

ENERGIE

Dariusz Miśkowiec, 9.03.2009

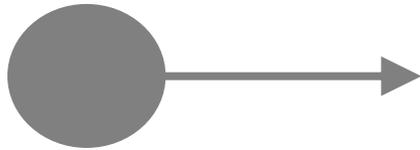
Welche Energie?

Energie, die man zum Leben braucht

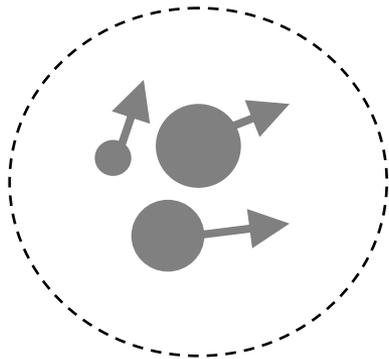


Welche Energie?

auch Energie eines Objekts in Physik



$$E^2 = m^2 + p^2$$



$$E_{\text{CM}}^2 = (\sum p^\mu_i) (\sum p_{\mu i}) \text{ invariante Masse}$$

Welche Energie?

nicht diese Arten von Energie

ENERGIESPIEGEL

- Gesunder und erholsamer Schlaf
- Ausgeglichenheit und Innere Ruhe
- Strahlungsfreier Schlaf- und Arbeitsplatz
- Mehr Energie Morgens und am Tag

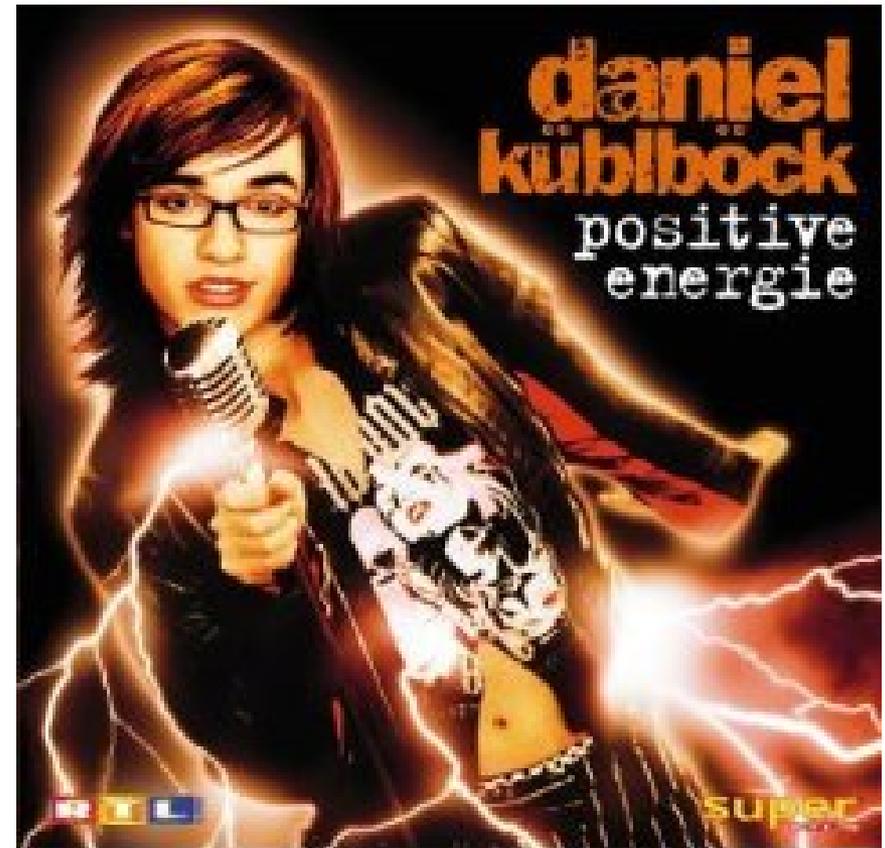
Energiespiegel, Patent geschützt, A 1883/2007

Unterstützung für ein sinnvolles
und gesundes Leben

 **EnergyMirror**[®]
Energie in Bewegung



daniel küblböck
positive
energie



super

Dieser Vortrag

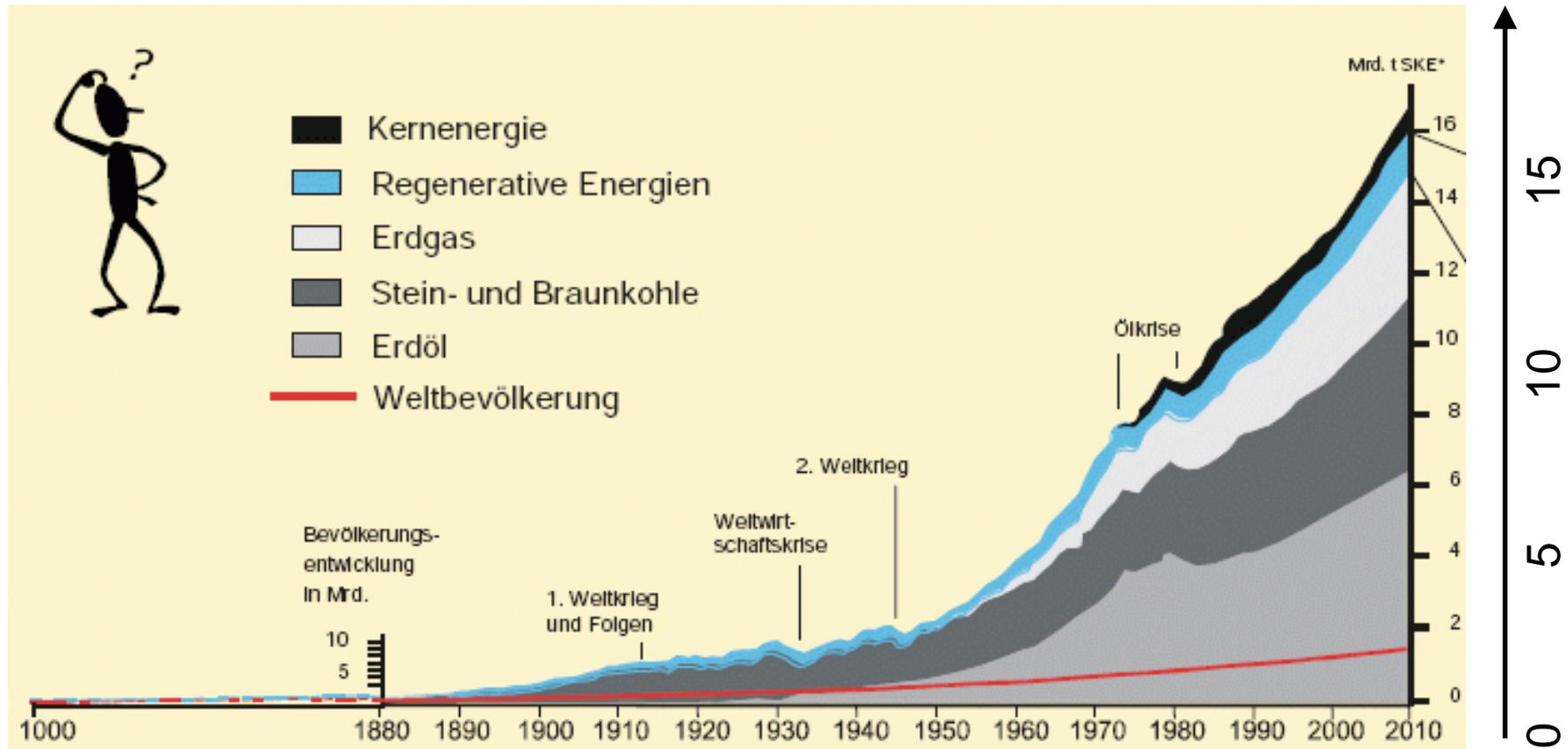
- 🌐 **Energiewirtschaft heute**
- 🌐 **künftige Energiequellen**
- 🌐 **Energiespeicher**

Energiewirtschaft heute

Weltenergieverbrauch

TFZ Bayern

Leistung in TW

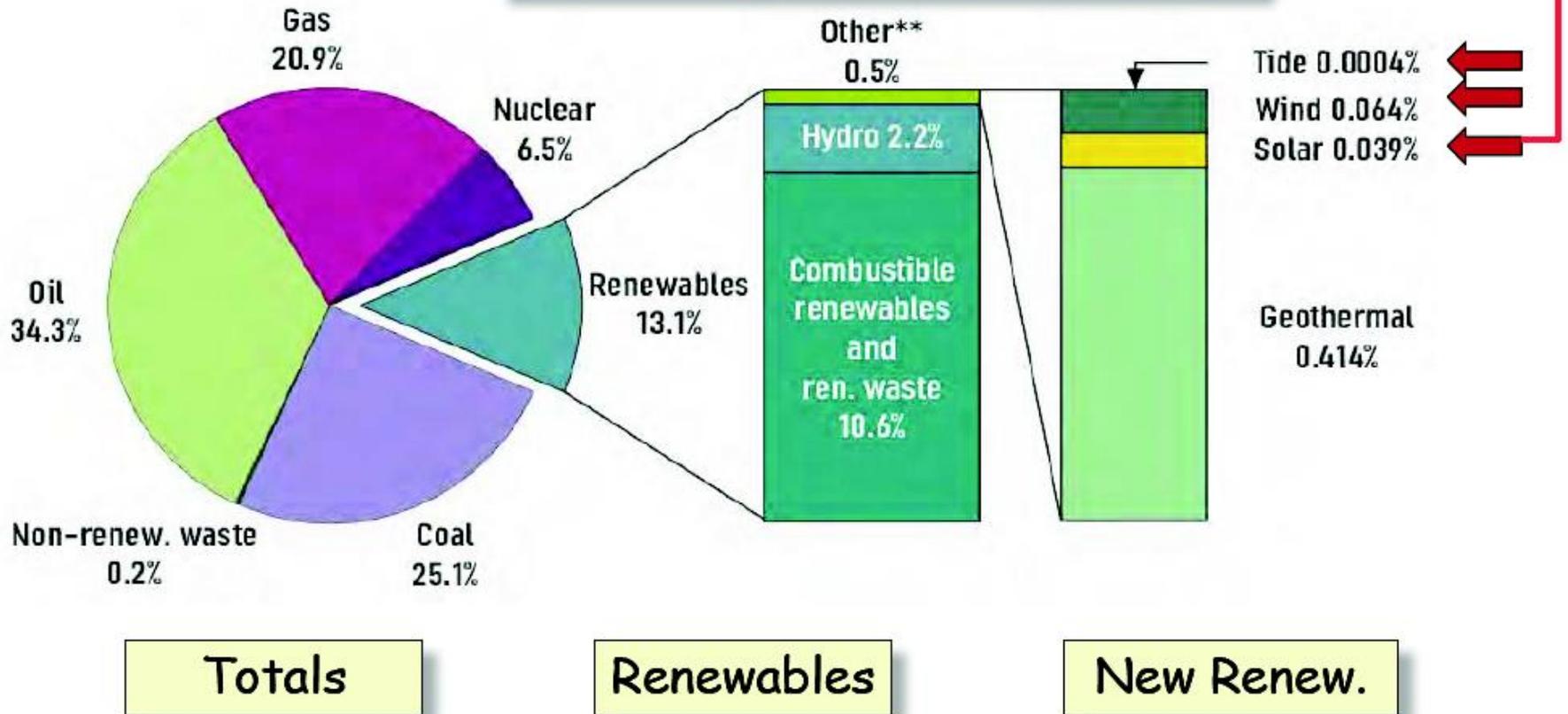


Weltenergieverbrauch 2009: 15 TW primär, 2 TW elektrisch
Wachstum: 20% pro 10 Jahre

Primärenergiequellen

C. Rubbia, QM2008, Jaipur Feb-2008

*Total world's PV = 6.5 GWatt @ 25% of time
= nuclear energy of 1 EPR of new generation*



Primärenergievorräte

☢	Öl	DH97	202-356 GtSKE	15 TW x 13-23 Jahre
☢	Ölschiefer / Teersand	DH97	149-500 GtSKE	15 TW x 9.5-32 Jahre
☢	Gas	DH97	167-250 GtSKE	15 TW x 11-27 Jahre
☢	Braunkohle	DH97	128-830 GtSKE	15 TW x 8.1-53 Jahre
☢	Steinkohle	DH97	617-6126 GtSKE	15 TW x 39-390 Jahre
☢	Natururan	DH97	38-377 GtSKE	15 TW x 2.4-24 Jahre

				80-550 Jahre

Erderwärmung – Upsala Glacier, Patagonien 1928

C. Rubbia, QM2008, Jaipur Feb-2008



Erderwärmung – Upsala Glacier, Patagonien 2004

C. Rubbia, QM2008, Jaipur Feb-2008



Erderwärmung – Riggs Glacier, Alaska 1941

C. Rubbia, QM2008, Jaipur Feb-2008



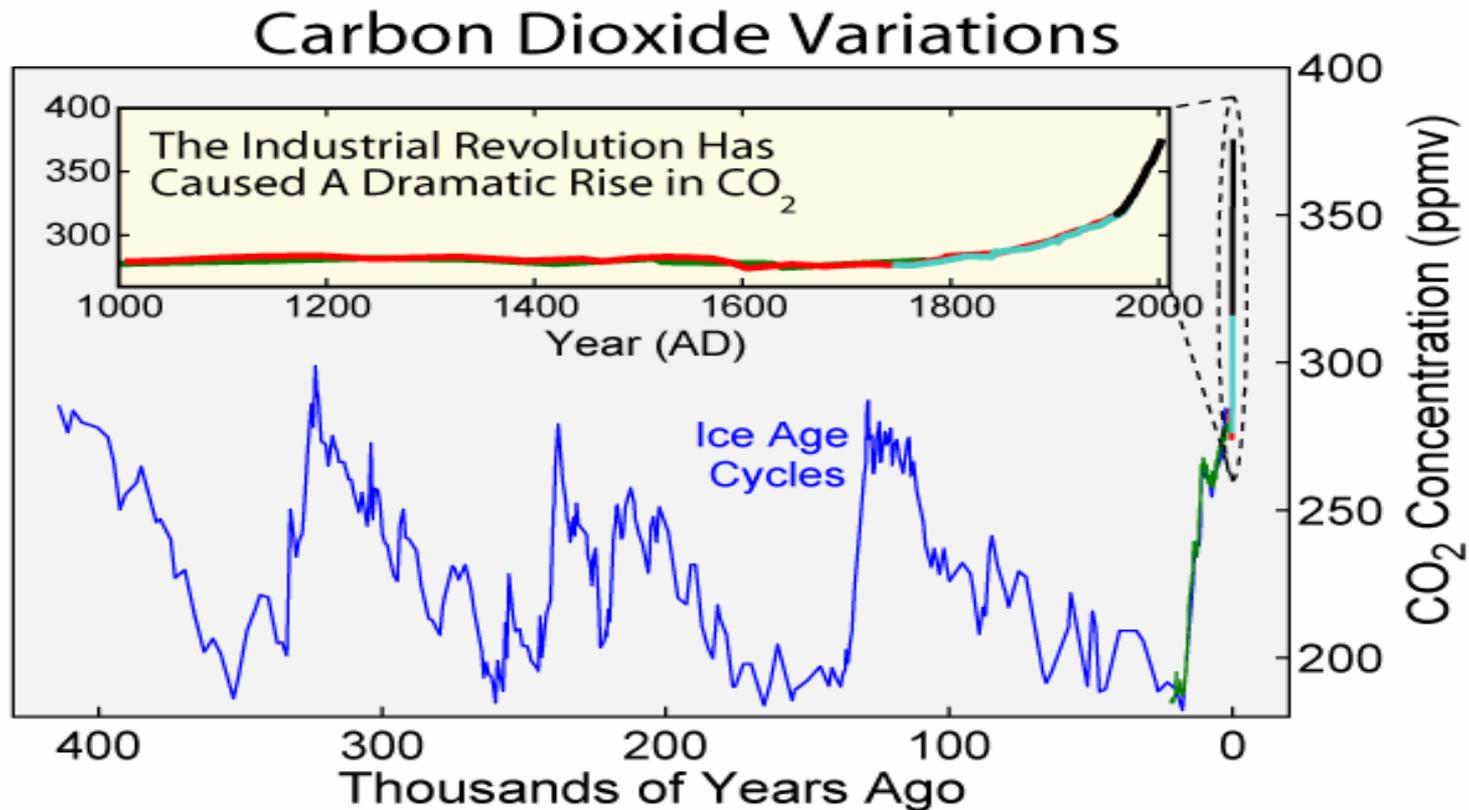
Erderwärmung – Riggs Glacier, Alaska 2004

C. Rubbia, QM2008, Jaipur Feb-2008



Direkte Ursache der Erderwärmung: CO₂

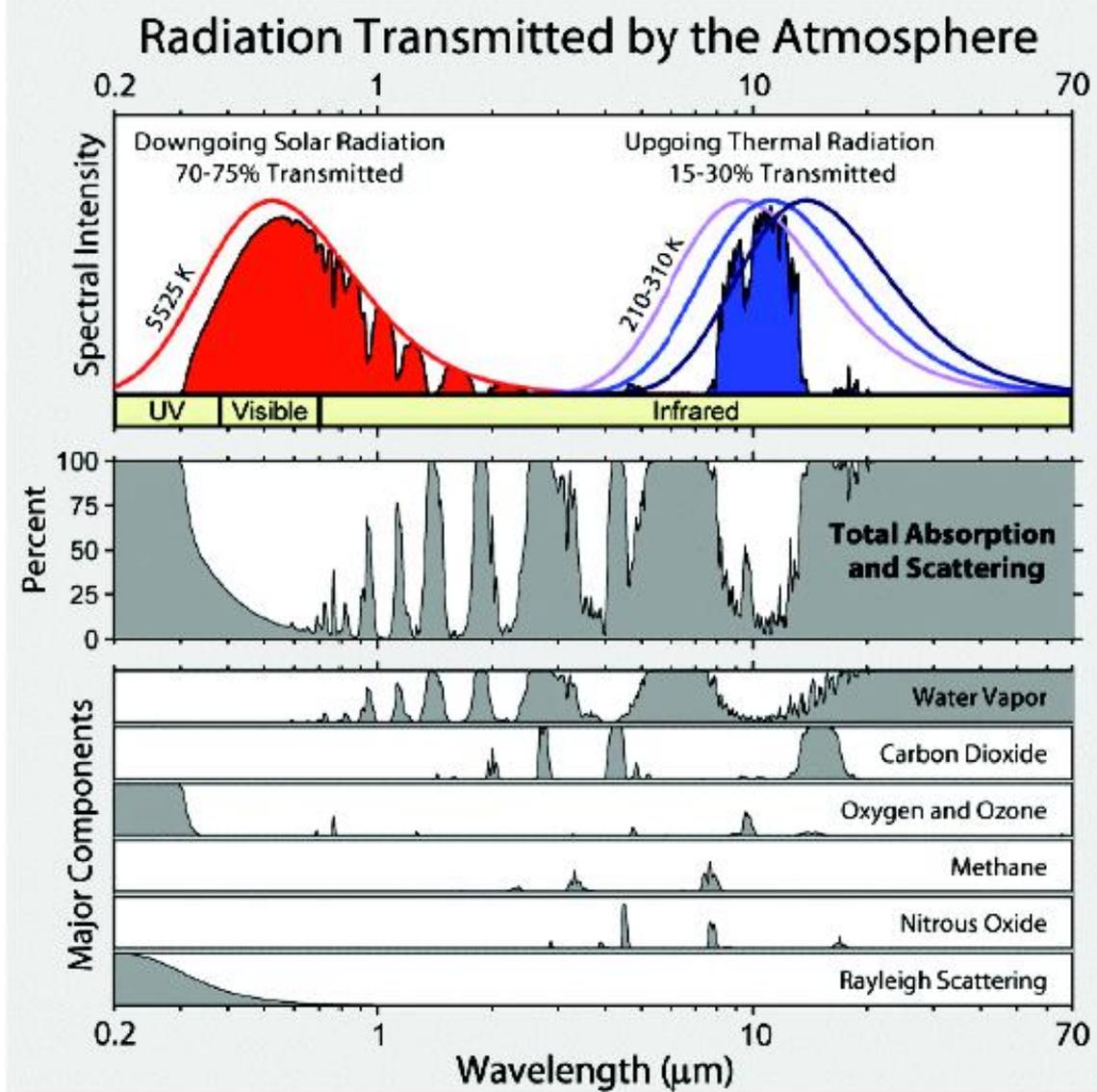
wikipedia



- 🌐 analysiert über (ant)arktische Luftblasen
- 🌐 deutlicher Anstieg in den letzten 100 Jahren
- 🌐 **anthropogene Herkunft (IPCC AR4, 2007)**

CO₂ und Wärmefluss

C. Rubbia, QM2008, Jaipur Feb-2008

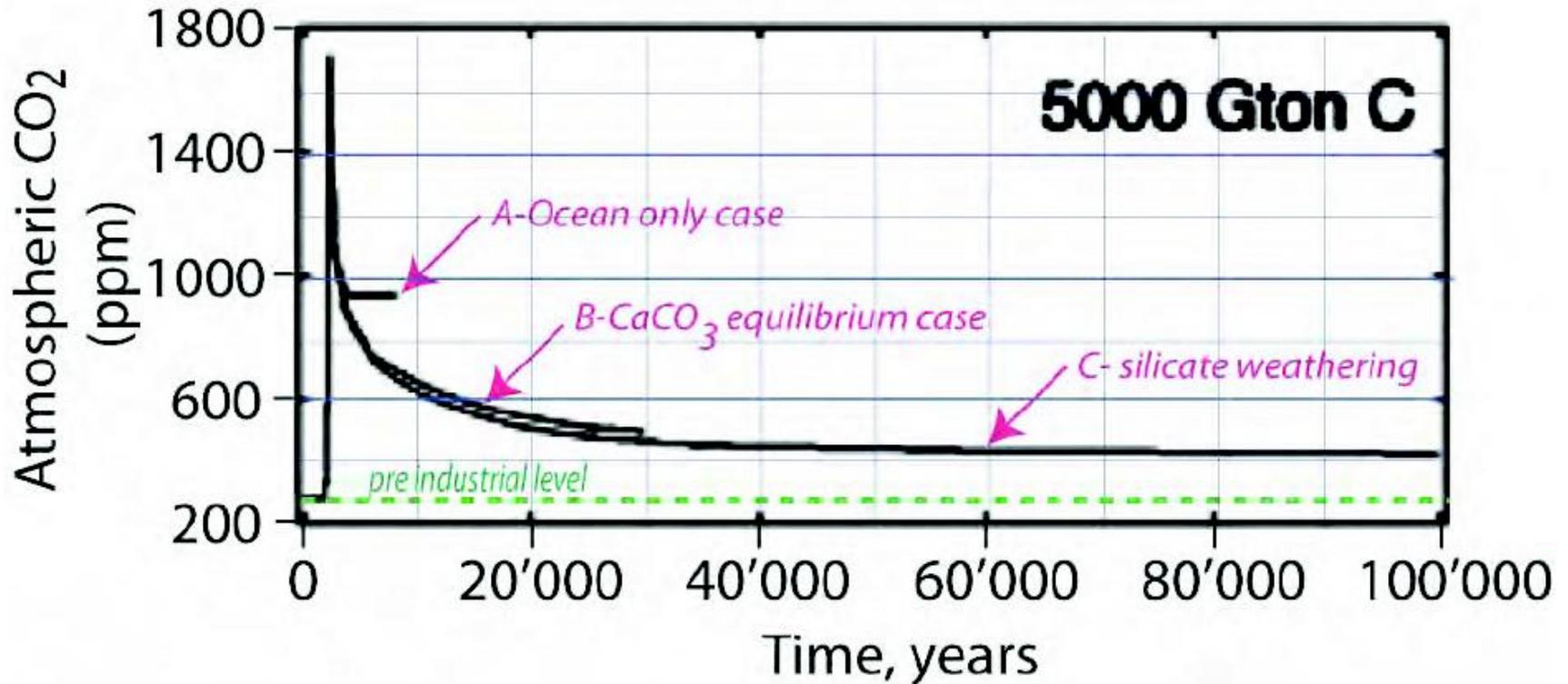


Erderwärmung

- ☼ **Erderwärmung ist nichtlinear:**
weniger Eis → mehr Photonabsorption → weitere Erwärmung
→ noch weniger Eis → ...
- ☼ **Folgen: Dürren im Süden, Regen im Norden Europas, mehr Fluktuationen, mehr Stürme**
- ☼ **Fairness gegenüber kommenden Generationen erfordert schnelles Handeln**

Lebensdauer von CO₂ in der Atmosphäre

C. Rubbia, QM2008, Jaipur Feb-2008

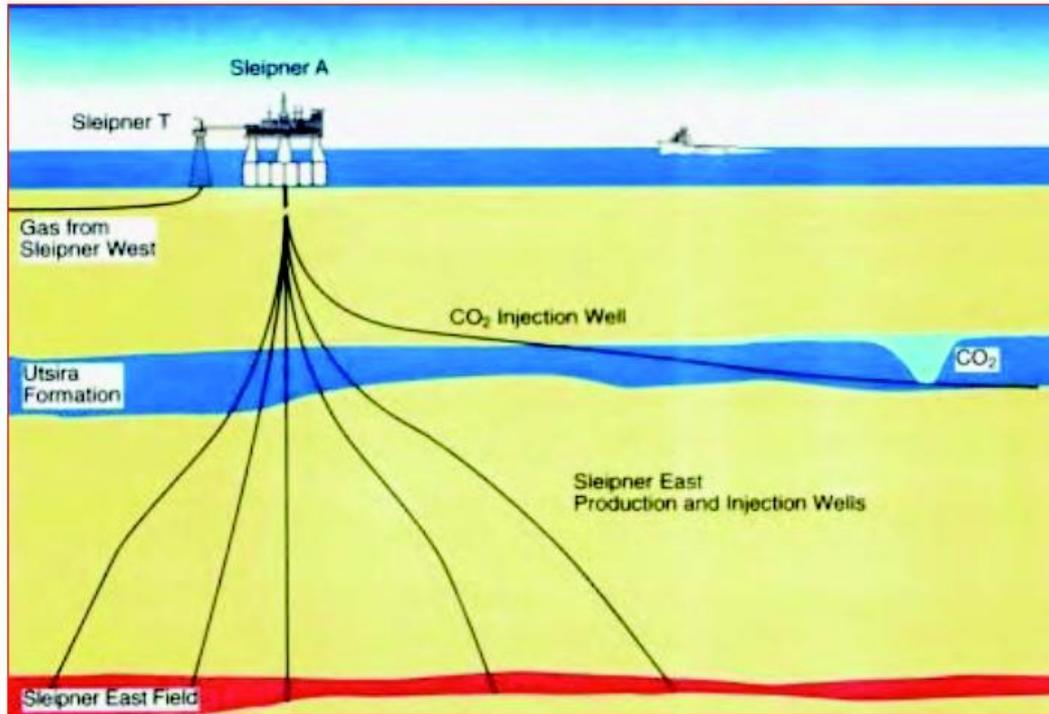


Nichtexponentiell, mittlere Lebensdauer 30 000 Jahre

Lösungsansätze

CO₂ - Sequestrierung

C. Rubbia, QM2008, Jaipur Feb-2008



- ☢ **Mengen: 1 GWe produziert 11 Mt CO₂ pro Jahr (5.6 km³) (Vergl. Kernspaltung: 30 t oder 15 m³ Abfall)**
- ☢ **Umwelt- und Sicherheitsprobleme**
- ☢ **Energieaufwand: eff. Wirkungsgrad des Kraftwerks 43→28%**
- ☢ **keine langfristige Lösung**

Wasserkraft

Dreischluchtendamm, Yangtse, 18 GW



- ⦿ **Leistung kW-GW**
 - ⦿ **Wirkungsgrad 90%**
 - ⦿ **Weltleistung jetzt 0.3 TW_{el}**
 - ⦿ **Weltleistung maximal 1.2 TW_{el}**
 - ⦿ **schnell zuschaltbar**
-
- ⦿ **politisches Mittel**
 - ⦿ **Umweltprobleme**
 - ⦿ **Unfallrisiko (Henan Damm in China, 1975, 215 000 Tote)**

Probleme beherrschbar, wichtiger Beitrag in Zukunft

Windkraft



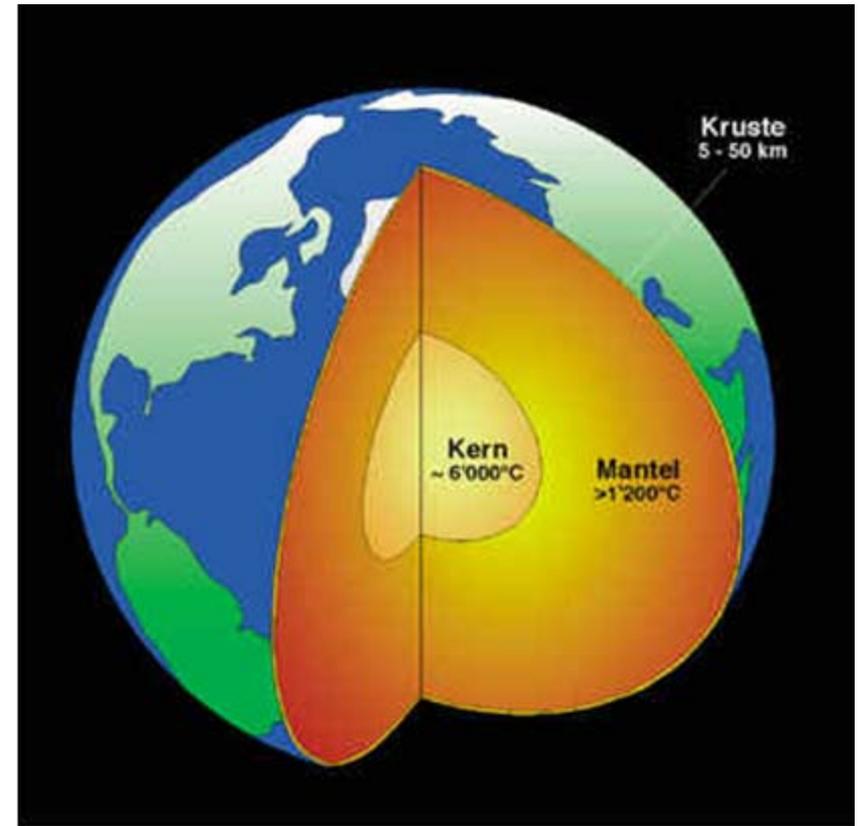
- ⊗ Leistung 1-5 MW_{el}/Rotor
- ⊗ Wirkungsgrad 45%
- ⊗ Windstärkenvariationen → 15%
- ⊗ Weltleistung jetzt 0.8 TW_{el}
- ⊗ Weltleistung maximal 3 TW_{el}

- ⊗ 1 Windrad/10 m Küste → 10% Strom in D
- ⊗ Leistungsschwankungen
- ⊗ Einfluss auf die Umwelt/Biosphäre

"Sinnvoll als Ergänzung" (Kleinknecht)

Geothermie

- ☢ **Wärmefluss 60 mW/m²**
- ☢ **Kraftwerke an heißen Quellen**
- ☢ **weltweit etwa 10 GW_{el}**



begrenzt, niedrige Energiedichte

Solarthermie

- ☼ **16-25% Wirkungsgrad**
- ☼ **30 W_{el}/m^2 möglich**
- ☼ **400 °C**
- ☼ **50-250 MW Spitzenleistung**
- ☼ **6 cent/kWh erreichbar**
- ☼ **direkte H₂-Herstellung möglich**

Concentrating Solar Power



- ☼ **"Das Problem dieser Anlagen ist die Speicherung der (...) Energie" (Kleinknecht)**

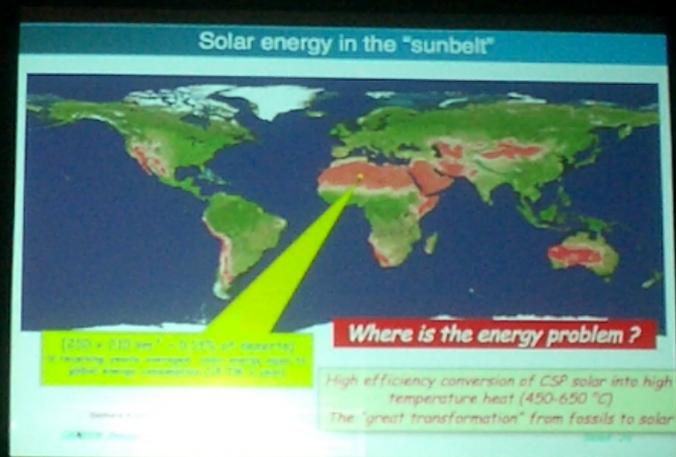


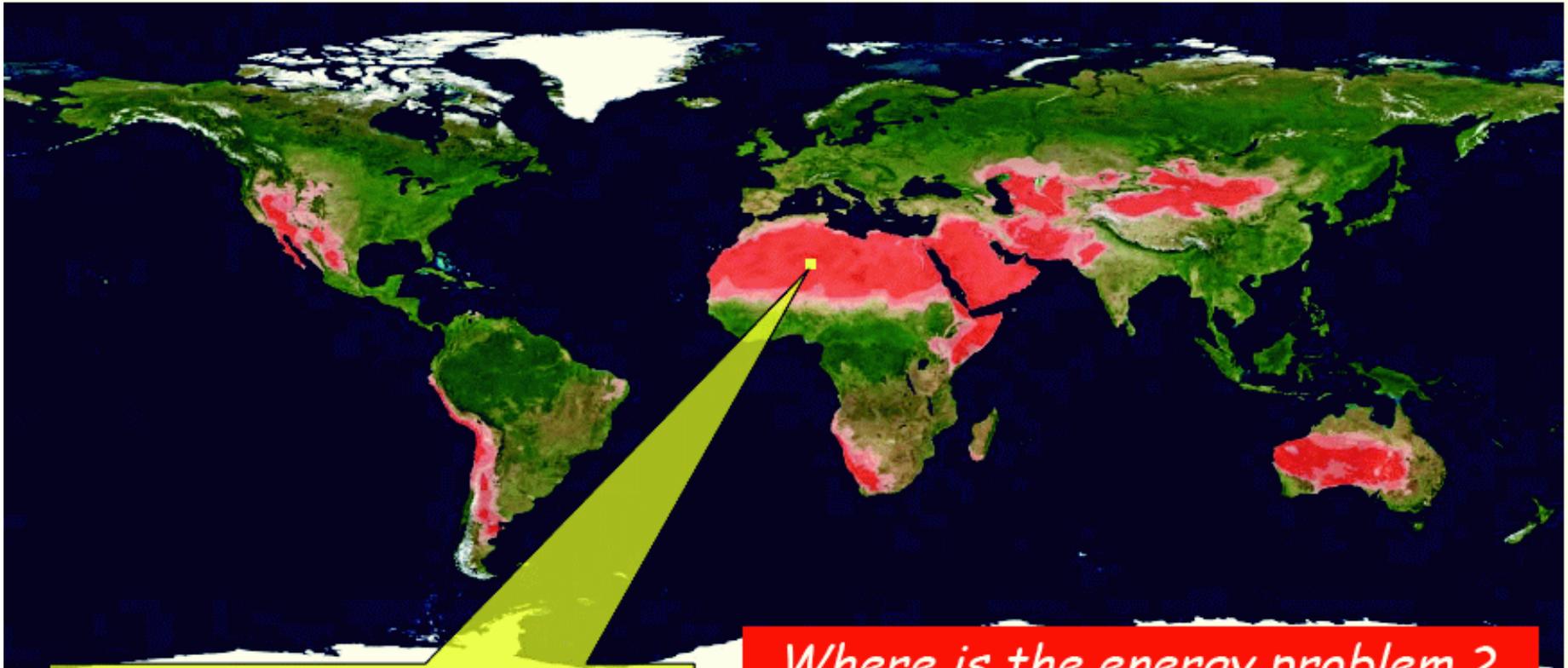


20th International Conference on
Ultra-Relativistic Nuclear-Nuclear Collisions
February 4th - 10th, 2008 (Lepur 1008)

Quark Matter 2008

Quark Matter 2008





(210 × 210 km² = 0.13% of deserts)
is receiving yearly averaged solar energy equal to
global energy consumption (15 TW × year)

Where is the energy problem ?

*High efficiency conversion of CSP solar into high
temperature heat (450-650 °C)
The "great transformation" from fossils to solar*

Gerhard Knies, ISES-Rome CSP WS 2007

QM2008_Inaugural/India Feb 2008

Slide# : 20

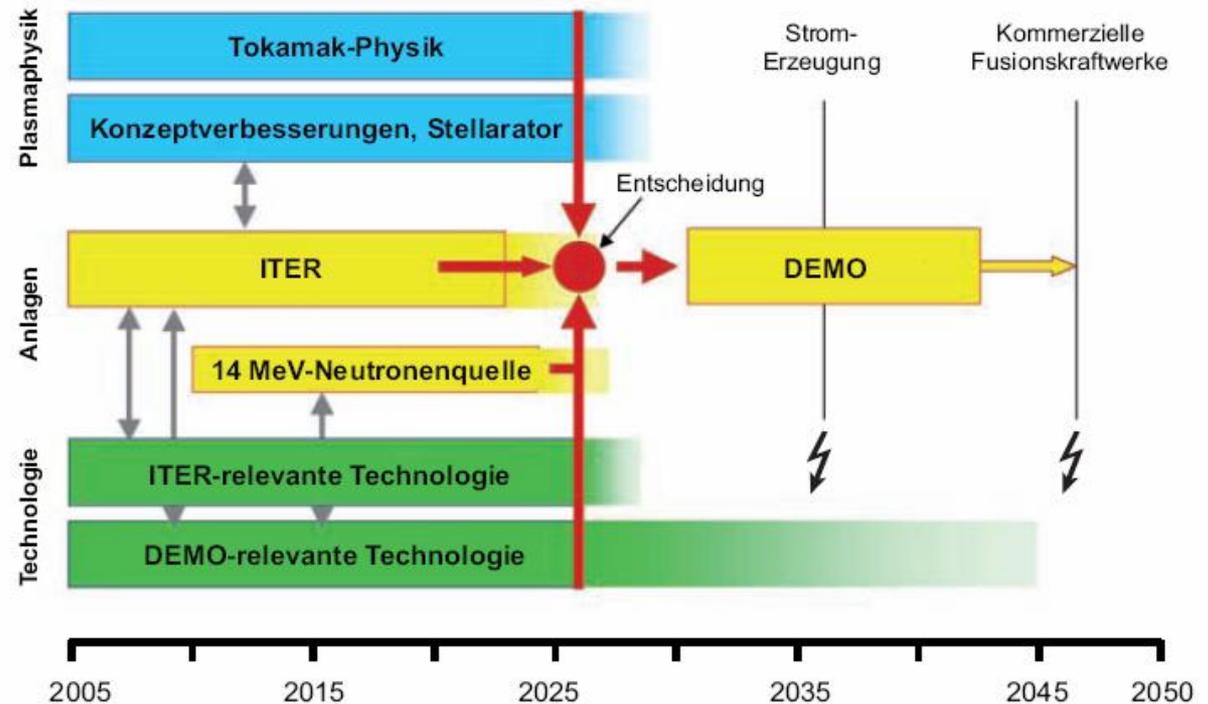
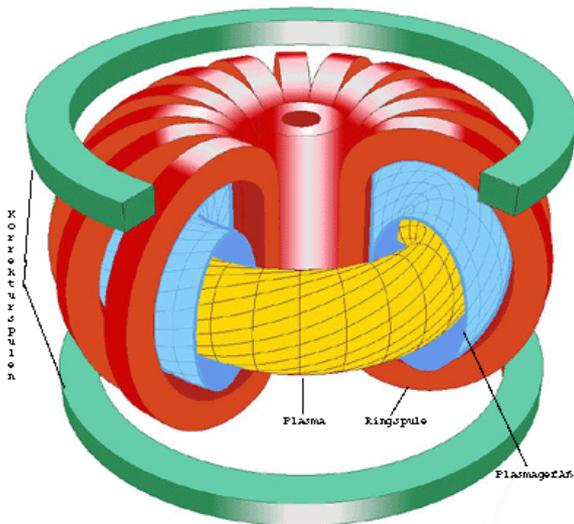
Photovoltaik

- ☼ **Wirkungsgrad 10-20% (bis 40%)**
- ☼ **Tag/Nacht-Problem**
- ☼ **20 c/kWh in 10 Jahren**



- ☼ **berücktigter Erntefaktor < 1? Rückgewinnungszeit 4-7 Jahre**
- ☼ **"Die Speicherung der elektrischen Energie (...) ist ein ungelöstes Problem" (Kleinknecht)**

Kernfusion



- ☢ panaceum (solange die Gesamtleistung $\ll 120$ PW)
- ☢ noch nicht verfügbar
- ☢ Treibstoff für den Verkehr weiterhin ungelöst

Fazit

**Fossile Energiequellen können durch
regenerative Quellen ersetzt werden**

aber...

Was ist mit der Speicherung?

Energiespeicher

Speicherproblem jetzt

- ☉ **>80% der primären Energie kommt von fossilen Quellen**
- ☉ **fossile Energieträger sind perfekte Speichermedien:
z.B. Deutschlands Ölreserve für 90 Tage
+ verteilte Reserven: Auto, Keller, ...**

→ kein Speicherproblem



Speicherproblem in Zukunft

- 🌐 **die neuen Energiequellen liefern hauptsächlich Wärme oder Strom**
- 🌐 **beide Formen lassen sich nicht speichern**

Speicher/Transport-Optionen in Zukunft

zentrale Energiewirtschaft

- ☉ Windkraft, Solarthermie, Photovoltaik ins große Netz eingespeist
- ☉ Kernfusion, Wasserkraft, Geothermie fangen Schwankungen auf
- ☉ **Stromnetze mit 10 x mehr Kapazität notwendig**



teilweise dezentrale Energiewirtschaft

- ☉ Windkraft, Solarthermie, Photovoltaik teilweise autark
- ☉ **dezentrale Speichersysteme**



in beiden Fällen

- ☉ **Energieträger für Verkehr notwendig**



Ansätze zum Speicherproblem

- 🌐 **Pumpspeicherkraftwerke**
- 🌐 **Salz - latente Wärme**
- 🌐 **Wasserstoff und Co**

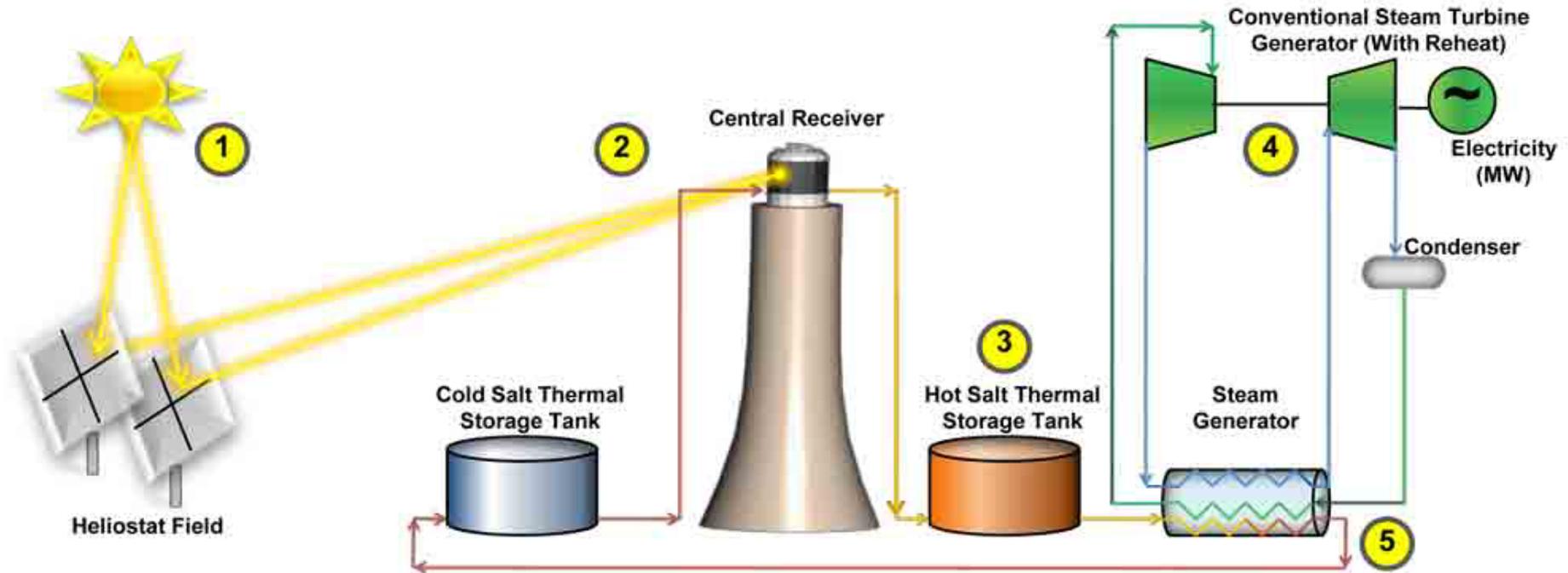
Pumpspeicherkraftwerke

Goldisthal, Thüringen, 1 GW x 8 h



- 🌐 **80% Effizienz**
- 🌐 **Deutschland: 6.5 GW x 4-8 h**
- 🌐 **natürlich begrenzt**

Salzwärmespeicher



Salzflüssigkeit bei CSP: Speicher und Transport
Rubbia: auch Tag/Nacht Speicherung

Wasserstoff als Energiespeicher

- 🚫 **Produktion:** **Elektrolyse oder direkt**
- 🚫 **Transport:** **unter Druck (200 b) oder kalt (-254 °C)**
- 🚫 **Verwendung:** **Verbrennung oder Brennstoffzelle**



weitere Energiespeicher

- ☢ NH_3 Ammoniak
- ☢ CH_3OH Methanol
- ☢ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ Ethanol

- ☢ Si statt C

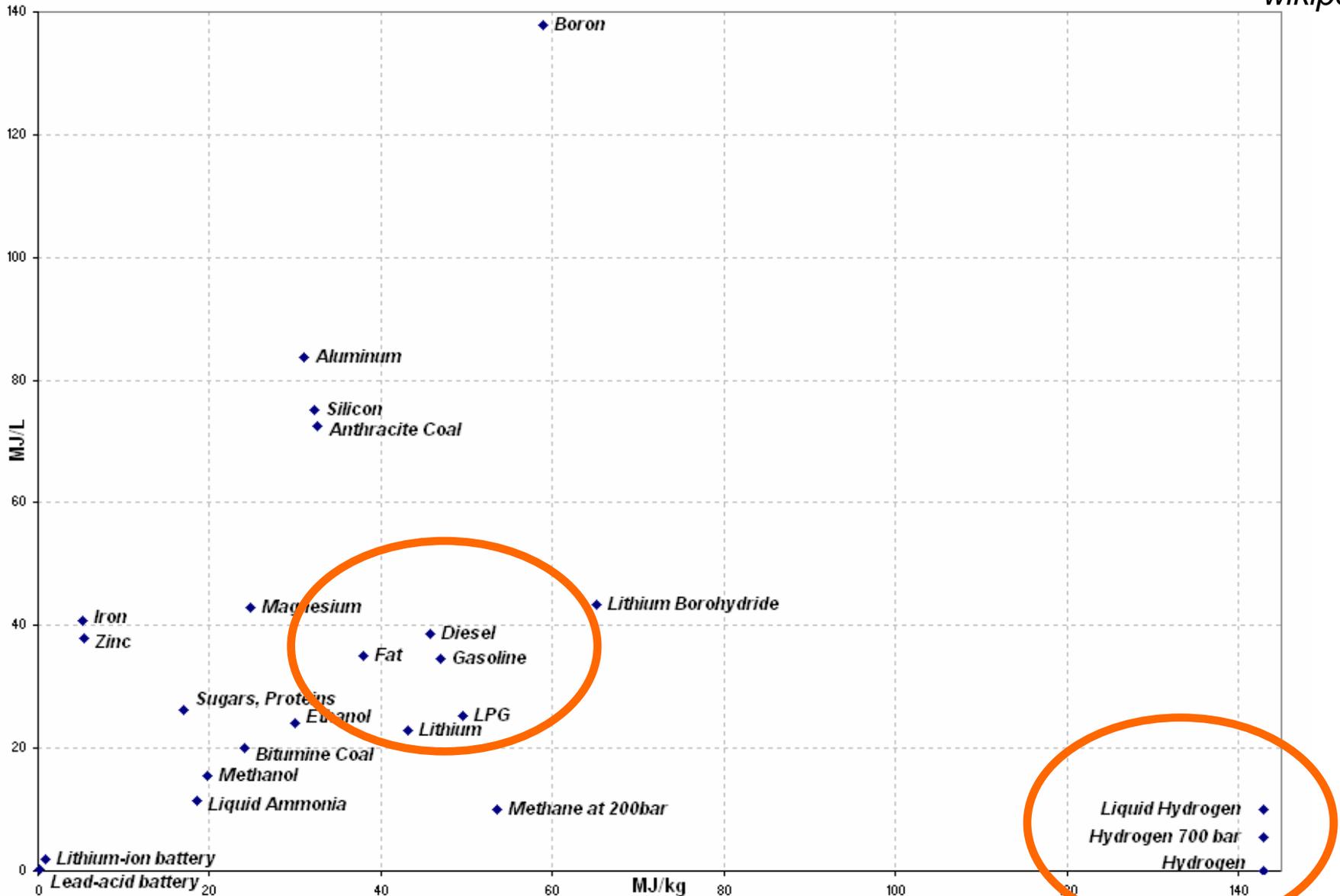
Energiedichte (MJ/kg)

wikipedia

mc ²	89,876,000,000
d+t fusion	337,000,000
U ²³⁵ fission	88,250,000
TNT	4.610
hydrogen	143
natural gas	54
gasoline	46
coal	33
silicon	32
ethanol	30
glucose	16
wood	6
molten salt	1
lithium ion battery	0.54
compressed air at 300 bar	0.51
flywheel	0.5
battery, NiMH	0.25
battery, NiCd	0.14
battery, lead acid	0.09
water at 100 m dam height	0.001
clock spring	0.0003

volumetrische und gravimetrische Energiedichte

wikipedia



Speichermedien mit ultra-Wasserstoff Dichten?

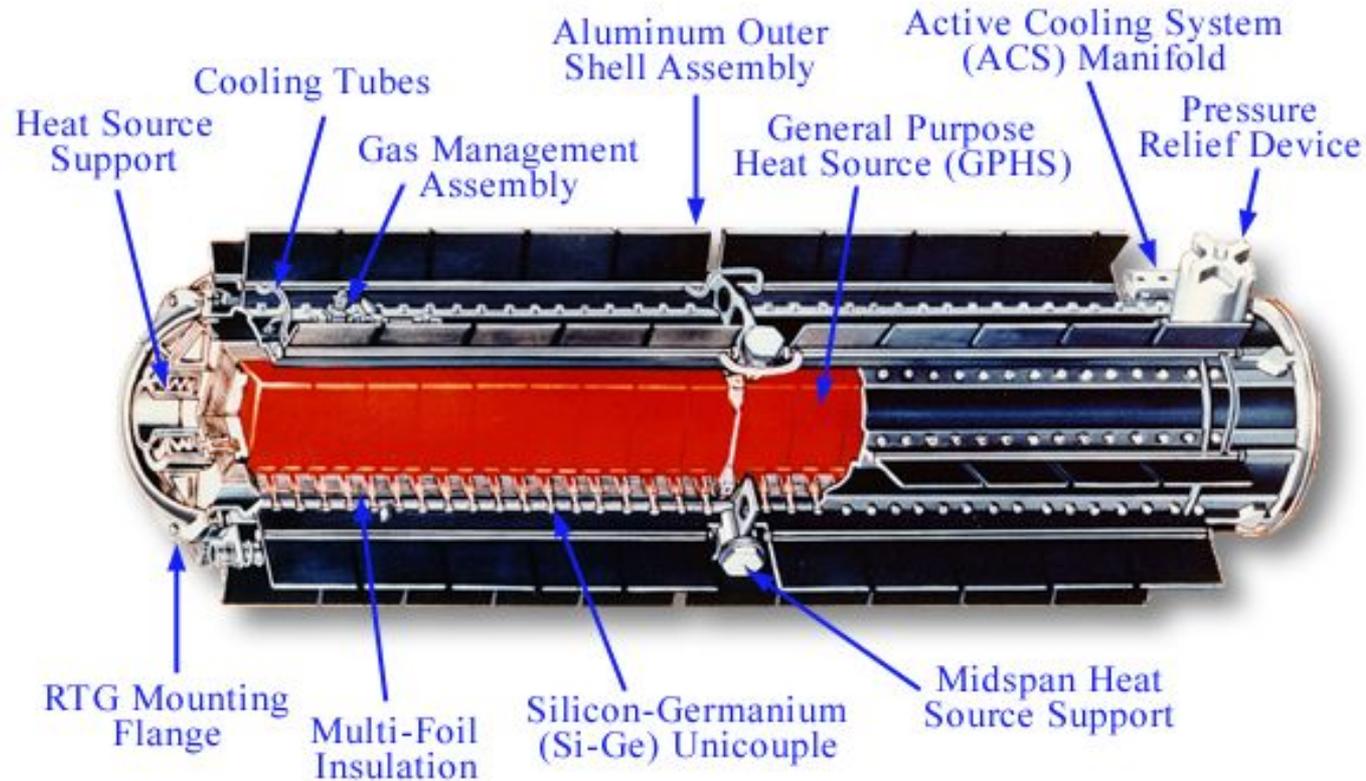
- ☼ **Kernkräfte**
 - nukleare Batterien (RTG, Schrittmacher)
 - triggerbarer Zerfall
 - "echte" nukleare Batterie

- ☼ **mc^2**
 - Schwarzes Loch a la HS
 - Bosonenfalle (Photonen)
 - Antiteilchen

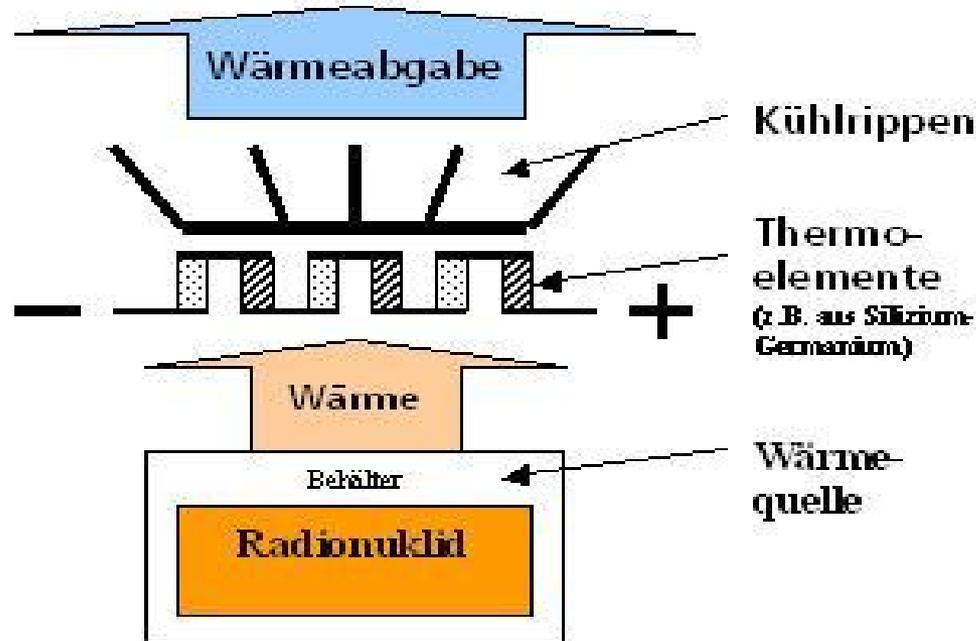
Nukleare Batterie?

Radioisotope Thermoelectric Generator on Cassini Probe

GPHS-RTG



Nukleare Batterie?

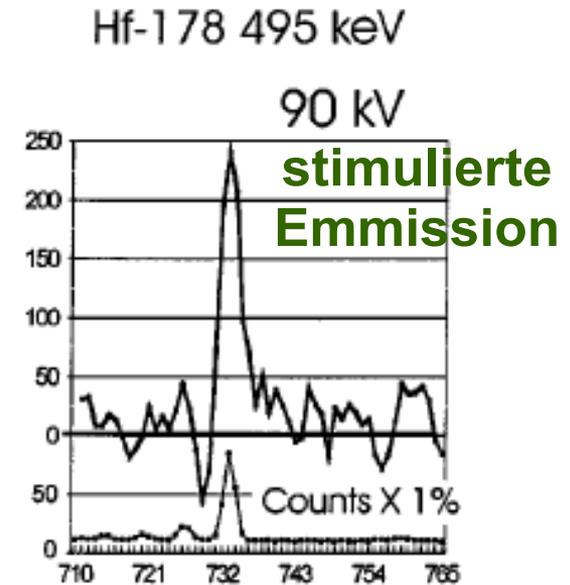
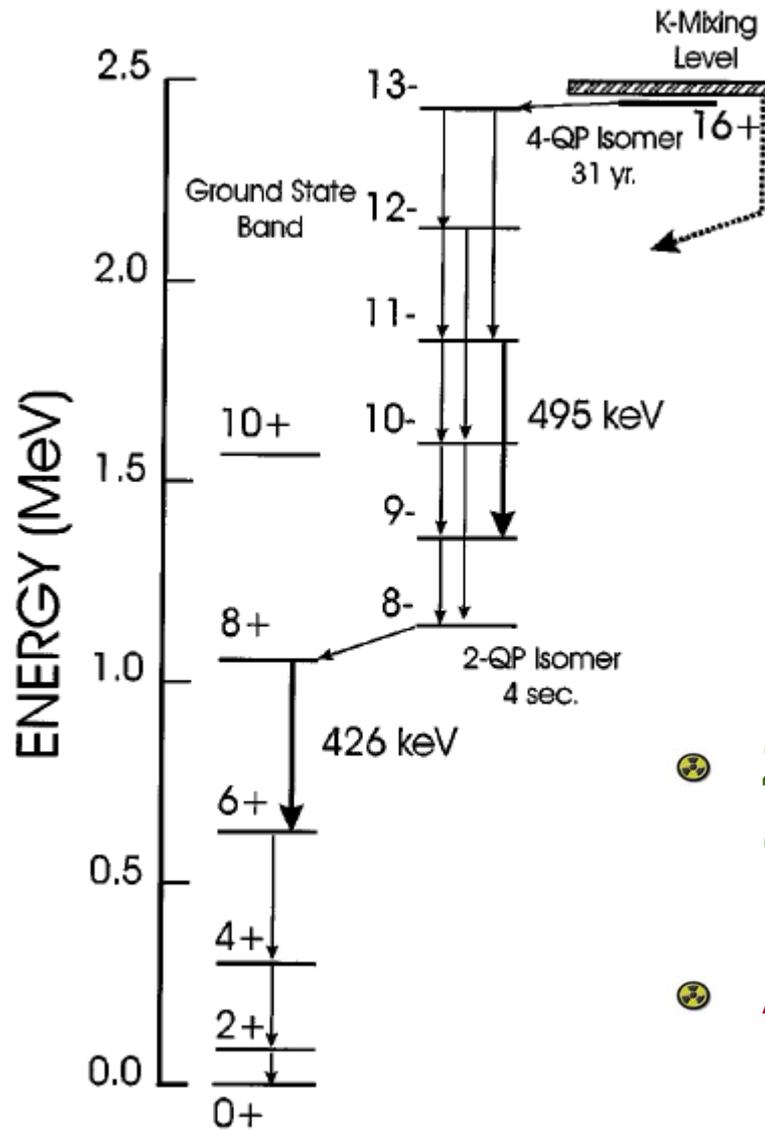


RTG:

- ☢ radioaktive Quelle liefert Wärme
- ☢ Wärme → Elektrizität
- ☢ Zerfall nicht kontrollierbar



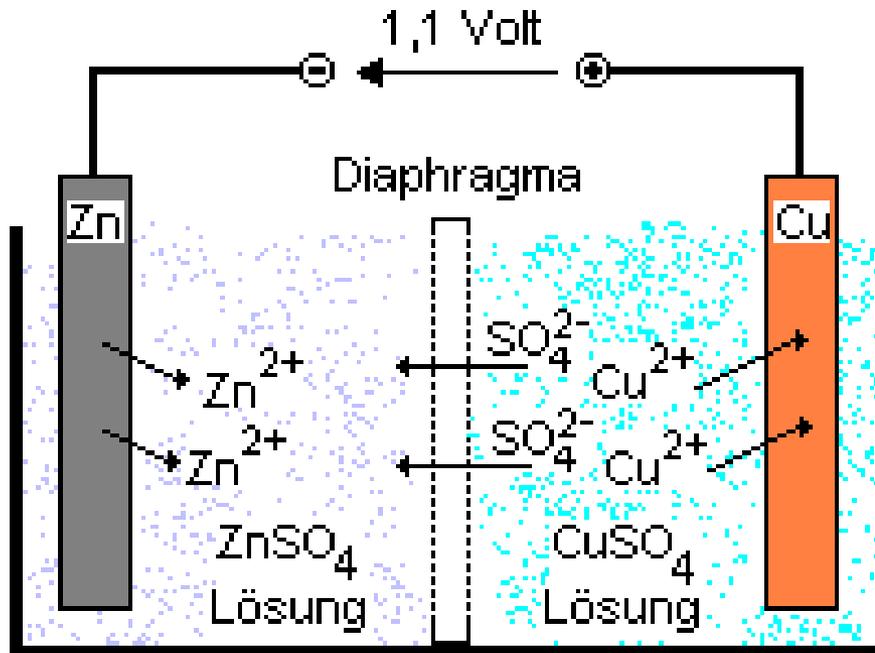
$^{178m2}\text{Hf}$ als Energiespeicher



- ☢ Zerfall triggerbar mit Röntgenstrahlen
Collins Phys. Rev. Lett. 82, 695 (1999)
- ☢ APS Argonne, $10^5 \times$ Intensität →
nicht bestätigt

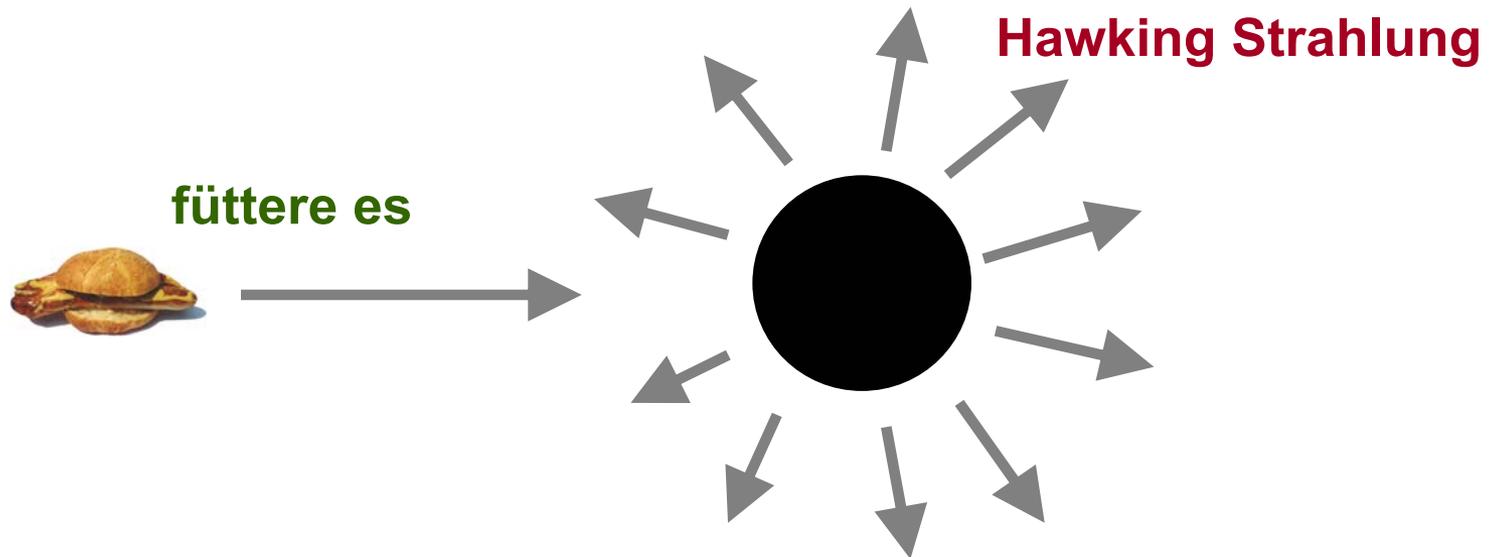
"echte" nukleare Batterie

Daniell-zelle



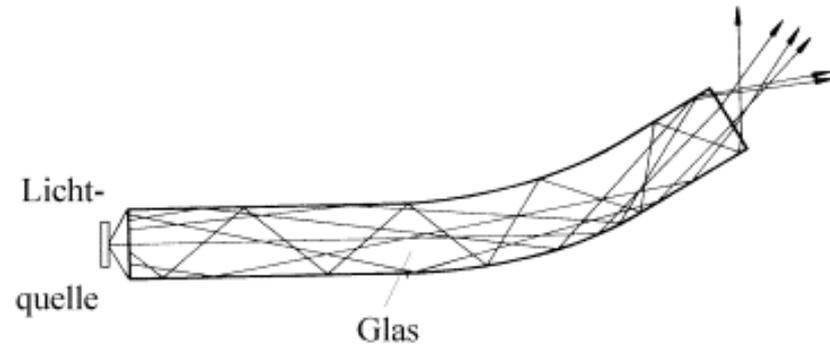
- ⊕ **elektro:**
 $U = 1.1 \text{ V}$, $kT = 26 \text{ meV}$
- ⊕ **nuklear:**
 $U \sim 1 \text{ MV}$, $kT \sim 26 \text{ eV}$

Horsts Schwarzes Loch

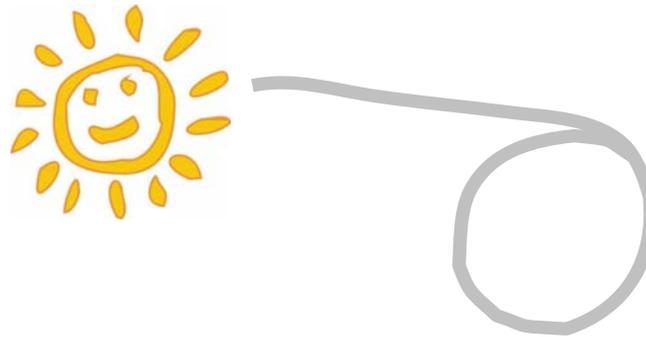


Photonenfalle

verlustfreier Lichtleiter?



dann:



Antiteilchenfalle



- ⚡ **Antiprotonen: 10^6 , Coulomb**
- ⚡ **Antiwasserstoff: Produktion**
- ⚡ **Antineutronen**
- ⚡ **neutral Pionen**
- ⚡ **...**

- ⚡ **Aufladbar! Wirkungsgrad?...**
- ⚡ **Verluste?**

Speichermedien mit ultra-Wasserstoff Dichten?

☢ Kernkräfte

- nukleare Batterien (RTG, Schrittmacher) (nicht kontrollierbar)
- triggerbarer Zerfall (vielleicht)
- "echte" nukleare Batterie (= Kernfusion?)

nicht aufladbar

☢ mc^2

- Schwarzes Loch a la HS
- Bosonenfalle (Photonen)
- Antiteilchen

Science Fiction

Zusammenfassung

- 🌍 **Umstieg von den fossilen auf regenerative Quellen auf dem Weg**
- 🌍 **am Speicherproblem wird eifrig gearbeitet**
- 🌍 **Speicherdichten oberhalb von Wasserstoff unerforschtes Feld**

Quellennachweis



1. B. Diekmann, K. Heinloth, "Energie", Teubner 1997
2. K. Kleinknecht, "Wer im Treibhaus sitzt", Piper 2007
3. MPG Report "Die Zukunft der Energie", Beck 2008
4. Q. Schiermeier et al, "Electricity without Carbon", Nature 454(2008)14
5. 1. Darmstädter Energie-Konferenz, 18-Apr-2008

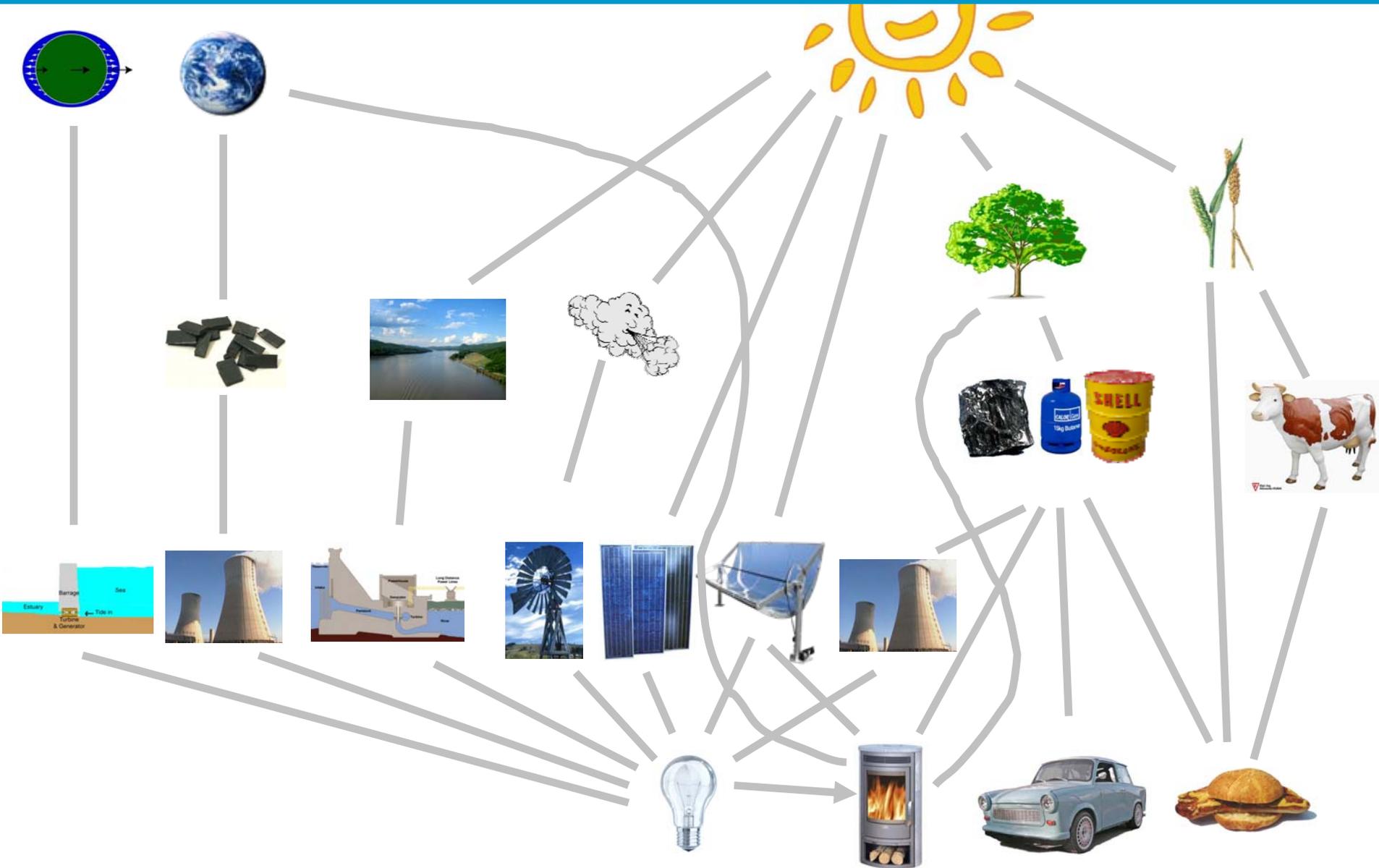
BACKUP

Weitere Anzeichen für Erderwärmung

Quelle: M. Kowalski



Energiefluss



Rubbia's talk, "verification" of some numbers

	Rubbia	wiki etc. + my simple calculations
present total power consumption	15 TW	15 TW
coal reserves	5-20e15 kg	1e15 kg (equiv. to 63 y * 15 TW)
water level increase by Greenland ice melting	7-15 m	$\frac{2.2 \text{ Mkm}^2 \times 0.81 \times 3 \text{ km}}{510 \text{ Mkm}^2 \times 0.70 \times 1.10} = 14 \text{ m}$
surface needed for 15 TW	210 x 210 km²	15 TW / (0.7 x 0.3 x 1400 W/m²) = = 230 x 230 km²
typical CSP plant yield	250 GWh_{el}/km²/y	0.1 x 290 W/m²=250 GWh_{el}/km²/y
costs in 2020	5+1 cent/kWh	
alu, steel, glass...		100 kg/m²; producing 50 kg of Al takes 3 GJ = 290 W x 120 days
day/night storage salt		1e7 kg/km²

Primärenergiemix (Deutschland?)

Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Anteile in %

Energieträger	2005	2006	2007
Mineralöl	36	35,6	33,8
Steinkohle	13	13,2	14,1
Braunkohle	11	10,8	11,7
Erdgas, Erdölgas	22	22,6	22,7
Kernenergie	12	12,5	11,1
Wasser- und Windkraft ¹⁾³⁾	1	1,2	1,6
Außenhandelsaldo Strom	-0,2	0,0	0,0
Sonstige ²⁾	5,0	4,1	4,1

82.3% fossil

1) Windkraft ab 1995

2) u.a. Brennholz, Brenntorf, Klärschlamm, Müll, sonstig

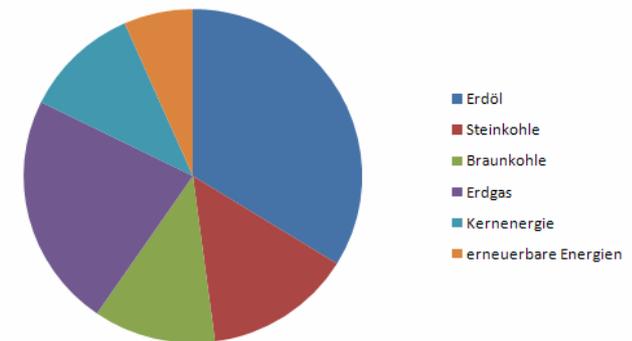
3) incl. Fotovoltaik



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

letzte Änderung: 18.01.2008

Aufteilung der Primärenergie an der Energieversorgung 2007



Welche Speicherdichten braucht man?

- 🌪 **Windrad**
1 MW x 2 Wochen = 1.2 TJ
1.2 TJ / 20 t = 60 MJ/kg

- ☀ **1/2 Dach Solarthermie/Photovoltaik, 1/2 Keller Energiespeicher**
(2.5 kW+0.5 kW) x 2 Wochen = 3.6 GJ
3.6 GJ / 1 t = 3 MJ/kg

Nomenklatur

1 kg Kohle



30 MJ Primärenergie



11 MJ Sekundärenergie (elektr.)



10 MJ Nutzenergie

Einheiten

Energie

- ☢ 1 Btu = 1055 J (british thermal unit)
- ☢ 1 MBtu = 1055 kJ
- ☢ 1 MMBtu = 1055 MJ
- ☢ 1 kgSKE = 29.3 MJ
- ☢ 1 GtSKE = 29.3 EJ

Leistung

- ☢ 1 kWh/y = 1 kW/8723 = 0.1146 W
- ☢ 1 tSKE/y = 930 W

- ☢ Kohlekraftwerk 1 GW_{el}
- ☢ Kernkraftwerk 1 GW_{el}
- ☢ Windrad 15 MW

Biomasse und Photovoltaik

- ☉ Biomasse: Sonne → Brennwert $\eta = 1\%$
Sonne → Treibstoff $\eta = 0.2\%$
- ☉ Photovoltaik Sonne → Strom $\eta = 10-20\%$

Potenzielle Energiequellen

	jetzt	maximal
☢ Wasserkraft	0.8 TW _{el}	3 TW _{el}
☢ Kernspaltung	0.4 TW _{el}	
☢ Kernfusion		
☢ Gezeiten		<< 3 TW
☢ Wellen		<< 100 TW
☢ Wind	0.1 TW _{el}	72 TW _{el}
☢ Geothermie	0.01 TW _{el}	1 TW _{el}
☢ Sonne (1 kW/m ²) auf Sahara		9000 TW
☢ Sonne → Biomasse 1%		8-14 TW?
☢ Sonne → Biomasse → Treibstoff 0.2%		
☢ Sonne → Photovoltaik 10-30%	0.01 TW _{el}	
☢ Sonne → Heizung/Warmwasser		