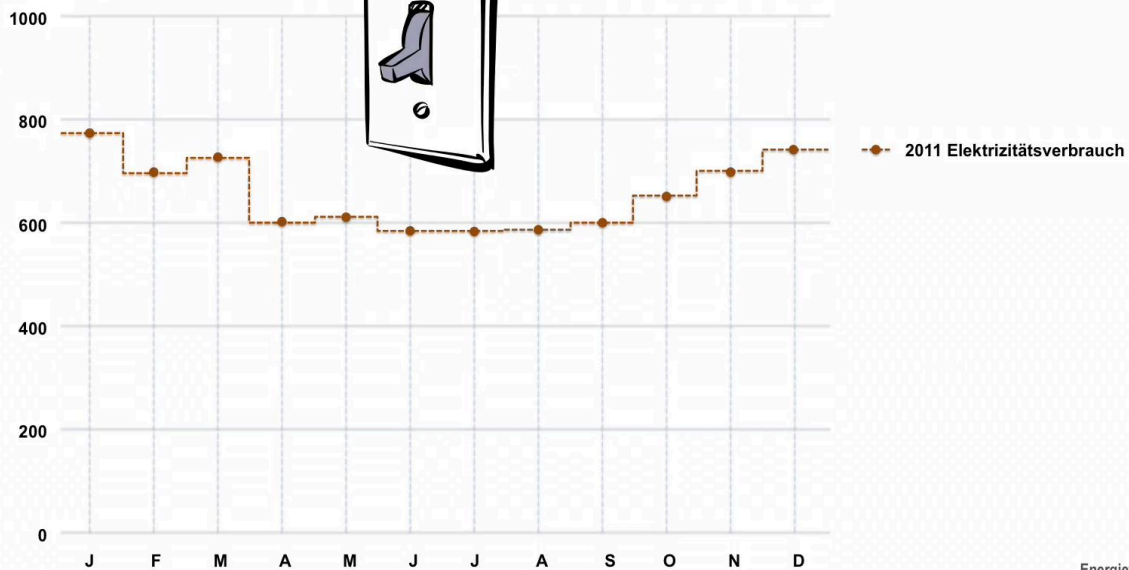
Notes

Summary



# Elektrizitätsverbrauch 2011

[kWh/Einwohner]



Energiewende in der Schweiz

Die Schweiz ist bekannt dafür, das europäische Wasserschloss zu sein. Wie wir sehen werden, ist Wasserkraft für uns eine sehr wichtige Energiequelle für die Elektrizitätsversorgung. Die Produktion durch Wasserkraft wird in zwei Kategorien aufgeteilt; in Laufwasserkraftwerke und in Speicherwasserkraftwerke.

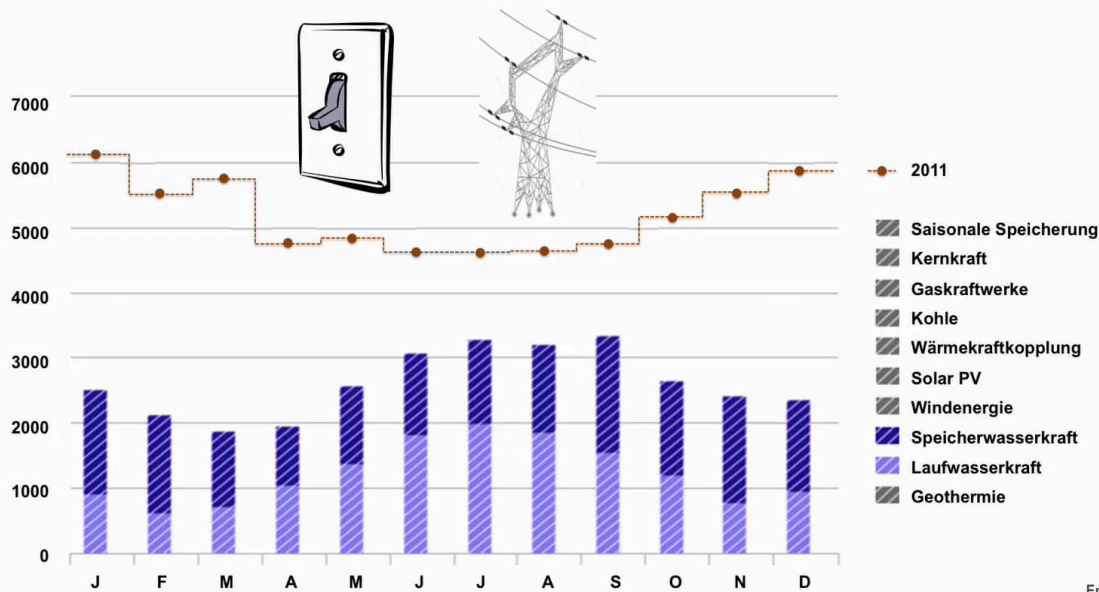
Notes

Summary



# Elektrizitäts-Verbrauch und -Produktion

[GWh]



Energiewende in der Schweiz

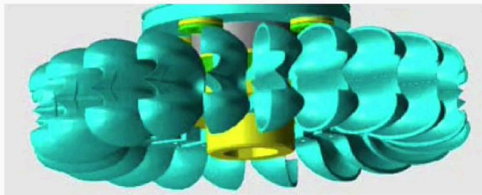
Laufwasserkraftwerke nutzen kleine Höhenunterschiede in Flüssen aus um daraus Elektrizität zu produzieren. Ihre Produktion wird hier mit den hellblauen Balken dargestellt. Wie Sie sicher schon beobachtet haben, führen Flüsse im Winter wesentlich weniger Wasser als im Sommer, da im Winter ein Teil der Niederschläge als Schnee oder Eis in den Bergen liegen bleibt. Durch die wärmeren Temperaturen im Sommer schmelzen Schnee und Eis in den Bergen und die Flüsse schwellen an und das schlägt sich natürlich direkt auf die Elektrizitätsproduktion nieder, wie Sie hier mit den monatlichen Schwankungen sehen können. Mit den dunkelblauen Balken fügen wir nun auch die Produktion von Speicherwasserkraftwerken hinzu wie zum Beispiel der Grimselstausee im Berner Oberland oder die Grand Dixence im Wallis. Diese Produktion schafft es leider nicht, die saisonalen Schwankungen der Laufwasserkraftwerke zu glätten, weil die Kapazität der Stauseen zu klein ist, um während der Sommerzeit das ganze Schmelzwasser zu speichern, um dies dann nur im Winter zur Produktion zu benutzen. Um ein Überlaufen der Stauseen zu verhindern, muss dann eben auch im Sommer Wasser durch die Turbinen gelassen werden.

Notes

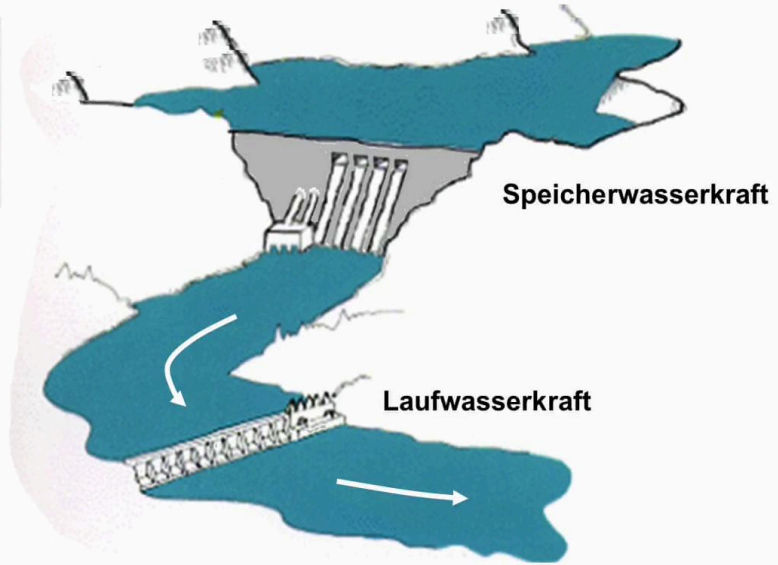
Summary



# Elektrizität aus Wasserkraft



**Wasserkraft**



Energiewende in der Schweiz

Auf diesem Bild sehen wir nur die beiden Kategorien von Wasserkraftwerken. Die Stauseen hinter den Staumauern vor allem in den Bergen, die Laufwasserkraftwerke hingegen vor allem im Mittelland, wo die Gewässer flacher sind. Die Turbinen, die für die beiden Wasserkraftwerke benutzt werden, unterscheiden sich markant. Für die Speicherkraftwerke, wo Wasser aus großer Höhe und daher mit großem Druck zur Verfügung steht, werden sogenannte Pelton-Turbinen eingesetzt, die aus einer Reihe von löffelartigen Schaufeln bestehen. Der Wasserstrahl prallt mit hoher Geschwindigkeit auf diese Schaufeln auf und treibt so die Turbine an, die ihrerseits einen Generator für die Umwandlung in Elektrizität antreibt. Diese Art Turbine kann nicht zum Pumpen benutzt werden.

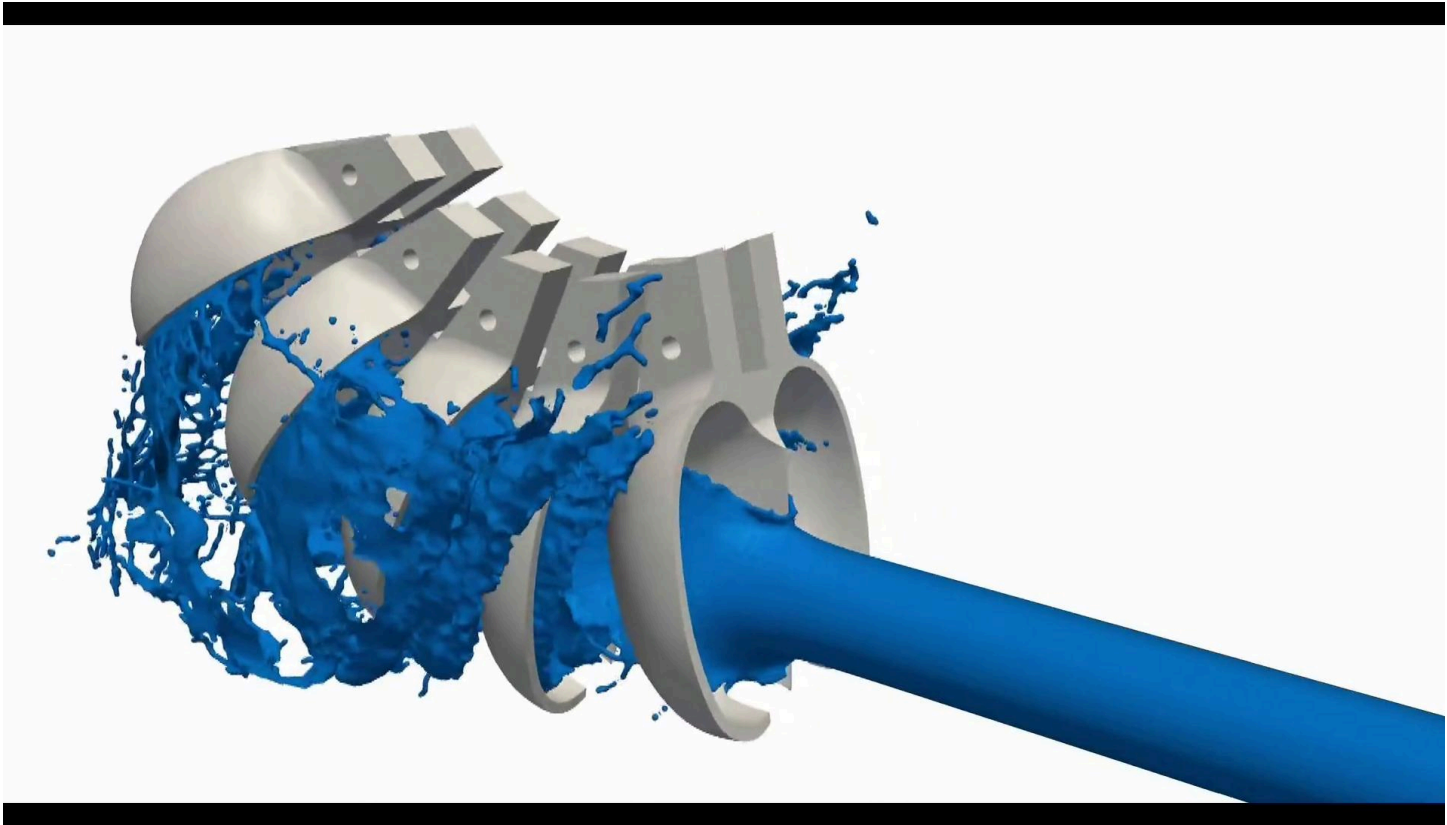
Notes

Summary



2m 33s





Dieser Film zeigt schematisch, wie der Wasserstrahl aus der Düse, hier blau dargestellt, auf die Peltonschaufel auftrifft und umgelenkt wird.

Notes

Summary

3m 27s





Beobachten Sie die Aussparung in den Schaufeln, die so ausgelegt ist, dass ein möglichst harmonischer und effizienter Übergang von Schaufel zu Schaufel möglich wird. Wie bereits erwähnt, werden Pelton-Turbinen vor allem bei sehr hohen Gefällen eingesetzt.

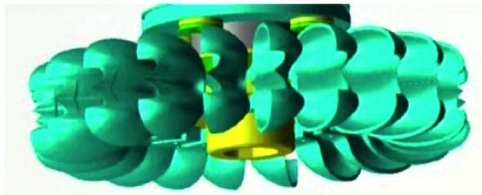
Notes

Summary

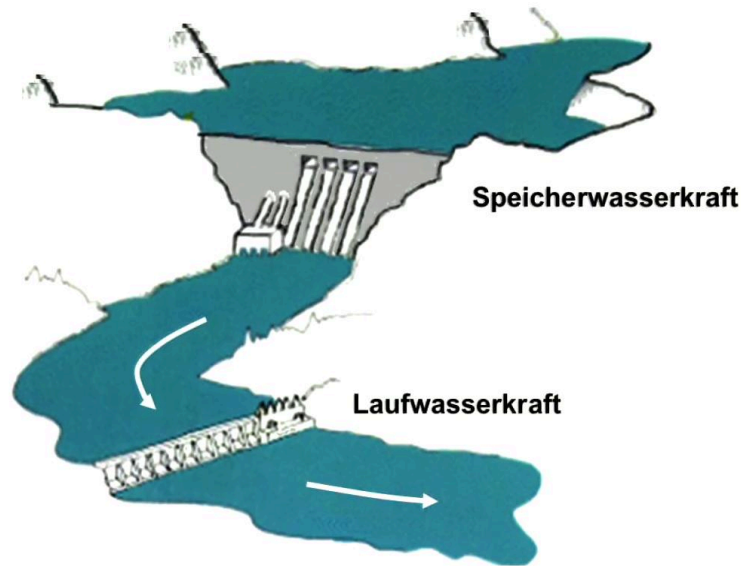
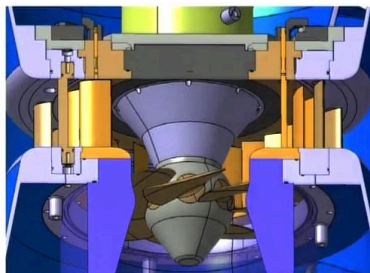


3m 37s





**Wasserturbinen**



Energiewende in der Schweiz

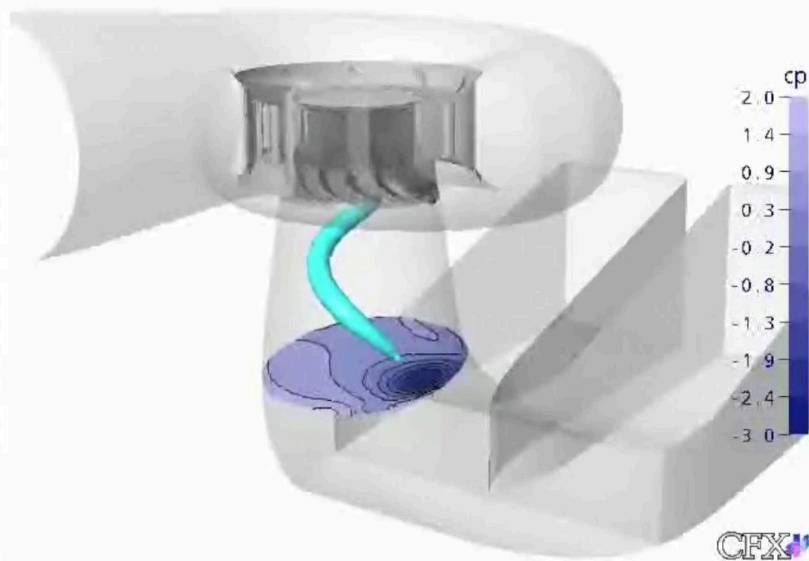
Im Gegensatz zu den Speicherwasserkraftwerken benutzen Laufwasserkraftwerke keine Pelton-Turbinen, sondern sogenannte Kaplan-Turbinen, die eher an einen großen Schiffspropeller erinnern. Die Turbinen sind sehr gut an die schwachen Gefälle von Laufwasserkraftwerken angepasst. Im Bild hier sieht man, wie das Wasser radial einströmt, axial umgelenkt wird und schließlich durch die Schaufeln gedrückt wird, die den Rotor und schließlich den Generator antreiben.

Notes

Summary



3m 52s



Energiewende in der Schweiz

Für mittlere Gefälle werden sogenannte Francis-Turbinen eingesetzt, die aus einem Rad mit geschlossenen und geschwungenen Kanälen besteht. Auch hier fließt das Wasser radial ein und wird um 90 Grad umgelenkt, wo es dann in axialer Richtung ausströmt, wie man in diesem Film sehen kann. Durch den tiefen Druck in der Mitte des Austrittsstrudel kommt es in diesen Turbinen im Austritt oft zu einer Dampfblase, die hier hellblau dargestellt ist. Diese Turbinen können sowohl als Turbine wie auch als Pumpe dienen und werden daher häufig in Pumpspeicherkraftwerken eingesetzt.

Notes

Summary

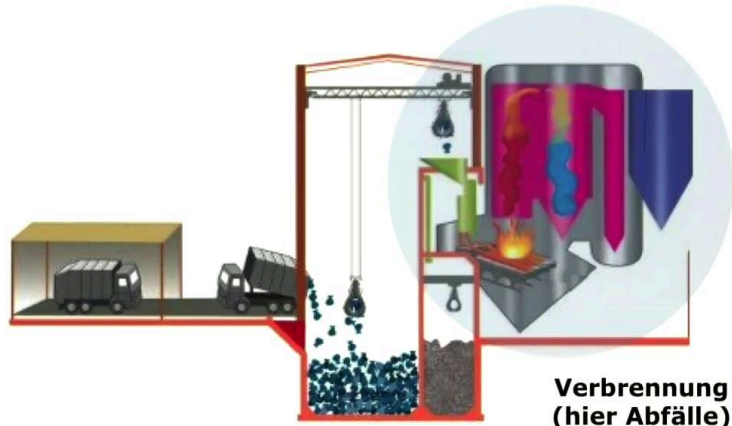


4m 24s

## Hauptwärmequellen



**Kernspaltung  
(Uran, Plutonium)**



**Verbrennung  
(hier Abfälle)**

Energiewende in der Schweiz

Nun zur Elektrizität aus Wärme. Die industrielle Revolution hat damit angefangen, als man es geschafft hat, aus Wärme Elektrizität zu produzieren. Wärme kann auf unterschiedliche Art gewonnen werden. Rechts sehen wir eine Kehrichtverbrennungsanlage, hier sehen wir, wie Lastwagen den Abfall abladen und der dann mit einem Kran in den Verbrennungsofen eingeworfen wird, wo durch die Verbrennung dieser Abfälle Wärme gewonnen wird, die dann benutzt wird, um Dampf zu erzeugen, der durch eine Dampfturbine einen Teil dieser Wärme in Elektrizität umwandelt. Links sehen wir eine andere Wärmequelle, es handelt sich hier um einen Kernreaktor, wo Kernspaltung zu Wärme führt, die ebenfalls über eine Dampfturbine in Elektrizität umgewandelt werden kann.

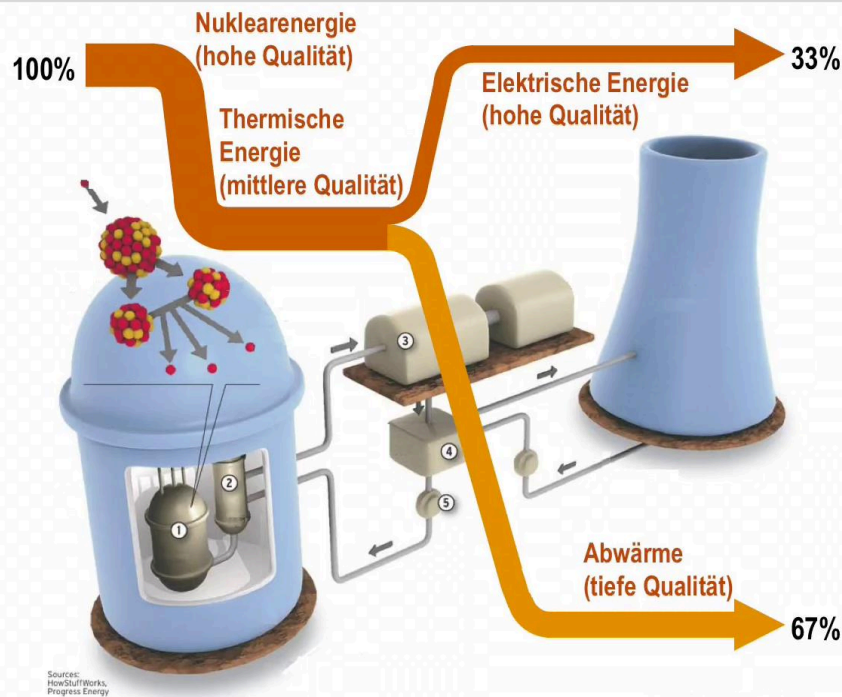
Notes

Summary



5m 02s

# Elektrizität aus Wärme



Energiewende in der Schweiz

Die Thermodynamik lehrt uns, dass nicht die ganze zur Verfügung stehende Wärme in Elektrizität umgewandelt werden kann. Der Rest, die Abwärme, muss an die Umgebung als Verluste abgegeben werden. Das kann direkt über die Atmosphäre oder über einen Fluss oder über das Meer geschehen. Im AKW Mühleberg zum Beispiel wird diese Abwärme direkt an die Aare abgegeben oder in Gösgen wird sie über eine große Kühltruhe an die Umgebungsluft abgegeben. Diese Abwärme könnte natürlich auch für Fernwärme benutzt werden. Man spricht dann von sogenannter Wärmekraftkoppelung. Bei den AKWs wird etwa ein Drittel der abgegebenen Wärme in Elektrizität umgewandelt. Zwei Drittel werden als Wärme abgegeben. Diese kann natürlich nur in beschränktem Maß für Fernwärme benutzt werden, da es sich dabei um eine sehr große Energiemenge handelt und daher nur sehr schwierig in effizienter Art und Weise zu verteilen ist.

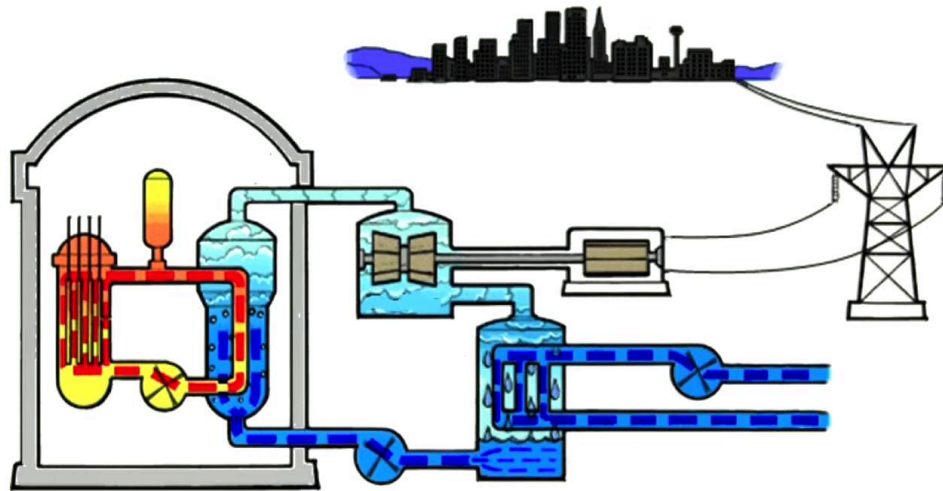
Notes

Summary



5m 59s

# Elektrizität: schematische Gesamtansicht



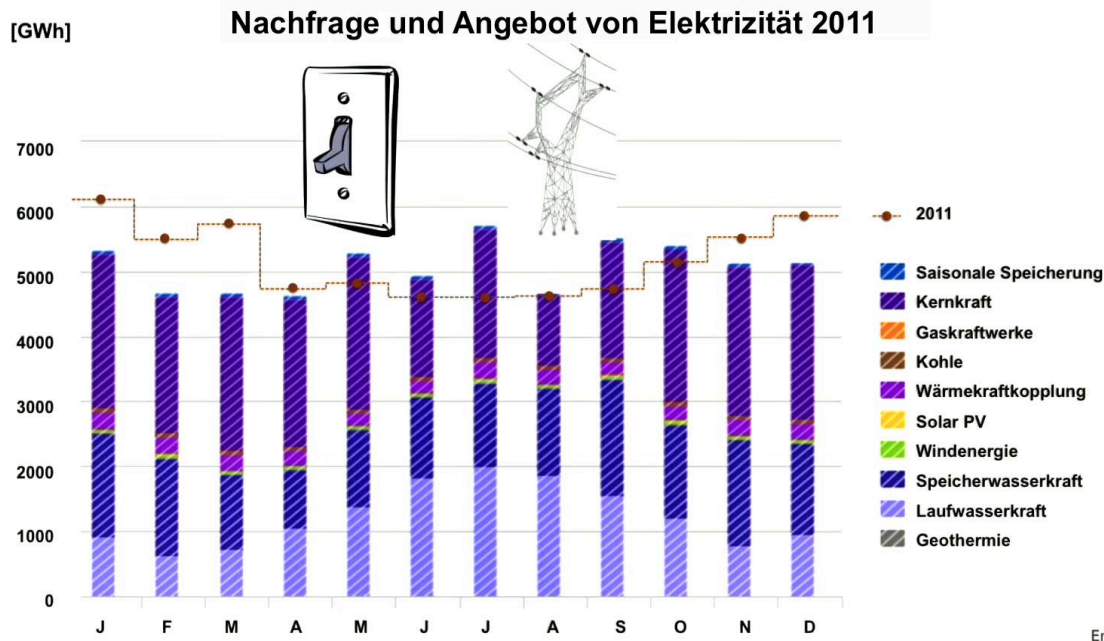
Energiewende in der Schweiz

Auf dieser Folie sehen wir ein vollständiges Bild eines Atomkraftwerkes, wo der Reaktor durch Kernspaltung Wärme produziert. Diese Wärme wird benutzt um im Kessel hier Dampf zu erzeugen unter hohem Druck. Unter hohem Druck wird dieser Dampf in die Turbine geführt, die ihrerseits den Generator antreibt. Der Generator wandelt die mechanische Energie von der Turbine in elektrische Energie um, die in das Netzwerk [eingestiesen] wird, wo die Elektrizität schließlich an die Endverbraucher verteilt wird.

Notes

Summary





Zurück zu unserem Diagramm im Swiss Energie Scope Rechner, wo wir mit den dunkelvioletten Balken den Anteil von Nuklearelektrizität zu Wasserkraft hinzufügen. Heute gibt es in der Schweiz fünf Kernreaktoren, es handelt sich dabei um Mühleberg, Gözgen, Betznau 1 und 2 und Leibstadt, die alle zusammen in 2011 knapp 50 Prozent der Produktion ausgemacht haben. Im Sommer ist die Produktion von den Atomkraftwerken leicht schwächer, da da jeweils jährliche Unterhalte durchgeführt werden. Wie bereits angetönt, gibt es in der Schweiz zusätzlich zur Nuklearenergie und Wasserkraft auch Elektrizität aus der Verbrennung von Kehrlichtverbrennungsanlagen, die zum Teil als Wärmeerkopplungs- kraftwerke betrieben werden. Diese Beiträge am schweizer Elektrizitätsangebot werden hier durch die hell violetten Balken hinzugefügt und sie machen etwa fünf Prozent der Elektrizitätsproduktion aus. Gegenüber unseren Nachbarn haben wir etwas Rückstand bezüglich Windkraftwerken und Photovoltaik Solarzellenanlagen. In 2011 haben diese beiden Quellen, hier in grün und gelb, weniger als ein Prozent der gesamten Elektrizitätsproduktion ausgemacht. Wir erinnern daran, dass die gestrichelte Linie die Nachfrage darstellt und die Balken das Angebot.

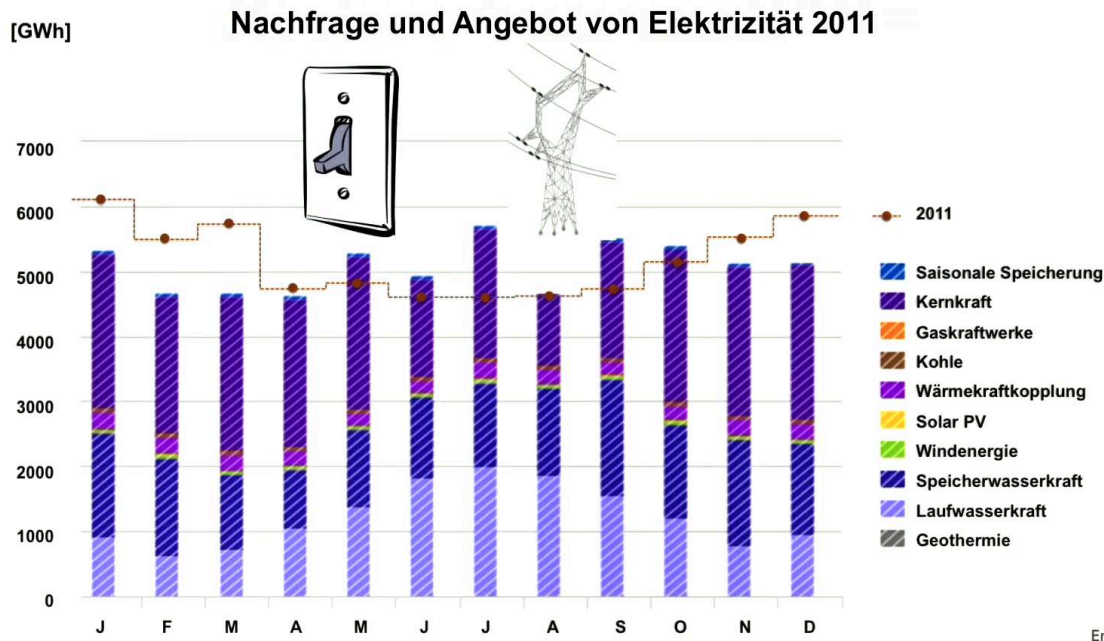
Notes

Summary



7m 35s





Das Diagramm zeigt daher klar auf, dass die Schweiz in den Sommermonaten einen Überschuss generiert, der natürlich exportiert werden kann. Im Winter besteht allerdings ein Defizit, sodass in diesen Monaten, und das ist seit etwa zehn Jahren so, Elektrizität importiert werden muss.

Notes

Summary

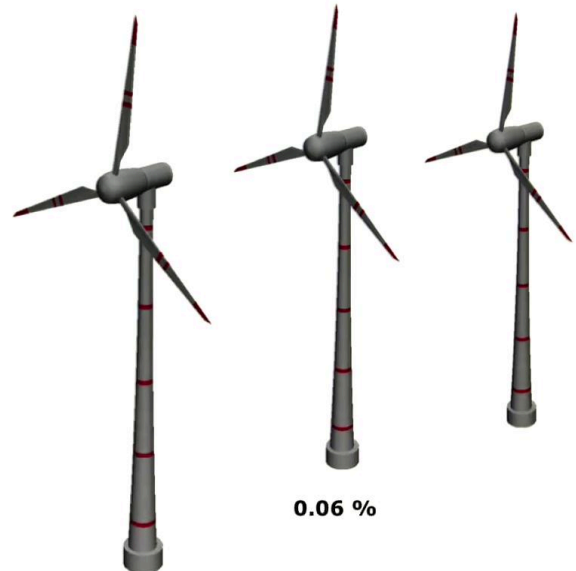


9m 05s

# Beiträge aus verschiedenen Quellen



0.25 %



0.06 %

Energiewende in der Schweiz

Wie wir bereits im Swiss Energy Scope Rechner gezeigt haben, haben erneuerbare Energiequellen wie Photovoltaik und Windenergie in 2011 nur sehr wenig zum Elektrizitätsangebot beigetragen. Photovoltaik hat da gerade mal 0,25 Prozent und Windenergie 0,06 Prozent ausgemacht. Der Anteil war noch sehr schwach, allerdings wurde das Wachstum dieser beiden erneuerbaren Energiequellen in den letzten Jahren mit Erfolg stark angetrieben, wie wir in künftigen Lektionen sehen werden.

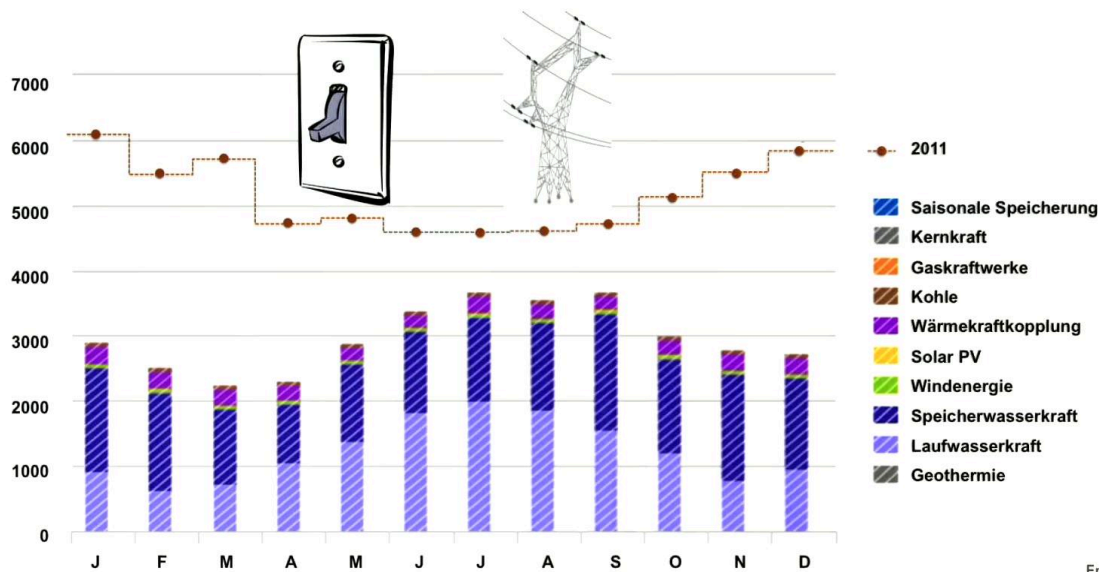
Notes

Summary



9m 27s

[GWh] Nachfrage und Angebot von Elektrizität ohne Nuklearenergie 2011



Energiewende in der Schweiz

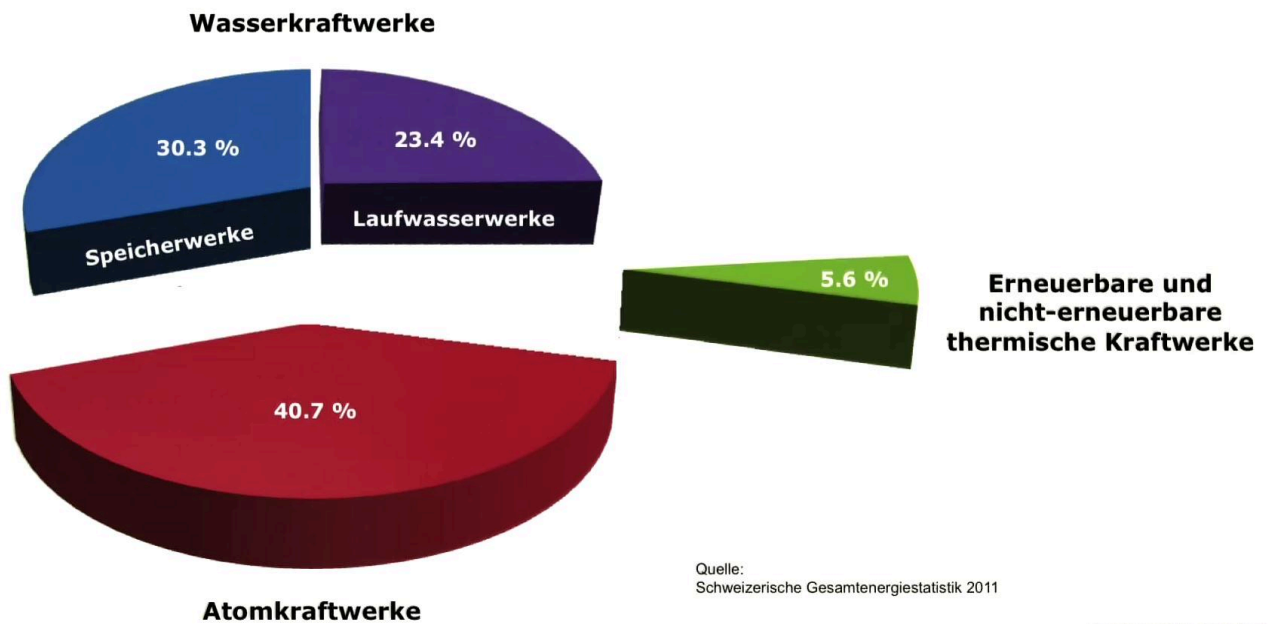
In diesem Diagramm stellen wir nun das Szenario dar, das eingetreten wäre, wenn wir in 2011 nach dem Fukushima Unfall alle AKWs in der Schweiz sofort abgestellt hätten. Es wird klar ersichtlich, dass das Elektrizitätsdefizit noch stärker geworden wäre, und wir noch viel stärker als bis anhin von Elektrizitätsimporten abhängig gewesen wären.

Notes

Summary



# Beiträge aus verschiedenen Quellen



Dieses Kuchendiagramm stellt die Beteiligung der maßgeblichen Technologien zum Angebot für schweizer Elektrizität dar. Wasserkraft, also Laufwasser und Speicherkraftwerke stellt im Jahre 2011 53,7 Prozent dar, während Atomkraft mit 40,7 Prozent zur Elektrizitätsproduktion beiträgt. Der Rest, also 5,6 Prozent, werden durch andere thermische Quellen wie zum Beispiel durch Kehrlichtverbrennungsanlagen beigesteuert.

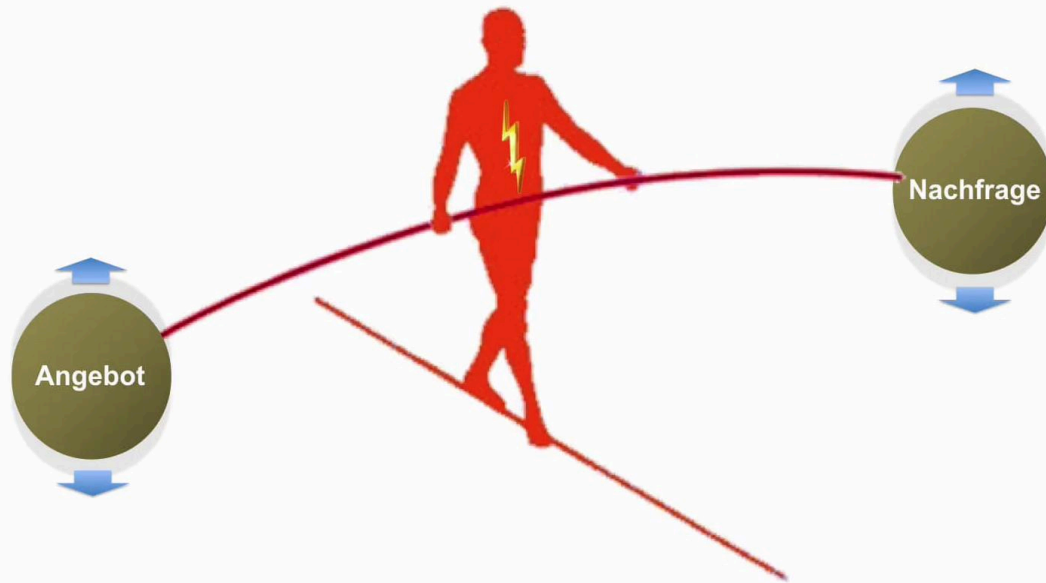
Notes

Summary



10m 29s

# Elektrizität: ein schwieriges Gleichgewicht



Energiewende in der Schweiz

Das Management von Elektrizität ist sehr schwierig, da im gleichen Moment wie verbraucht wird, auch produziert werden muss. Es ist daher sehr wichtig im europäischen Netzwerk eingebettet zu sein, um dieses Gleichgewicht wahren zu können und vor allem um gegenseitige Produktions- und Regelungsenergien effizient nutzen zu können.

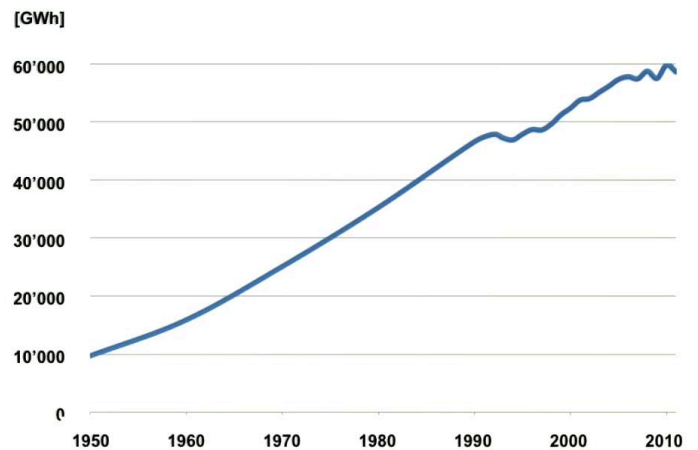
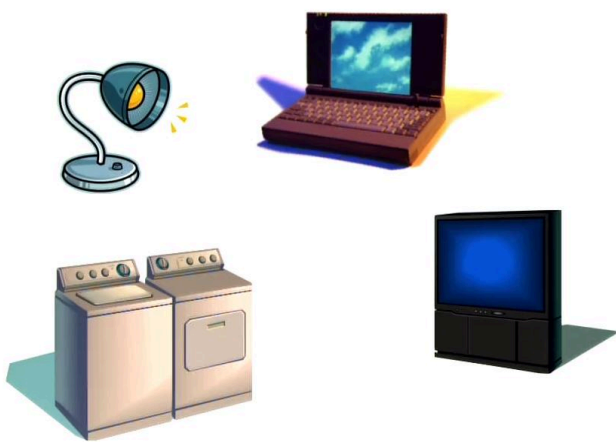
Notes

Summary



11m 00s

# Eine steigende Nachfrage nach Elektrizität



Energiewende in der Schweiz

Nichtsdestotrotz ist diese Abhängigkeit Grund zur Sorge, da der jährliche Elektrizitätsverbrauch über die letzten 60 Jahre, mit ein paar kurzen Ausnahmen, stetig zugenommen hat, wie wir in dieser Kurve sehen können. Daher ist es äußerst wichtig, diese Entwicklung in zukünftige Produktions- und Managementstrategien einfließen zu lassen, um 2050 vollständig aus der Atomkraft aussteigen zu können, ohne die Importe und unsere Abhängigkeit weiter zu steigern.

Notes

Summary

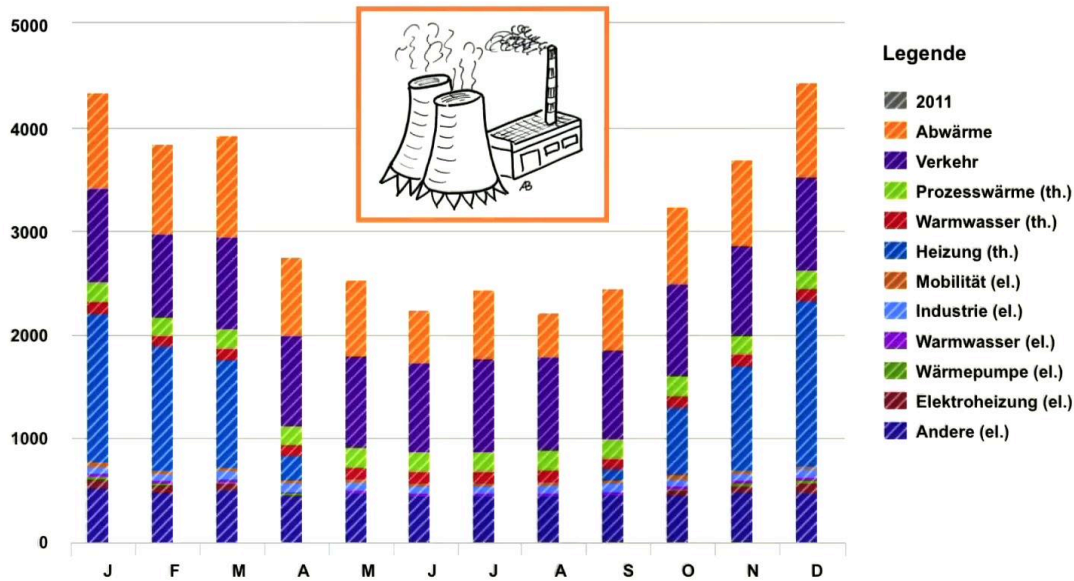


11m 23s



# Abwärme aus der Produktion von Elektrizität

[kWh/Einwohner]



Energiewende in der Schweiz

Im Rahmen einer neuen Energiestrategie ist es wichtig auch die Bedeutsamkeit der Abwärme zu erwähnen, die an die Umgebung abgegeben wird. Hier wird diese ungenutzte Abwärme durch Kühltürme dargestellt. Im Diagramm, das wir in der vorherigen Lektion zur Energienachfrage erstellt haben, stellen wir nun mit den orangenen Balken Abwärme dar, die bei der Elektrizitätsproduktion mittels thermischer Energiequellen monatlich in Kilowattstunde und pro Einwohner an die Umgebung abgegeben wird. Diese orangenen Balken stellen im Gegensatz zu den anderen Balken keine Endenergieform dar, da sie ja aus der Verbrennung von Primärenergie, also von Uran oder Treibstoffen entstanden sind. Das Ziel, Abwärme in diesem Diagramm darzustellen, ist es, aufzeigen zu können, wie wir mit zukünftigen Energieszenarien, die verfügbaren Energien besser nutzen und dabei gleichzeitig die Brennstoffimporte reduzieren könnten.

Notes

Summary





- Die unterschiedlichen Quellen zur Elektrizitätsproduktion in der Schweiz
- Die Schweiz ist im Winter defizitär und muss elektrische Energie einführen
- Die Produktion durch thermische Kraftwerke (Kehrichtverbrennungsanlagen, AKWs, ...) produzieren durch Verluste Abwärme

Energiewende in der Schweiz

In dieser Lektion haben wir nun die unterschiedlichen Energiequellen eingeführt, die in der Schweiz zur Abdeckung der Nachfrage benutzt werden. Dabei haben wir gesehen, dass Wasserkraft mit über 50 Prozent und Atomkraft mit 40 Prozent die weitaus wichtigsten Beiträge sind. Die Schweiz ist im Winter elektrisch gesehen defizitär und ist davon abhängig dann jeweils Elektrizität importieren zu können. Wir haben auch gesehen, dass bei der Elektrizitätsproduktion durch thermische Wärme Verluste entstehen, die als Abwärme an die Umgebung abgegeben werden.

Notes

Summary



12m 56s