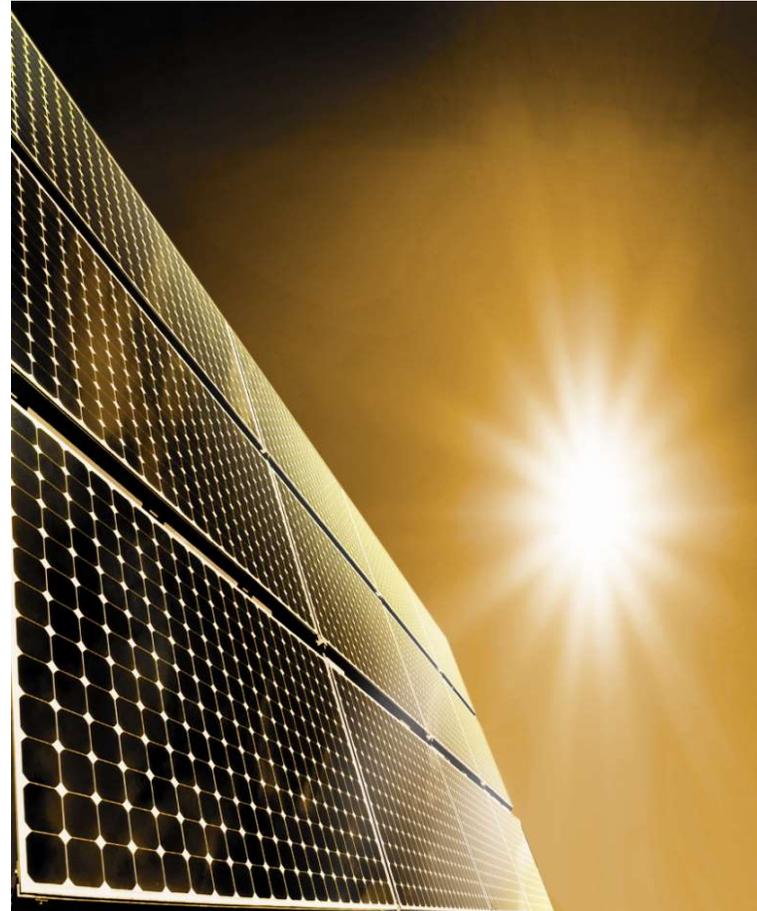
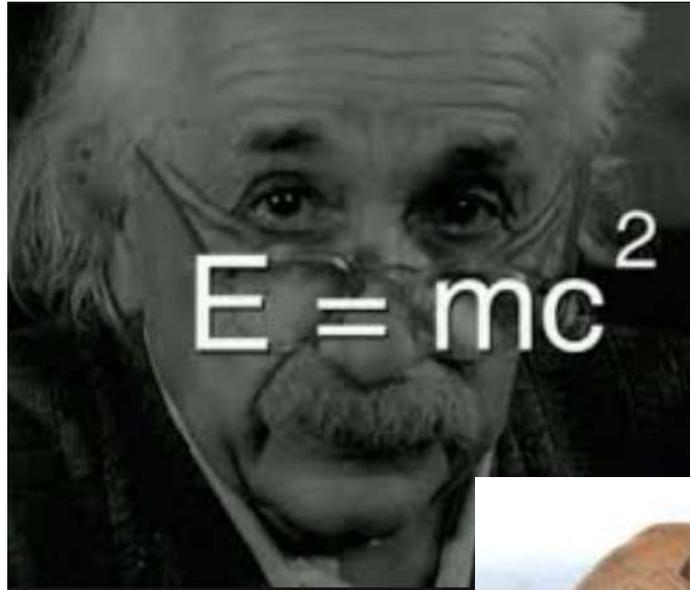


Schulung Energie

Alex Brun (Dipl. Bepr. Ing. ETH)



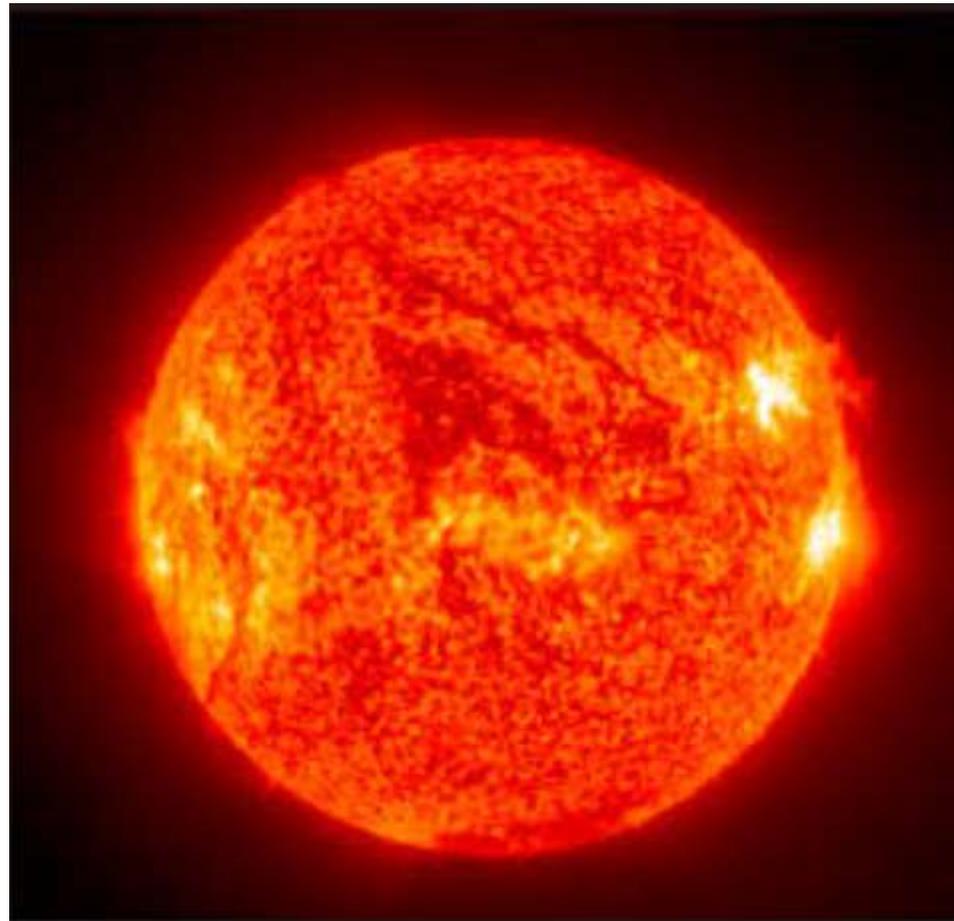
Was verbindet diese drei Dinge?



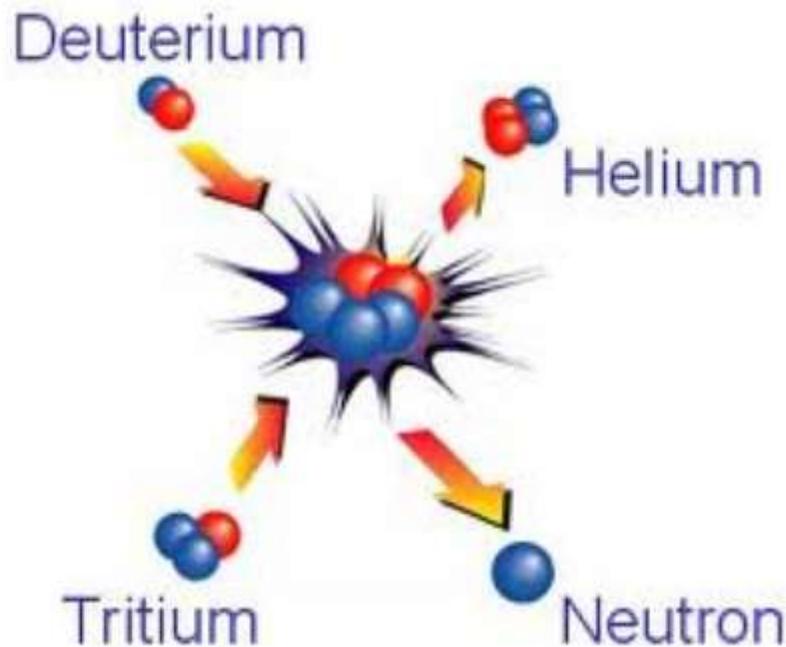
Antwort

- Gemäss der Formel von Albert Einstein $E=mc^2$ hat ein grosser Elefant von 6.4 Tonnen die Energie, die die Welt in einem Jahr verbraucht.
- E steht für Energie, m steht für Masse und c^2 ist die Lichtgeschwindigkeit im Quadrat.
- Weltenergiebedarf 2014 $E=574 \text{ EJ/Jahr}$,
 $c^2=299'792'458\text{m/s}^2$
- $m=E/c^2$;
 $m=574 \cdot 10^{18} / 299'792'458 / 299'792'458 = 6'387$
kg

Wie nutzt die Sonne diese unendlich verfügbare Energie?



Kernfusion



- Ein Deuterium (Wasserstoffatom mit einem Neutron) und ein Tritium (Wasserstoffatom mit zwei Neutronen) verschmelzen bei sehr hoher Hitze und Druck zu einem Helium, wobei Energie frei wird. (nach $E=mc^2$ wird die Masse kleiner.
 - Die Atome können weiter im Periodensystem hinauf fusioniert werden.
-
- Auf der Erde kann noch nicht genügend Energie aus dem Prozess gewonnen werden. Versuchsreaktoren sind im Bau.

Periodensystem

		Legende																				
		Ordnungszahl	Symbol	Ordnungszahl	Serie																	
		Name	Wasserstoff	schwarz = nicht radioaktiv	grün = radioaktiv	Alkalimetalle	Metalle															
		Atomgewicht	Elektronen-konfiguration	Serie	Symbol	schwarz = Feststoff	rot = Gas	blau = Flüssigkeit	durchgehend = natürliches Element	schraffiert = künstliches Element												
		Elektronenaffinität																				
		Gruppe																				
periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
1	1 H Wasserstoff 1,0079 1	2 He Helium 4,0026 2																				
2	3 Li Lithium 6,941 2/1	4 Be Beryllium 9,0122 2/2																				
3	11 Na Natrium 22,990 2/8/1	12 Mg Magnesium 24,305 2/8/2																				
4	19 K Kalium 39,098 2/8/8/1	20 Ca Calcium 40,078 2/8/8/2	21 Sc Scandium 44,956 2/8/8/2	22 Ti Titan 47,867 2/8/10/2	23 V Vanadium 50,942 2/8/11/2	24 Cr Chrom 51,996 2/8/13/1	25 Mn Mangan 54,938 2/8/13/2	26 Fe Eisen 55,845 2/8/14/2	27 Co Cobalt 58,933 2/8/15/2	28 Ni Nickel 58,693 2/8/15/2	29 Cu Kupfer 63,546 2/8/18/1	30 Zn Zink 65,38 2/8/18/2	31 Ga Gallium 69,723 2/8/18/3	32 Ge Germanium 72,64 2/8/18/4	33 As Arsen 74,922 2/8/18/5	34 Se Selen 78,96 2/8/18/6	35 Br Brom 79,904 2/8/18/7	36 Kr Krypton 83,796 2/8/18/8				
5	37 Rb Rubidium 85,468 2/8/18/8/1	38 Sr Strontium 87,62 2/8/18/6/2	39 Y Yttrium 88,906 2/8/18/9/2	40 Zr Zirkon 91,224 2/8/18/10/2	41 Nb Niob 92,906 2/8/18/13/1	42 Mo Molybdän 95,96 2/8/18/13/2	43 Tc Technetium 98,91 2/8/18/13/3	44 Ru Ruthenium 101,07 2/8/18/15/1	45 Rh Rhodium 102,91 2/8/18/16/1	46 Pd Platin 106,42 2/8/18/18	47 Ag Silber 107,87 2/8/18/18/1	48 Cd Cadmium 112,41 2/8/18/18/2	49 In Indium 114,82 2/8/18/18/3	50 Sn Zinn 118,71 2/8/18/18/4	51 Sb Antimon 121,76 2/8/18/18/5	52 Te Tellur 127,60 2/8/18/18/6	53 I Iod 126,90 2/8/18/18/7	54 Xe Xenon 131,29 2/8/18/18/8				
6	55 Cs Cäsium 132,91 2/8/18/18/8/1	56 Ba Baryum 137,33 2/8/18/18/8/2	57-71 siehe unten	72 Hf Hafnium 178,49 2/8/18/32/10/2	73 Ta Tantal 180,95 2/8/18/32/11/2	74 W Wolfram 183,84 2/8/18/32/11/2	75 Re Rhenium 186,21 2/8/18/32/11/2	76 Os Osmium 190,23 2/8/18/32/11/2	77 Ir Iridium 192,22 2/8/18/32/11/2	78 Pt Platin 195,08 2/8/18/32/11/2	79 Au Gold 196,97 2/8/18/32/11/2	80 Hg Quecksilber 200,59 2/8/18/32/11/2	81 Tl Thallium 204,38 2/8/18/32/11/2	82 Pb Blei 207,2 2/8/18/32/11/2	83 Bi Bismut 208,98 2/8/18/32/11/2	84 Po Polonium 209,98 2/8/18/32/11/2	85 At Astat 210 2/8/18/32/11/2	86 Rn Radon 222 2/8/18/32/11/2				
7	87 Fr Francium 223 2/8/18/32/11/2/1	88 Ra Radium 226,025 2/8/18/32/11/2/2	89-103 siehe unten	104 Rf Rutherfordium 261 2/8/18/32/11/2/10/2	105 Db Dubnium 262 2/8/18/32/11/2/10/2	106 Sg Seaborgium 263 2/8/18/32/11/2/10/2	107 Bh Bohrium 264 2/8/18/32/11/2/10/2	108 Hs Hassium 265 2/8/18/32/11/2/10/2	109 Mt Meitnerium 266 2/8/18/32/11/2/10/2	110 Ds Darmstadtium 267 2/8/18/32/11/2/10/2	111 Rg Roentgenium 268 2/8/18/32/11/2/10/2	112 Cn Copernicium 269 2/8/18/32/11/2/10/2	113 Uut Ununtrium 270 2/8/18/32/11/2/10/2	114 Fl Flerovium 271 2/8/18/32/11/2/10/2	115 Uup Ununpentium 272 2/8/18/32/11/2/10/2	116 Lv Livermorium 273 2/8/18/32/11/2/10/2	117 Uus Ununseptium 274 2/8/18/32/11/2/10/2	118 Uuo Ununoctium 275 2/8/18/32/11/2/10/2				
	↓																					
	Lanthanoide																					
	57 La Lanthan 138,91 2/8/18/32/8/2	58 Ce Cer 140,12 2/8/18/32/9/2	59 Pr Praseodym 140,91 2/8/18/32/9/2	60 Nd Neodym 144,24 2/8/18/32/9/2	61 Pm Promethium 144,91 2/8/18/32/9/2	62 Sm Samarium 150,36 2/8/18/32/9/2	63 Eu Europium 151,96 2/8/18/32/9/2	64 Gd Gadolinium 157,25 2/8/18/32/9/2	65 Tb Terbium 158,93 2/8/18/32/9/2	66 Dy Dysprosium 162,50 2/8/18/32/9/2	67 Ho Holmium 164,93 2/8/18/32/9/2	68 Er Erbium 167,26 2/8/18/32/9/2	69 Tm Thulium 168,93 2/8/18/32/9/2	70 Yb Ytterbium 173,05 2/8/18/32/9/2	71 Lu Lutetium 174,97 2/8/18/32/9/2							
	Actinoide																					
	89 Ac Actinium 227 2/8/18/32/18/5/2	90 Th Thorium 232,04 2/8/18/32/18/5/2	91 Pa Protactinium 231,04 2/8/18/32/18/5/2	92 U Uran 238,03 2/8/18/32/18/5/2	93 Np Neptunium 237,05 2/8/18/32/18/5/2	94 Pu Plutonium 244,10 2/8/18/32/18/5/2	95 Am Americium 243,10 2/8/18/32/18/5/2	96 Cm Curium 247,10 2/8/18/32/18/5/2	97 Bk Berkelium 247,10 2/8/18/32/18/5/2	98 Cf Californium 251,10 2/8/18/32/18/5/2	99 Es Einsteinium 252,10 2/8/18/32/18/5/2	100 Fm Fermium 257,10 2/8/18/32/18/5/2	101 Md Mendelevium 258,10 2/8/18/32/18/5/2	102 No Nobelium 259 2/8/18/32/18/5/2	103 Lr Lawrencium 260 2/8/18/32/18/5/2							



Periodensystem

- Ordnungszahl gibt zugleich Anzahl Protonen an.
- Bei FE (Eisen) ist die energetische Packungsdichte optimal. Danach muss in der Fusion Energie aufgewendet werden.
- Atome bestehen aus Elektronen, Protonen und Neutronen
- Das äusserste Elektron, das Valenzelektron, kann Bindungen mit anderen Atomen eingehen. Dies bestimmt die chemische und elektrische Eigenschaften der Atome.

Universum



Fusion der Sterne

- Die blauen und weissen Sterne (Sonnensysteme) sind jung und machen die Fusionen mit den Atomen am Anfang des Periodensystems.
- Die roten Sterne (rote Riesen) machen die Fusionen in den oberen Regionen des Periodensystems.
- A, B und C Klasse Sterne implodieren am Ende ihrer Lebensdauer wenn sie alle Fusionen durchlaufen haben mit einer solchen Wucht, dass sie Material ins Weltall schleudern. Ein Teil hat die Erde geformt. Die Sonne ist nur ein M-Klasse Stern und wird in 5 Mia. implodieren ohne Material ins All zu schleudern.



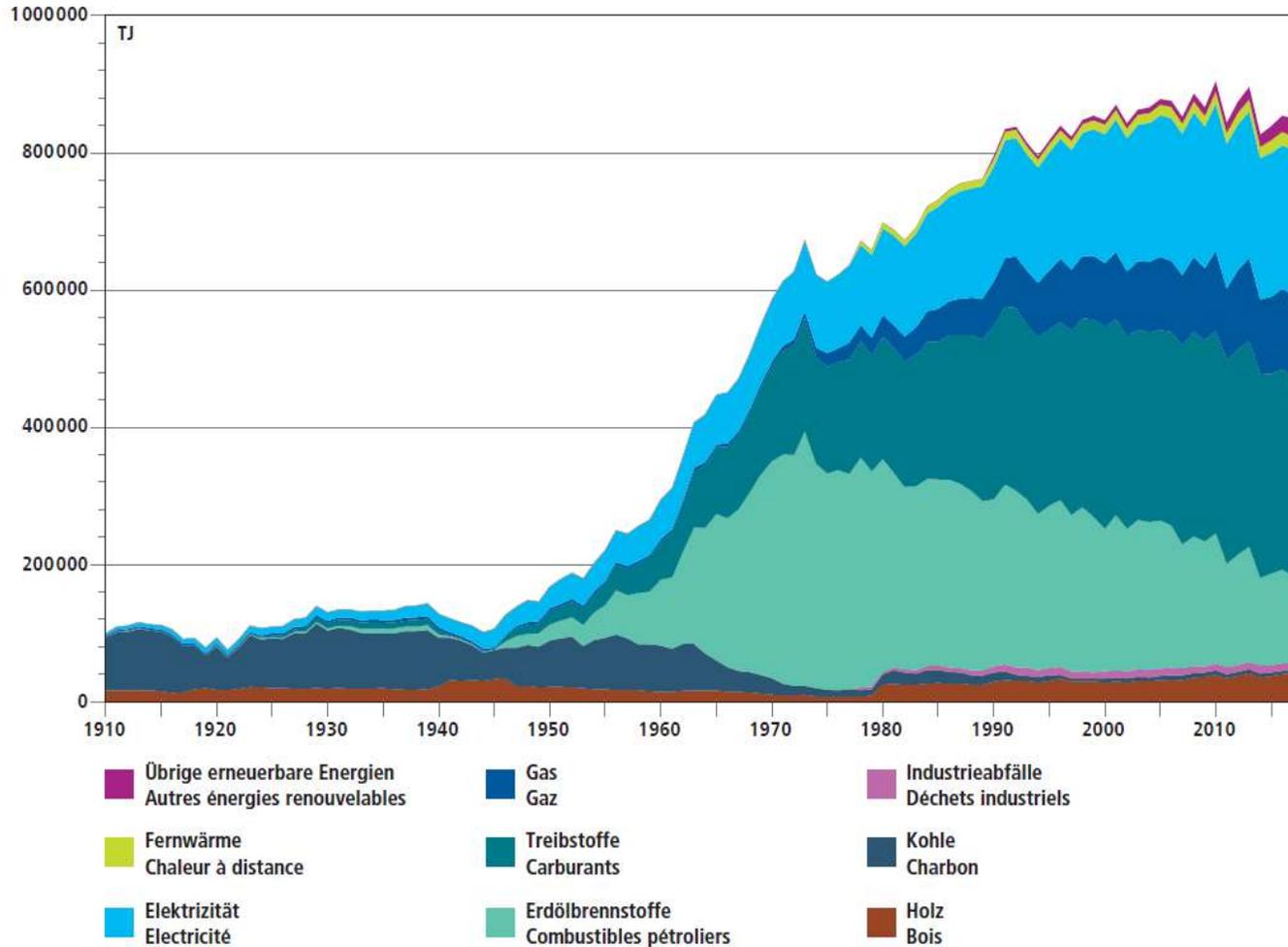
Wie können wir nun diese Energie nutzen?

- Vorhandene Ressourcen ausbeuten:
 - Kernspaltung
 - Verbrennen von Öl und Gas
- Erneuerbare Energie nutzt direkt oder indirekt die Sonnenenergie
 - Holzenergie
 - Wasserkraft
 - Windenergie
 - Solarenergie
- Geothermie nutzt die Erdwärme

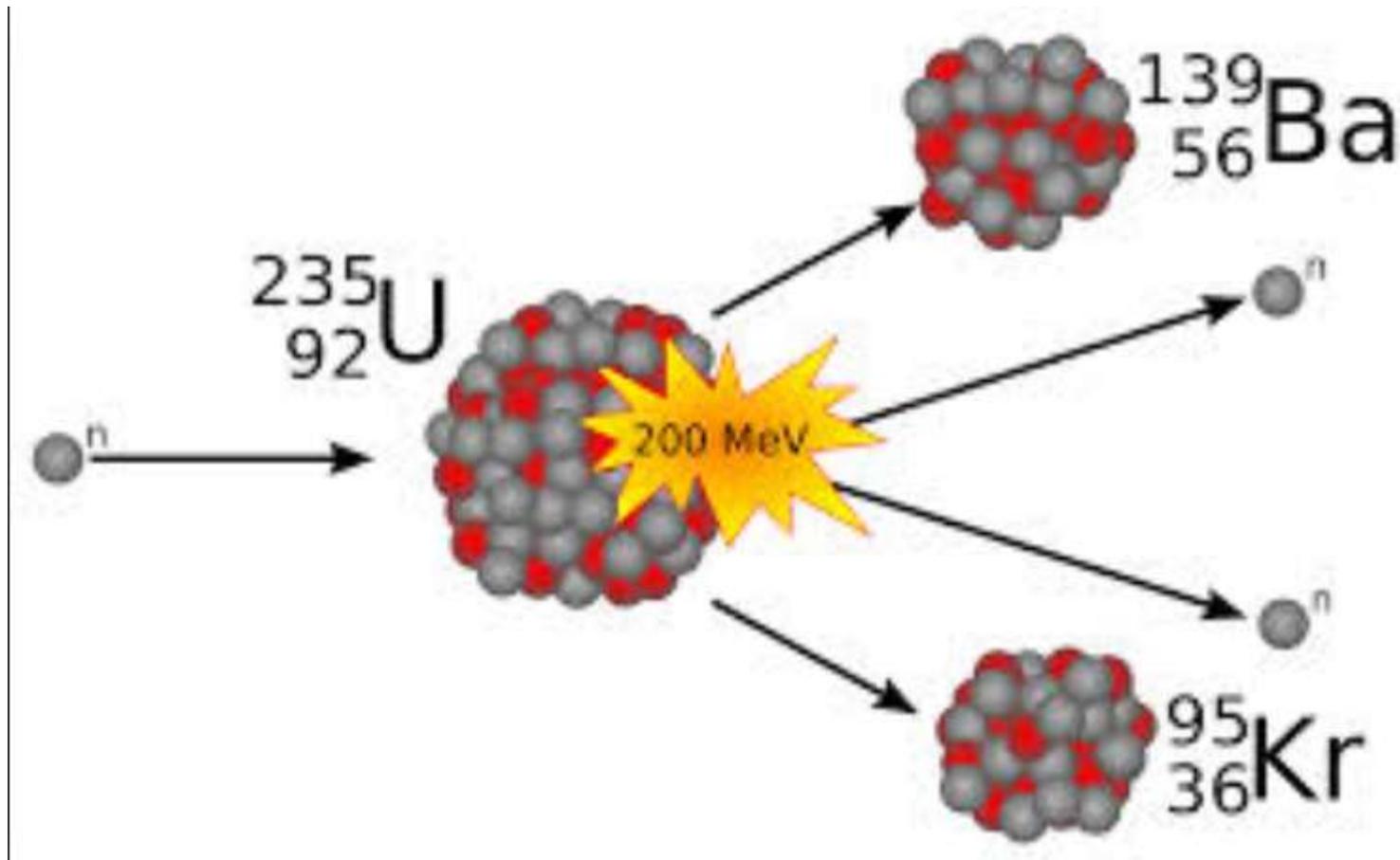


Energieverbrauch Schweiz

Fig. 1 Endenergieverbrauch 1910–2018 nach Energieträgern
Consommation finale 1910–2018 selon les agents énergétiques



Atomstrom: Kernspaltung



Kernenergie

- In der Schweiz werden 40% vom elektrischen Strom in Kernkraftwerken durch die Kernspaltung erzeugt.
- Uran ist begrenzt verfügbar. Es wird in Barium und Krypton gespalten. Diese sind radioaktiv.
- Eine dauerhafte Endlagerung des radioaktiven Abfalls ist auf der Welt noch nirgends gelöst.
- Die Kernspaltung nutzt die Energie, die in der Fusion in den grossen Sternen gespeichert wurde.
- Ein Unfall hat verheerende Folgen für Mensch und Umwelt (Fukushima, Tschernobyl)

Verbrennung von Öl und Gas

- Heute gewinnen wir die meiste Energie aus der Verbrennung von Öl und Gas.
- Wir nutzen dabei die Sonnenenergie, die in der Kohlenstoffverbindungen der Pflanzen gespeichert wurde. In der Verbrennung wird diese wieder getrennt.
- Das CO₂ wird wieder freigesetzt und führt zum Klimawandel.
- Wir verbrennen in kürzester Zeit (in ca. zwei Jahrhunderten) den Vorrat, der über 300 Mio. Jahre aufgebaut wurde. Ist das gegenüber den folgenden Generationen gerecht?

Energie aus Holz



Holzenergie

- Die Energie im Holz entsteht mit der Photosynthese. Mit H_2O (Wasser) und CO_2 (Kohlendioxid) entstehen die Kohlenstoffverbindungen und O_2 (Sauerstoff). Bei der Verbrennung wird diese wieder getrennt und das CO_2 wird wieder freigesetzt.
- Energie aus Holz hat einen geschlossener CO_2 -Kreislauf und ist daher CO_2 neutral.
- Da sich der Schweizer Wald ausdehnt, besteht noch Potential. Um das Energieproblem zu lösen, reicht es aber nicht.
- Eine gute Abgasreinigung ist wichtig, sonst wird Feinstaub in die Atmosphäre befördert.



Windkraftwerk

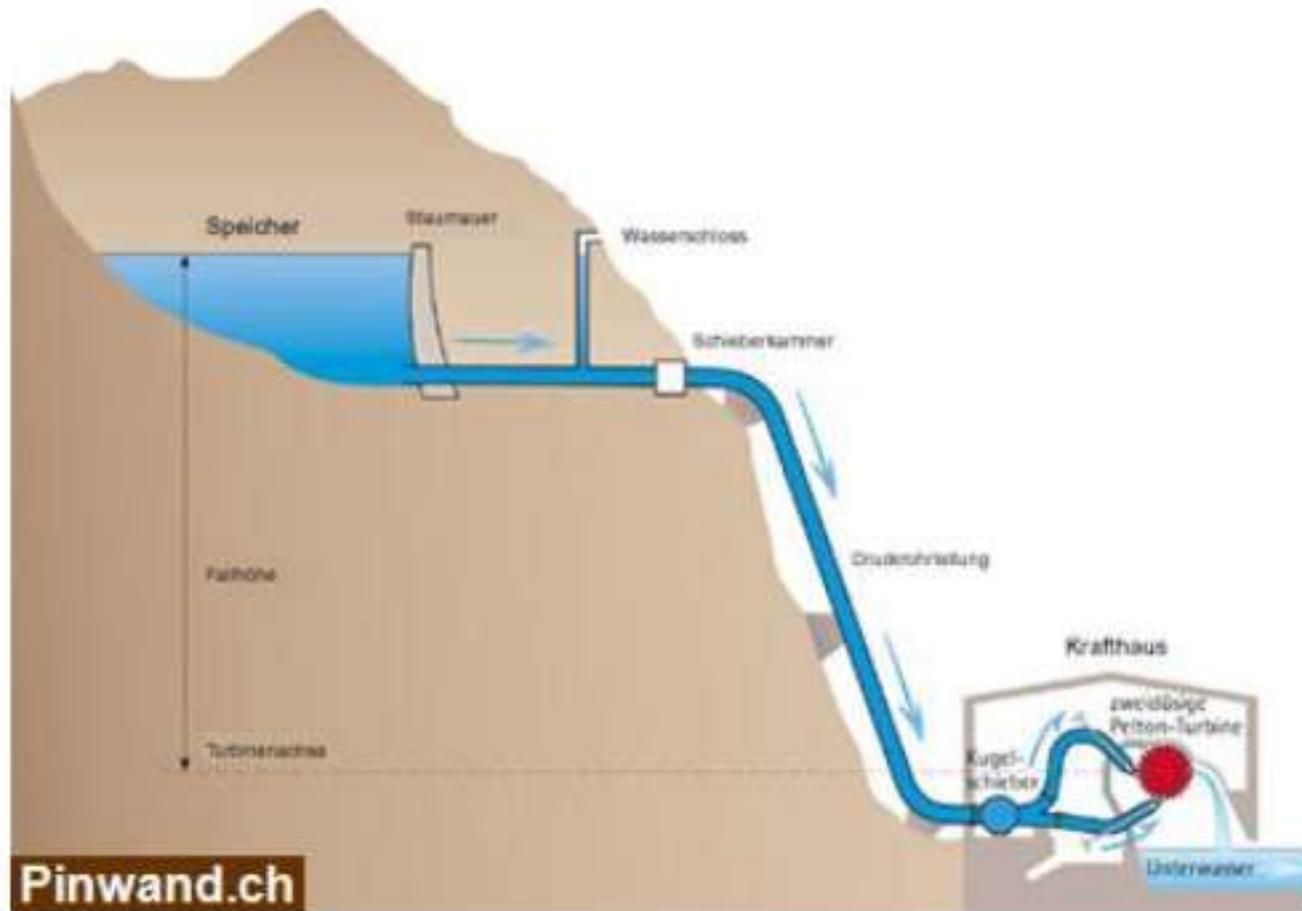


Windenergie

- Winde entstehen durch die Thermik durch die Sonnen aufgeheizten Luftmassen. Die Windenergie ist somit eine indirekte Sonnenenergie. Sie nutzt die kinetische Energie der Luft ($E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$, E=Energie, m= Masse, v=Geschwindigkeit)
- Das Potential in Schweiz ist beschränkt, da die Winde hier nicht sehr konstant sind. In Norddeutschland an der Küste gibt es grosse Anlagen.
- Der Wind setzt die Windräder in Bewegung. Über einen Generator wird die Bewegungsenergie in Strom umgewandelt.



Wasserkraftwerk

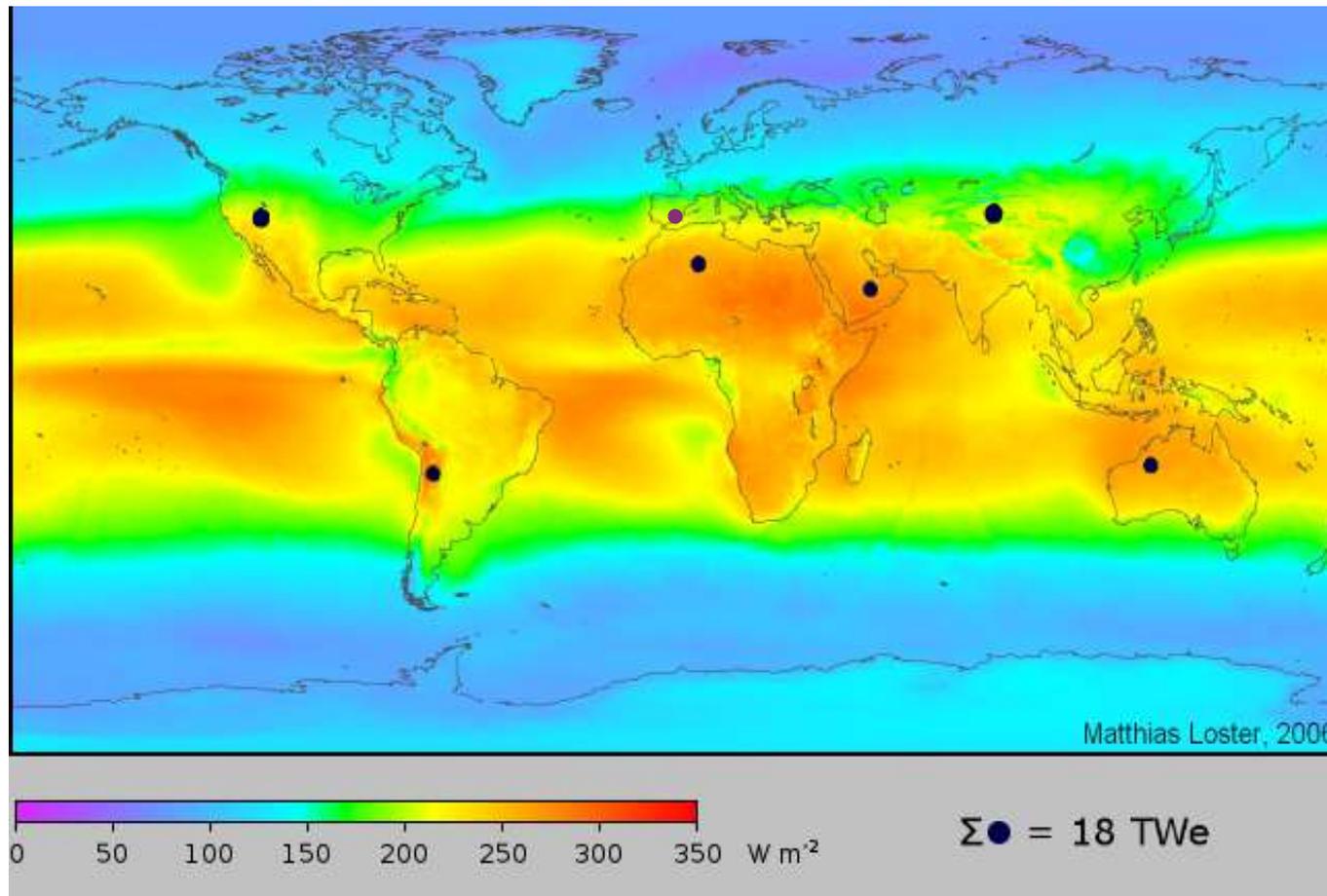


Wasserenergie

- In der Schweiz werden 60% vom elektrischen Strom in Wasserkraftwerken erzeugt.
- Sie nutzen die potenzielle Energie oder Lageenergie des Wassers. ($E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ mit E = Energie, m = Masse, g = Erdbeschleunigung $9,81\text{m/s}^2$, h =Fallhöhe)
- Es handelt sich um indirekte Sonnenenergie, da das Wasser von der Sonne verdunstet, von den Wolken transportiert wurde und dann als Regen an einem höheren Ort wieder fiel.
- Das Potential an Wasserkraft in der Schweiz ist beinahe erschöpft. Für weiteren Ausbau sind zum Teil massive Eingriffe in die Natur erforderlich.



Globaler Überblick Solarenergie



Schwarze Punkte zeigen Platzbedarf für die weltweite
Energienachfrage um 8% Energie-Faktor

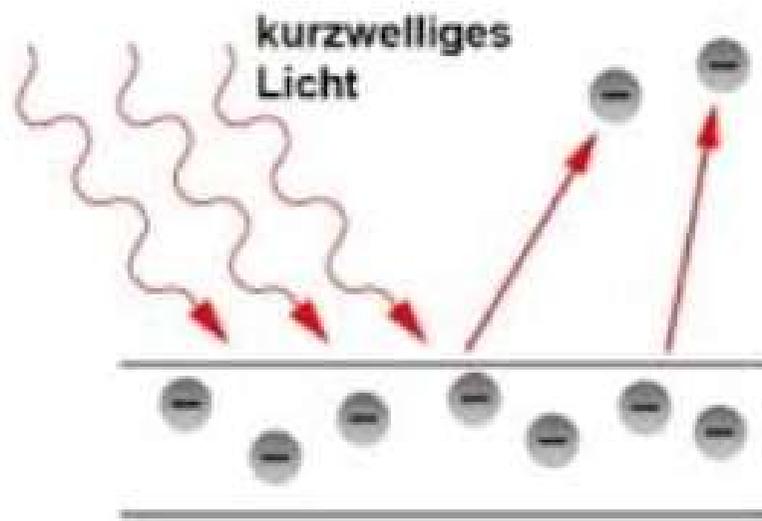
[1] Bildnachweis: <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenenergie> vom 21.11.2007

Solarenergie

- Mit einem Zweitausendstel der Erdoberfläche könnte man mit der Photovoltaik (Wirkungsgrad 20%) den gesamten Weltenergiebedarf decken.
- In der Schweiz wird die Solarenergie noch zu wenig genutzt, obschon das Potential gross ist.
- Es besteht ein Speicherproblem, da die Anlagen nur Strom produzieren, wenn die Sonne scheint. Dem kann mit Pumpspeicherkraftwerken entgegengewirkt werden.
- Die Kosten waren noch vor wenigen Jahren sehr hoch. Dank den Subventionen im Ausland wurde viel gebaut. Das hat dazu geführt, dass die Preise dank den grossen Produktionsmengen massiv gesunken sind.

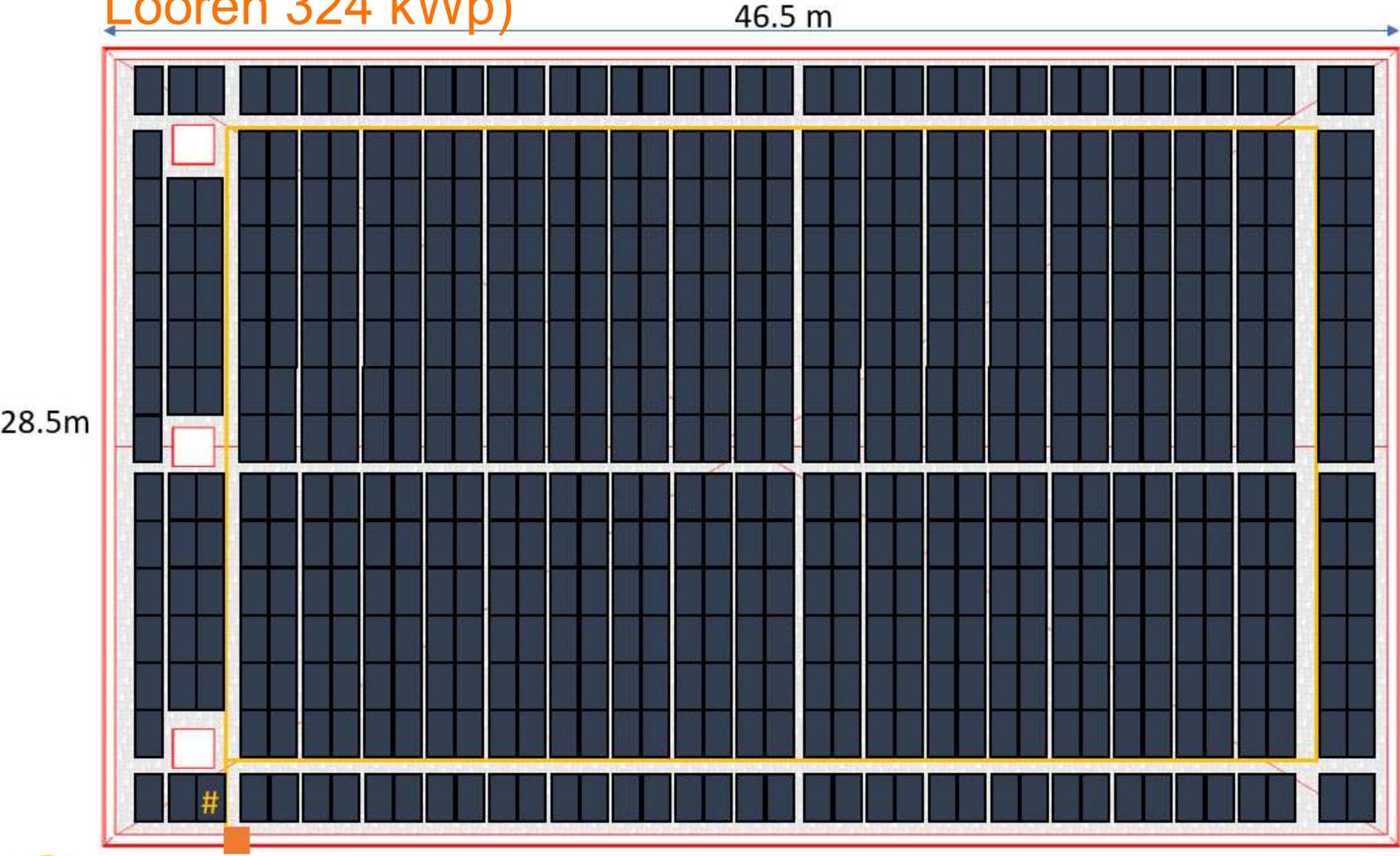


Photoeffekt



- Das Sonnenlicht (die Photonen) bringen die Energie in die Solarzelle. Es lösen sich dank der Energie Elektronen heraus. Wenn eine Spannung angelegt ist, bewegen sich die Elektronen. Es entsteht Strom.
- Der Photoeffekt wurde von Albert Einstein entdeckt.

Solaranlage Hauptdach MZH 182 kW (Total Looren 324 kWp)



Aufbau Solarkraftwerk

- Ein Solarkraftwerk besteht aus den Photovoltaikmodulen.
- Wechselrichtern, die den Gleichstrom in Wechselstrom umwandeln.
- Transformatoren, die die Spannung erhöhen für die Einspeisung ins Mittelspannungsnetz. Es gilt dafür die Formel $P=U \cdot I$, P = Leistung, U =Spannung, I =Strom.
- Die Installationstechnik, die die Module am Dach oder am Boden befestigt.

Fazit

- Wir gewinnen heute vor allem Energie, indem wir die Ressourcen ausbeuten. Dies führt auch zu CO₂-Austoss und dem damit verbundenen Klimawandel. Die Entsorgung des radioaktiven Abfalls ist nicht gelöst. Wir leben auf Kosten von nachfolgenden Generationen.
- Mit dem Ausbau von erneuerbaren Energien, mehr Energieeffizienz und einem sparsameren Umgang mit Energie können wir dem entgegenwirken.

Fragen

- Wie sind die Atome, die im Periodensystem aufgeführt sind, entstanden?
- Ein Solarmodul hat eine max. Spannung U von 33 Volt und generiert einen Strom I von 10 Ampere. Welche Leistung P in Watt kann es erzeugen? (Es gilt $P=U \cdot I$)
- Fritz baut sich ein kleines Wasserkraftwerk, indem er auf den Balkon eine Badewanne mit 80 kg Wasser stellt. Im Garten installiert er eine kleine Turbine. Der Balkon liegt 3 Meter über dem Garten. Wie viel Energie kann er damit erzeugen?
- Wie lange könnte er damit eine Sparglühlampe von 20 Watt zum erleuchten bringen? (Es gilt $E=P \cdot t$, E =Energie, P =Leistung, t =Zeit)



Fragen Photovoltaik

- Berechne die benötigte Fläche für den Weltenergiebedarf im Jahr.
- Berechne die benötigte Fläche für den Schweizer Energiebedarf. Und vergleiche ihn mit den Dachflächen in der Schweiz.
- Wieviel Energie werden die drei Solaranlagen auf der MZH und dem Schulhaus Nord im Jahr produzieren. Ihre Leistung beträgt 324 kWp. Sie produzieren 1000kWh/kWp/Jahr.
- Wenn ein Haushalt 3000 kWh pro Jahr braucht, für wie viele Haushalte reicht dies.
- Wie kann die Energie gespeichert werden?
- Wie kann die Schweiz CO₂ neutral werden?



Solaranlagen im Gütsch



Mehrfamilienhaus Olten



Anlage in Zona Franca, a-Si



10-MWp-Projekt in Apulien (Italien)



Bsp: Photo via [QualEnergia.it](https://www.qualenergia.it).

Anlage in Agorobo, a-Si



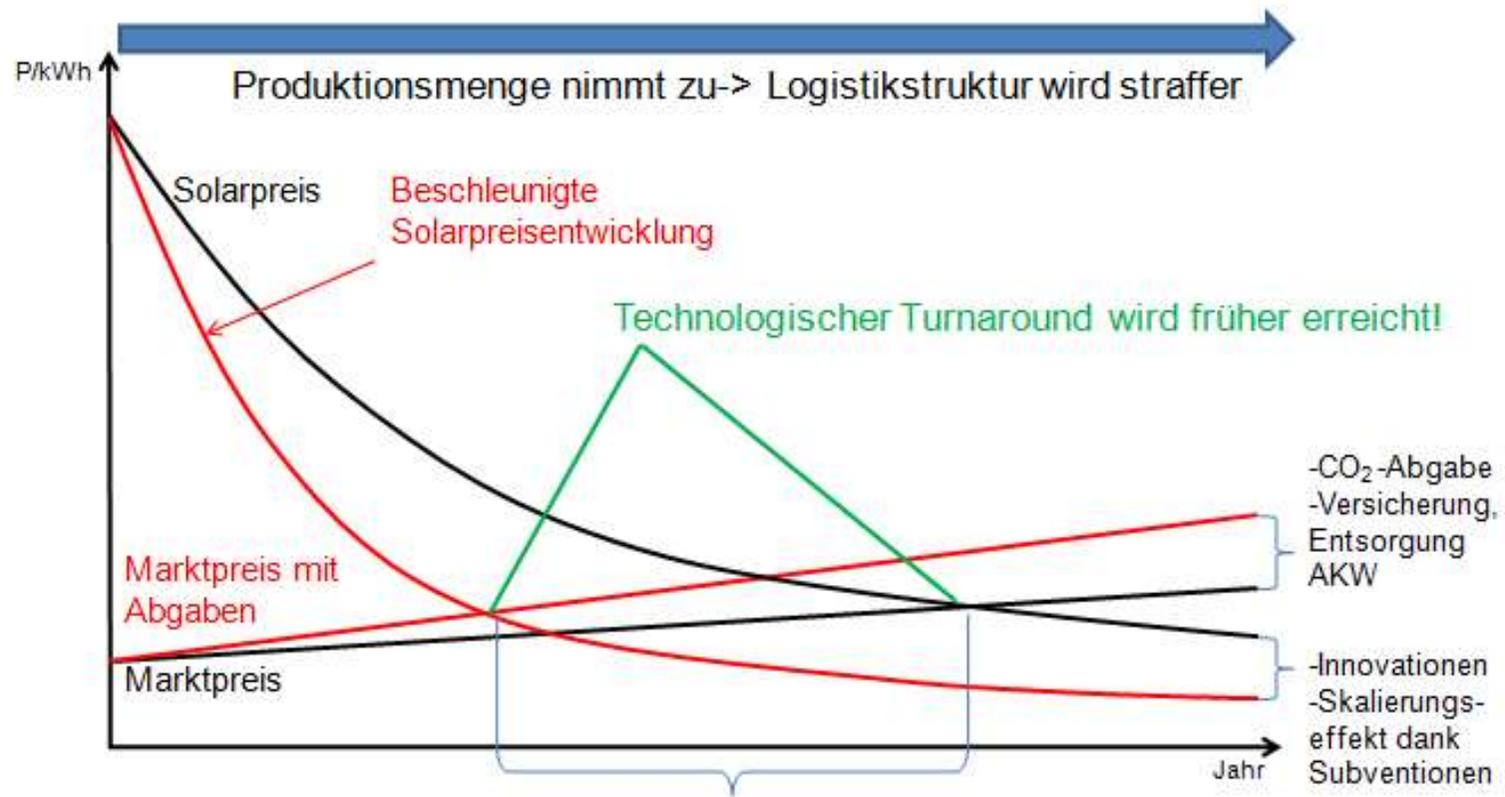
Speicherung

- Batterien: Kurzzeitspeicher
- Pumpspeicherkraftwerke: Kurz-bis mittellanger Speicher.
- Power to X: mit dem Strom kann mittels Elektrolyse Wasser (H_2O) in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) aufgespalten werden. Bei der Verbrennung entsteht wieder Wasser. Langzeitspeicher. Gute Transportmöglichkeit.



Quelle: Luzernerzeitung, 7.10.2020

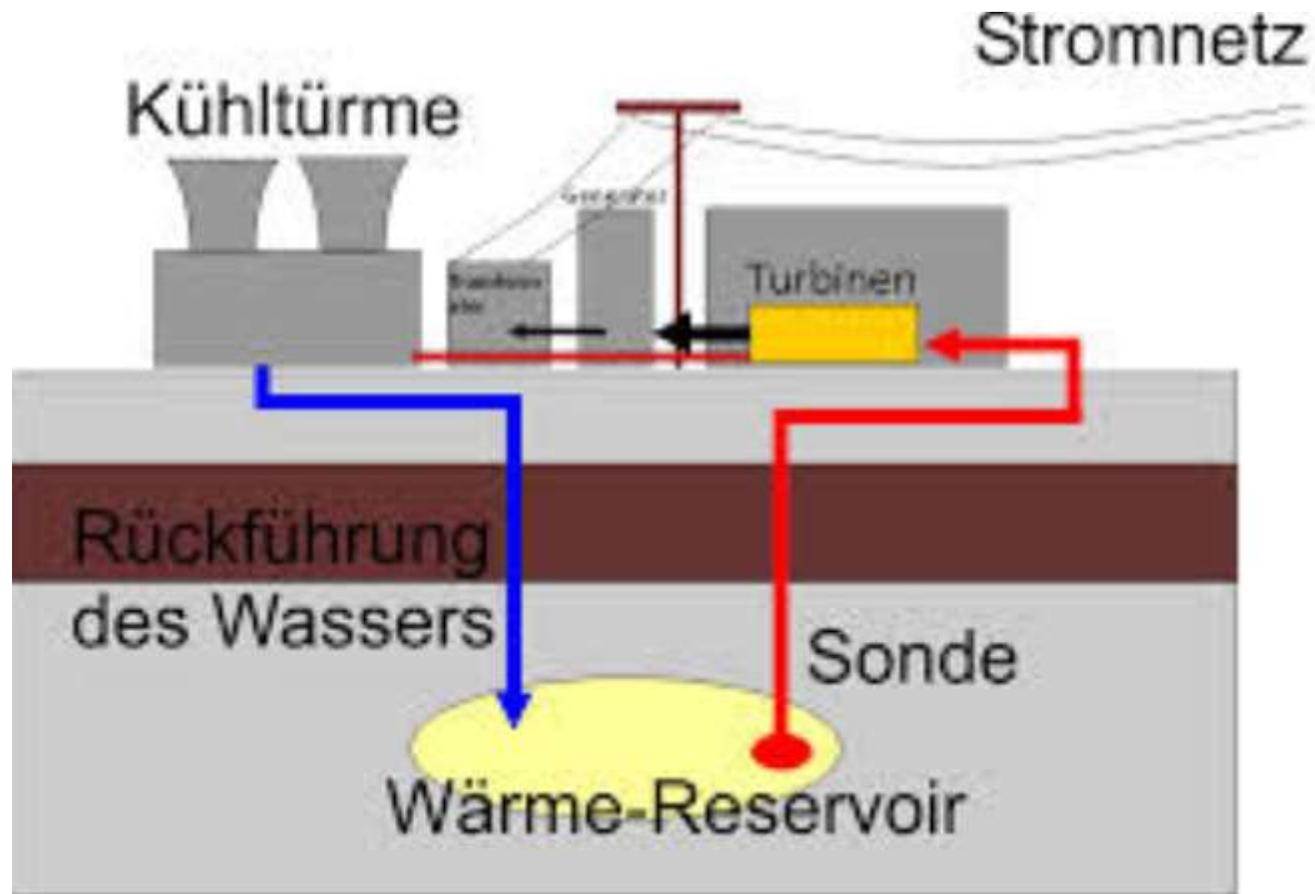
Partielles Elektrizitätsmarktmodell



Wirtschaftliches zu Energie

- Die externen Kosten sind heute wirtschaftlich nicht abgebildet. Dies sind die Kosten, die das CO₂ bei der Verbrennung von Öl und Gas mit dem Klimawandel verursachen oder der radioaktive Abfall und das Unfallrisiko der Kernkraftwerke.
- Dies führt zu einer Wettbewerbsverzerrung zu Ungunsten der erneuerbaren Energien.
- Als Ausgleich wurde in der Schweiz die Einmalvergütung geschaffen, mit der die erneuerbaren Energien mit einem Investitionsbeitrag subventioniert werden.

Geothermie-Kraftwerk



Geothermie

- Die Geothermie nutzt die Erdwärme. Das Wasser wird im Erdinnern verdampft. Der Dampf treibt an der Erdoberfläche Turbinen an und es wird Strom produziert.
- In der Schweiz haben wir schlechte geothermische Tiefenstufen. Das bedeutet, dass man tief bohren muss um an die Wärme zu kommen. Die beiden Tests in Basel und St. Gallen haben Erdbeben ausgelöst.
- In Island wird der Strom vorwiegend mit der Erdwärme produziert, da dort die Hitze bis an die Oberfläche steigt.