

L16: Die Wasserkraft

Teil 1: Vorteile, Unterscheidungsmerkmale und Perspektiven

Energiewende in der Schweiz:
verstehen um besser
zu entscheiden

Prof. A. Schleiss

Mitautor P.-A. Haldi



Search MOOC



Video



- Vorteile der Wasserkraft in der Schweiz
- Unterscheidungsmerkmale der Wasserkraftanlagen
- Rolle und zukünftiger Beitrag der schweizerischen Wasserkraft im Alpenraum und in Europa
- Perspektiven
- Schlussfolgerungen



Sehr geehrte Damen und Herren, herzlich willkommen zu dieser Lektion über die *Wasserkraft*, welche der größte Elektrizitätsproduzent in der Schweiz ist. In diesem ersten Teil werden die Vorteile der Wasserkraft und die verschiedenen Typen von Wasserkraftanlagen betrachtet, und dann zum Schluss werden wir noch die Perspektiven diskutieren. Wir werden vorerst mit den Vorteilen der Wasserkraft in der Schweiz beginnen und anschließend die verschiedenen Arten und Unterscheidungsmerkmale von Wasserkraftanlagen etwas genauer ansehen. Dann werden wir die Rolle und der zukünftige Beitrag der schweizerischen Wasserkraft in der Schweiz und in Europa diskutieren. Schlussendlich gehen wir der Frage nach, ob die schweizer Wasserkraft in Zukunft vermehrt die Rolle einer Batterie im Alpenraum und in Europa übernehmen kann und welche Perspektive sie hat.

Notes

Summary



0m 03s

Vorteile der Wasserkraft in der Schweiz



Staumauer und Zentrale Ova Spin (GR)

- Erneuerbare Energie ohne direkte CO₂ - Emissionen
- Ausgezeichneter Wirkungsgrad und regulierbar gemäss Nachfrage
- Heimische Energie welche Arbeitsplätze in den Alpentälern schafft (Steuern und Wasserzinse)
- Verbesserung der Infrastrukturen und der touristischen Attraktivität
- Bedeutender Beitrag an den Hochwasserschutz

Energiewende Schweiz

Die Wasserkraft ist in der Schweiz der größte Lieferant von Elektrizität, 50-60 % unseres Bedarfes wird durch sie abgedeckt. Die schweizer Wasserkraft hat mehrere Trümpfe aufzuweisen. Sie ist eine erneuerbare Energie, ohne direkte CO₂ Emissionen, und hat einen ausgezeichneten Wirkungsgrad und ist zudem regulierbar gemäß Nachfrage. Im Weiteren handelt es sich um eine heimische Energie, welche Arbeitsplätze in den Alpentälern schafft und natürlich auch Steuern und Wasserzinse abwirft. In den Alpentälern hat die Wasserkraft die Infrastrukturen verbessert und die touristische Attraktivität erhöht. Nicht zu vergessen ist, dass sie heute einen bedeutenden Beitrag an den Hochwasserschutz leistet.

Notes



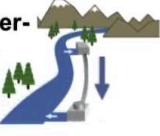

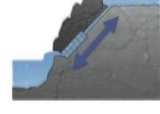



Summary



0m 55s

Kriterien zur Unterscheidung der Wasserkraftanlagen

4 Unterscheidungsmerkmale:

Anordnung	Fallhöhe	Speichermöglichkeit Nutzung des Wassers	Turbinenarten
ohne Umleitung 	 Hochdruck 200 m 160 m Mitteldruck 120 m 80 m 40 m Niederdruck (Ref.) 0 m	Laufwasser- kraftwerk  Speicher- kraftwerk  Pumpspeicher- werk 	Pelton  Francis  Kaplan Rohrturbine Straflo 

Kleinwasserkraftwerke : die installierte Leistung der Zentrale liegt unter 10 MW

Energiewende Schweiz

Die Wasserkraftanlagen können nach vier Kriterien eingeteilt, respektiv unterschieden werden, nämlich: Anordnung, Fallhöhe, Speichermöglichkeit und Turbinenarten. Zudem sprechen wir von Kleinkraftwerken, wenn die Zentrale eine Leistung unter 10 Megawatt hat. Kraftwerke mit einer Leistung unter 1 Megawatt, werden als Mini-Kraftwerke bezeichnet. Gemäß ihrer Anordnung, kann zwischen Wasserkraftanlagen ohne Umleitung und mit Umleitung unterschieden werden. Im Weiteren werden die Wasserkraftanlagen auch nach deren Nutzfallhöhen unterteilt. Man spricht von Hochdruckanlagen für Wasserkraftanlagen mit einer Fallhöhe über 200 Meter, Mitteldruckanlagen für Fallhöhen zwischen 40 und 200 Metern, sowie Niederdruckanlagen für Fallhöhen unter 40 Metern. Eine Wasserkraftanlage, welche das Wasser nicht in einem Stausee speichern kann, nennt man ein Laufwasserkraftwerk. Das Wasser wird ohne Rückhalt direkt durch die Turbine geleitet. Die Elektrizitätsproduktion hängt so direkt von der natürlichen und momentanen Wassermenge im Fluss ab. Die Speicherkraftwerke haben, wie der Name sagt, einen Speicher- oder Stausee, welcher das fließende Wasser in einem Fluss, während einer bestimmten, größeren Zeit, zurückhalten kann.

Notes


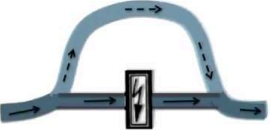
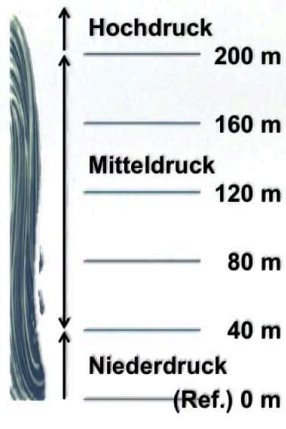






Summary



1m 47s

Kriterien zur Unterscheidung der Wasserkraftanlagen

4 Unterscheidungsmerkmale:

Anordnung	Fallhöhe	Speichermöglichkeit Nutzung des Wassers	Turbinenarten
<p>ohne Umleitung</p>  <p>mit Umleitung</p> 	 <p>Hochdruck 200 m 160 m Mitteldruck 120 m 80 m 40 m Niederdruck (Ref.) 0 m</p>	<p>Laufwasser- kraftwerk</p>  <p>Speicher- kraftwerk</p>  <p>Pumpspeicher- werk</p> 	<p>Pelton</p>  <p>Francis</p>  <p>Kaplan Rohrturbine Straflo</p> 

Kleinwasserkraftwerke : die installierte Leistung der Zentrale liegt unter 10 MW

Energiewende Schweiz

Die Elektrizitätsproduktion kann so besser an den Bedarf angepasst werden. Ein Speicherkraftwerk kann also zu einem beliebigen Zeitpunkt Spitzenergie produzieren, wenn die Nachfrage im Stromnetz am größten ist. Die Pumpspeicherwerke sind eine besondere Art von Speicherkraftwerken. Diese Anlagen haben nicht nur einen Stausee oberhalb des Kraftwerkes, aber auch ein Becken unterhalb. Das Wasser wird so, mit den Turbinen und Pumpen, zwischen den zwei Becken hin und her gewälzt. Wenn zu viel Strom vorhanden ist, wird vom Unterbecken ins Oberbecken gepumpt und wenn die Nachfrage groß ist, wird das Wasser vom Oberbecken ins Unterbecken turbinert. Schlussendlich können die Wasserkraftanlagen auch nach den Turbinenarten eingeteilt werden, wie wir schon in Lektion 2 gesehen haben. Die Hochdruckanlagen sind vorwiegend mit Pelton oder Francis-Turbinen ausgerüstet, die Mitteldruckanlagen mit Francis und die Niederdruckanlagen mit Kaplan, Rohrturbinen oder Straflo Turbinen.

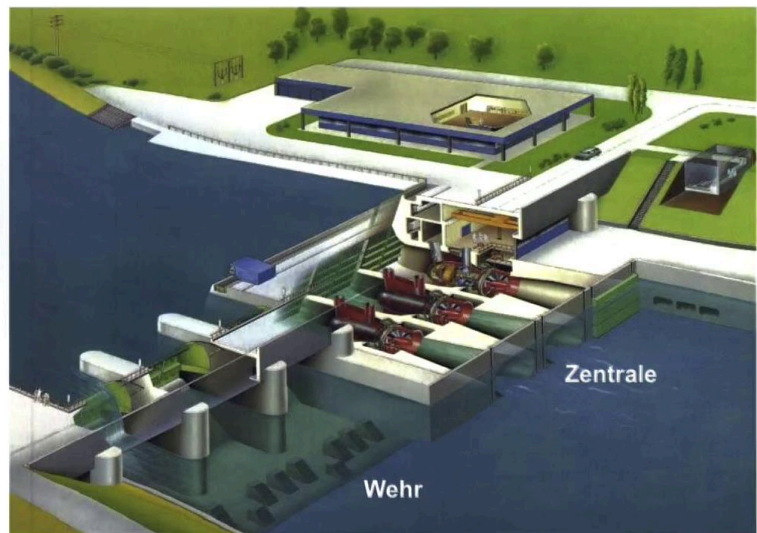
Notes

Summary



Anordnung der Wasserkraftanlage

Laufwasserkraftwerk ohne Umleitung



Energiewende Schweiz

Die Laufwasserkraftwerke ohne Umleitung von Wasser sind direkt auf dem Fluss angeordnet und bestehen aus dem Krafthaus oder Zentrale und dem Wehr. Das Wehr erhöht den Wasserspiegel oberhalb der Zentrale, dadurch entsteht eine Staukurve, welche die Erhöhung der Dämme entlang des Flussbettes, oberhalb der Zentrale erfordert. Die Fallhöhe des Laufwasserkraftwerkes wird oftmals mit einer Absenkung des Flussbettes durch Ausbaggerung unterhalb der Zentrale erhöht. Hier das Beispiel des Kraftwerkes Bremgarten Zufikon auf der Reuss. Rechts eine schematische Ansicht vom Wehr, welches die extremen Hochwasser beherrschen muss, sowie links die Zentrale mit drei eingebauten Rohrturbinen.

Notes

Summary



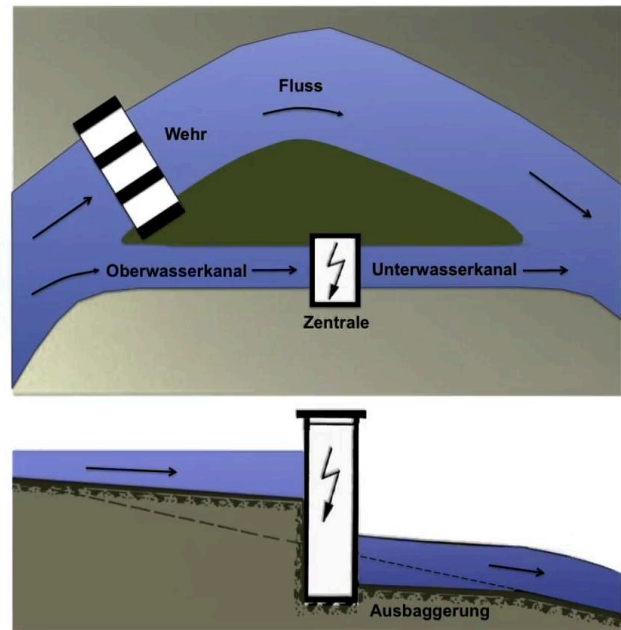
4m 30s

Anordnung der Wasserkraftanlage

Laufwasserkraftwerk mit Umleitung



Rheinfelden am Rhein (AG)



Energiewende Schweiz

Im Falle eines Laufwasserkraftwerkes mit Umleitung von Wasser, sind die Zentrale und das Wehr voneinander getrennt. Das Wehr erzeugt eine Erhöhung des Wasserspiegels, wodurch das Wasser in den Oberwasserkanal gezwungen wird. Die Zentrale kann an einem beliebigen Ort entlang dieses Oberwasserkanales angeordnet werden.

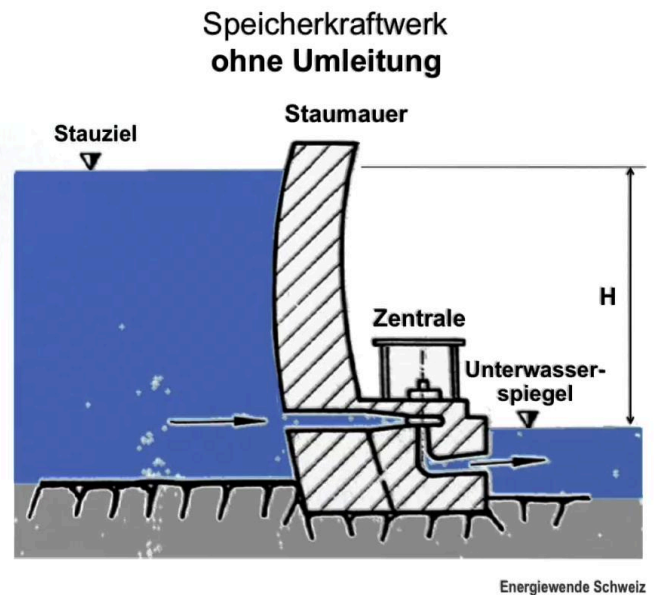
Notes

Summary



5m 21s

Anordnung der Wasserkraftanlage mit Speichermöglichkeit



Wie wir gesehen haben, haben die Speicherkraftwerke einen Stausee, welcher es erlaubt, das Wasser über einen längeren Zeitraum zurückzuhalten. Je nach Größe des Stausees, spricht man von einem Tages-, Wochen-, oder gar Jahresspeicher. Die Stauseen werden durch die Talsperren gebildet, dadurch kann die Stromproduktion unabhängig von der momentanen Wassermenge im Fluss erfolgen. Die Turbinierwassermenge kann sogar höher als der natürliche Zufluss sein. Dank den Stauseen, können Spitzenkraftwerke hochwertige Spitzenenergie erzeugen. In den schweizer Alpen können die meisten Stauseen das Wasser im Sommer zurückhalten, wenn die Zuflüsse wegen Niederschlägen, Schnee- und Gletscherschmelze groß sind. Die Stauseen werden dann im Winterhalbjahr entleert, wenn die Nachfrage nach Strom, beispielsweise wegen Heizung und Beleuchtung am größten ist. In den Alpentälern sind die Speicherkraftwerke, wie links schematisch dargestellt, die Regel. Das Wasser wird vom Stausee über ein sg. Druckwassersystem, bestehend aus Druckstollen und Druckschächten oder Druckleitungen, in die Zentrale geleitet. In den Voralpen ist das Kraftwerk oftmals direkt am Fuss der Talsperre angeordnet, wie man rechts sieht.

Notes

Summary



5m 44s

Anordnung der Wasserkraftanlage mit Speichermöglichkeit

Speicherkraftwerk
ohne Umleitung



Energiewende Schweiz

Hier das Beispiel der Staumauer Schiffenen im Kanton Freiburg, mit der Zentrale, welche sich hier direkt am Fuß der Bodenstaumauer befindet.

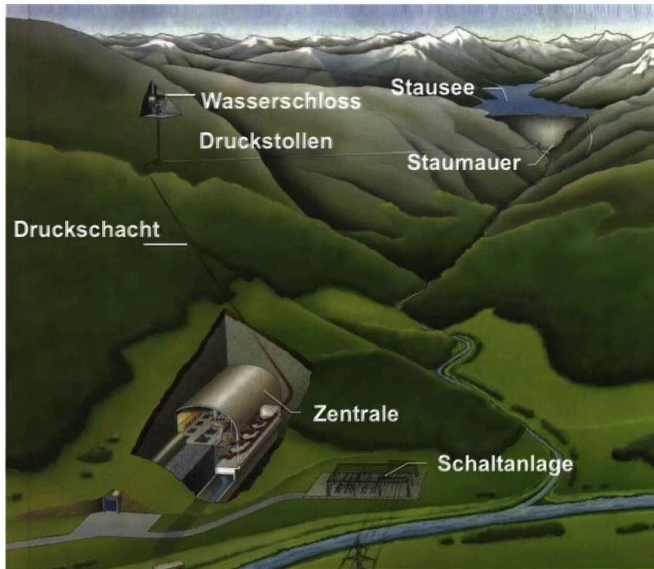
Notes

Summary

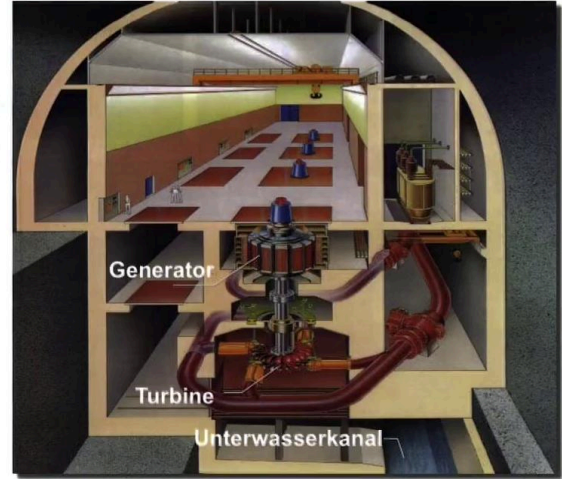


7m 10s

Anordnung der Wasserkraftanlage



Speicherkraftwerk mit Umleitung



Energiewende Schweiz

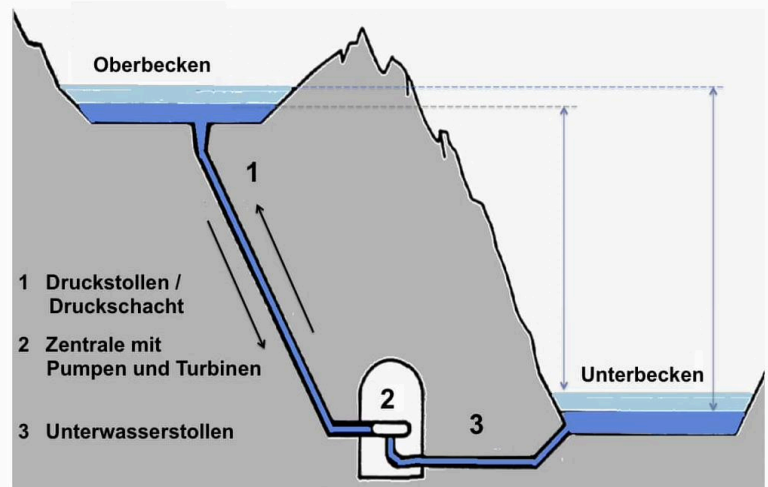
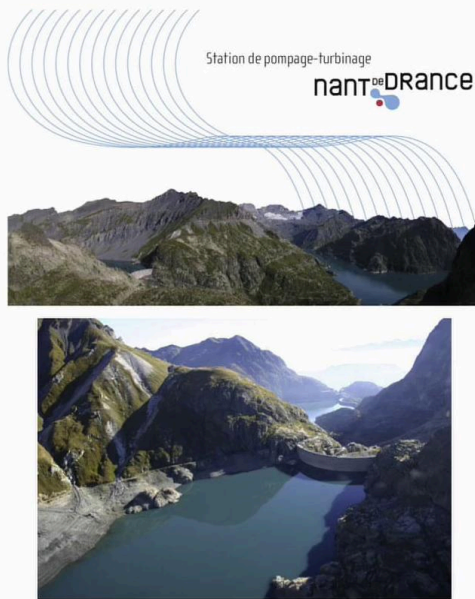
Hier sehen wir ein Beispiel eines Speicherkraftwerkes mit Umleitung des Wassers, wie es in vielen Alpentälern in der Schweiz zu finden ist. Rechts die unterirdische Kavernenzentrale, welche mit Pelton Turbinen ausgerüstet ist.

Notes

Summary



Pumpspeicherkraftwerk



Energiewende Schweiz

Betrachten wir schlussendlich die Pumpspeicherwerke, oder Umwälzwerke, wie sie auch genannt werden. Während Zeiten des Stromüberschusses, wird das Wasser vom Unterbecken ins Oberbecken gepumpt. Anschließend, zur Zeit der großen Stromnachfrage, wird das im Oberbecken gespeicherte Wasser über die Turbinen ins untere Becken zurück turbinert. Der Pumpspeicherbetrieb ist wirtschaftlich, wenn der Strom zum Pumpen sehr günstig eingekauft werden kann und der erzielte Stromverkaufspreis beim Turbinieren wesentlich höher ist. Die Differenz auf dem freien Strommarkt, erzielt den Verkaufspreis der Spitzenenergie und den Kosten für das Pumpen, müssen es erlauben, die relativ hohen Investitionskosten für die Pumpspeicherwerke zu amortisieren.

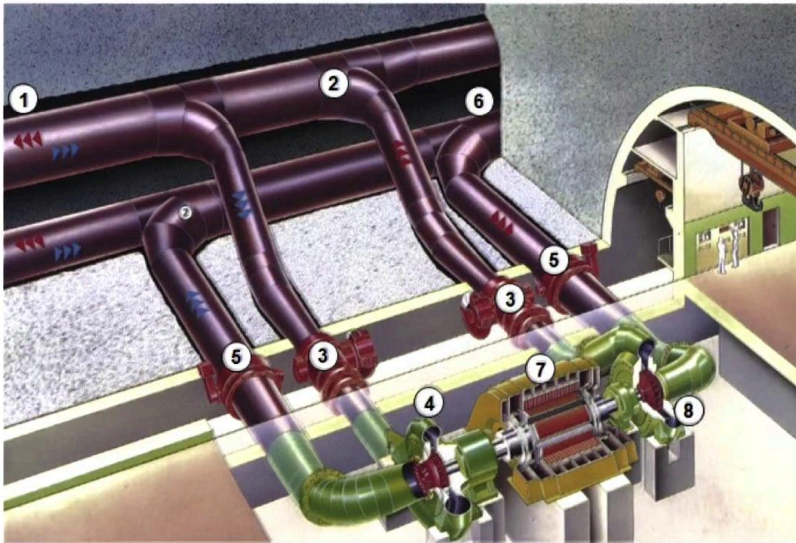
Notes

Summary



7m 37s

Pumpspeicherkraftwerk



1. Druckleitung
2. Verteilleitung
3. Kugelschieber
4. Turbine
5. Drosselklappe
6. Unterwasserleitung
7. Motor - Generator
8. Pumpe

▶▶▶ Turbinieren
◀◀◀ Pumpen

Energiewende Schweiz

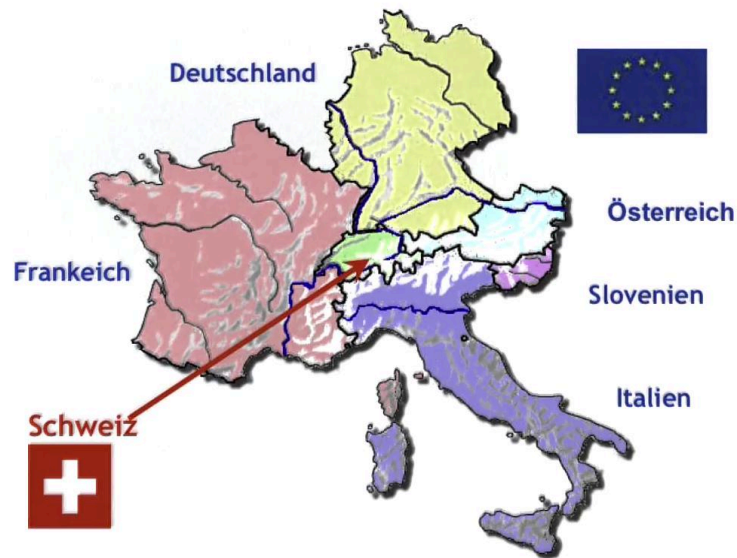
Hier sehen wir schematisch, das Innere der Zentrale eines Pumpspeicherwerkes. Die Maschinengruppe besteht aus einer Pumpe und einer Turbine, welche an eine gemeinsame elektrische Maschine angeschlossen ist, welche beim Turbinieren als Generator und beim Pumpen als Motor funktioniert.

Notes

Summary



Situation im Alpenraum und in Europa



Energiewende Schweiz

Betrachten wir kurz die besondere Rolle der schweizer Wasserkraft im Alpenraum und in Europa. Der Alpenraum hat die größten Wasservorräte in Mitteleuropa und dementsprechend ist auch das Wasserkraftpotential sehr groß.





Notes

Summary



8m 51s

Wasserkraft im Alpenraum und in Europa: Speicherenergie

		Speichererzeugung [GWh/a]	in % der Wasserkrafterzeugung
Deutschland		~ 800	5%
Österreich		12'015	32%
Frankreich		~ 12'000	17%
Italien		16'871	36%
Slovenien		-	-
Schweiz		18 462	53%

* gemäss Hydropower&Dams, World Atlas 2012

Energiewende Schweiz

Hier sehen wir die mittlere jährliche Jahreserzeugung und die installierte Leistung der Wasserkraftwerke in den verschiedenen Alpenländern. Obwohl die Produktion und Leistung der Wasserkraftwerke in Frankreich im Alpenraum am größten ist, wird dort nur 8,5 % des benötigten Stromes durch die Wasserkraftwerke produziert. In Österreich wird mit 62 % der größte Bedarf mit Wasserkraft gedeckt, gefolgt von der Schweiz mit 56 %. Auch in Italien wird viel Strom mit Wasserkraft produziert. Wenn wir aber die Speicherenergie aus den Stauseen betrachten, erzeugt die Schweiz mehr als die Hälfte seines Stromes in Speicherkraftwerken und ist mit 18 500 Gigawattstunden der größte Lieferant von Spitzenenergie in Europa, gefolgt von Italien. Dank den günstigen Topographieverhältnissen, können auch Österreich und Frankreich eine erhebliche Menge von Spitzenstrom von etwa 12 000 Gigawattstunden pro Jahr produzieren.

Notes

Summary



9m 06s

Besondere Stellung der schweizerischen Wasserkraft

Dank den vielen Stauseen kann die Schweizer Wasserkraft einen grossen Anteil an regulierbaren Speicherenergie erzeugen



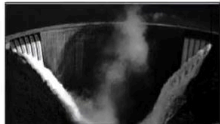
Grande Dixence (285m)



Mauvoisin (250m)



Luzzzone (225m)



Contra (220m)



Emosson (180m)



Zeuzier (156m)



Göscheneralp (155m)



Curnera (155m)



Zervreila (151m)

**Rund 200 grosse
Talsperren höher als
15 m**

**9 Talsperren sind
höher als 150 m**

Energiewende Schweiz

Dank den vielen und hoch gelegenen Stauseen, kann die schweizer Wasserkraft in Zentraleuropa eine bedeutende Rolle als Spitzenstromlieferant spielen. In der Schweiz wurden rund 200 große Talsperren gebaut, welche höher als 15 Meter sind. Kein anderes Land in Europa hat mehr große Talsperren mit einer Höhe über 150 Meter, nämlich 9 insgesamt. Darunter befindet sich die Staumauer "Grande Dixence", welche mit 285 Metern Höhe, immer noch die größte Betongewichtsmauer der Welt ist. Mit der großen Speicherkapazität, dank seiner Stauseen, kann die Wasserkraft in der Schweiz als Batterie im Alpenraum und in Europa angesehen werden.

Notes

Summary

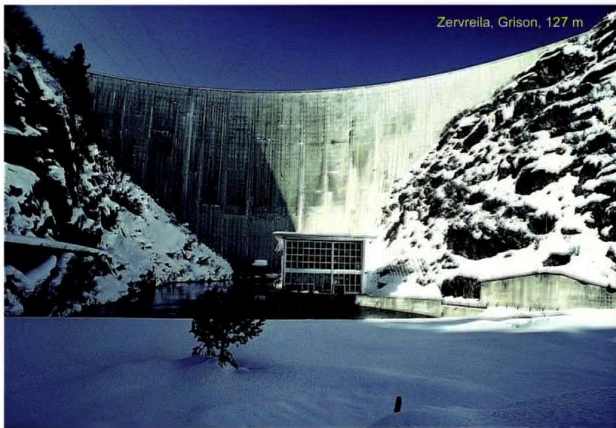


10m 10s

Perspektiven der Wasserkraft in der Schweiz

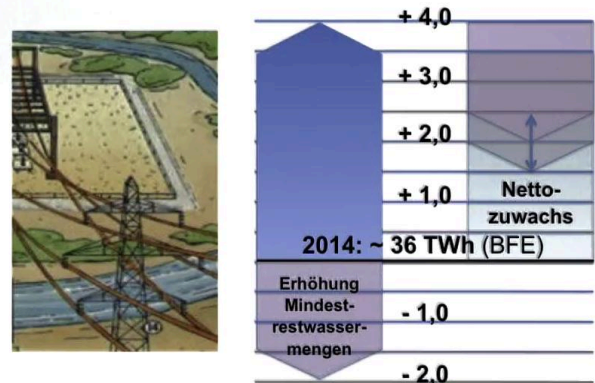
Beitrag der Schweizer Wasserkraft als Batterie im Alpenraum und in Europa

Realistisches Potenzial gemäss Potenzialstudien bis 2050*



* Elektrowatt-Ekono (2004) und BFE (2012)

Jahresproduktion Elektrizität [TWh]



Energiewende Schweiz

Welches sind die Aussichten für die Wasserkraft in der Schweiz und welchen Beitrag kann sie als Batterie in den Alpen für Europa leisten? Das technische Potential der Wasserkraft ist in der Schweiz schon mehr als zu 85 % ausgenutzt. Die meisten der großen Speicherkraftwerke wurden vor 50-60 Jahren gebaut. Wie wir gesehen haben, produzieren diese Kraftwerke hochwertigen Spitzenstrom, zur Zeit des größten Strombedarfs im europäischen Netz. Dies kann ein großer Wettbewerbsvorteil im Stromhandel sein. Um diese wertvolle und erneuerbare Spitzenenergie zu erhalten, müssen in den nächsten Jahrzehnten die Wasserkraftanlagen in den Alpentälern modernisiert und womöglich erweitert werden. Es geht vor allem darum, die Flexibilität dieser Anlagen durch Leistungs- und Talsperrenerhöhungen zu verstärken. Ziel dieses Ausbaus muss eine bessere Wirtschaftlichkeit sein, was im vollständig liberalisierten und privatisierten Strommarkt von größter Bedeutung ist. Gemäß verschiedenen Studien, ist das Vergrößerungspotential, der mittleren jährlichen Stromproduktion bis 2050, mit 3-4 Terrawattstunden relativ gering und nur unter günstigen Rahmenbedingungen realisierbar.

Notes

Summary



Perspektiven der Wasserkraft in der Schweiz

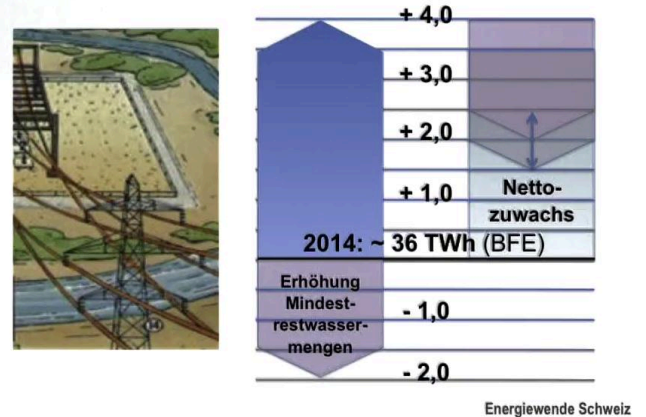
Beitrag der Schweizer Wasserkraft als Batterie im Alpenraum und in Europa

Realistisches Potenzial gemäss Potenzialstudien bis 2050*



* Elektrowatt-Ekono (2004) und BFE (2012)

Jahresproduktion Elektrizität [TWh]



Dies entspricht einer Steigerung von maximal 10 % gegenüber der heutigen Jahresproduktion. Hingegen werden die Anforderung des Gewässerschutzgesetzes, nach Erneuerung aller Konzessionen, eine Verminderung der Jahresproduktion von 1,5-2 Terrawattstunden zur Folge haben. Man kann deshalb im besten Falle, mit einer Nettoerhöhung der Jahresproduktion von 1,5-2,5 Terrawattstunden bis 2050 gegenüber heute rechnen.

Notes

Summary

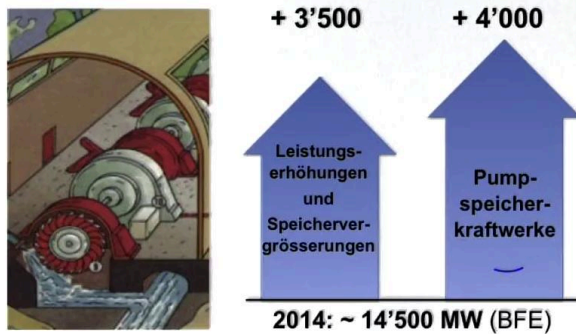


Perspektiven der Wasserkraft in der Schweiz

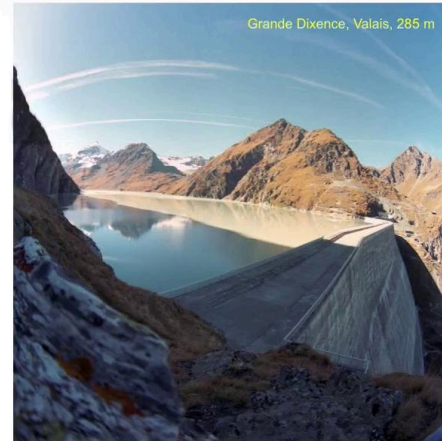
Beitrag der Schweizer Wasserkraft als Batterie im Alpenraum und in Europa

Realistisches Potenzial gemäss Potenzialstudien bis 2050*

Installierte Leistung [MW]



* Elektrowatt-Ekono (2004) und BFE (2012)



La transition énergétique suisse

Es besteht aber in der Schweiz ein erhebliches Potential hinsichtlich der Steigerung der installierten Leistung, durch neue, zu den alten, parallelen Druckwassersystemen, welche aus Druckstollen und Druckschächten bestehen, sowie der Einbau von zusätzlichen Turbinen, könnte die Leistung der bestehenden Speicherkraftwerke ohne Weiteres um 3 500 Megawatt bis 2050 erhöht werden. Dies ist für die Spitzenergieproduktion von größtem Interesse und dies besonders im Winter. Was die Pumpspeicherwerke oder Umwälzwerke zwischen den bestehenden Stauseen betrifft, ist das Potential ebenfalls sehr groß. Projekte mit einer installierten Leistung von 4 000 Megawatt sind bereits angedacht.

Notes

Summary



Aktuelle Herausforderungen der Wasserkraft



Wie wir in Lektion 4 gesehen haben, sind die Strompreise auf dem europäischen Strommarkt sehr tief :

- Überproduktionskapazitäten (insbesondere bei Kohle) mit sehr tiefen CO₂ Emissionskosten
- Marktverzerrungen infolge massiver Subventionen der anderen erneuerbaren Energien wie Sonnen- und Windenergie

Die Schweizer Wasserkraft ist zurzeit sehr stark benachteiligt!

Energiewende Schweiz

Für den zukünftigen Ausbau der Wasserkraft in der Schweiz geht es deshalb, neben einer leichten Steigerung der Jahresproduktion durch neue Kraftwerke, vor allem darum, die Flexibilität der bestehen Speicherkraftwerke zu erhöhen und womöglich, durch Vergrößerung der Stauseen, auch die [unverständlich] Produktion zu erhöhen. Wie wir in Lektion 4 gesehen haben, sind die Strompreise auf der europäischen Strommarkt leider zur Zeit sehr tief und dies vor allem wegen den vorhandenen Überproduktionskapazitäten -- insbesondere bei Kohle -- in Kombination mit sehr tiefen CO₂ Emissionskosten. Zudem haben die massiven Subventionen der anderen erneuerbaren Energien, wie Sonnen- und Windenergie, zu einer bedenklichen Marktverzerrung geführt. Dies bedeutet, dass die schweizer Wasserkraft zur Zeit sehr stark benachteiligt ist, und dies nicht nur bezüglich ökonomischen Gründen, aber auch wegen des behinderten Marktzuganges in Europa. Im zweiten Teil der Lektion werden wir die wirtschaftlichen Herausforderungen und die Umweltanforderungen an die Wasserkraft in der Schweiz etwas näher betrachten.

Notes

Summary



13m 40s