

Energienutzung in der Schweiz, gestern, heute und morgen

26. Januar 2012 Volkshochschule Affoltern
Dr. Michael Dittmar

ETH-Zürich, Institut für Teilchenphysik

- **Einführung, Energienutzung im Laufe (m)eines Lebens und Energienutzung in der Schweiz und der Welt.**
- **Physikalische Grundlagen der Energienutzung, warum Öl die wichtigste Energiequelle ist und warum wir uns über das Problem “Peak Oil” Gedanken machen sollten.**
- **Perspektiven der Energienutzung morgen: Welche Optionen gibt es und warum wir nicht auf “Kassandra’s” hören wollen?**

Einführung (I): Schlagzeilen zum Öl

(Zeitungen schreiben was sich verkauft und was man lesen möchte, oder was man lesen soll, aber nicht immer was man wissen sollte!)

“Ölreserven halten noch Jahrzehnte” (der Spiegel 21. Mai 2004)

“Is the world’s oil running out fast?” (BBC News 7. Juni 2004)

“Oil is running out fast” (Guardian 8. Juni 2004)

“Die Erdöl-Reserven schmelzen schnell dahin” (Tagesanzeiger 29. Juni 2005)

“Ölpreis von 250 Dollar” (Tagesanzeiger 23. Juli 2005)

“Ölpreis klettert auf Rekordhoch (62,76 Dollar/Barrel)” (Spiegel 8. August 2005)

“Experten warnen vor Preisexplosion am Ölmarkt” (Spiegel 23. Januar 2006)

“Je höher der Ölpreis desto besser” (Tagesanzeiger 29. Mai 2006)

“Ölpreis am Montag scharf in die Höhe geschossen (75.99 Dollar/Barrel)”

(Handelsblatt 7. August 2006)

“Beim Erdöl drohen neue Engpässe” (NZZ 5. April 2007)

“Der Erdölpreis ist wieder auf Rekordkurs (78.40 Dollar/Barrel)” (NZZ 16. Juli 2007)

“Ausblick auf einen Erdöl-Fasspreis von 200 Dollar” (NZZ 8. Mai 2008)

“Analysten sehen Ölpreis auf 100 Dollar steigen” (Die Welt 2. Oktober 2010)

“Ölpreis steigt auf bis zu 90 US-Dollar zum Jahresende” (Boerse-Go.de 1.10.10)

“ Der Ölpreis sinkt” (NZZ 16. August 2011)

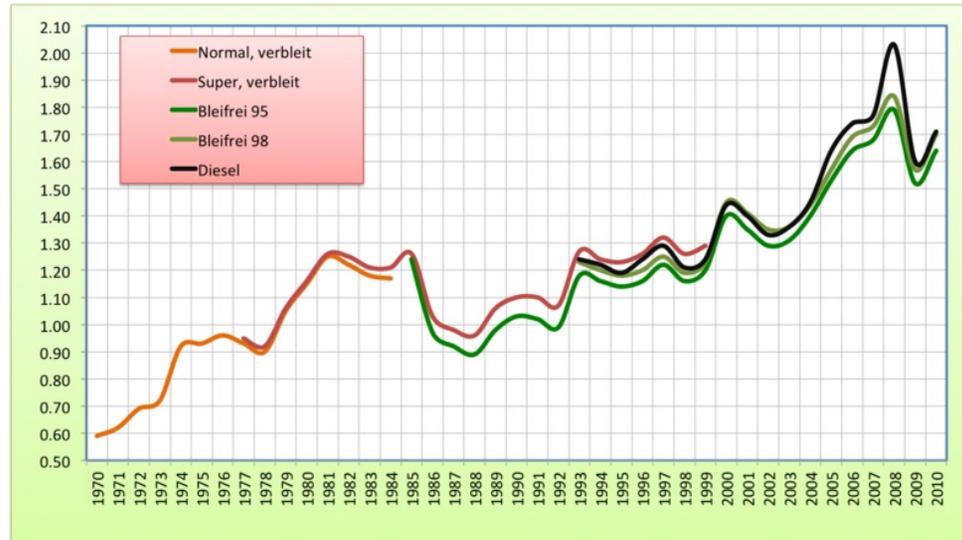
“(Öl) Preise ziehen trotz griechischem Drama an” (NZZ 10 November 2011)

Einführung (II): Energie im täglichen Leben, Ökonomie und Politik und in der Physik

- Ich habe heute keine “Energie”; wir verbrauchen Energie; wir sollten Energie sparen;
Öl produzierende und (Energie)Öl verbrauchende Länder;
Physik: die Energie in einem abgeschlossenen System ist konstant (eine Erhaltungsgrösse)!
- wir sollten mehr “renewable” Energie nutzen! Physik: es gibt keine renewable Energie!
Man will wohl sagen(?): wir sollten die Energie, die “kontinuierlich” von der Sonne kommt,
besser nutzen!
- was kostet Energie? 1 Liter Benzin 1970 = 0.6 Franken, heute(?) = 1 Franken 70.
Physik: Energieinhalt von einem Liter Öl \approx 12 kWh thermische Energie
(welche nützliche “Arbeit” kann man damit leisten?)
- Was kostet ein Auto? Welches Auto hat der Nachbar?
Wie stark ist der Motor: Zeit von 0 auf 100 (auf eine Geschwindigkeit von 0 km/Stunde
auf 100 km/Stunde)?
Oder: Was ist der Benzinverbrauch um eine Distanz von 100 km zu fahren?
Physik: Welche Leistung hat der Motor (Einheit.. Watt (PS)), welches Gewicht hat das
Auto, wie gross ist der Luftwiderstand?

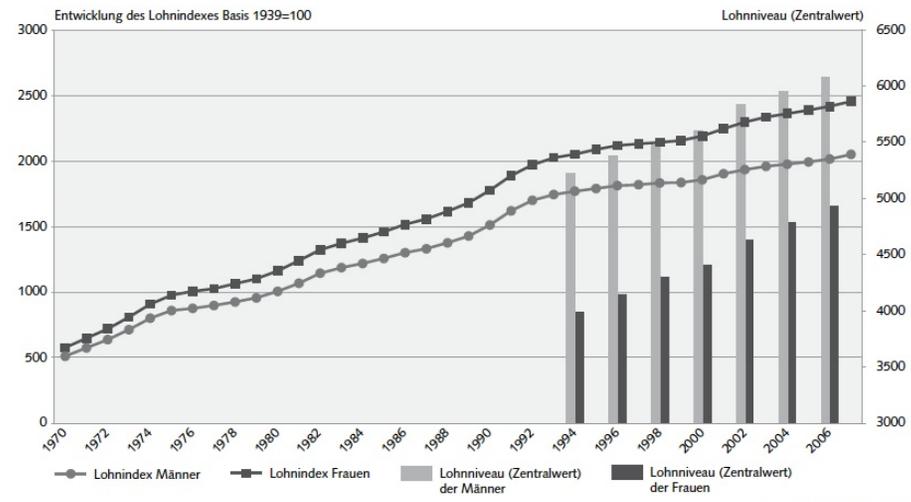
Einführung (III): absolute und relative Energiekosten

Quellen: Wikipedia und Bundesamt für Statistik



Nominallohnentwicklung und Lohnniveau nach Geschlecht
 Zentralwert der Löhne, total (inkl. Kader) von 1994 bis 2006 (rechte Skala)
 Lohnindex (Basis 1939=100 linke Skala)

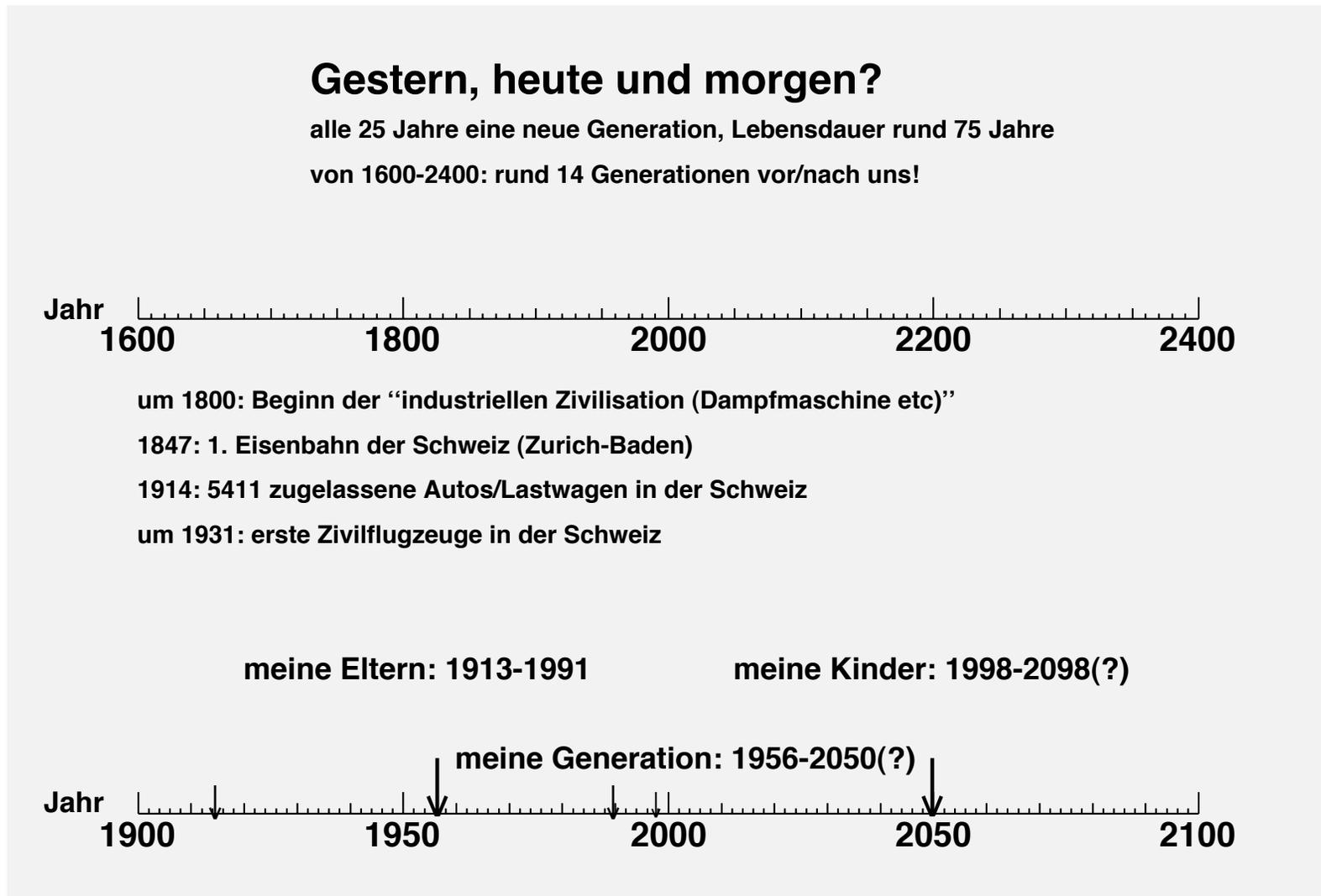
G 4



© Bundesamt für Statistik (BFS)

Unser heutige Lebensweise ist nicht nachhaltig!

Wie kann sich unsere Zivilisation von einer **nicht nachhaltigen Lebensweise** in eine Zivilisation mit **nachhaltigen Lebensweise** entwickeln/verändern?



Hypothetische Sichtweisen für unsere Zukunft I

“Gestern” war Energie wertvoll und nicht immer vorhanden,
“heute” ist Energie (Benzin, “Strom” und Nahrung in der Schweiz) “billig”!
Wie wird es “morgen” sein oder warum reden wir “heute” über Energie?

Views of the future (google image)



Hypothetische Sichtweisen für unsere Zukunft II

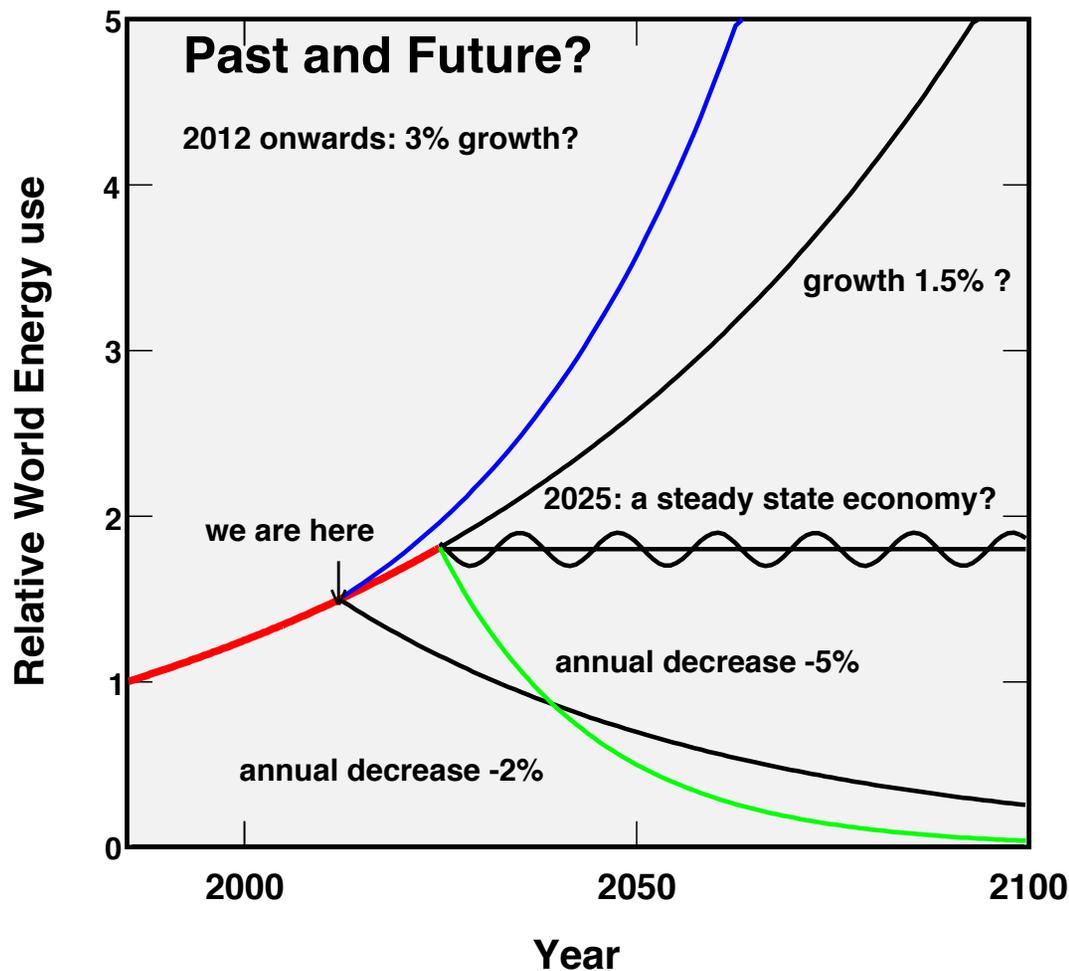
- **Kein Problem:**
Geologische Grenzen der Energieressourcen sind sehr weit entfernt; technische Entwicklungen lösen hypothetische Probleme (CO₂ etc).
- **Fast kein Problem:**
Alternativen zum Öl sind nur etwas teurer; technischer Entwicklungen werden die Alternativen "billiger" machen und das Öl durch nicht fossilen Energieressourcen (je nach Ideologie) ersetzen.
- **Ein gewisses Problem:**
Kosten für Energieimporte und unsere Energiekosten werden steigen! Aber in einem reichen Land ist das noch lange kein Problem. (Was wird mit dem weniger reichen Rest der Menschheit passieren?)
- **Ein reales Problem:**
Menschen in Ländern ohne eigene Energie-Rohstoffquellen sollten schnellsten lernen wie man auch mit weniger Energie (und Luxus) "gut" leben kann. Bereiten "wir" uns darauf vor.
- **Ein Problem ohne Lösung:**
Menschen in reicheren Ländern sind unfähig sich umzustellen, und/oder es ist schon zu spät.
Unser nicht nachhaltiges System wird zusammenbrechen (kollabieren) und durch ein unbekanntes nachhaltiges System ersetzt werden.
Bereiten "wir" uns darauf vor.

Welche Optionen gibt es wirklich?

Hypothetische Sichtweisen für unsere Zukunft III

“Wer an ein ewiges exponentielles Wachstum auf einem endlichen Planeten glaubt ist entweder ein *Verrückter* oder ein *Ökonom*.”

Kenneth Boulding, Professor of Economics (USA 1910-1993)

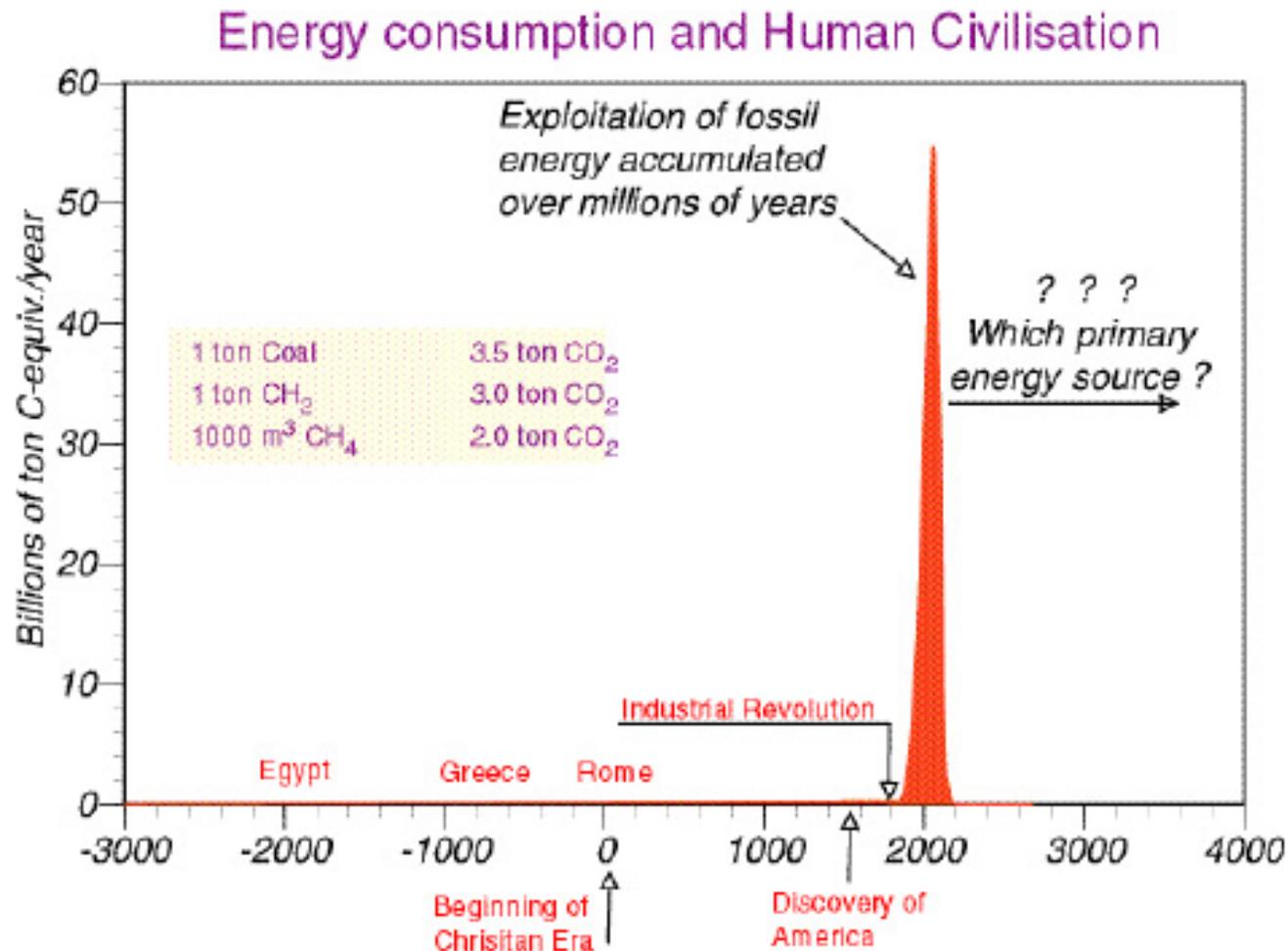


Was ist das Energieproblem?

Fossile Energien sind begrenzt und schmutzig!

Plot gezeigt von C. Rubbia, IAEA Fusion Energy Conf. Oct. 2000

Original Plot vermutlich aus dem Jahr 1971 von Dr. M. King Hubbert (1903-89) (geophysicist)



Energienutzung Familie Dittmar im Jahr 2011 (4 Personen)

- **Wohnen** (im französischem Genfer Umland):
Elektrizität und Heizen (mit Atomstrom)+Holzheizung $\approx 14\,000$ kWh(elektrisch)
(2003 = 24 000 kWh ; 2004 = 20 000 kWh ; 2005 = 17 500 kWh)
plus Holz $\approx 5\,000$ kWh(therm)
plus Gas (Kochen) ≈ 50 Kg/Jahr $\rightarrow 50 \times 5 \times 10^4$ kJoule = 2.5 GJoule = 700 kWh
zusammen rund **20 000 kWh**
- **“Leben I” (Energie aus Nahrungsmitteln pro Kopf):** 2 500 Kalorien/Tag
= 10 Millionen Joule/Tag = 3.65 Milliarden Joule/Jahr = 1 000 kWh/Jahr
Industrielle Landwirtschaft benötigt im Mittel 10 mal mehr fossile Energie (Erzeugung/Transport):
 $\approx 10\,000$ kWh. (-2 500 kWh, 1/4(?) aus dem eigenen Garten)
- **“Leben II” (graue Energie in Konsumgütern und Dienstleistungen):**
unbekannt(?), man findet Zahlen wie 25 000 kWh Energie um ein Auto zu bauen
vielleicht: jeder Franken Konsum enthält etwa 1.2 kWh(therm) \rightarrow **10 000 kWh/Kopf(?)**
- **“Leben III” (Mobilität für Arbeit und Hobbies):** (Autofahren: 0.3-0.86 kWh/Person/km,
Eisenbahn: 0.25-0.78 kWh/Person/km, Fliegen: 0.42-0.7 kWh/Person/km)
Autofahren: $\approx 2\,000$ Liter Benzin seit 2005 = 24 000 kWh
(15 000 km (9.5 l /100 km) + 12 000 km (5 l /100 km))
Eisenbahn ($\approx 20\,000$ km) = 8 000-10 000 kWh
(hauptsächlich Fahrten von Genf nach Zürich)
Flugzeug: 2011 ($\approx 2\,000$ km) = 1 000 kWh!
- **“Arbeiten”** (am CERN mit 5 000 anderen Nutzern $\approx 1\,000$ GWh)
pro Person: etwa 200 MWh = 200 000 kWh!
(hm so viel..sollte man mit 7 Milliarden Nutzern rechnen?)

Wie wir Energie nutzen(ein Vergleich) II

M.D.: rund 240 000 kWh/Jahr

(ohne Konsum und Arbeit am CERN: 40000 kWh),

ein mittlerer West-Europäer: 50 000 kWh/Jahr
(Arbeit und Konsum eingeschlossen)

ein mittlerer Weltbürger (7 Milliarden): 17 000 kWh/Jahr.

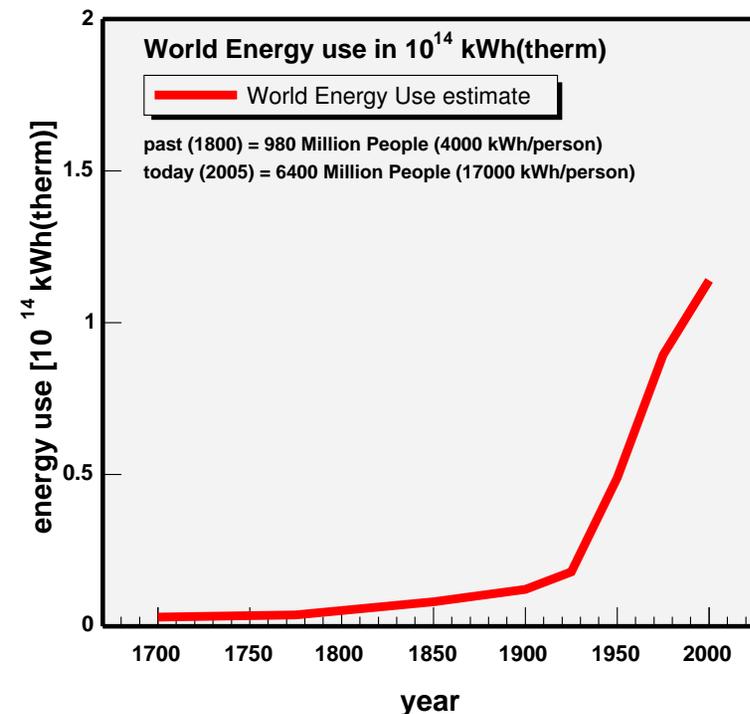
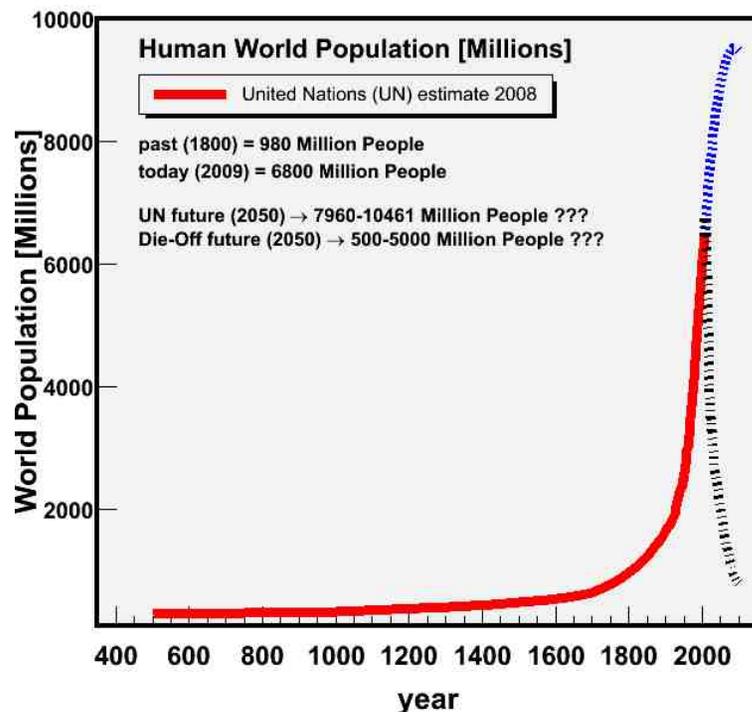
ein mittlerer Chinese (1.3 Milliarden): 10 000 kWh/Jahr.

ein mittlerer Inder (1.1 Milliarden): 4 000 kWh/Jahr.

7 Milliarden Menschen nutzen Energie für XYZ

≈ 130 Millionen Kinder werden jedes Jahr geboren und
≈ 60 Millionen Menschen sterben jedes Jahr
(etwa 10 Millionen durch Hunger und mit Hunger verbundenen Problemen).

- Die Energienutzung pro Person variiert um Größenordnungen
≈ 2 Milliarden Menschen (1/3!) leben ohne Elektrizität!



Zahlen zum Schweizer Energieverbrauch (I)

Aus der Medienmitteilung vom 28. Juni 2011 (Bundesamt für Energie):

Energieverbrauch so hoch wie noch nie

Der Endenergieverbrauch der Schweiz lag im Jahr 2010 mit **911'550 Terajoule (TJ)** um **4,4%** über dem Wert des Vorjahres und deutlich über dem bisherigen Rekordwert aus dem Jahr 2008 (**895'250 TJ**). Getrieben wurde die Energienachfrage vor allem durch drei Faktoren:

- Die im Vergleich zum Vorjahr deutlich kühlere Witterung (Heizenergie): Die Heizgradtage nahmen gegenüber 2009 um 12,7% zu.
- Die nach dem Abschwung 2009 wieder anziehende wirtschaftliche Entwicklung (Energie für wirtschaftliche Anwendungen): Das Bruttoinlandprodukt (BIP) stieg um 2,6%, nachdem es im Vorjahr noch um 1,9% gesunken war.
- Das Bevölkerungswachstum (Energie für Kochen, Licht, Haustechnik, Informations- und Kommunikationstechnologien): Die ständige Wohnbevölkerung nahm um 1,0% zu, der Motorfahrzeugbestand stieg um 1,6%.

Zahlen zum Schweizer Energieverbrauch (II)

der Energiemix in der Schweiz:

55% Öl, Jahresverbrauch/Kopf \approx 1500 Liter = 18000 kWh (thermisch)
23.6% "Strom", Jahresverbrauch/Kopf \approx 7400 kWh

Anteile der verschiedenen Energieträger:

55% Öl (wichtigster Energieträger!)

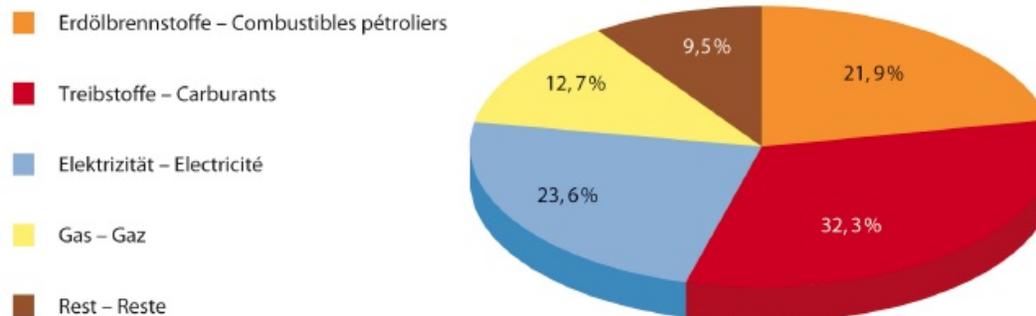
32.3% (Transport mit Öl) + 21.9% ("Öl-Heizung")

andere "Heizquellen" 12.7% Gas und rund 5% Holz

Quellen der 23.6% elektrischen Energie "Strom" (Anteile am Energiemix):

13% Wasserkraft, 9% Kernspaltung, 0.12% Holz/Biogas, 0.05% Solar/Wind

Aufteilung des Endverbrauchs nach Energieträgern (2010)
Répartition de la consommation finale selon les agents énergétiques (2010)



Quelle: BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2010
Source: OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2010

Zahlen zum Welt Energieverbrauch (2007)

85% unserer Energie aus fossilen (nicht nachhaltigen) Energiequellen!

40% Öl, 22% Erdgas und 23% Kohle

Anteil der elektrischen Energie am Weltenergiemix etwa 16%!

(in reichen Ländern 20-25%!)

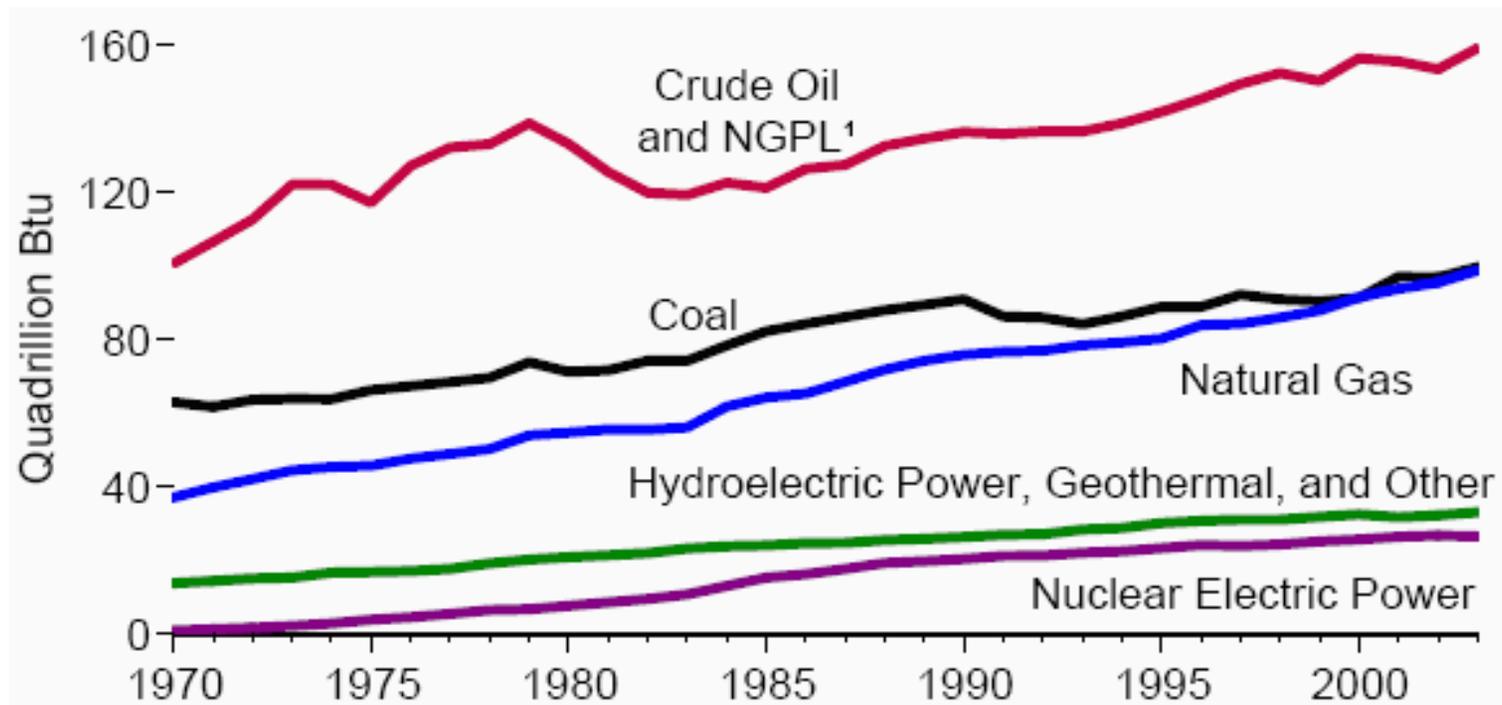
Erzeugung: 40% (Kohle), 20% (Gas) und 7% (Öl)

17% (Wasserkraft), 14% (Kernkraft), "neue erneuerbare" Energiequellen (2%)

Öl, der wichtigste Energieträger: 40% (55% CH) Anteil

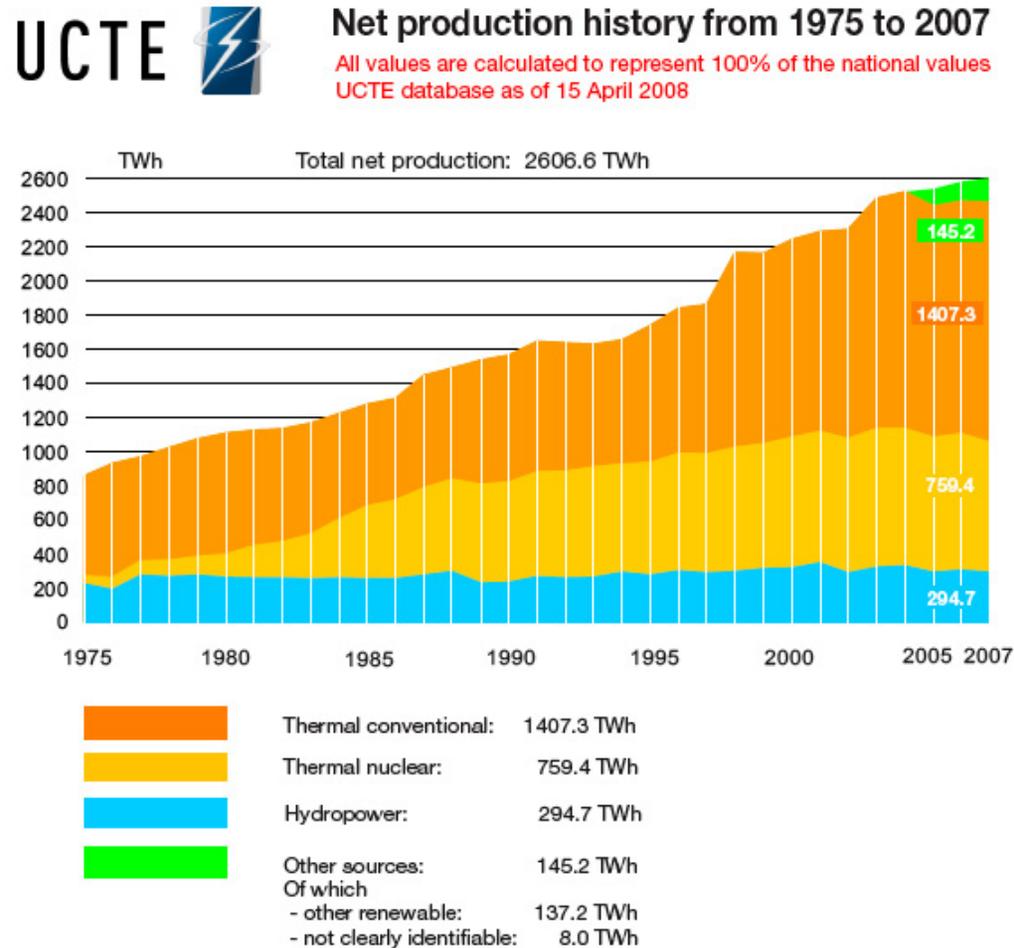
Kernenergie praktisch vernachlässigbar: 2.5% (9% CH) Anteil

Wenn (Hobby) "Politiker" über Energie sprechen, dann geht es meistens um pro oder kontra Kernenergie. **Macht das Sinn?**



Quelle: www.eia.doe.gov/aer/pdf/perspectives.pdf

Entwicklung der Produktion von elektrischer Energie in Europa.



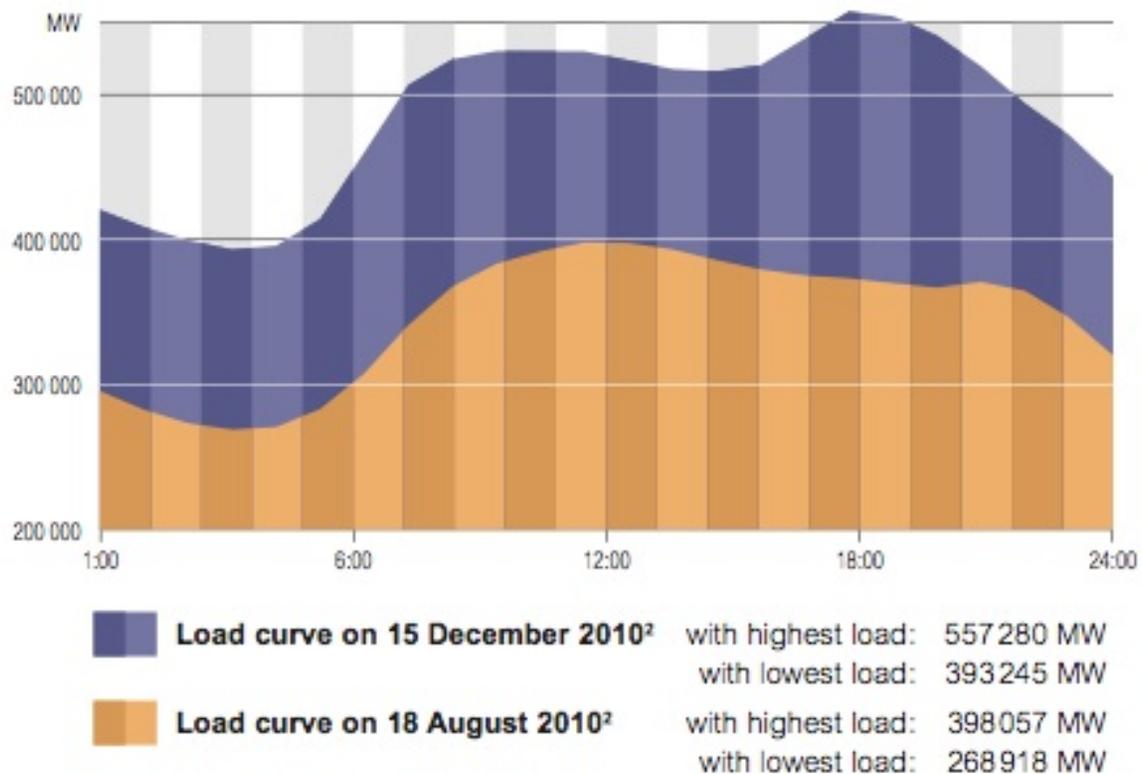
Quelle <http://www.ucte.org/>

Bei mir kommt der Strom aus der Steckdose

Peak Load in Westeuropa (2010)

Consumption on the 3rd Wednesday 2010

ENTSO-E load diagram on the 3rd Wednesday of August and December 2010¹



Quelle <http://www.ucte.org/>

der historische Energieverbrauch in der Schweiz

1910-1950: “konstanter Verbrauch”, dominante Energiequelle = Kohle!

1950-1973: starkes Wachstum 5-10%/Jahr(!), Öl wird zur dominanten Energiequelle!

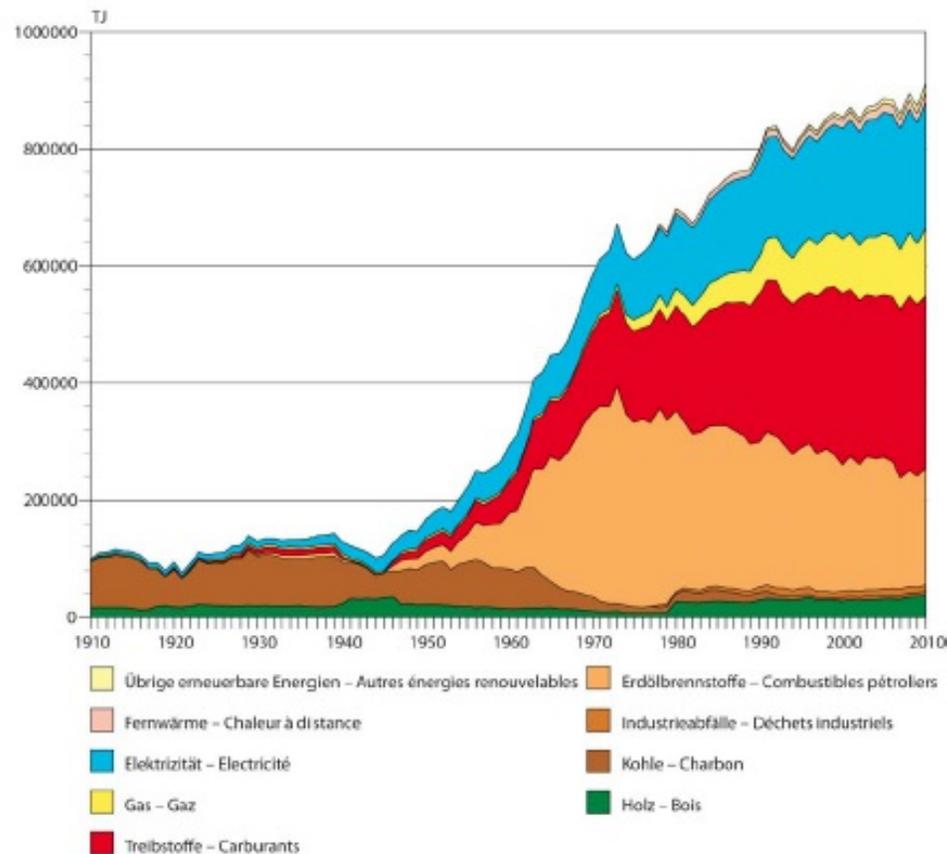
1973-1993: Wachstum 2-3% pro Jahr! “Ende” der Kohle Nutzung. Transport wird billig.

1993-2008: Wachstum 1-2% pro Jahr! Globalisierung durch billigen Transport mit Öl.

2009-2011: “Stagnation” und steigende Energiepreise!

2012-2050: ????? (Welche Möglichkeiten gibt es überhaupt?)

Endenergieverbrauch 1910–2010 nach Energieträgern
Consommation finale 1910–2010 selon les agents énergétiques



Quelle: BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2010
Source: OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2010

**Das Gesetz der Energierhaltung
(oder auch der 1. Hauptsatz der
Thermodynamik):**

Energie kann (in vielen Formen) von einem System auf ein anderes übertragen werden, aber Energie kann nicht erzeugt oder vernichtet werden!

$$E_{\text{in}} - E_{\text{out}} = \Delta E_{\text{syst}}$$

Kurzform:

**Energie kann nicht aus dem
Nichts erzeugt werden!**

Das Gesetz der Energieumwandlung (oder der 2. Hauptsatz der Thermodynamik):

Wenn Energie von einer Form in eine andere umgewandelt wird, dann wird immer ein Teil davon in eine weniger nützliche Form von geringerer Qualität umgewandelt.

Maximale Effizienz (Carnot) um Wärme in mechanische Bewegung umzuwandeln:

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} \quad [T \text{ in Kelvin}]:$$

Kurzform:

**Energieumwandlung ist immer ein
“Verlust” !**

Leistung “um Arbeit zu verrichten”

Leistung beschreibt wie schnell **Energie** von einem System auf ein anderes übertragen werden kann (Tipler)

Installierte (Wind) Leistung ist nicht das gleiche wie nutzbare Leistung!

jeder “Schweizer/Deutscher/Franzose nutzt im Mittel eine Leistung von etwa 5 000 Watt

Wer 1 000 Höhenmeter in einer Stunde schafft,
dessen Muskeln “liefern” im Mittel eine mechanische Leistung von
 ≈ 150 Watt!

5 000 Watt in Kurzform:

**Wir profitieren permanent von
“80 nimmermüden Sklaven”**

Physikalische Grundlagen der Energienutzung IV

“NER” oder “EROEI” von Energiequellen:

Net Energy Return: $NER = \text{energy return} - \text{energy invested}$

$$EROEI(\text{gain factor}) = \frac{\text{energy return}}{\text{energy invested}}$$

Energiekosten einer Energiequelle:

- Die Energie die man zur Suche, Abbau und Transport von der Quelle zum Nutzer braucht.
- Die Energie die verloren geht, wenn man die gespeicherte Energie in die gewünschte Endform umwandelt.

Netto-Energie Rechnungen sind etwas anderes als Rechnungen in Dollar/Euro/Schweizer Franken!

Zum Beispiel kann subventionierter “Bio-Treibstoff” ökonomisch sein und gleichzeitig ein energetischer Unsinn!

Das Gesetz vom abnehmenden Ertrag bei Energiequellen:

- Einfache und grosse Quellen werden zuerst gefunden und genutzt. Danach wird es immer schwieriger neue Quellen zu finden und abzubauen!
- “Weiter machen” mit immer besserer Technik bis die physikalischen Grenzen erreicht werden!
- Das Ende (für Energiequellen): $EROEI = 1!$

Physikalische Grundlagen der Energienutzung VI

Die Qualität unserer Energiequellen:

- **Energiedichte [thermal kWh/Kg]:**
Biomasse (trockenes Holz) ≈ 5 , Kohle ≈ 8 , **Öl ≈ 11.6 (1 Liter Öl ≈ 0.86 Kg),**
Gas (Methan) 9.5 kWh/m^3 (1 m^3 Gas ≈ 0.8 Kg)
Im Vergleich: in einer modernen Autobatterie kann man etwa 0.050 kWh/Kg speichern.
- **“Brenntemperatur” von Holz = 593°C ,**
“Technologie braucht oft höhere (schmelz) Temperaturen
Eisen = 1535°C , Kupfer = 1083°C !
- **Die Einfachheit der Nutzung: Selbstbedienung an der Tankstelle,**
Gefahr von Explosionen, Vielfalt der Nutzung (Dieselgeneratoren)
- **“Schwierigkeiten” beim Transport von der Quelle zum Nutzer?**
- **Umweltkosten: Wer “zahlt” dafür?**

Wie lange können “wir” (Schweiz und EU)

weiter machen wie bisher?

Wie begrenzt sind Öl, Gas und Kohle?

“Wie viele Jahre mit Öl, Gas und Kohle sowie Uran bleiben uns?”
(Annahmen: bei heutigem Verbrauch und ohne Wachstum)

- **Öl \approx 46 Jahre (Anteil am Weltenergiemix rund 40%)
EU Ressourcen \approx 9 Jahre (ohne Importe 0.7 Jahre);**
- **Gas \approx 59 Jahre (Anteil am Weltenergiemix rund 22%)
EU Ressourcen \approx 14 Jahre (ohne Import 5 Jahre);**
- **Kohle \approx 118 Jahre (Anteil am Weltenergiemix rund 23%)
EU Ressourcen \approx 105 Jahre (ohne Import 61 Jahre).**
- **Uran \approx 80-100 Jahre (Anteil am Weltenergiemix rund 2.3%)
EU Ressourcen \approx 0 Jahre (ohne Import 0 Jahre).**

(Quellen: BP World Energy Review 2011 und IAEA Red Book(Uran))

- **Stimmen die Ressource Daten?**
- **Was bedeuten solche Zahlen in einer Wachstumsgesellschaft?**
- **Gibt es andere fundamentale Grenzen?**
(z.B. der Hubbert Öl Peak und das Gesetz vom abnehmenden Ertrag)

Wunschdenken (\approx 1975) für das Jahr 2000

Prognose (1975-2000): 4-5% Wachstum pro Jahr!

Realität (1975-2000) : 2-3% Wachstum pro Jahr!

Energie Quelle	Vorhersagen für das Jahr 2000 [Quad]			Realität 2001 [Quad]
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	
Total	609	528	540	403
Kernenergie	86	80	108	26.5
Kohle	143	125	116	95.9
Öl	225	185	184	156
Gas	96	87	83	93
“Erneuerbare”	60	51	50	32

Quelle: Workshop on alternative Energy Strategies for the year 2000, MIT Press 1977 (Global 2000 Report) und der EIA Report (2004).
(1 Quad = 10^{15} Btu = 1.055×10^{18} Joule = 2.93×10^{11} KWh)

Bedarfvorhersagen für die Energienutzung im Jahr 2000 waren vollkommen falsch!

Was könnte man aus den Fehlern von 1975 über heutige Bedarfvorhersagen lernen?

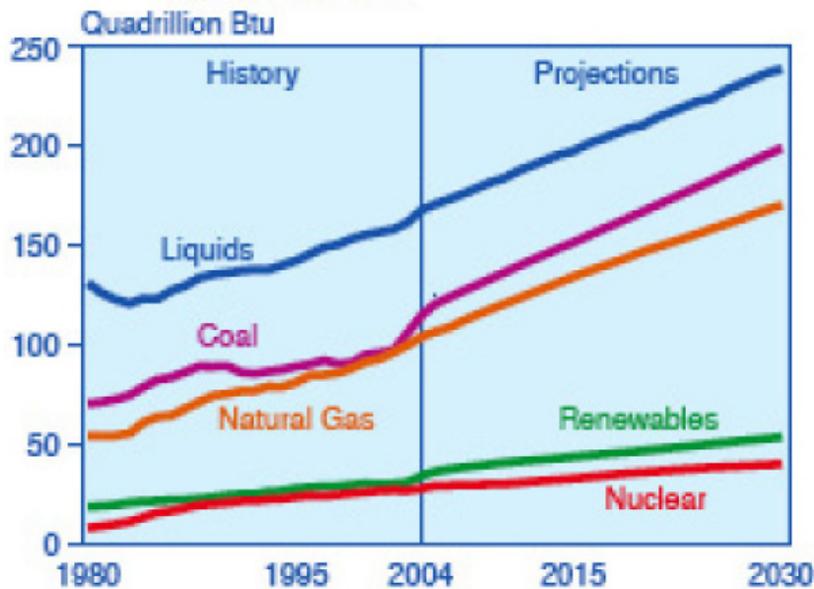
Heutige Bedarfsvorhersagen zur Energienutzung

Fossile Energien bleiben dominant, 1-2% Wachstum/Jahr

Kernspaltung und erneuerbare Energien spielen bis 2030 keine grosse Rolle

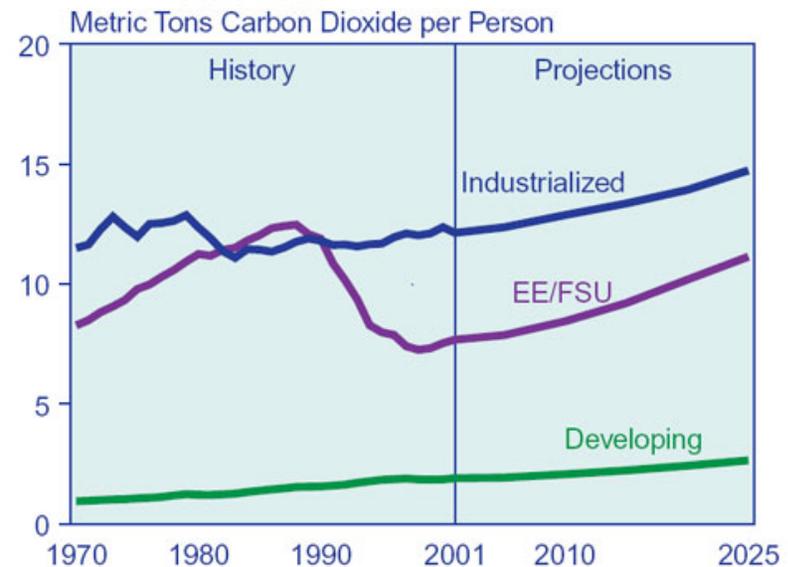
Das CO₂ Problem wird ignoriert und die Armen bleiben arm!

Figure 4. World Marketed Energy Use by Fuel Type, 1980-2030



Sources: History: Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2004* (May-July 2006), web site www.eia.doe.gov/iea. Projections: EIA, *System for the Analysis of Global Energy Markets* (2007).

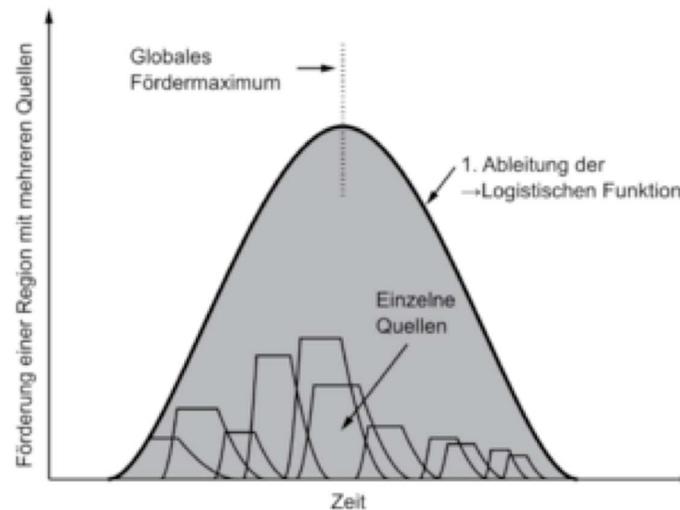
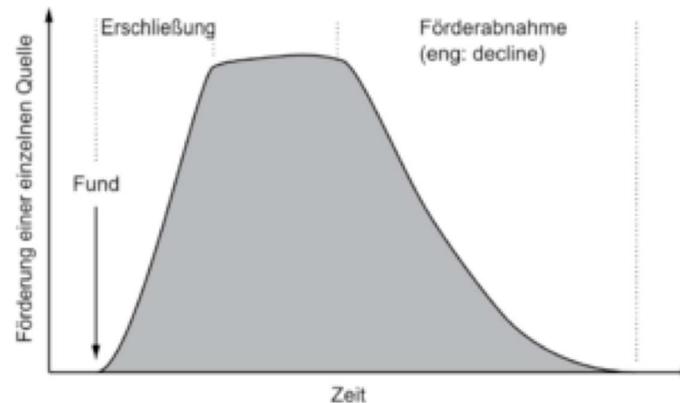
Figure 19. Energy-Related Carbon Dioxide Emissions per Capita by Region, 1970-2025



Sources: History: Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2001*, DOE/EIA-0219(2001) (Washington, DC, February 2003), web site www.eia.doe.gov/iea/. Projections: EIA, *System for the Analysis of Global Energy Markets* (2004).

Der Hubbert Öl Peak / was ist das? I

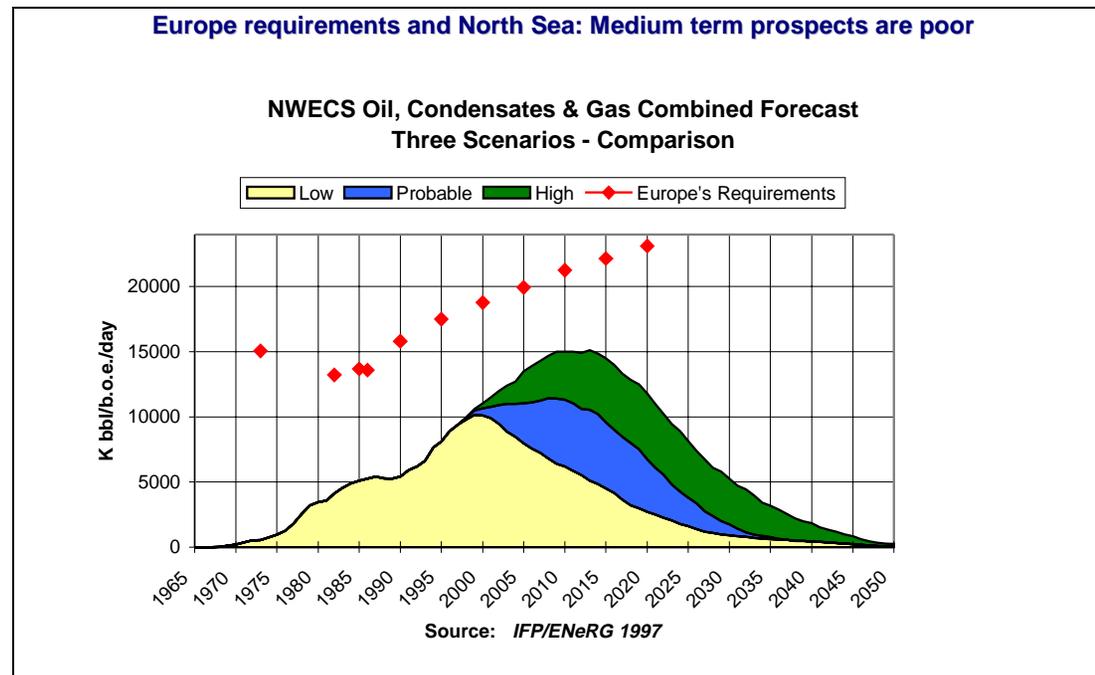
Das Ölfördermaximum oder Peak-Oil (nach dem Geologen M. K. Hubbert) bezeichnet den Zeitpunkt, ab dem die Gesamtförderung mehrerer Ölfelder einer Region ihr Maximum erreicht.



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Peak-Oil>)

Der Hubbert Öl Peak / was ist das? (IIa)

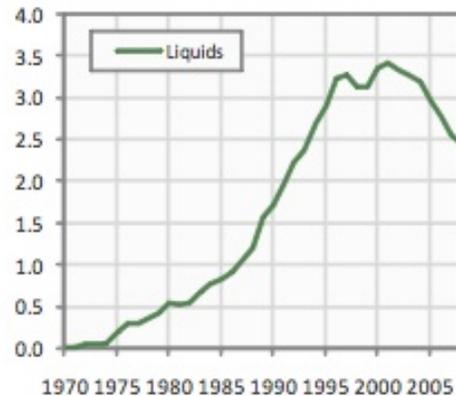
Öl aus der Nordsee:
Verschiedene Möglichkeiten aus Sicht der EU Experten (1997)
“Pessimisten, Realisten und Optimisten”
“die Wahrheit liegt angeblich immer in der Mitte”



Der Hubbert Öl Peak / was ist das? (Iib)

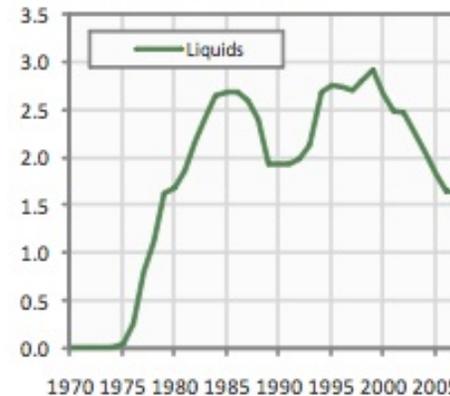
Das Beispiel der Nordsee: die Realität 2009

Chart 78: Norway Liquids Production 1970 - 2008



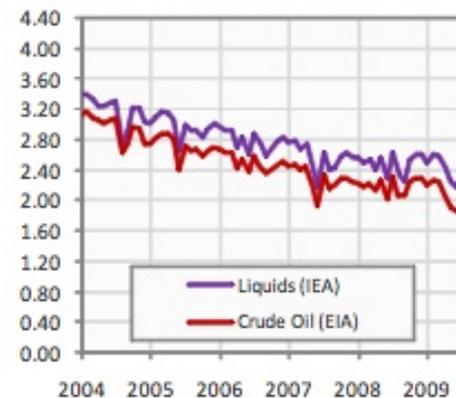
Source: ASPO Ireland & BP Statistical Review of World Energy

Chart 79: UK Liquids Production 1970 - 2008



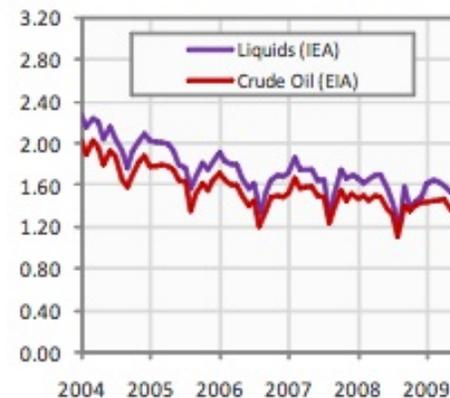
Source: ASPO Ireland & BP Statistical Review of World Energy

Chart 81: Norway oil production January 2004 - August 2009



Source: International Energy Agency & Energy Information Administration

Chart 82: UK oil production January 2004 - August 2009

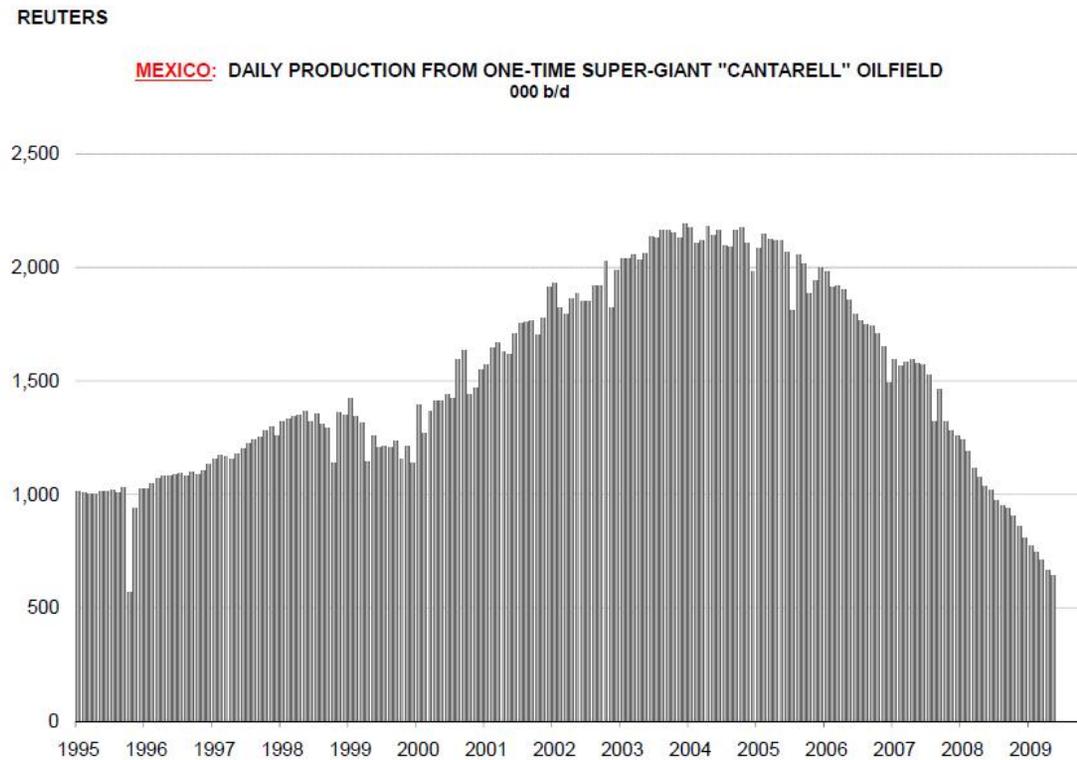


Source: International Energy Agency & Energy Information Administration

“die “niedrige” Kurve der EU Studie war immer noch zu hoch!”
Quelle: http://www.theoil Drum.com/files/2010_August_Oilwatch_Monthly.pdf

Der Hubbert Öl Peak / was ist das? (IIC)

Das Feld Cantarell (vor der Küste Mexikos) das Ölfeld mit der weltweit zweitgrössten täglichen Produktionsmenge

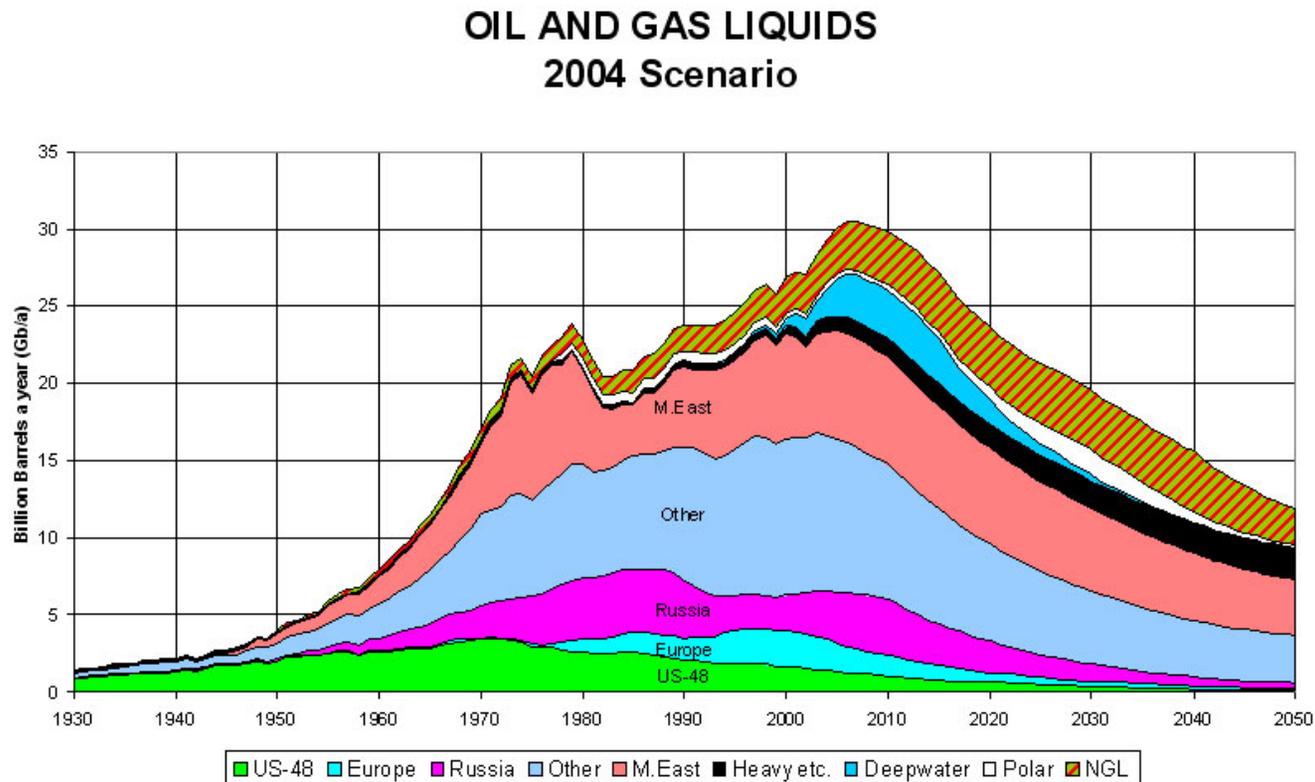


Source: Energy Information System, Federal Government of Mexico
Printed: 27/07/2009

Quelle: <http://seekingalpha.com/article/157824-mexico-s-declining-oil-production-clarion-call-for-cantarell>

Der Hubbert Öl Peak III

ASPO (Association for the Study of Peak Oil and Gas)
Wissenschaftler aus vielen Ländern auch in der Schweiz
(www.aspo.ch)



Quelle: C. Campbell 2004 Szenario

Der Hubbert Öl Peak / was ist das? IV

Bundesamt für Energie (M. Renggli): Fossile Energieresourcen Sep. 2006)

Zur Sicht der "Pessimisten" ist folgendes festzustellen:

Dem Hubbert-Model liegen sehr stark vereinfachende Annahmen zu Grunde, die für einzelne Erdölfelder oder Regionen mit Einschränkungen zutreffen können, nicht aber für die globale Erdölwirtschaft.... (Seite 2)

und Fazit (Seite 12)

Die Rohölpreiserhöhung der letzten Jahre beruht nicht auf einem unzureichenden Angebot. Aufgrund der verfügbaren Informationen ist jedoch zu erwarten, dass in einem Zeithorizont von 2030-2050 die konventionellen Erdölreserven rasch und auf Dauer zur Neige gehen.

Der Hubbert Öl Peak V

Bundesamt für Energie

Energiepreise: (Die Energieperspektiven 2035 1.1.2007)

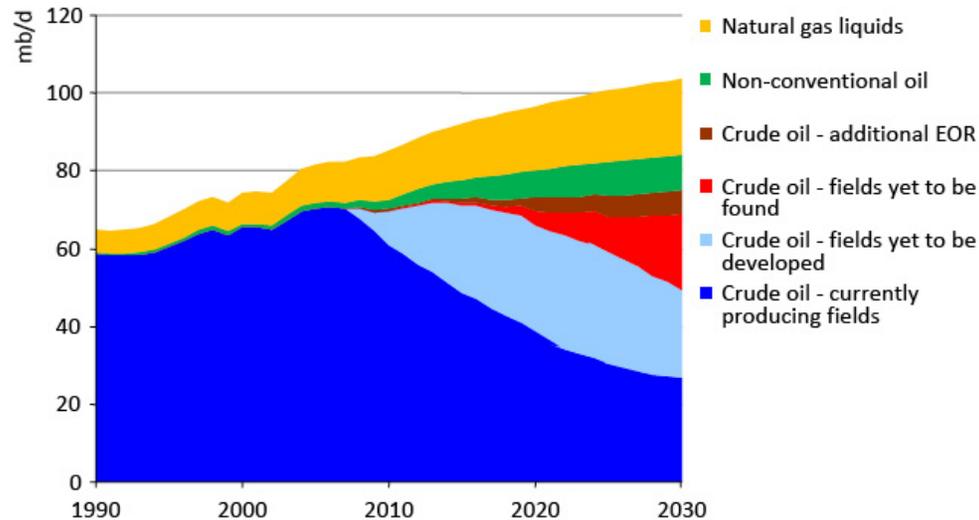
Scenarien I+II: “Der Rohölpreis wird in naher Zukunft sinken und dann bis 2030 bei 30 Dollar pro Fass bleiben. Ab 2030 wird mit einer zunehmenden Verknappung gerechnet, die zu einem Anstieg der realen Preise bis knapp 50 Dollar/Fass im Jahre 2050 führt.”

Höchstpreisszenario: “Unter Annahme, dass der Höhepunkt der Rohölförderung schon im Jahre 2010 erreicht werden sollte, ergibt sich je nach Szenarien ein langfristiger realer Rohölpreis zwischen 65-80 Dollar/Fass.”

Quelle: <http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00538/>

Der reale Ölpreis heute (25.01.2012) = 107.40 Dollar/Fass

Der Hubbert Öl Peak VI ein Umdenken bei der IEA?



Production reaches 104 mb/d in 2030, requiring 64 mb/d of gross capacity additions – six times the current capacity of Saudi Arabia – to meet demand growth & counter decline

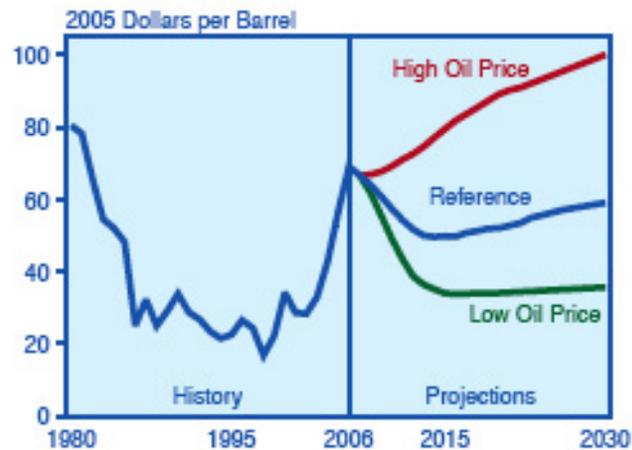
© OECD/IEA - 2008

Faith Birol IEA Chef Ökonomen im Frühjahr 2008:
“Wir sollten das Öl verlassen bevor es uns verlässt!”

Gibt es wirklich noch genug Öl für Jahrzehnte?

(unter der Annahme dass der Öl Peak noch lange nicht erreicht ist!)
Ökonomen/Energieagenturen haben die Ölpreise in den letzten Jahren vollkommen falsch geschätzt

Figure 35. World Oil Prices in Three Cases, 1980-2030

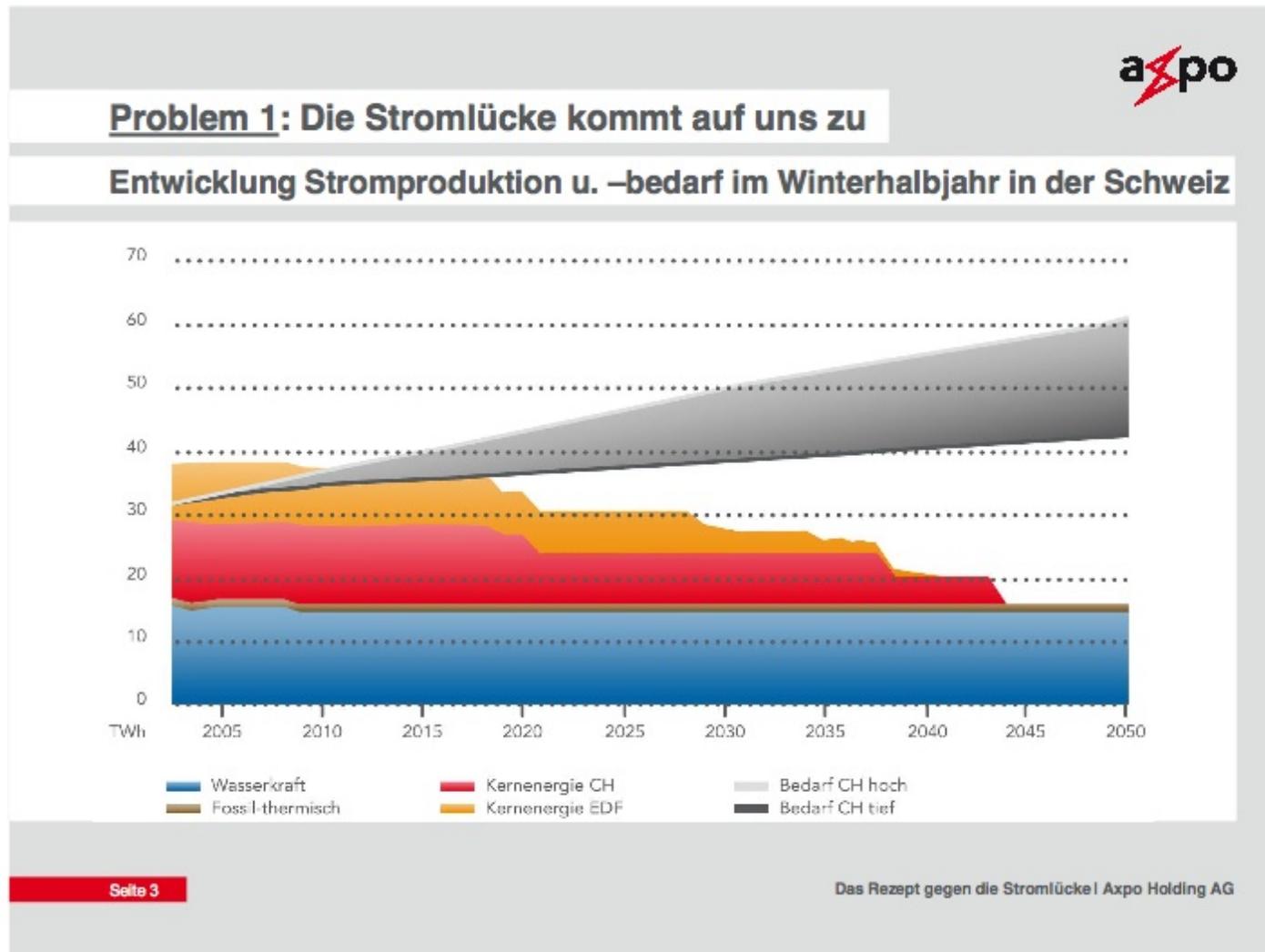


Sources: History: Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2004* (May-July 2006), web site www.eia.doe.gov/iea. Projections: EIA, *Annual Energy Outlook 2007*, DOE/EIA-0383(2007) (Washington, DC, February 2007).



Sollte man vielleicht die Annahme aufgeben?

Die Zukunft der Schweizer Elektrizitätsversorgung? Aus der Sicht des Jahres 2009!



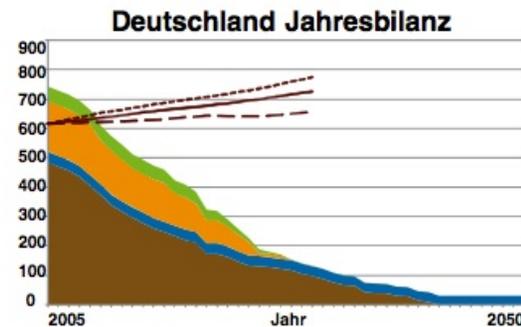
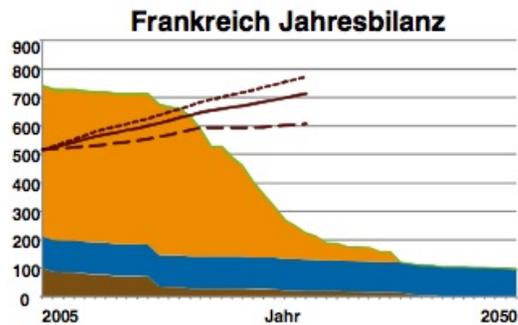
Quelle: AXPO Stromperspektiven 2020 (aus dem Jahr 2009)
und http://ihp-ix2.ethz.ch/energy21/Axporama_talk.pdf

Auch ohne Fukushima: Stromimporte können keine Lösung sein!

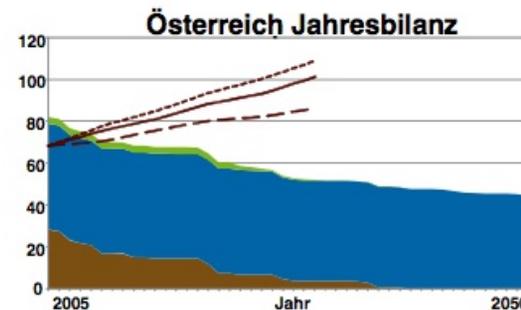
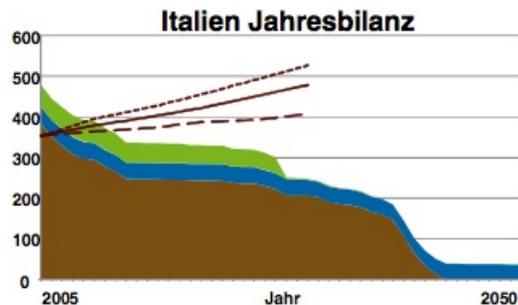


Auch unsere Nachbarn müssen ihre Stromlücke schliessen

Stromproduktionskapazitäten in TWh, ohne Neubauten



- Bedarf hoch
- Bedarf mittel
- - - Bedarf tief
- Erneuerbare Energien
- Kern
- Wasser
- Fossil

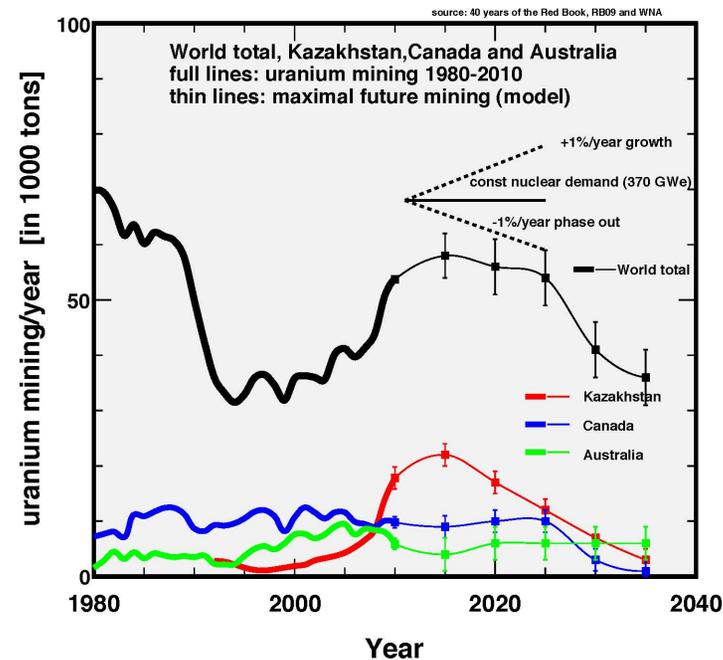
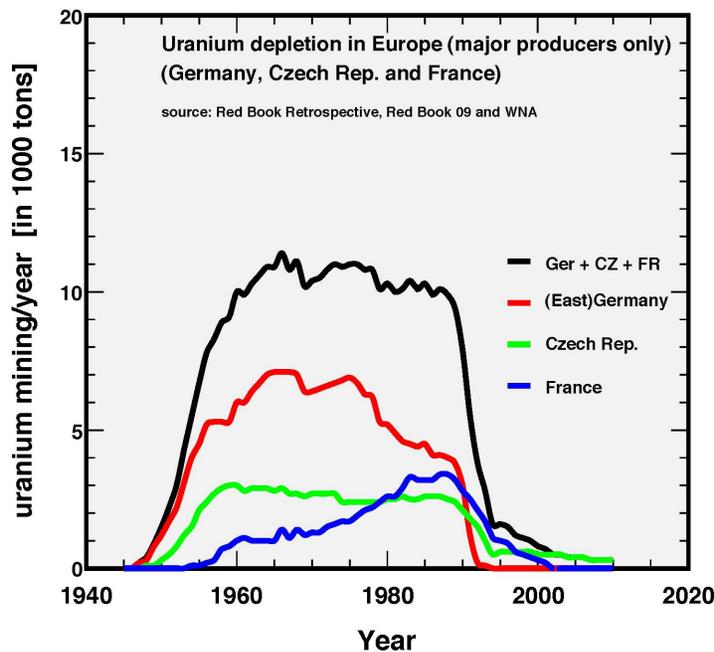


Schon vor "Fukushima":

Energie aus der Kernspaltung ist keine Lösung sondern Teil des Energieproblems!

→ Kernkraftwerke liefern heute nur 2.2% der weltweiten Nutzenergie!
(die weltweite Kapazität von Kernkraftwerken stagniert seit rund 10 Jahren);
→ Nur rund 75% des nötigen Urans kommt seit 20 Jahren aus Minen
(der Rest aus der Überschussproduktion aus den 70-80iger Jahren!)

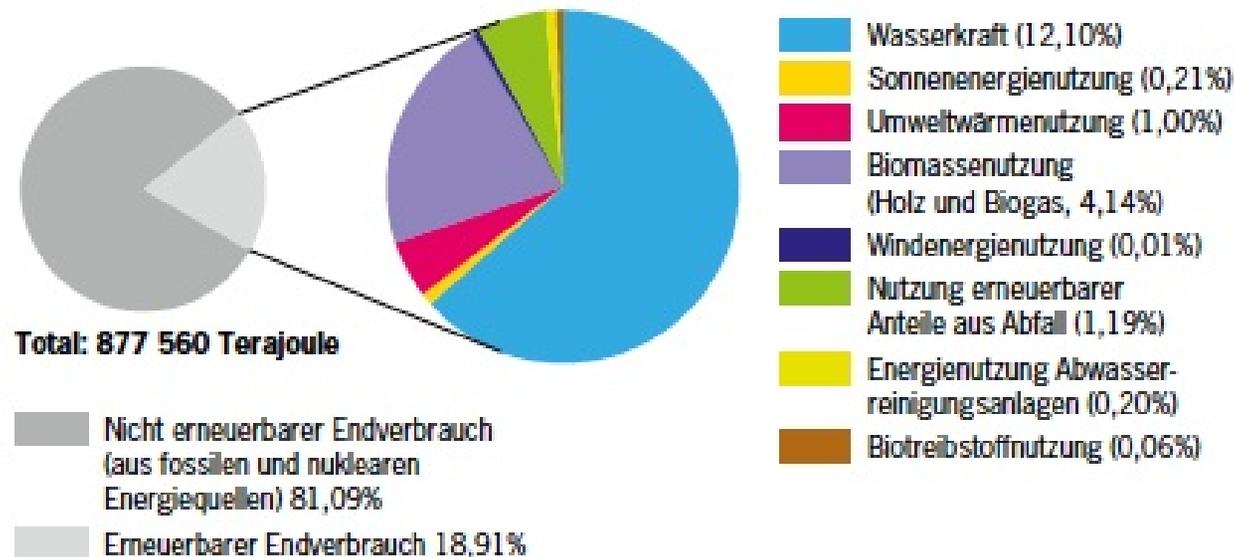
→ Viele ehemalige Uranregionen und Länder sind heute depleted:
Ontario Elliot Lake (Canada), New Mexico, Utah (USA),
Deutschland, Czech Republic, Frankreich (Westeuropa), D.R. Congo, Gabon (Afrika)
→ Interessante Uran-Deposits sind begrenzt: Uran ist endlich (wie Öl, Gas und Kohle)



Neue erneuerbare Energiequellen?

- 1) **Wasserkraft** schon heute an der Grenze! Wo sind die Lachse geblieben?
 - 2) **Holz, Biomasse und Nahrung**? Wie viel Wald braucht man zum guten Leben?
 - 3) Mehr Energie aus **Abfall**? Sollten wir nicht lieber die Menge an Abfall reduzieren?
 - 4) **Sonne** (aus der Sahara?) und **Wind** aus der Nordsee?
- Sollten wir nicht zuerst die Wüsten begrünen und wieder lernen unsere "Wäsche" ohne Strom zu trocknen?

Endverbrauchsanteil der erneuerbaren Energien, 2009
Nach Technologien



Quelle: Bundesamt für Energie

© BFS

Zusammenfassung: Willkommen auf der Titanic!

Prof. Odum's (2001) Alternative: “A prosperous way down”?

Der Überfluss an “Energie” mit dem wir im reichen Teil der Erde aufgewachsen sind, geht bald zu Ende!

Annahmen:

- “Unsere” lange Wachstumsphase wurde durch die Nutzung der fossilen Energiequellen ermöglicht.
- Ohne magische Lösungen zum Energieproblem ist ein ökonomischer Rückgang unvermeidbar!
(Sogenannte 1-Liter Autos sind eine kostbare Illusion!)
- Mit dem Ende der Energieüberschussperiode müssen neue Methoden für die Übergangsphase und den “Way Down” entwickelt werden.
- Der Weg ins Tal ist unbekannt und voller Hindernisse!
Kann die Bergführer-Nation (mit heute fast 90% Energieimport) einen Weg finden?

Massnahmen: ein realistischer (???) Plan:

einige Ideen (der Odum's) für die Übergangsphase und den "way down":

- Die Weltbevölkerung sollte zum Beispiel durch eine 1-Kind(?) Politik reduziert werden, bevor die "Natur" anfängt die Bevölkerung zu reduzieren!
- Eliminierung von Energieverschwendung ist nicht das gleiche wie Enthaltbarkeit!
z. B. Massnahmen, die unnötige "Pferdestärken" eliminieren, könnten das Leben für alle sogar besser machen.
→ (1) Reduktion von unnötigen "Pferdestärken", (2) Reduktion von Autos bei gleichzeitiger Veränderung der Notwendigkeiten, grosse Abstände zurücklegen zu müssen (z.B. Vorteile von "lokaler" Organisation).
- Eine Umstellung der (Land) Wirtschaft auf lokale, weniger intensive Landwirtschaft.
- Um einen Kollaps zu verhindern, muss der Bedarf an "natürlicher Umwelt" reduziert werden! Eine nachhaltige Nutzung von Land und Wäldern erfordert die Rückgabe von "Wäldern, Sümpfen etc".
- Globaler Informationsaustausch und Kooperation müssen Restriktionen und destruktiven Wettbewerb ersetzen.
- Erhaltung von wesentlichen Aspekten der "zivilisierten" Kultur. Die Gesellschaft muss einen Weg (z.B. über die Universitäten) zum selektiven Erhalt von wertvoller Information (für die Zeit mit weniger Energie) und für einen langen Zeitraum finden.
- Priorität bei der Nutzung von Wasserkraft muss die Erhaltung des "Global Information Network" sein. Es erscheint damit wahrscheinlich, dass die Zentren einer zukünftigen Zivilisation am Rande von Bergregionen liegen werden.
- Ausbildung für die Zukunft: Kinder müssen auf die "low energy" Zukunft vorbereitet werden, wir müssen diese Entwicklung erklären und beschreiben. **Wir alle müssen verstehen, was passiert, warum und wie jeder seinen Platz in dieser neuen Umgebung finden kann!**