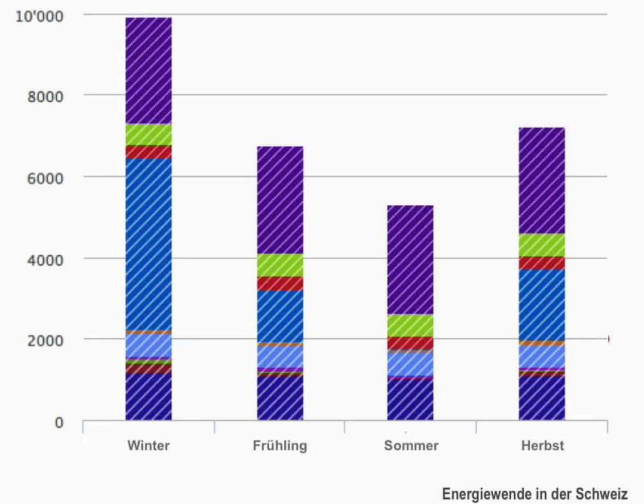




Verbrauch von Endenergie in kWh / Einwohner



Sehr geehrte Damen und Herren, in der letzten Lektion haben wir gesehen wie wir in der Schweiz der Nachfrage von Elektrizität nachkommen und dass wir vor allem in den Wintermonaten Elektrizität importieren müssen. In dieser fünften Lektion nehmen wir uns Energieträger, wie Brennstoffe und Treibstoffe, Diesel und Benzin genauer unter die Lupe, welche bei uns einen sehr großen Verbraucher an Endenergie darstellen.

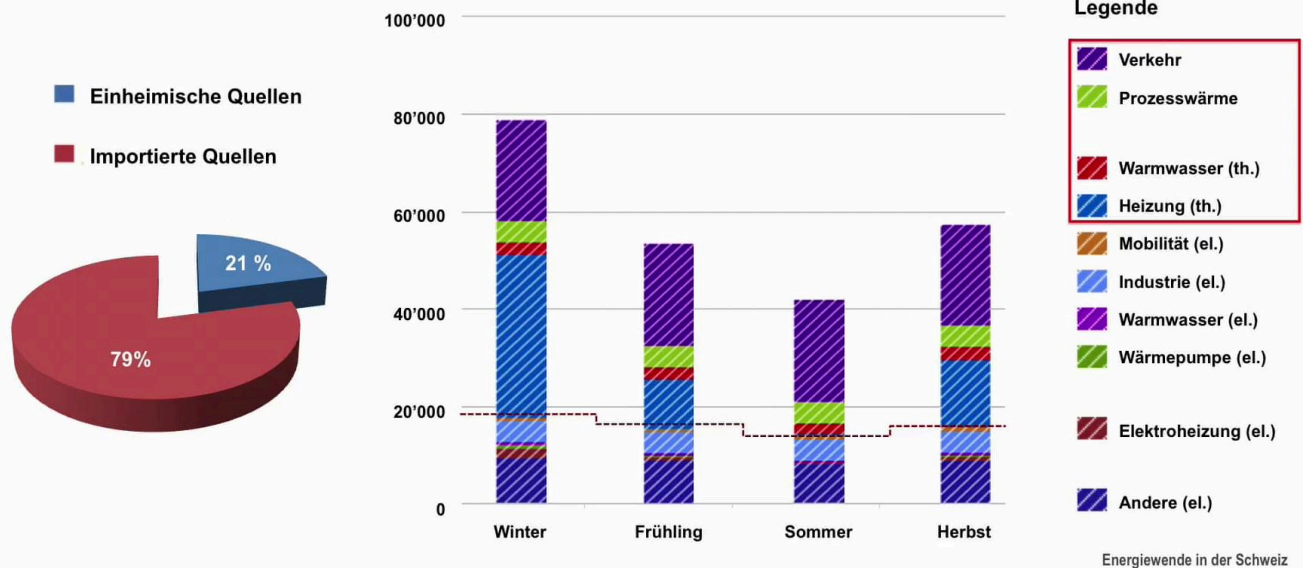
Notes

Summary



0m 04s

Endenergieverbrauch 2011 [GWh]



Diese importierten Energieträger stellen etwa 75% des Gesamtenergieverbrauches in der Schweiz dar. Sie werden vor allem für das thermische Heizen und für die Warmwasser- aufbereitung benötigt. Weitere wichtige Benutzer sind industrielle Prozesse und natürlich der Verkehr. All diese Benutzer sind in diesem Balkendiagramm oberhalb dieser braun gestrichelten Linie dargestellt. Unter dieser Linie befinden sich die Benutzer von Elektrizität. Die Benutzer von thermischer Energie zum Heizen führen in ähnlicher Weise wie schon beim Elektrizitätsverbrauch zu starken saisonalen Schwankungen mit ausgeprägter Verbrauchsspitze im Winter und mit reduziertem Verbrauch im Sommer wo die Heizung in unseren Breitengraden nicht benutzt werden muss. In der vorgehenden Lektion haben wir gesehen, dass etwa 50% der Elektrizitätsnachfrage aus einheimischer Wasserkraft stammt. Etwa 40% stammen aus den Atomkraft- werken, wobei wir hier anmerken, dass auch der nukleare Brennstoff importiert werden muss. In dieser Lektion schauen wir uns an, woher der fossile Brennstoff kommt.

Notes

Summary



0m 30s

Erdöl und -gas: Millionen Jahre zur Entstehung



Kohle- (C)
Wasserstoff (H)

http://www.edinformatics.com/math_science/alternative_energy/fossil_fuel/oil_basics.htm -petrole
Energiewende in der Schweiz

Erdöl und Erdgas bestehen im Wesentlichen aus Kohlestoff- und Wasserstoffverbindungen. Man spricht daher oft von Kohlenwasserstoffen. Bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen, also bei deren Oxidierung, werden die Wasserstoffatome mit Sauerstoff zu Wasser verbunden, die Kohlenstoffatome werden ebenfalls mit Sauerstoff verbunden und zwar zu CO_2 , welches wie wir schon in der ersten Lektion gesehen haben, ein Treibhausgas ist. Kohlenwasserstoffe sind aus lebenden Organismen entstanden, die sich vor mehreren Jahrmillionen am Meeresgrund angesammelt haben, mit Lehm, Sand und Gestein dicht zugedeckt wurden und progressiv durch hohe Drücke und Temperaturen ganz langsam in die heute bekannten Kohlenwasserstoffe Erdöl und Erdgas verwandelt wurden. Da diese Brennstoffe aus Organismen stammen, die vor Jahrmillionen lebten, bezeichnet man diese Energieträger auch als fossile Brennstoffe. Diese Energieträger werden als nicht erneuerbar bezeichnet, weil wir sie in einer sehr viel kürzeren Zeit verbrauchen als die Zeitspanne, die zu ihrer Entstehung benötigt wurde.

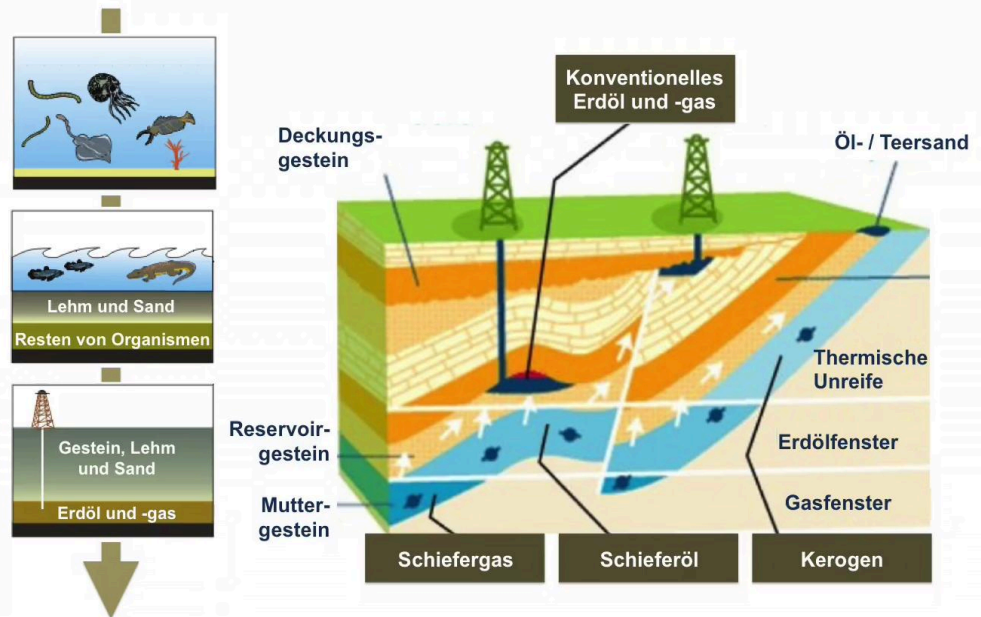
Notes

Summary



1m 43s

Erdöl und -gas: Millionen Jahre zur Entstehung



<http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/Espace-Decouverte/Les-cles-pour-comprendre/Les-sources-d-energie/Le-petrole>

Energiewende in der Schweiz

Die fossilen Brennstoffe sind lediglich in nicht durchlässigem Gestein, sogenannten Muttergestein entstanden, das hier in diesem Bild blau dargestellt wird. Einen Teil dieser Kohlenwasserstoffverbindungen konnte aber unter Druck und unter hohen Temperaturen dem Muttergestein entweichen und konnte sich sukzessive unter luftdichten Kuppeln ansammeln. Diese konventionellen Reservoirs können wir heute einfach erschließen und nutzen. Kohlenwasserstoffe die noch immer im Muttergestein gefangen sind bezeichnen wir als Schieferöl- oder Schiefergasquellen, die wir als nicht konventionell charakterisieren. In diese Kategorie fallen auch Reservoirs, die bis knapp an die Erdoberfläche migrieren konnten, sogenannte Öl- oder Kehrsande, wie sie heute in Kanada im offenen Bergbau und nicht ganz ohne Umweltschäden gewonnen werden.

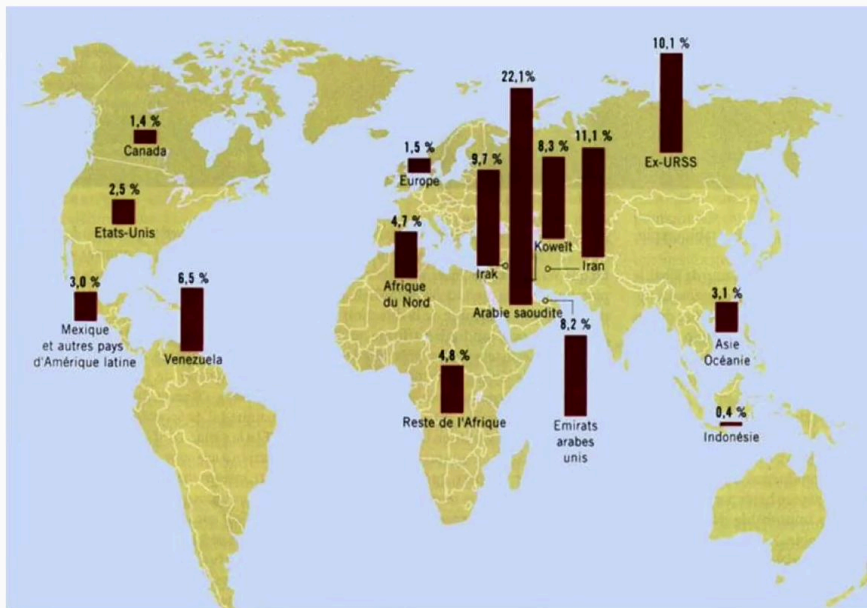
Notes

Summary



2m 59s

Weltweite Reserven von konventionellem Erdöl



<http://a397.idata.over-blog.com/3/98/62/65/carte-reserves.jpg>

Energiewende in der Schweiz

Auf dieser Karte stellen wir nachgewiesene konventionelle Erdölquellen dar. Große Quellen gibt es vor allem im Nahen Osten, in Saudi Arabien, Irak und Iran, in den Staaten von der ehemaligen Sowjetunion, aber auch in Nord- und Mittelamerika und in Venezuela auf dem südamerikanischen Kontinent. Die europäische Produktion nimmt heute ab und findet vor allem in der Nordsee statt.

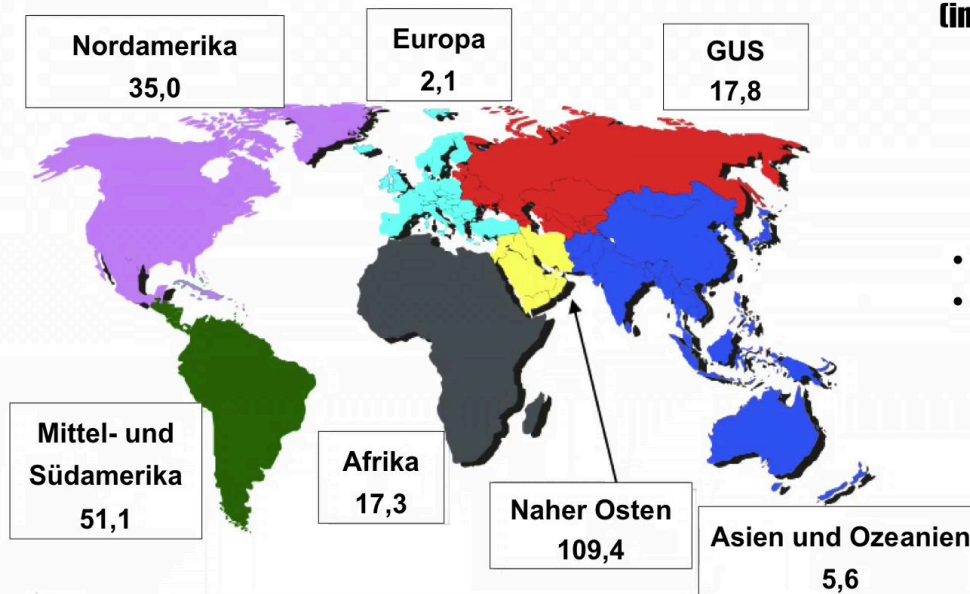
Notes

Summary



3m 56s

Weltweite Erdölreserven



(in Milliarden Tonnen)

- Total 238,3
- Weniger als 1% in Europa

BP Statistical review 2013

Energiewende in der Schweiz

Auf dieser Karte fassen wir die heute bekannten und nachgewiesenen Erdölquellen nach Kontinent und Region zusammen. Die Reserven in Europa von etwa 2,1 Milliarden Tonnen entsprechen etwa einem gesamteuropäischen Jahresverbrauch und sind daher als sehr tief einzustufen. Wenn wir in diese Rechnung auch die Staaten aus der ehemaligen Sowjetunion, der GUS, hier in rot dargestellt, miteinbeziehen, so kommen wir auf eine Erdölreserve von etwa 25 Jahren. Das ist immer noch nicht sehr viel. 25 Jahre ist weniger als ein Generationenabstand.

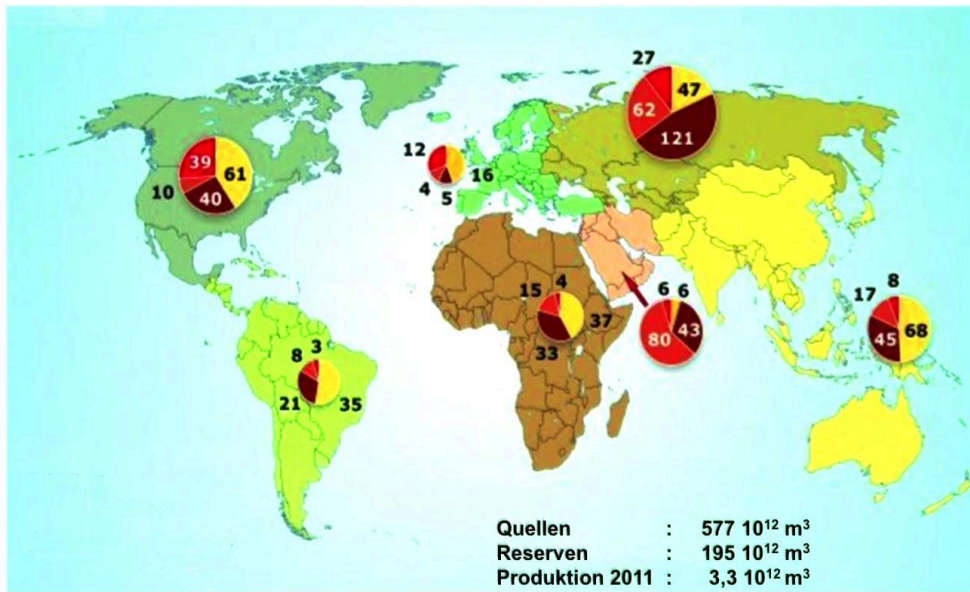
Notes

Summary



4m 23s

Weltweite Erdgasreserven



(in $10^{12} m^3$)



http://www.genesys-hannover.de/EN/Themen/Energie/Bilder/EnergyStudy2012/Ene_EnergyStudy2012_gas_regionaldistribution_en_g.html

Energiewende in der Schweiz

Eine weitere Kohlenwasserstoff- verbindung, die in der Schweiz mehr und mehr benutzt wird, ist Erdgas. Auf dieser Karte sehen wir die nachgewiesenen Erdgasquellen und zwar aufgeteilt in die konventionellen Ressourcen und in die unkonventionellen Schiefergasreserven, wie vorher, wieder nach Region eingeteilt. Die Größe der Kreise, also der Durchmesser, stellt jeweils die nachgewiesenen Reserven dar, der rote Schnitz oben links, jeweils die Menge, die bis heute gewonnen wurde. Wie bereits beim Erdöl wird klar, dass Europa gemessen an der Bevölkerung wenig Reserven zur Verfügung stehen.

Notes

Summary



5m 03s

Die europäischen Ferngasleitungen



Energiewende in der Schweiz

Quer durch Europa gibt es einige Erdöl- und Erdgaspipelines. Mit Pipelines bezeichnet man eher Erdölleitungen, bei Erdgas spricht man von Ferngasleitungen. Einige dieser Leitungen stammen oder durchqueren öfters mal politisch instabile Regionen, was für die Stabilität der Erdgasversorgung in Europa eine Bedrohung darstellt. Man tritt diese Bedrohung jeweils mit großen Speichertanks entgegen. Das Erdgas in Südeuropa stammt aus Algerien, wo es über Gibraltar nach Spanien importiert wird oder auch über Sizilien, wo das Erdgas durch Tunesien nach Europa kommt. Im Norden stammt das Erdgas vorwiegend aus den Feldern in der Nordsee. Die größten und wichtigsten Ferngasleitungen kommen allerdings aus Russland und aus der Ukraine. Mehr und mehr wird Erdgas über Gastanker über den Meeresweg importiert wie auf dieser Karte durch die blauen Linien dargestellt. Das Erdgas wird dann jeweils in flüssiger Form transportiert man spricht dann auf Englisch von LNG, was für Liquefied Natural Gas, steht. In Europa entstehen mehr und mehr Hafen, die als Terminals für solche Gastanker dienen können. Erdgas besteht vorwiegend aus Methangas, das aus einer Verbindung aus einem Kohlenstoffatom und vier Wasserstoffatomen besteht.

Notes

Summary



5m 43s

Die europäischen Ferngasleitungen



Legende	
	Ferngasleitung $\varnothing \geq 1'000$ mm
	Ferngasleitung $500 \text{ mm} < \varnothing < 1'000$ mm
	Transport durch Gastanker
	Erdgas-Vorkommen
	Terminal für Gastanker

Energiewende in der Schweiz

Bei der Verbrennung entstehen dabei vier Wassermoleküle und nur ein CO₂-Molekül. Gegenüber anderen fossilen Brennstoffen ist das bei gleicher Energiemenge, also pro kWh, wesentlich weniger. Daher wird Erdgas anderen fossilen Brennstoffen vorgezogen, wenn es darum geht Treibhausgas- emissionen zu senken.

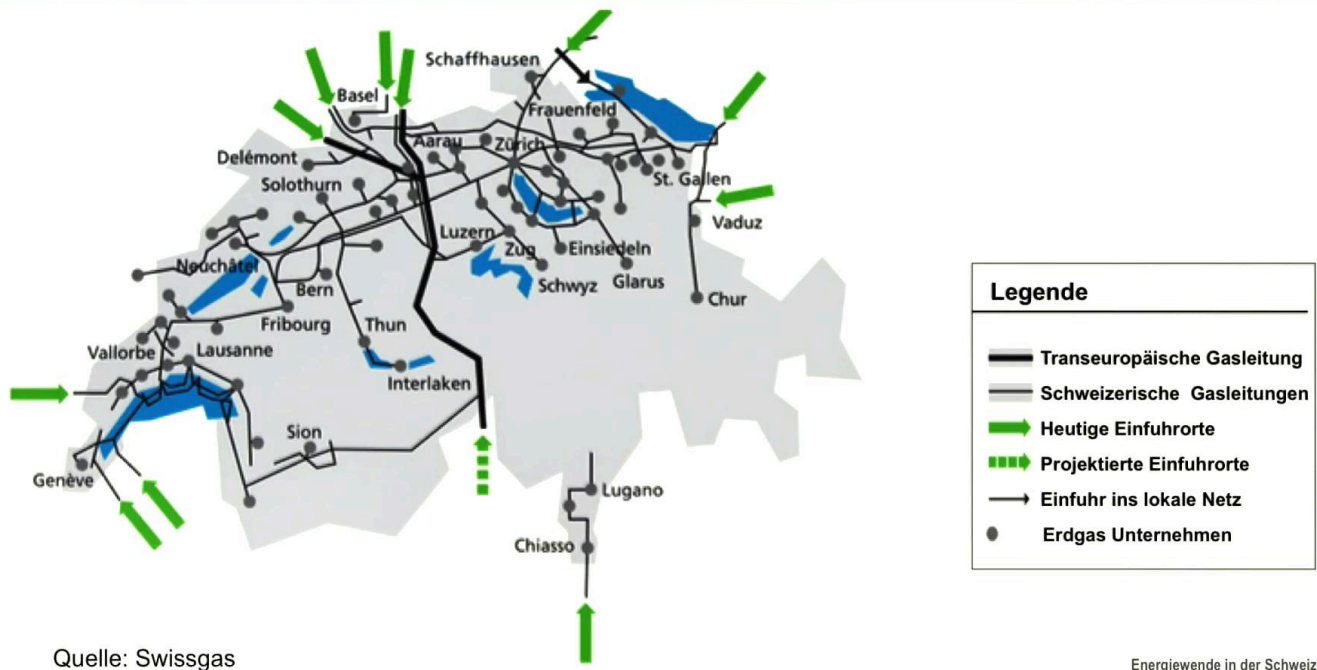
Notes

Summary



7m 12s

Das schweizerische Erdgasnetzwerk



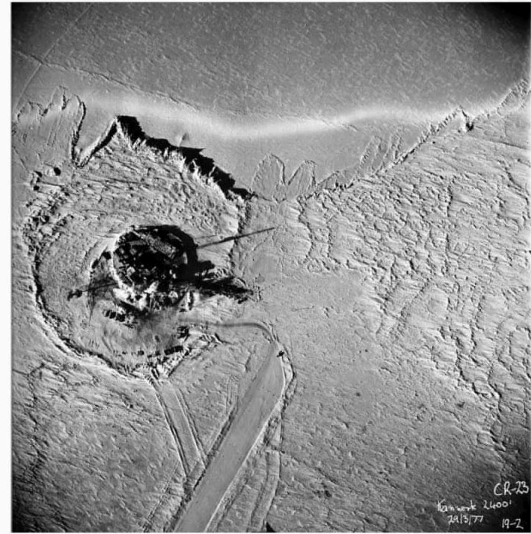
Diese Karte hier zeigt das lokale Erdgas-Verteilernetz in der Schweiz. Man kann klar sehen, dass die Schweiz, von allen Seiten her gut mit Europa erschlossen ist und das in der Schweiz selber ein sehr dichtes lokales Verteilernetz existiert.

Notes

Summary



Erdöl und -gas: Erforschung in der Arktis (1977)



Energiewende in der Schweiz

Die energetische Unabhängigkeit von anderen Staaten, haben viele Länder dazu bewegt in sehr entlegenen Regionen nach Erdöl und Ergas zu suchen. Auf dem Bild links sehen wir Prof. Fawver. In den 70iger Jahren der kanadischen Arktis, also Nahe dem Nordpol, wo er nach Erdöl geforscht hat. Auf dem Bild rechts sehen Sie eine Luftaufnahme von einem Bohrturm, der gerade daran ist auf einer künstlichen Sandinsel, sogenannte Sondierbohrungen vorzunehmen. Man sieht auch oben im Bild, dass die Insel von einer Eismauer umgeben ist, die von der Bewegung des Meeres angehäuft wurde. Diese Bewegungen vom Packeis bedrohen natürlich eine solche künstliche Sandinsel, da die vom Meer bewegte Eismasse die Insel einfacher wegscheren könnte. Genau diese extremen Bedingungen machen es so schwierig und natürlich auch teuer in solch entlegenen Regionen fossile Quellen zu erschließen. Das gleiche gilt übrigens auch für Tiefwasserbohrungen, wo man von der Meeresoberfläche aus in mehr als 2000m Tiefe vorgedrungen ist.

Notes

Summary



7m 51s

Erdöl und -gas: Förderung in extremen Bedingungen



<https://www.linkedin.com/pulse/20140608051128-93853805-review-on-fatigue-life-reliability-in-offshore-structures>



<http://archive.russiaeurasiablog.futureforeignpolicy.com/2012/05/russia-and-scramble-for-arctic.html>

Energiewende in der Schweiz

Diese beiden eindrucksvollen Fotos von Bohrinseln in entlegenen Regionen, zeigen klar auf unter welchen schweren und gefährlichen Bedingungen Erdöl heute gewonnen werden muss, um den Durst nach diesem fossilen Energieträger stillen zu können.

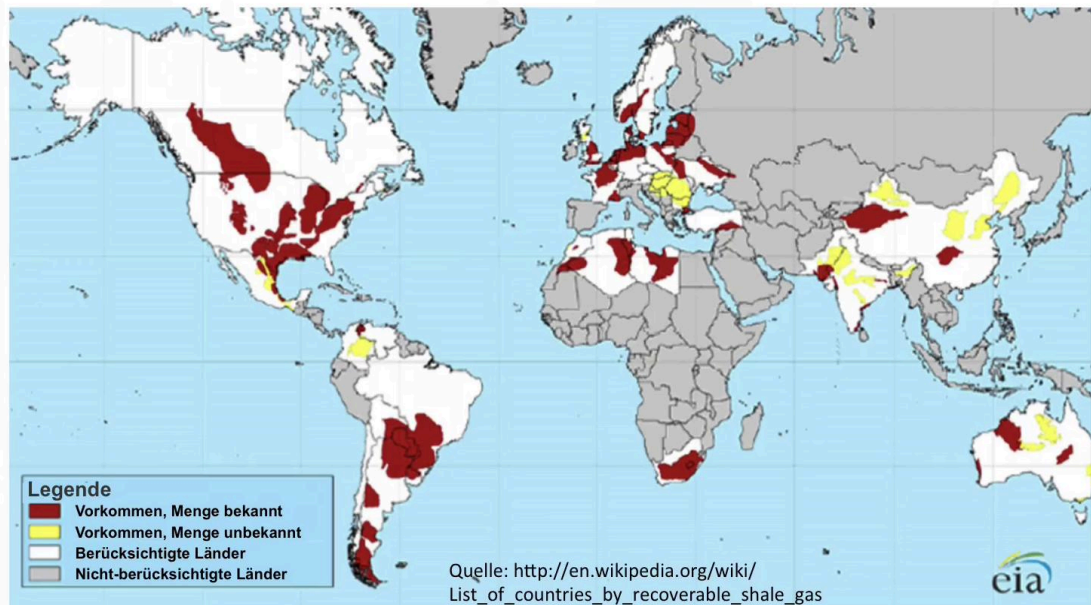
Notes

Summary



8m 59s

Eine neue Quelle: Schiefergas



Energiewende in der Schweiz

Eine neue Erdgasquelle, die vor kurzem durch die zwischenzeitlich höheren Erdölpreise erschlossen werden konnte, ist sogenanntes Schiefergas. Schiefergas wird über neue Bohrtechniken und über hydraulisches Aufspalten direkt im Mutterstein gewonnen. Große Vorkommen gibt es in den USA, wo in den letzten Jahren, vor allem im Norden, tausende von Bohrungen erstellt wurden, um Schiefergas zu gewinnen. Das wurde durch die Bundesstaatenadministration gefördert, welche für diese Zwecke die Umgehung des Clean Water Acts erlaubt hat. Durch diese rasche Entwicklung in den USA ist das sogenannte Fracking heute eine umstrittene Gewinnungsmethode, da die Gefahr besteht, Grundwasser zu verunreinigen. Um die Produktion durch Fracking aufrecht zu halten braucht es sehr viele von diesen neuen Bohrlöchern, wo tief im Untergrund horizontal gebohrt wird. Alleine in North Dakota in den USA, Nahe an der kanadischen Grenze, braucht es jährlich über 1000 neue Bohrungen, um eine konstante Produktion zu halten. Es handelt sich also um eine sehr aufwendige Gewinnung, die nur bei hohen Ölpreisen rentabel betrieben werden kann.

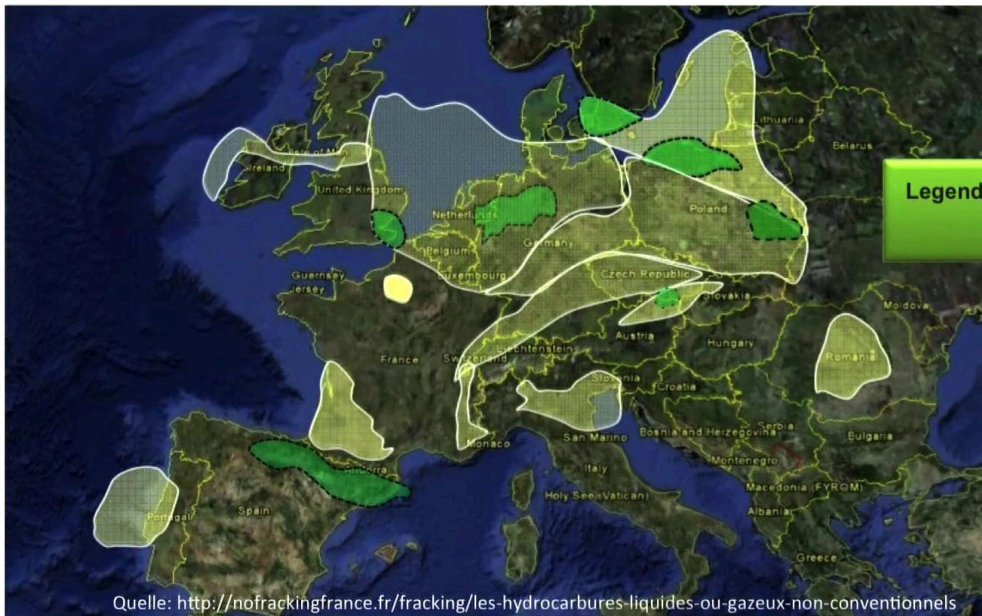
Notes

Summary



9m 16s

Schiefergas in Europa und in der Schweiz



EPRC 2009

Energiewende in der Schweiz

Auch in Europa gibt es Schiefergas, wie wir auf dieser Karte zeigen. Bereits erforschte Vorkommen gibt es in den Pyrenäen, in Norddeutschland und den Niederlanden, in England, in Polen und auch im südkandinavischen Raum. In Frankreich gibt es aufgrund von geologischen Strukturen vermutete Vorkommen. Die dürfen aber im Moment aber nicht genutzt werden. Die große Anzahl benötigter Bohrung für die Förderung von Schiefergas ist vor allem in stark besiedelten Regionen problematisch.

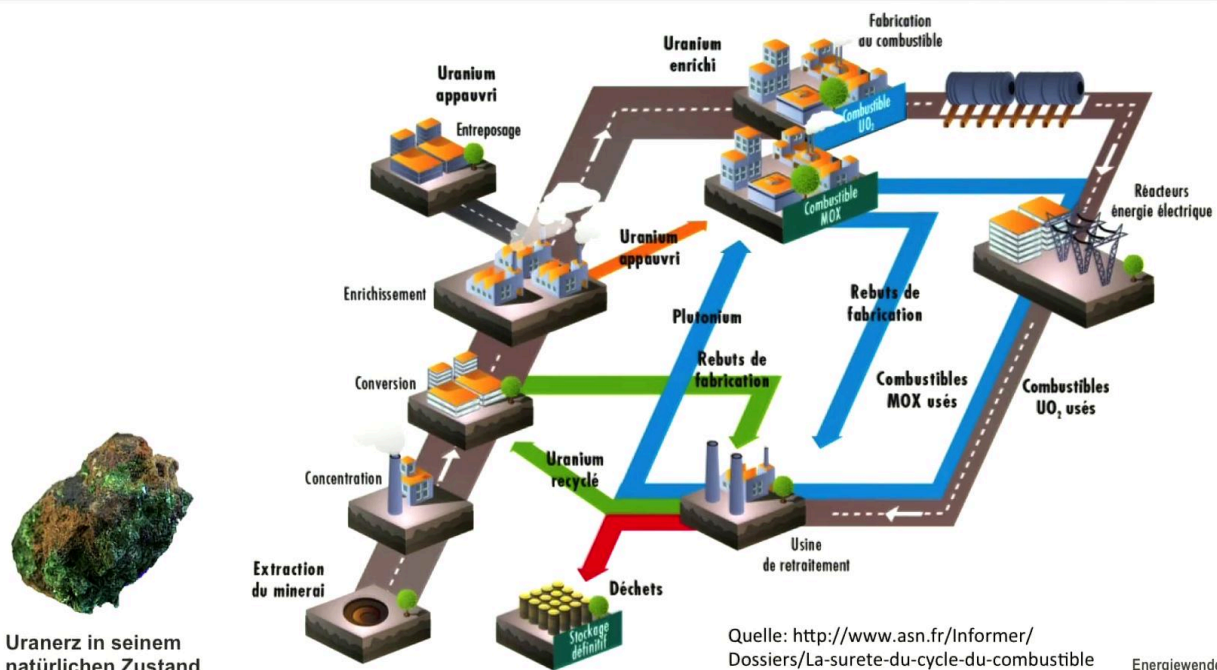
Notes

Summary



10m 30s

Nuklearer Brennstoff: der Kreislauf



Uranerz in seinem natürlichen Zustand

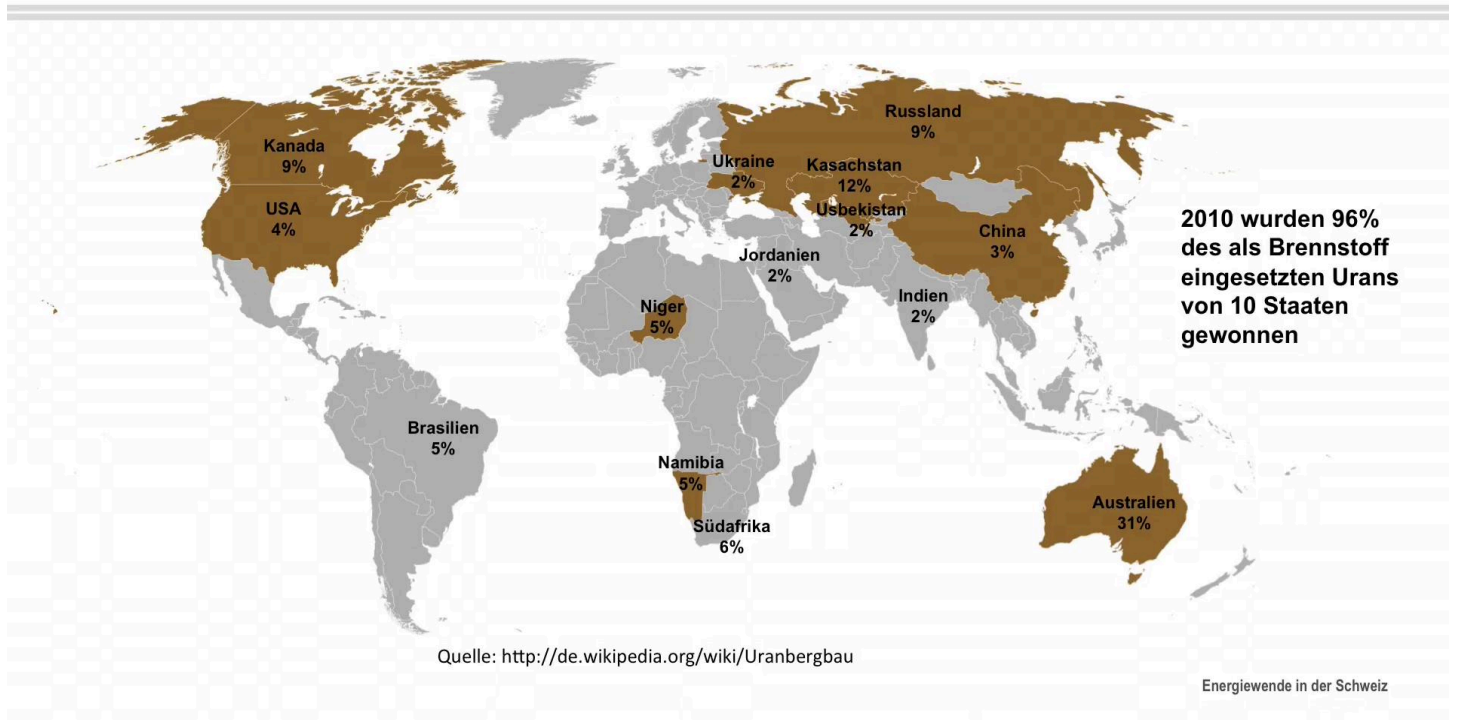
Eine sehr wichtige Energiequelle ist nuklearer Brennstoff. Auch wenn es sich nicht eigentlich um Brennstoff handelt. Man sieht hier auf diesem Bild den Lebenskreislauf von nuklearem Brennstoff. Der Kreislauf wird mit gewonnenem Uranerz gefüttert, das unterschiedliche Schritte von Konzentration, Konversion und Anreicherung durchgeht. Das spaltbare und angereicherte Uran U235 wird in sogenannten Brennstäben in den Reaktor geführt, wo es durch kontrollierte Kettenreaktionen Wärme abgibt. Einen Teil dieser genutzten Brennstäbe kann unter verschiedenen Formen wiederverwendet werden. Der Rest muss als nuklearer Abfall gelagert werden. Auf diesem Bild wird klar, dass der Kreislauf von nuklearem Brennstoff sehr komplex und aufwendig ist.

Notes

Summary



Nuklearer Brennstoff: Produzenten



Uranerz ist weltweit relativ gleichmäßig verteilt, allerdings sind die natürlichen Konzentrationen vom spaltbaren Uran²³⁵ oft so tief, dass die Urangewinnung nicht wirtschaftlich betrieben werden kann. Obwohl Uranerz weit verbreitet ist, gibt es weltweit nur wenige Staaten, welche die technischen Möglichkeiten besitzen natürliches Uran so anzureichern, dass es in Kernreaktoren benutzt werden kann. Das sind allem voran die USA und natürlich Russland, aber auch China, Japan und Großbritannien.

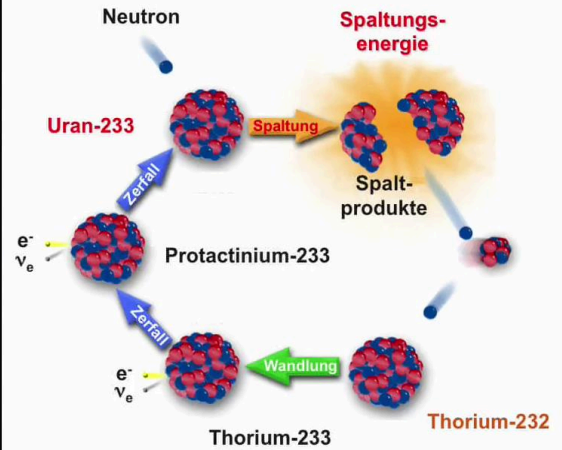
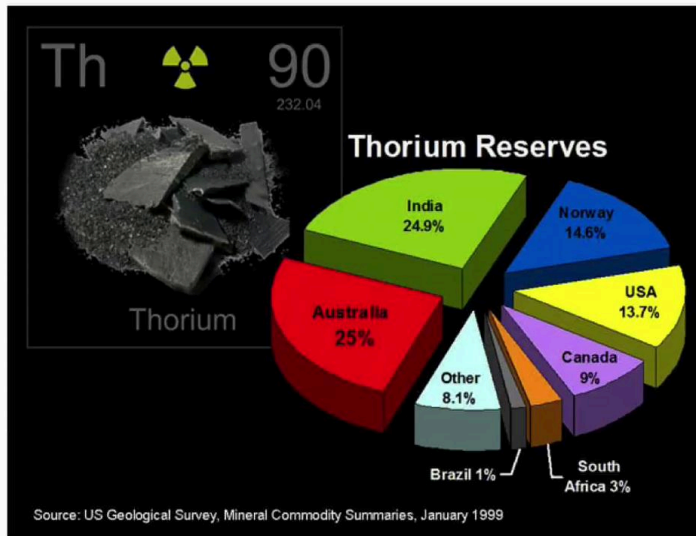
Notes

Summary



Der alternative nukleare Brennstoff: Thorium

Vielversprechend, aber noch nicht genutzt



Energiewende in der Schweiz

Eine vielversprechende Alternative zu Uran als nuklearer Brennstoff ist Thorium. Thorium kommt weltweit sehr ausgiebig vor wie z.B. in Australien, Indien, Norwegen, aber auch in den USA. Thorium ist sehr interessant, da man daraus spaltbares Uran U233 gewinnen kann, das in abgeänderten Reaktoren eingesetzt werden kann. Leider existieren solche Reaktoren heute noch nicht. Die Forschung und Entwicklung dazu ist aber in vollem Gange.

Notes

Summary



12m 33s

Zusammenfassung



- Die Schweizer-Energieversorgung ist zu mehr als 75% von fossilen und nuklearen Brennstoffimporten abhängig.
- Die 28 euroäischen Staaten und die Schweiz haben für etwa 1 Jahr eigene Reserven.
- Aus heutigen Verbrauchswerten kann man davon ausgehen, dass die heutigen Vorkommen für ca. 50 Jahre ausreichen. Allerdings bleiben die geopolitischen Bedingungen instabil.
- Nicht-konventionelle Kohlewasserstoffvorkommen gibt es auch in der Schweiz, ihre Nutzung ist aber umstritten.
- Nuklearer Brennstoff wird in den nächsten 100 Jahren nicht knapp, aber die Nutzung von Uranminen ist auch umstritten.

Energiewende in der Schweiz

Zusammenfassend haben wir gesehen, dass etwa dreiviertel des gesamten schweizerischen Energieverbrauches von fossilen Brennstoffen abhängig ist. Da die Schweiz selber keine solche konventionell förderbaren Ressourcen besitzt, ist sie also von Brennstoffimporten abhängig. Die nachgewiesenen fossilen Erdölquellen in Europa entsprechen etwa einem europäischen Jahresverbrauch. Man kann also ruhig sagen, dass die vorhandenen Reserven in Europa als sehr gering einzustufen sind. Aus dem heutigen weltweiten Verbrauch von fossilen Brennstoffen, kann man davon ausgehen, dass die heute bekannten Reserven, konventionell und nicht konventionell, noch für etwa 50 Jahre ausreichen. In der Schweiz gibt es sogenannte nicht konventionelle Kohlenwasserstoffquellen die durch Fracking, also hydraulisches Spalten vom Muttergestein gewonnen werden müssten. Das ist allerdings in dicht besiedelten Regionen recht schwierig und umstritten. Nuklearer Brennstoff, den wir auch importieren müssen, wird in den nächsten 100 Jahren sicherlich knapp, dennoch ist die Nutzung dieser Energiequellen, wegen den dramatischen Folgen eines Unfalls, man erinnert an Tschernobyl und Fukushima und wegen der Endlagerung von nuklearen Abfällen sehr stark umstritten.

Notes

Summary

13m 03s

