

# Energiepolitik im Heizungskeller

**Dr. Lothar Steinbock, Schulstr. 29**

76351-Linkenheim-Hochstetten

lothar@sibex.de

**35 Jahre Nukleare Sicherheitsforschung**

40 Jahre Heizen in einem 5-Familienhaus

Mitglied in: KTG, DPG, Haus und Grund eV

Webseiten: [www.waermebrunnen.de](http://www.waermebrunnen.de) – [www.dd-fusion.de](http://www.dd-fusion.de)

**Inhalt:**

**Energieformen, Primärenergien,**

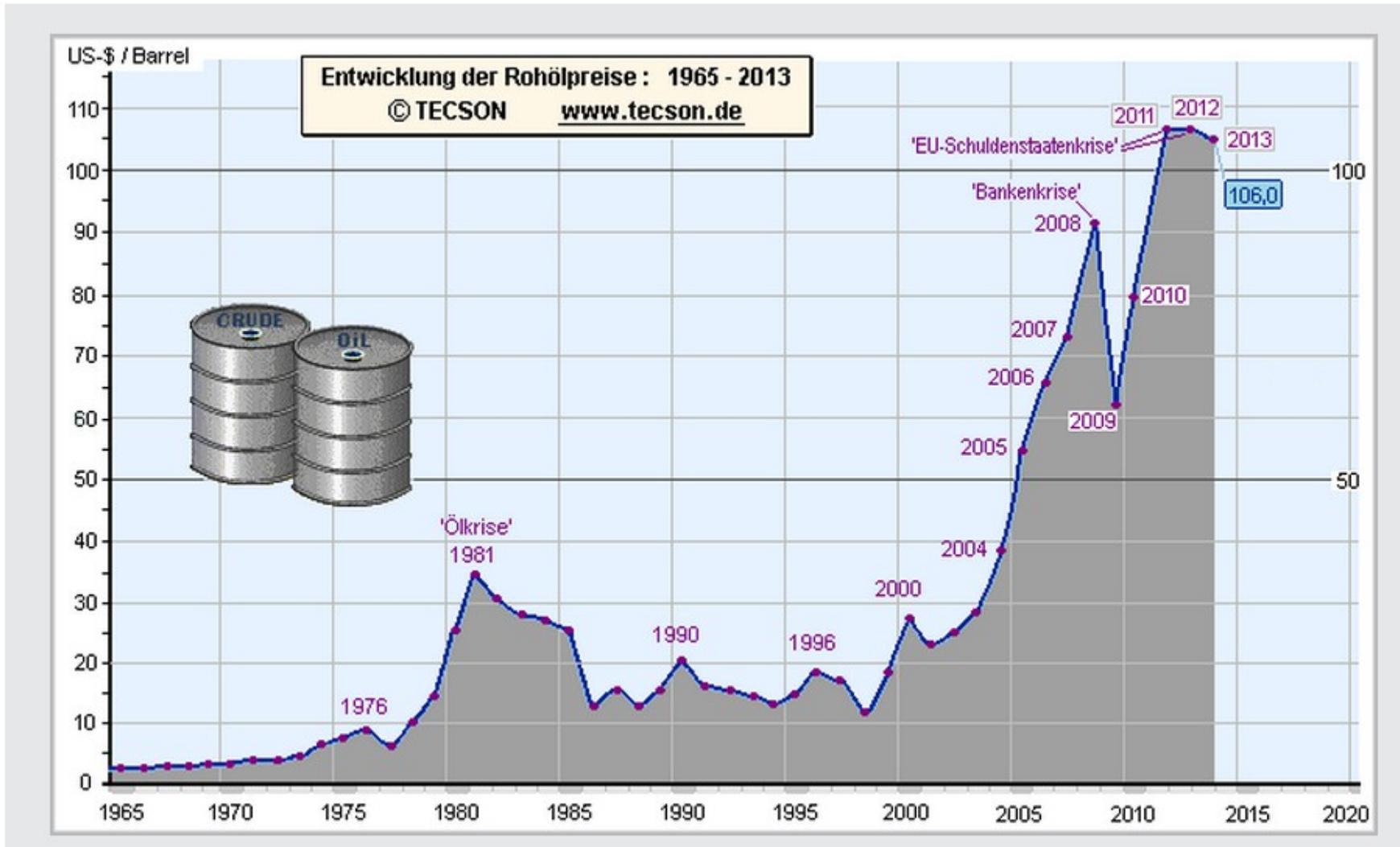
**Energiepolitik, Zappelenergien, Umweltfolgen**

**Private Energiepolitik: Heizungstechniken, Treibstoffe**



**^^Luft- und Grundwasser-,  
Wärmepumpe, Ölkessel →**

# Ölpreisentwicklung und Weltpolitik

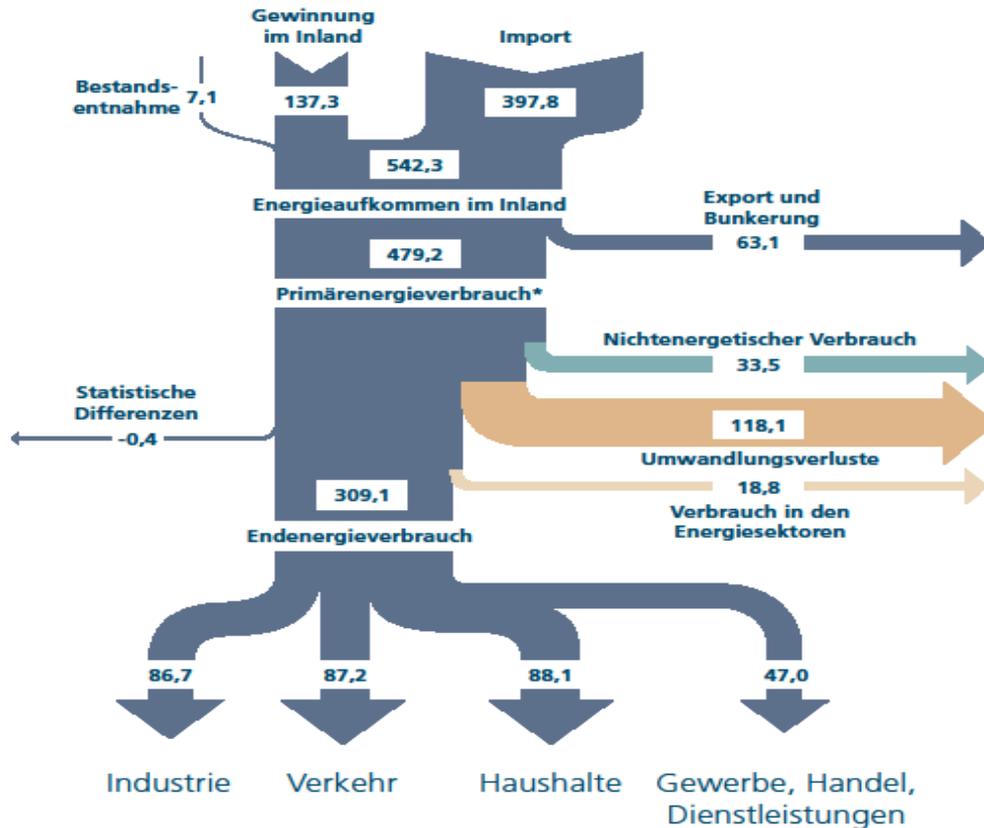


1973: 1. Ölembargo, 1980: 2te Ölkrise, 1990: 2ter Irakkrieg, Ab 2005 „Peak-Öl“

# Meine Erfahrungen mit Heizung, Lüftung und Kühlung:

- 1978** Kauf 3-FH mit 65 kW Wechselbrandkessel (Holz/Öl) von 1965.  
300 qm Wohn-Fläche, 8000 Liter-Tank, Ölpreis: 30-80 Pfennig/Liter
- 1984** 2 Luft/Wasser-Wärmepumpen (13 kW) im Ausverkauf von BBC/York,  
teilweise neue Heizkörper, Heizölverbrauch mehr als halbiert
- 1991** Neuer 30 kW-Ölkessel mit Regelung und 4000 Liter Tank,  
Wärmepumpen defekt, Ölpreis niedrig.
- 1992** Erweiterung auf 400 qm Wohnfläche, 5-FH,  
weitere neue Kompakt-Heizkörper, 6000 Liter Öl/Jahr von 91 bis 2001
- 2001** Erneute Inbetriebnahme einer Heizungs-Wärmepumpe (6,4 kW)  
Verbrauch von 3500 Liter Öl + 10 MWh Strom im Jahr
- 2002** Computerregelung, Brauchwasser-WP, Entlüftung über alten Essenzug  
Restverbrauch 2500 Liter Öl, 13 MWh Strom
- 2005** Bohren von Förder- und Schluck-Brunnen (4 cbm/h),  
Bau einer GW-Wärmepumpe mit KAB im Ort: 20 kW, 12 Mwh/Jahr
- 2006** Einbau einer Split-Klima im DG zum Heizen+Kühlen
- 2013** Neue WW-Luft-WP mit 300 Watt E-Leistung, 7 kWh/Tag für 8 Personen

# Energieflussbild 2010 für die Bundesrepublik Deutschland in Mio. t SKE



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 9,4 %.  
 \* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt.  
 1 Mio. t SKE  $\triangleq$  29,308 Petajoule (PJ)  
 Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 07/2011



**Energieverbrauch in  
Deutschland:  
500 Mio. Tonnen SKE  
~6 Tonnen Kohlenstoff  
pro Einwohner !**  
 davon ~30% in Haushalten  
 1 SKE=8141kWh=  
 1 Palette Nußkohle:

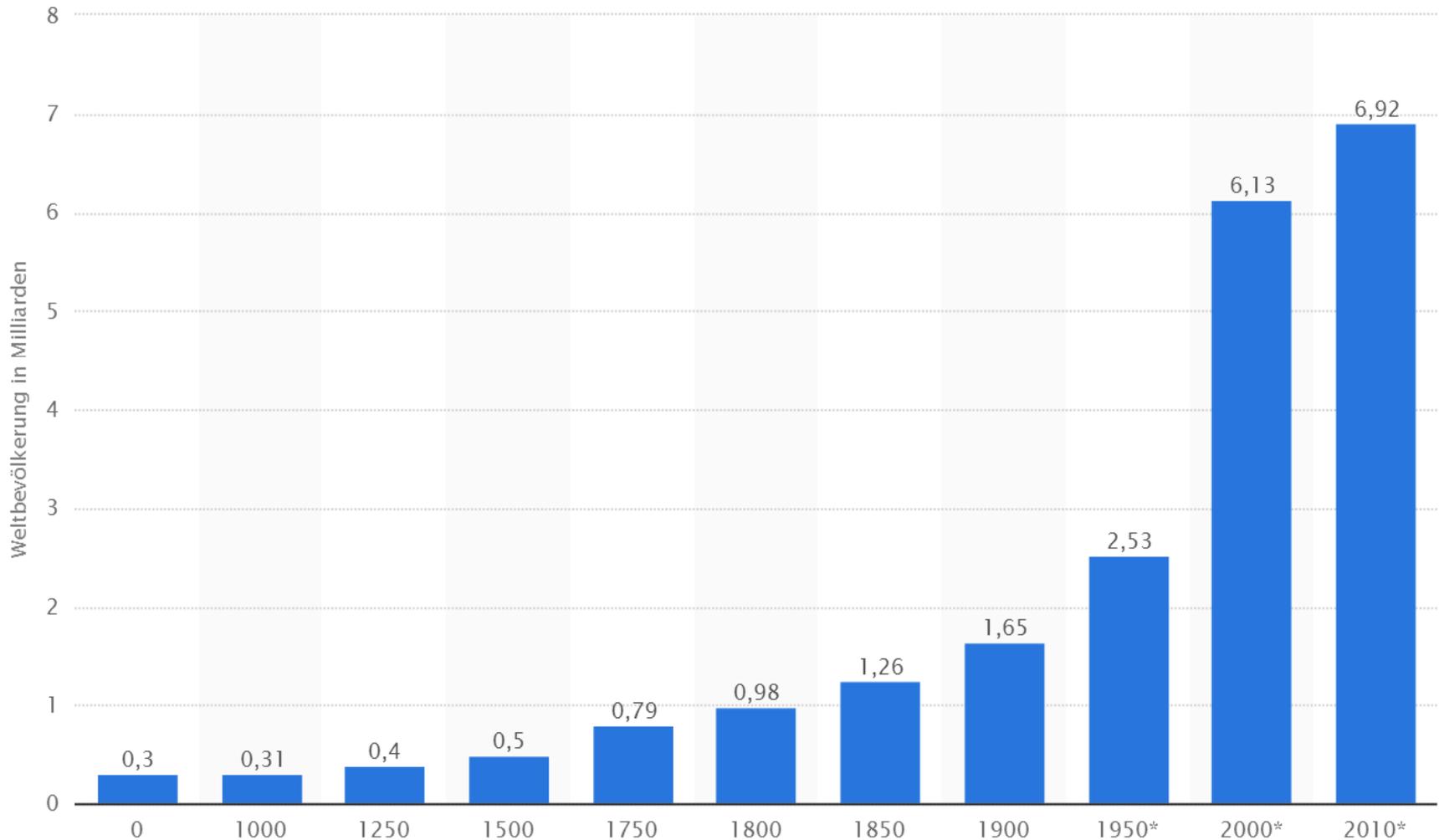


**Kostet bei ebay 270€  
Kostet frei Grenze im Kahn 80€**

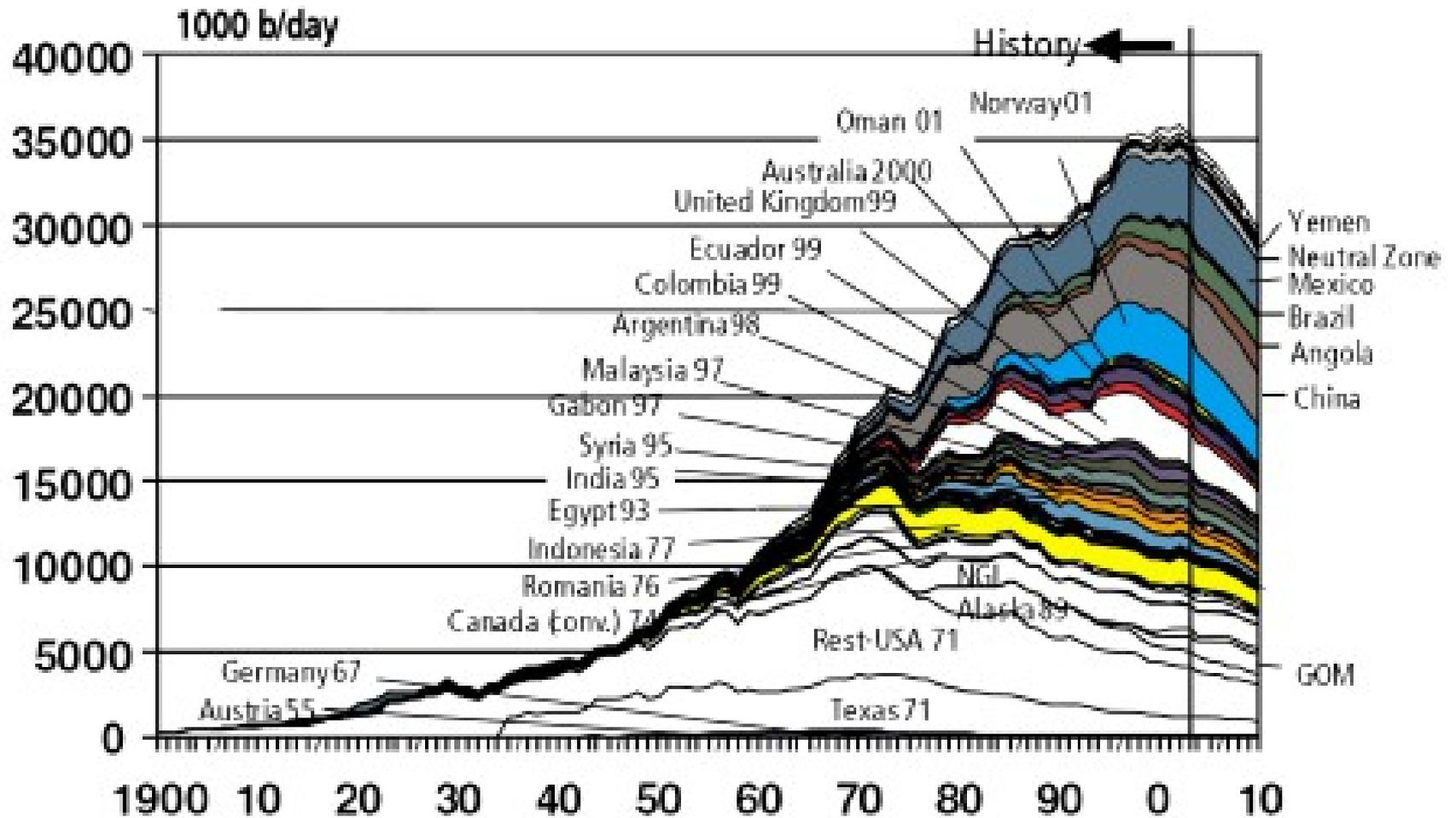
oder als 70 Gramm GelbKuchen~2€

# Wachstum der Menschheit

Entwicklung der Weltbevölkerungszahl seit Christi Geburt (in Milliarden)



# Ölförderung und Nachfrage



Source: Industry database, 2003 (IHS 2003)  
 OGI, 9 Feb 2004 (Jan-Nov 2003)

€/100 Liter

Entwicklung der Heizölpreise in Deutschland

3000 l-Preis (€)

## Preisverlauf für Heizöl 2002-14

1978: ~10€/100 Liter

2002: ~35€ vorm Irakkrieg,

2005: letzte Tankfüllung im Nov.

2014: Anstieg auf 80-90€/100 Liter

Hoher Ölpreis durch Nachfrage!

Heizkosten ver-3-facht in 12 Jahren

Zulauf für „alternative“ Heizungen:  
Holz, Solar, Biomasse, Erdwärme

**Welche Heizung für die Zukunft  
auswählen?**



Copyright © 2014 TECSON · www.tecson.de

## Holzheizkessel: Scheitkessel, Hackschnitzel, Pelletkessel

Pellets: aus Abfallholz in D,A,CH genügend verfügbar,

Durch Automatisierung fast ebenso bequem wie Öl/Gaskessel

Neue Infrastruktur: Pellets Trocknen, Pressen, Transport-LKW mit Bläser

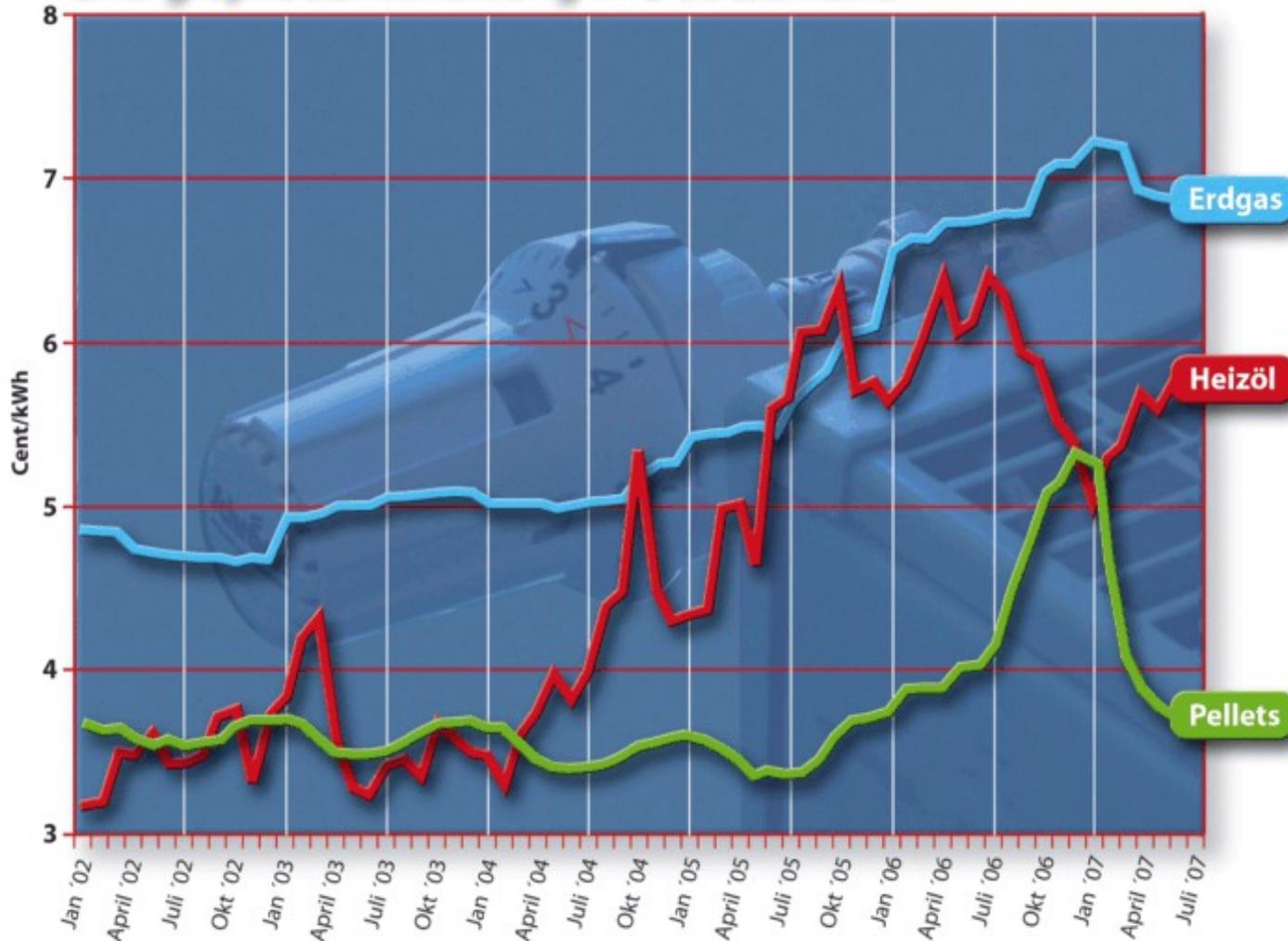
Beim Verbraucher: Pelletlager, Pelletkessel



Preisvergleich bei [www.getreideheizung.de](http://www.getreideheizung.de)

Pelletkessel von Paradigma/Waldbronn

# Energiepreisentwicklung in Deutschland



Quelle: Pelletspreise = Deutscher Energie-Pellet-Verband e.V./ Solar Promotion GmbH  
Heizöl- und Erdgaspreise = Brennstoffspiegel

Basis: Verbraucherpreise für die Abnahmen von 3.000 l Heizöl,  
33.540 kWh Gas bzw. 6 t Pellets (inkl. MwSt. und sonstigen Kosten)  
Bezugsgröße: unterer Heizwert

© Solar Promotion GmbH, Juni 2007 www.interpellets.de

Alternative 1: Pelletheizung, Heizwert von 2kg Pellets = 1 Liter Heizöl,  
Investition: 15500 Euro gegen 11800 Euro für Ölheizung (FAZ 19. 10. 2004)  
Dr. Steinbock, AfD-KA-L Energiepolitik im Heizungskeller



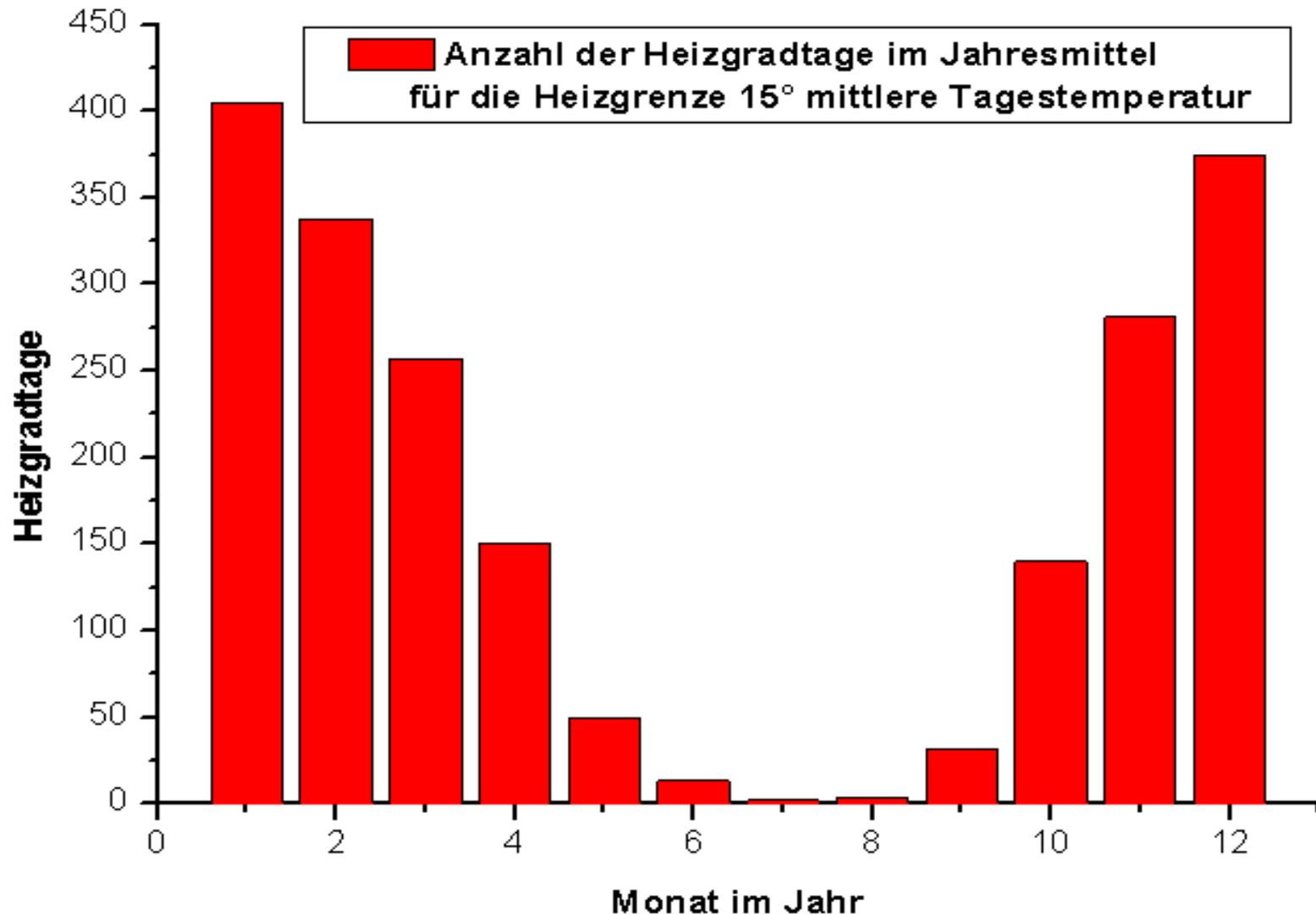
Das Prinzip einer Holz-Pelletsheizung ist einfach und doch effizient



Flexible Silos: Leichte Montage, schonende Befüllung ohne Absaugung, einfache Entnahme

**Aufbau einer Holz-Pelletheizung:  
Pellet-Silo, Fördereinrichtung,  
Pelletbrenner, Kessel**

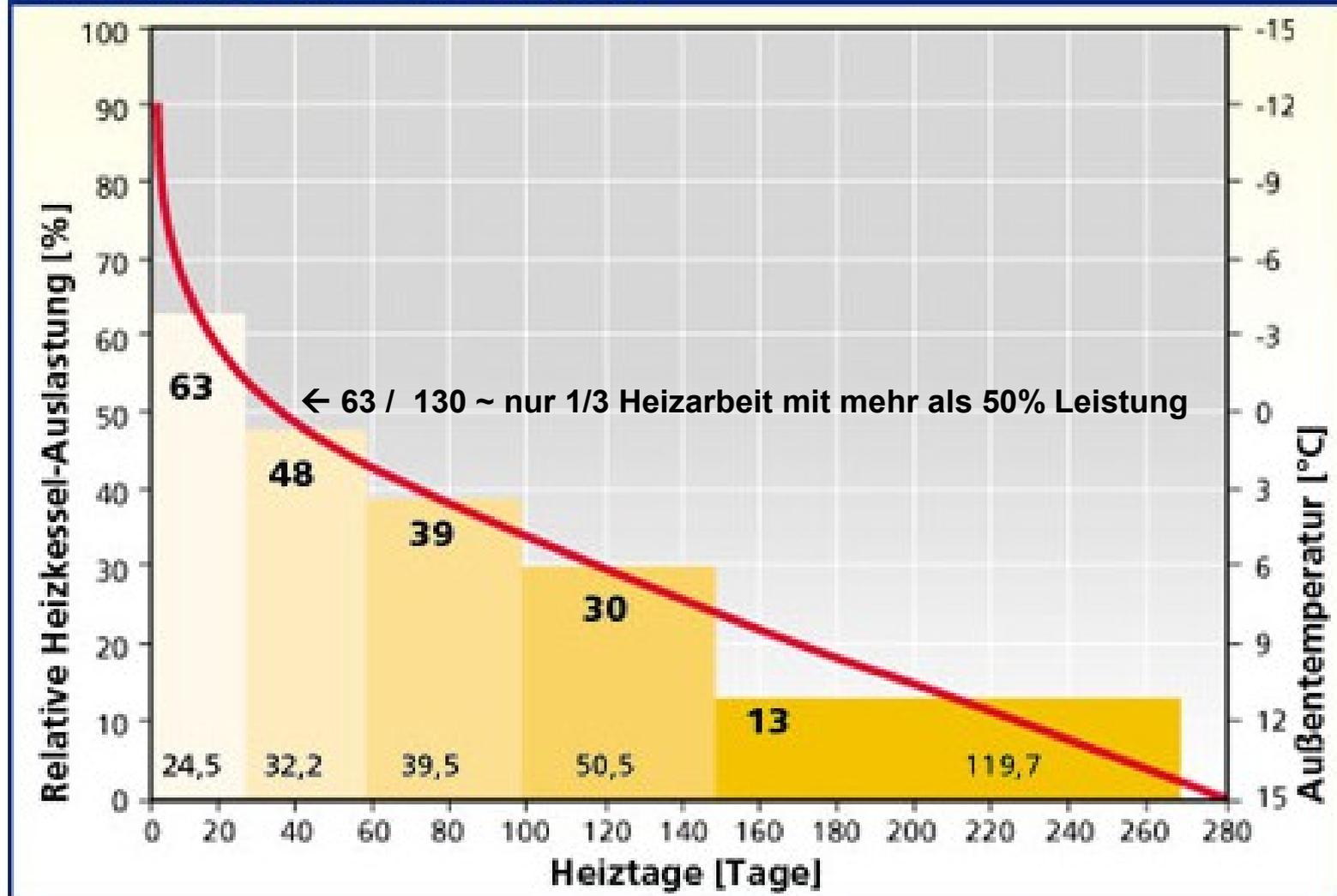
**Nachteile: viel Mechanik,  
Großer Speicher**



**Heizgradtage in KA-Land: 2042°d, T-mittel im Januar=+2°--> 403°d**

**Mittlerer Warmwasserbedarf pro Person: 50 Liter, 40°**

## Auslastungsstufen nach DIN 4702



### Histogramm des relativen Heizbedarfs:

nur an 24 Tagen im Jahr ist mehr als 50% der Maximalleistung nötig,

Eine 5 kW-Luft-Wärmepumpe kann im EFH meistens 67% Jahresheizwärme liefern!

# Wirkungsgrad einer Gebäudeheizung:

Temperatur des kalten Speichers, draußen:  $-10^\circ = 263$  Kelvin  
Temperatur des warmen Speichers, drinnen:  $20^\circ = 293$  K  
Temperatur-differenz der Speicher: 30K

**Der Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine ist  $= 293/30 \sim 10$   
→ jede elektrische kWh kann 10 kWh-Wärme „bewegen“!**

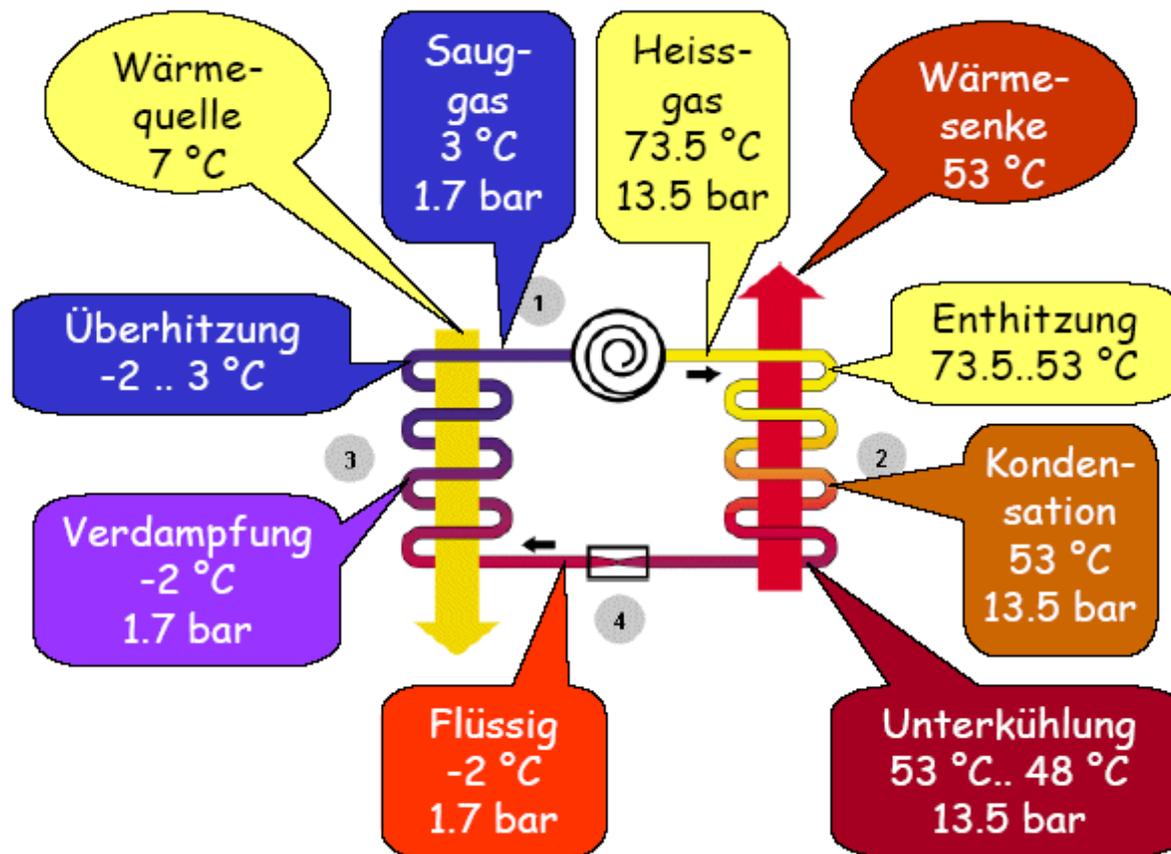
Jede Heizung, die mehr als 20% Exergie benötigt, ist Verschwendung, weil jeder fossile Brennstoff im Kraftwerk zwischen 30 und 58% Strom/Exergie erzeugen kann.

Wer mit Strom (100% Exergie) direkt heizt, verschwendet 90% der Exergie!  
Wer mit Gas (60% Exergie) heizt, verschwendet 50% der Exergie!

Beispiel: 1 cbm Gas ergibt  $<10$  kWh Heizwärme im Gaskessel  
In einem GuD-Kraftwerk werden daraus 5,8 kWh Strom,  
damit kann eine GW-Wärmepumpe mit COP=5  
29 kWh Wärme bereitstellen

# Erdwärme zum Heizen mit Wärmepumpe

Vorteile: fast überall möglich, erprobte Technik: Brunnenbau oder normaler Tiefbau, einfache Verdichtertechnik (Kühlschrankprinzip, Luftpumpe)



Wärme aus Grundwasser → Kältemittel → Heizwasser/Warmwasser



**Flachkollektor**



**Tiefenbohrung**



**Förder+Schluckbrunnen**

## **Geothermie: Nutzung der Wärme des Erdreichs**

**Wärmequellen für Wärmepumpen:**

**Luft**

**Erdreich (vergrabene Soleleitung oder KG-200 Luftrohr in > 1 Meter Tiefe)**

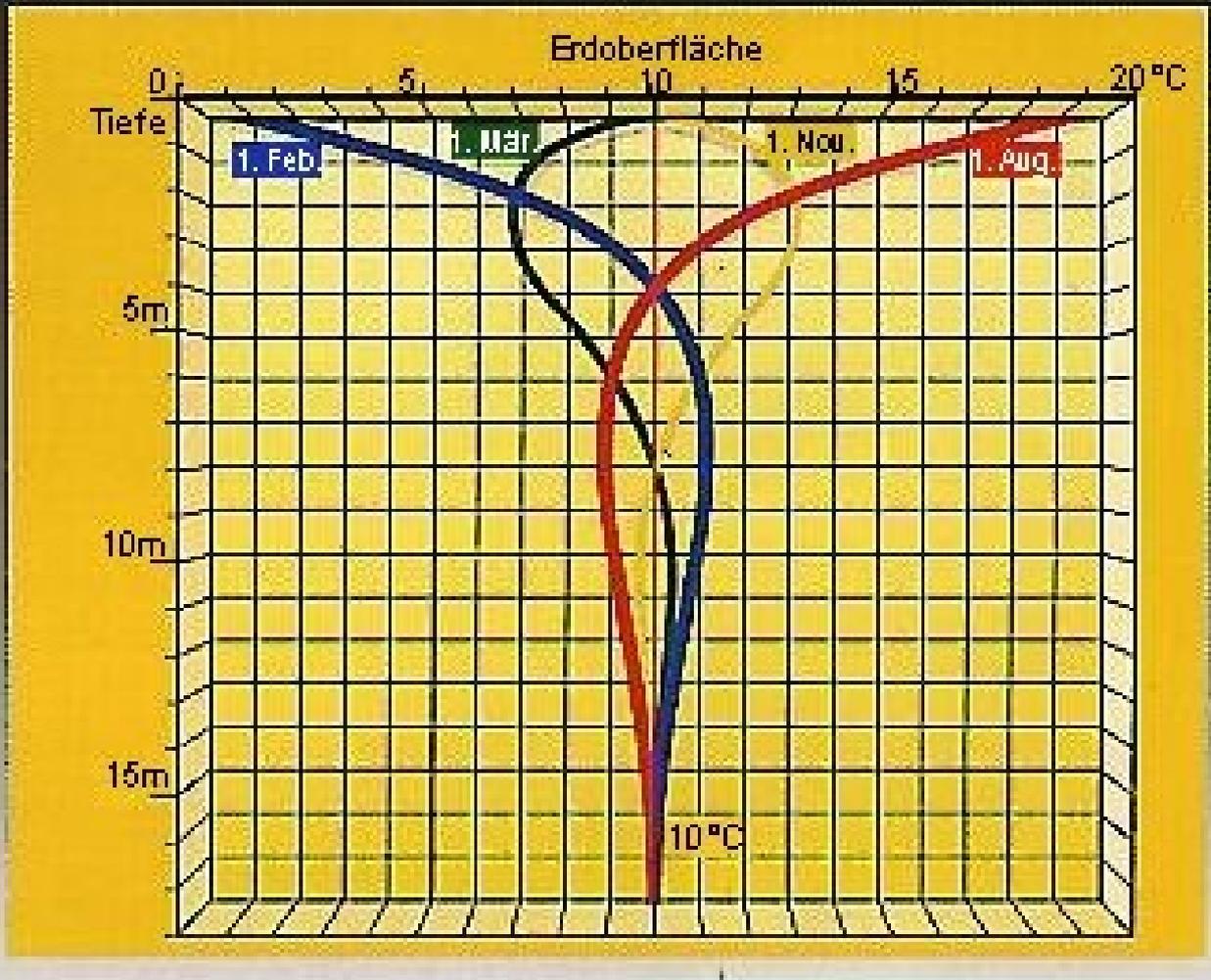
**Abwasserrohre (in der Schweiz schon gebaut)**

**Tiefensonde (nur 50 Watt/Meter Wärmegewinn)**

**Grundwasser (in der Rheinebene: +13° in 6-8 Meter Tiefe)**

**direkte Kältemittelverdampfung im Erdregister**

## Jahrestemperaturverlauf



**Jahreszeitlicher  
Temperaturverlauf  
Im Freifeld  
Als Funktion der Tiefe.**

**In 10 Meter Tiefe  
Schwankt die  
Temperatur mit  $\pm 1^\circ$   
Um einen Mittelwert.**

**In Hochstetten hat  
Das Grundwasser  
Im Oktober  $+13,6^\circ$ !**

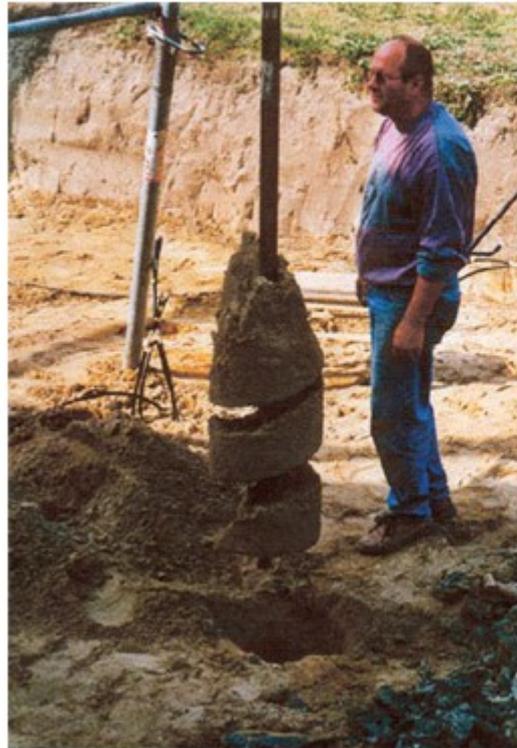
**Wenn möglich, ist ein  
Grundwasserbrunnen  
Die beste Wärmequelle  
Für eine Wärmepumpe:  
Aktivierung des solaren  
Wärmespeichers  
Erdreich + Grundwasser**

# Erdreich-Wärmetauscher für Luft oder Sole als Wärmeträger

## Einsatz der Erdwärmetauschersonden

1. Bohren

2. Verlegen



Vorteil von Luft-EWT:  
passive Kühlung und  
Entfeuchtung im Sommer  
Dr. Steinbock, AfD-KA-L

Vorteil von Sole-EWT:  
geschlossener Wasserkreislauf,  
Wenig bewegtes Erdvolumen,  
ohne Genehmigung möglich  
Energiepolitik im Heizungskeller



Sondenbohrung für Doppel-U-Sonden mit 4x32 mm PE-Rohren  
Für Sonden bis -99 Meter ist das Wasserwirtschaftsamt zuständig.  
Für tiefere Sonden das Bergamt in Freiburg.

In BaWue wurden Erdsonden mit 14 €/M gefördert.

EnBW fördert auch WPs mit Erd-(Flächen)kollektoren



Mofix-Bohrer

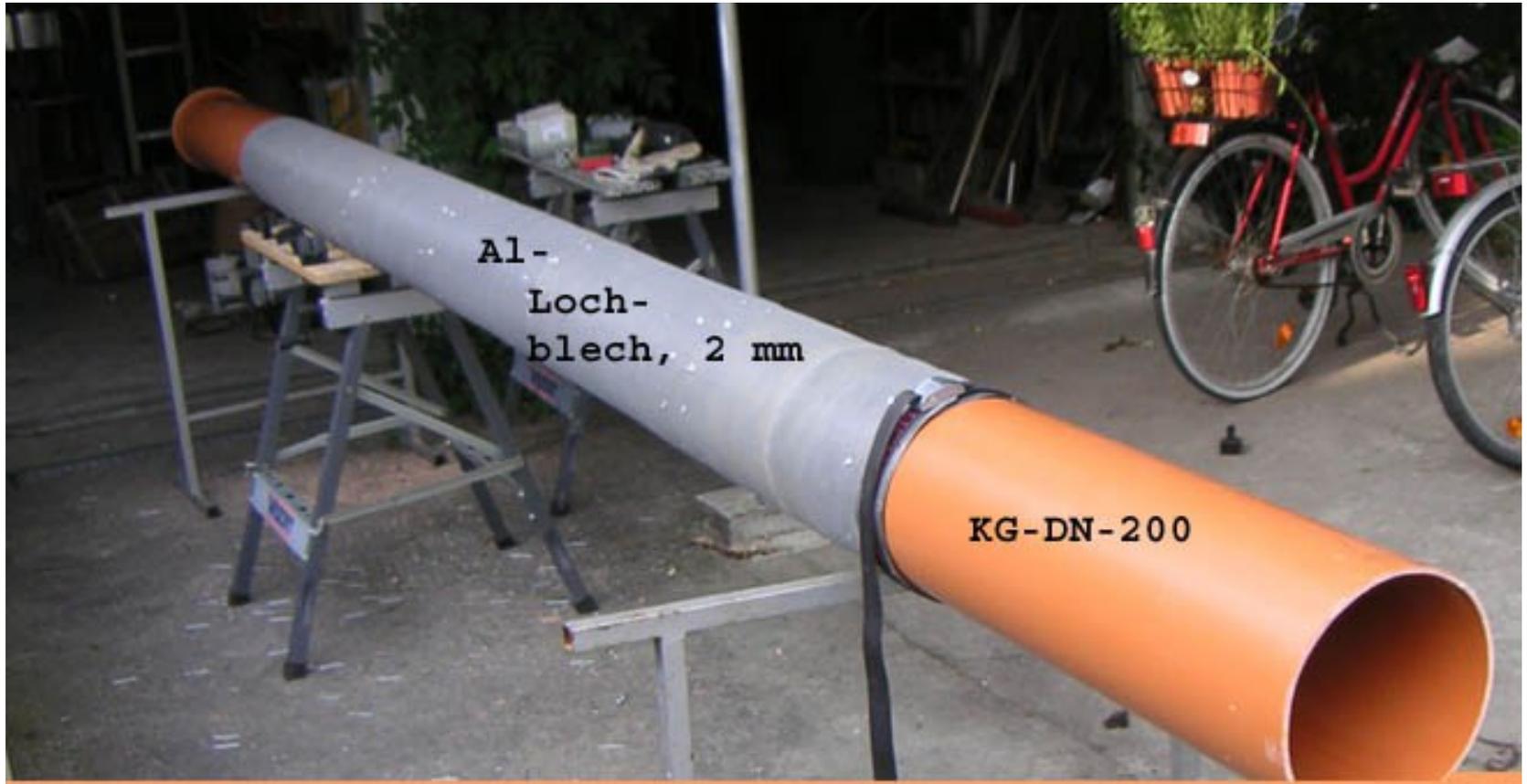
SW-60 mit Diamantkrone  
Bohrloch, 73 mm

## Brunnenbohren

Bohrwerkzeuge: Spiralbohrer, Bohrkronen mit Rolladenrohr SW-60  
3 Meter Länge bequem handelbar, Verlängerbar mit Achsnippel,  
Ideal für Schlagbrunnen !



Hurra, die Bohrung ist im Wasser bei -6,8 Meter !



Brunnenfilter aus Alu-Lochblech und KG-Rohr DN-200, Länge ~ 4,5 Meter  
Rechts: Sumpfrohr, 3 Meter Al-Filter, 1 Meter Anschlußrohr  
Verlängerungen mit KG-DN-200



Grabenbagger, 30 cm Schaufel, max. 2 Meter Tiefe, 100 Euro/Tag bei Fa. Schwab

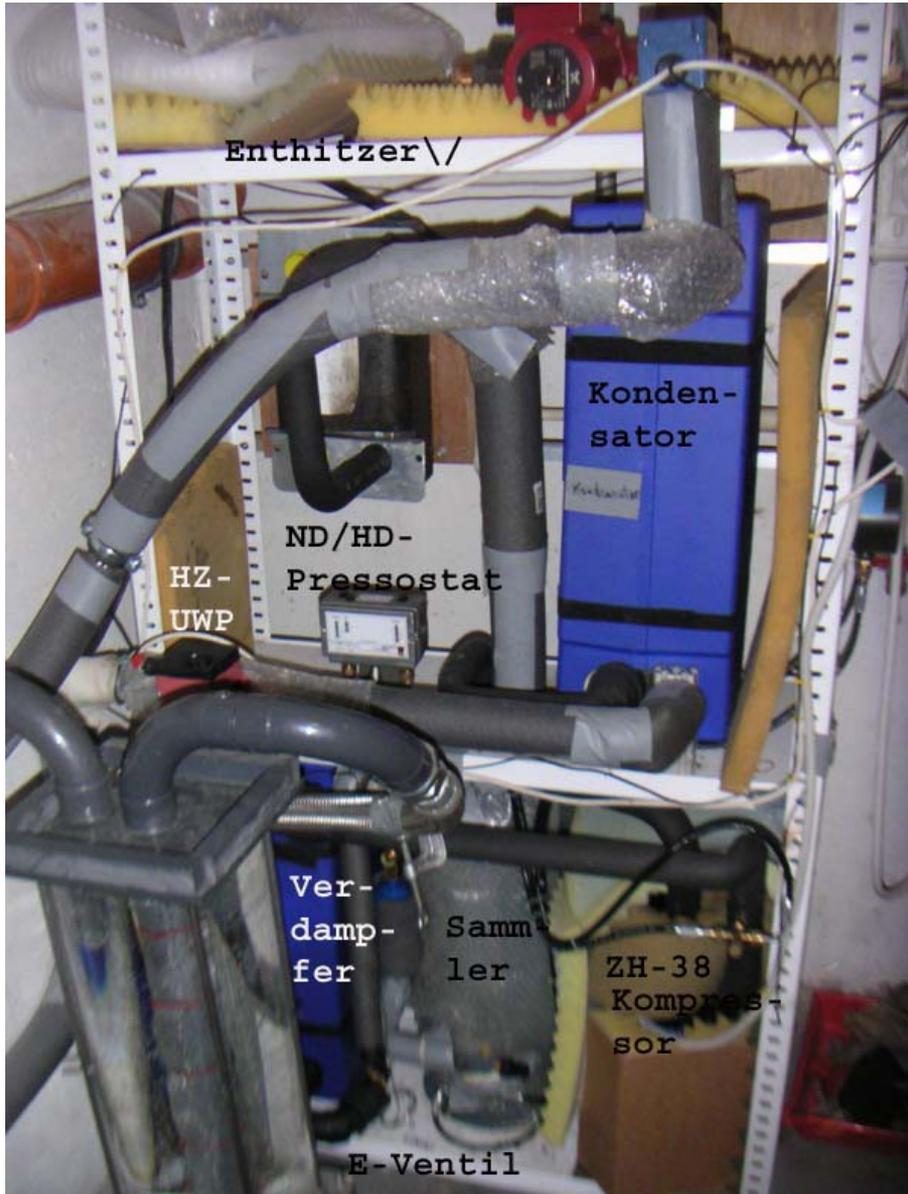


„Einfädeln“ des PE-Rohres in das Schluckbrunnenhaus

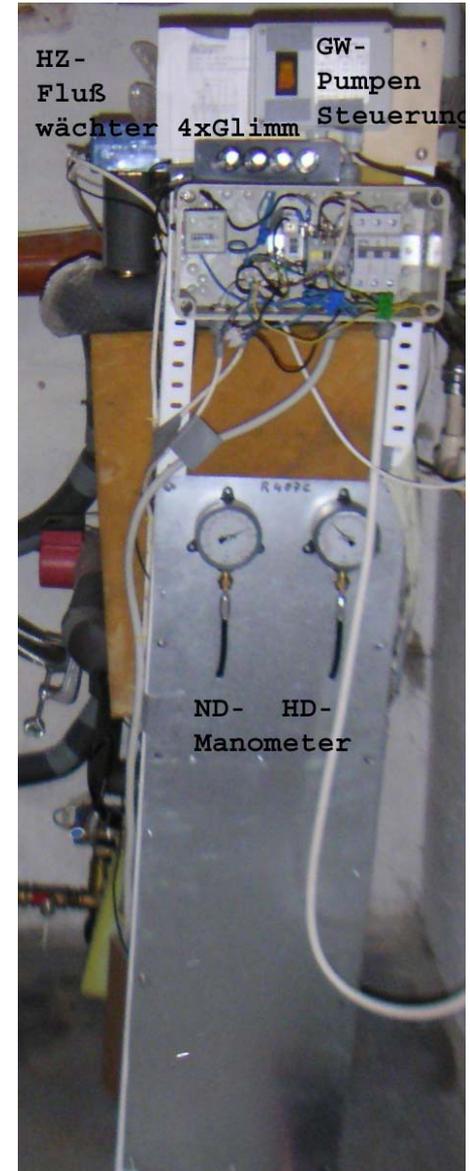


Grundwasser-Zuleitung  
Und Ableitung mit  
Wasser-Zyklon:  
Sandabscheidung,  
Korrosionskontrolle  
UV-Belichtung  
GW-Temperatur  
Durchflußkontrolle

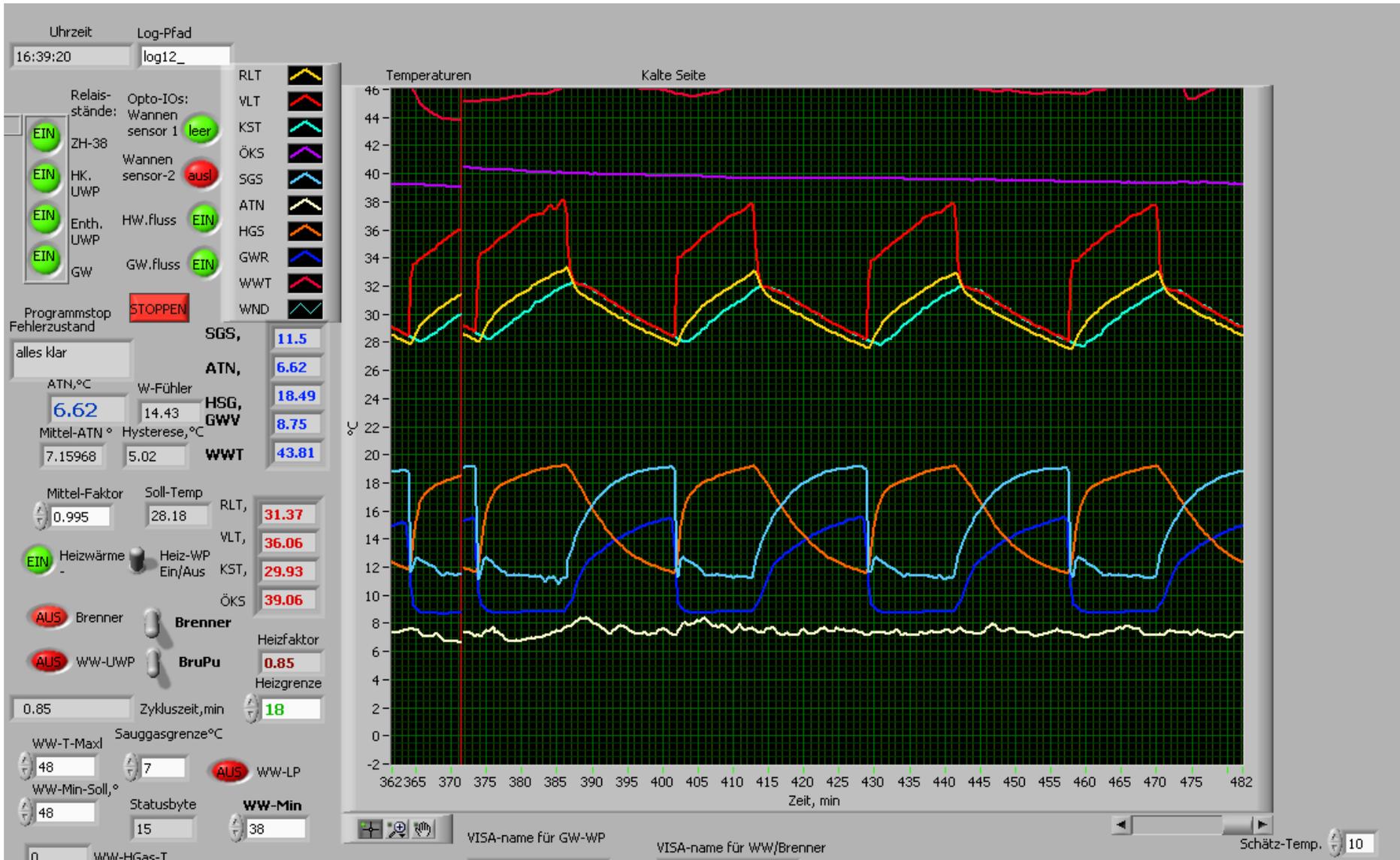
Foto: 20 kW Grundwasser-Wärmepumpe Niegel/Steinbock mit Copeland ZH38



- Vorteile:
- Leichter Zugang
- Schmale Bauweise
- ND und HD Manometer
- Enthitzer heizt Warmwasser



# Heizungssteuerung mit LabView



## Investitionskosten für Grundwasserbrunnen+Wärmepumpe:

Genehmigung Landratsamt für 10 Jahre + 100 000 cbm Wasser	550 €
Bohrgerät (SW-60-Rohr, E-Winde, Kiespumpe, Erdbohrer):	500 €
Brunnen, DN-200-Filterrohre, 20 Meter, Alu-Lochblech:	500 €
Verbindungsleitung (Bagger,PE-Rohr)	250 €

Wärmepumpe:

3xPlatten-Wärmetauscher, Steuerung, Regal:	2000 €
Kältekreislauf mit Kompressor ZH-38 beim Kälteanlagenbauer:	3200 €
Summe:	~7000 €

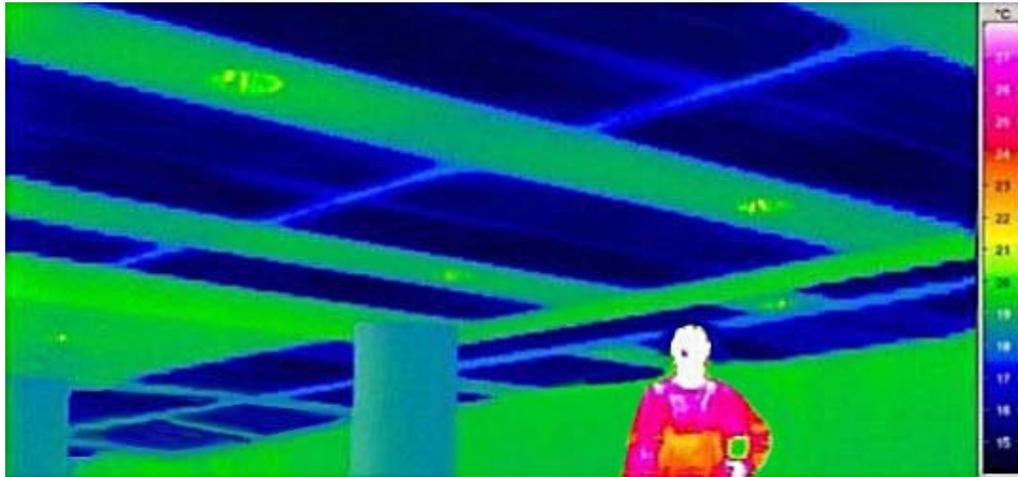
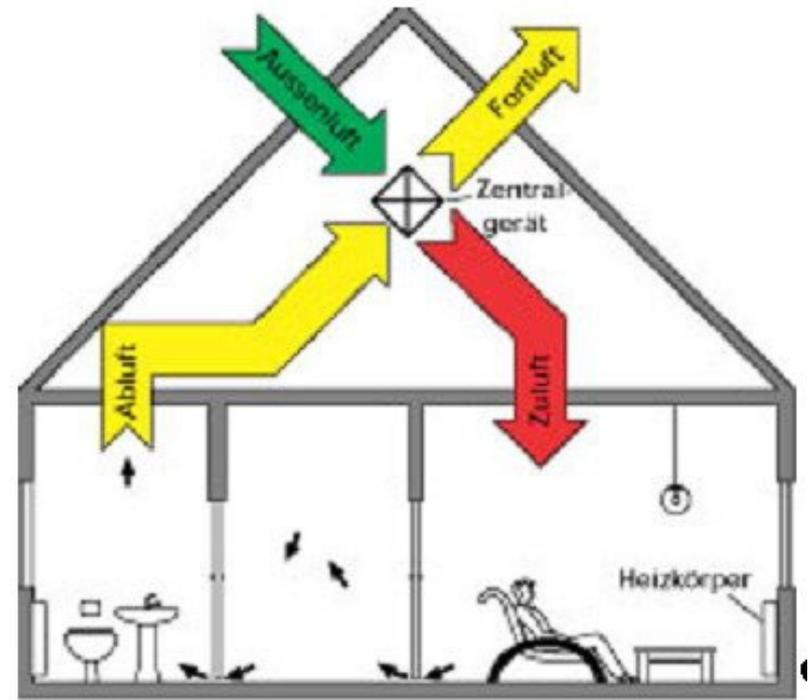
---

**Heizkosten 05/06 (Öl+Strom):** ~2070 €

Stromkosten 06/07 :	1200€
Stromkosten 13/14:	2500€
Davon Ökozocken	1300€
Stromkosten im Elsaß für 12000 kWh im Jahr 2006:	700 €
Stromkosten heute (2014) in Ontario	700€

**Die Investition war nach 3 Jahren amortisiert.**

**Überall wo Rote oder Grüne an die Macht kommen, werden die Energiekosten mit Zusatzsteuern belastet.**



Infrarot-Bild einer Kühldecke

Hausklima:

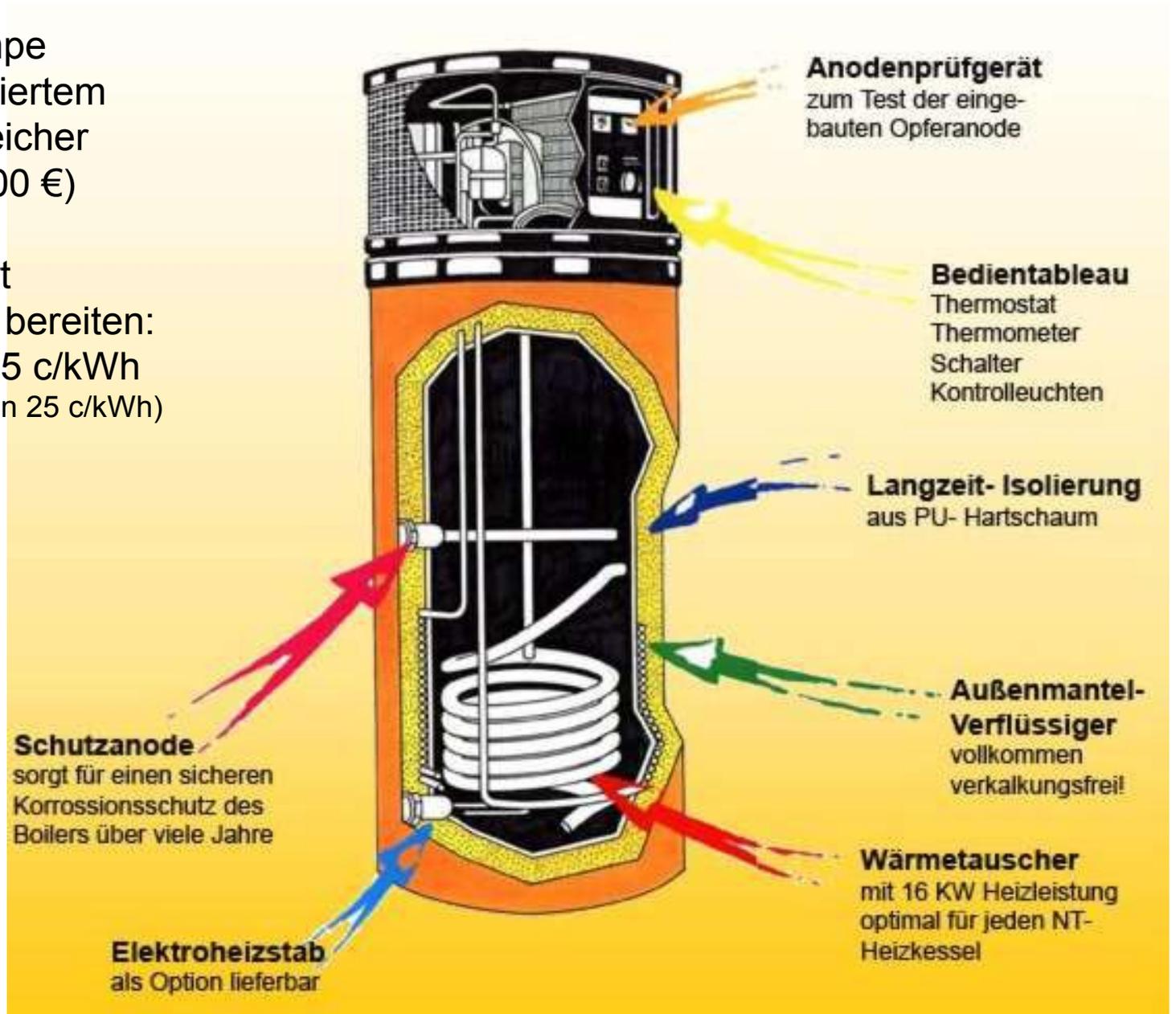
**Heizen, Kühlen, Lüften**

Warum?

Häuser werden immer dichter  
Allergien, Klimawände  
Dafür brauchen wir „Energie“

Standard-Luft-  
WW-Wärmepumpe  
Mit 300 Liter isoliertem  
Warmwasserspeicher  
(Bei ebay ab 1600 €)

Preiswerteste Art  
Warmwasser zu bereiten:  
Wärmekosten ~ 5 c/kWh  
(Beim EnBW-Tarif von 25 c/kWh)



## Wandhängende Luft-WW-WP Ariston Nuos~700€ (ebay)



Speicher: 80-120l

Leistung elek./Wärme:  
300/1500 Watt  
(20°/50°) gemessen!

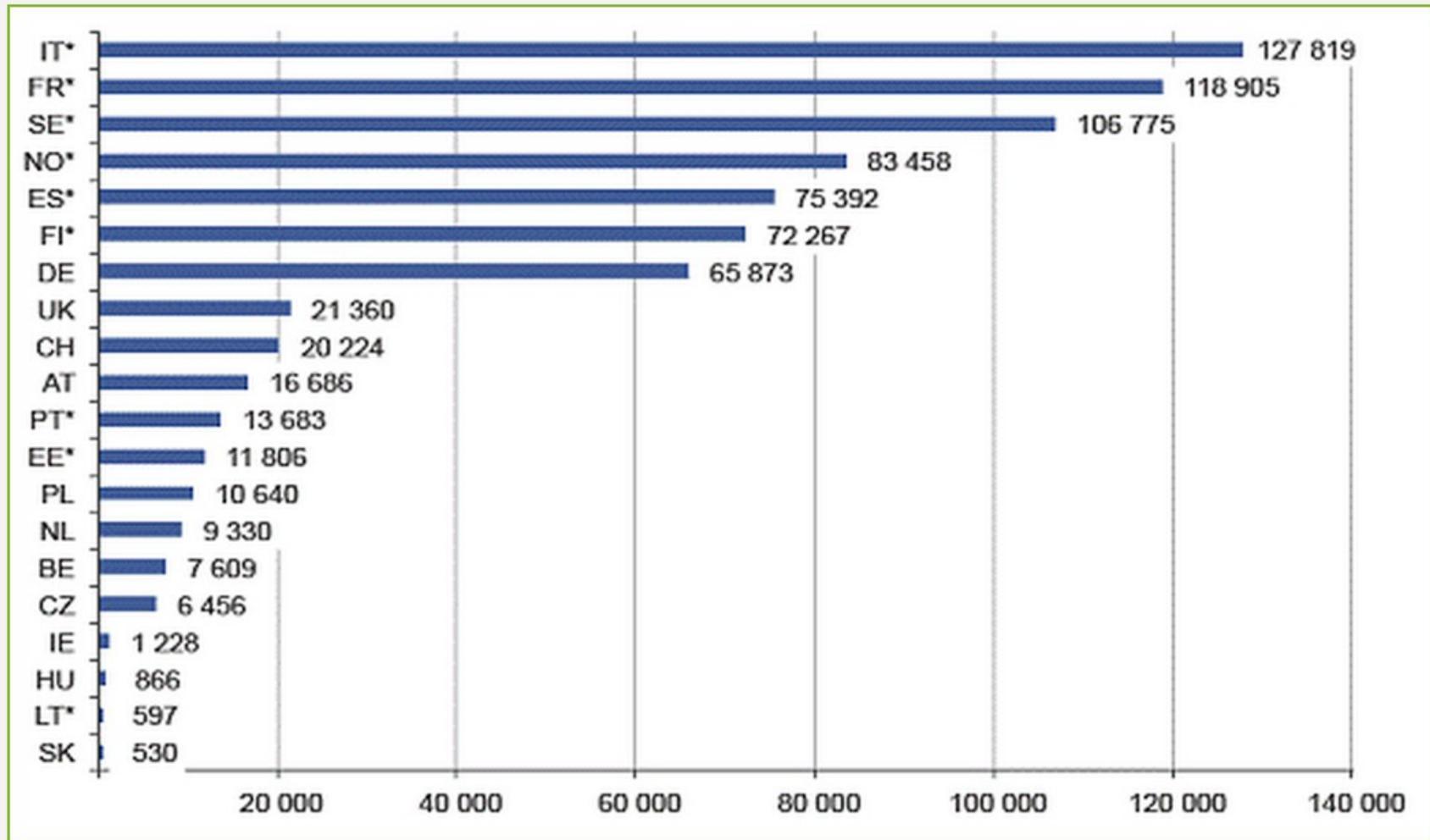
Abluftstrom: 150 m<sup>3</sup>/h,  
DN-125, +20° --> +10°

3 Liter Kondensat im Sommer

Verbrauch: 7kWh/Tag  
für 8 Personen

(Heizstab+Mg-Anode+  
Legionellenschutz+  
Zeitschaltelektronik)

# WP-Verkäufe in Europa im Jahr 2011



Doppelt soviel WP-Verkäufe in .fr wie in .de!

# Wärmesteuern

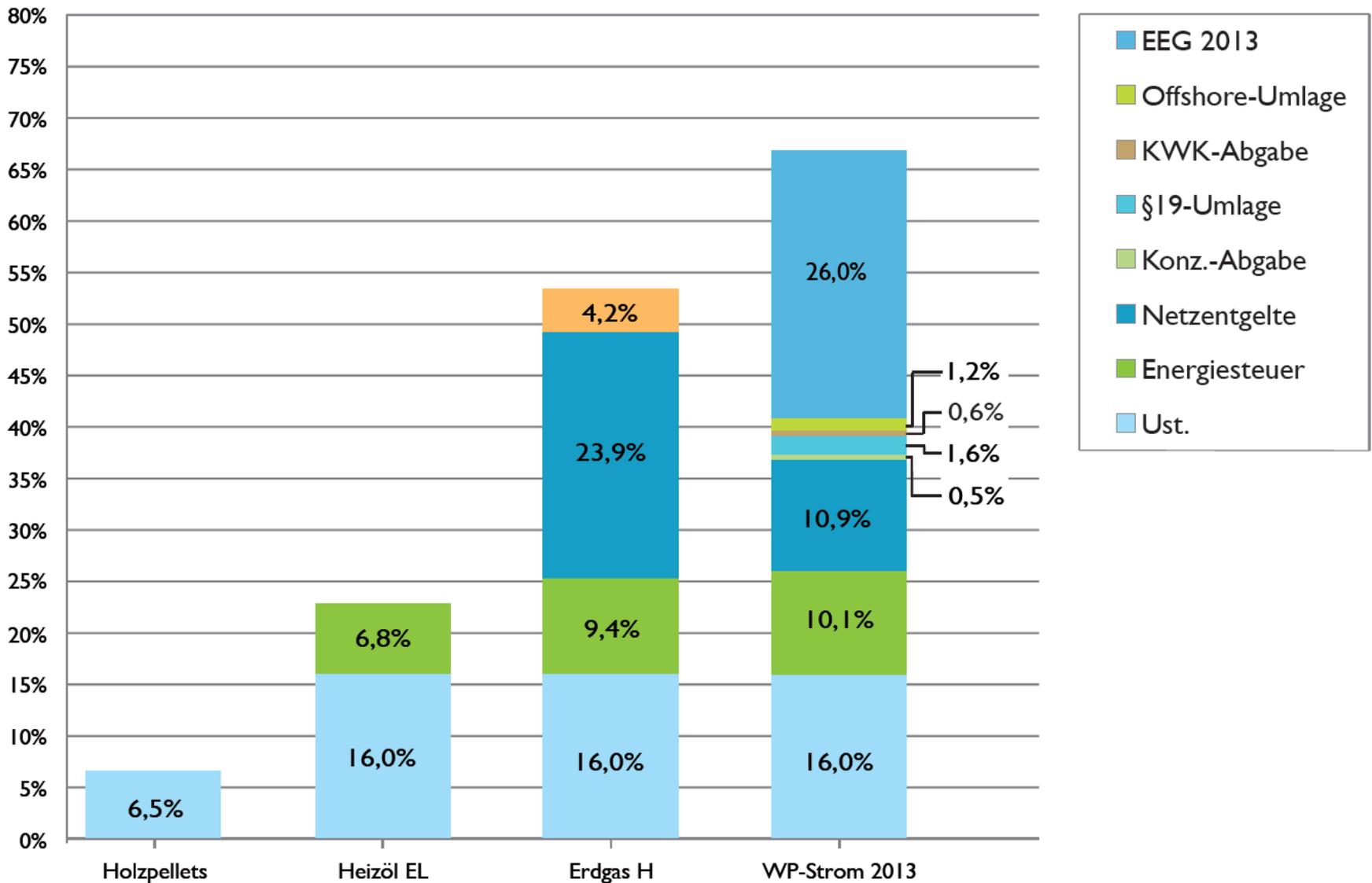
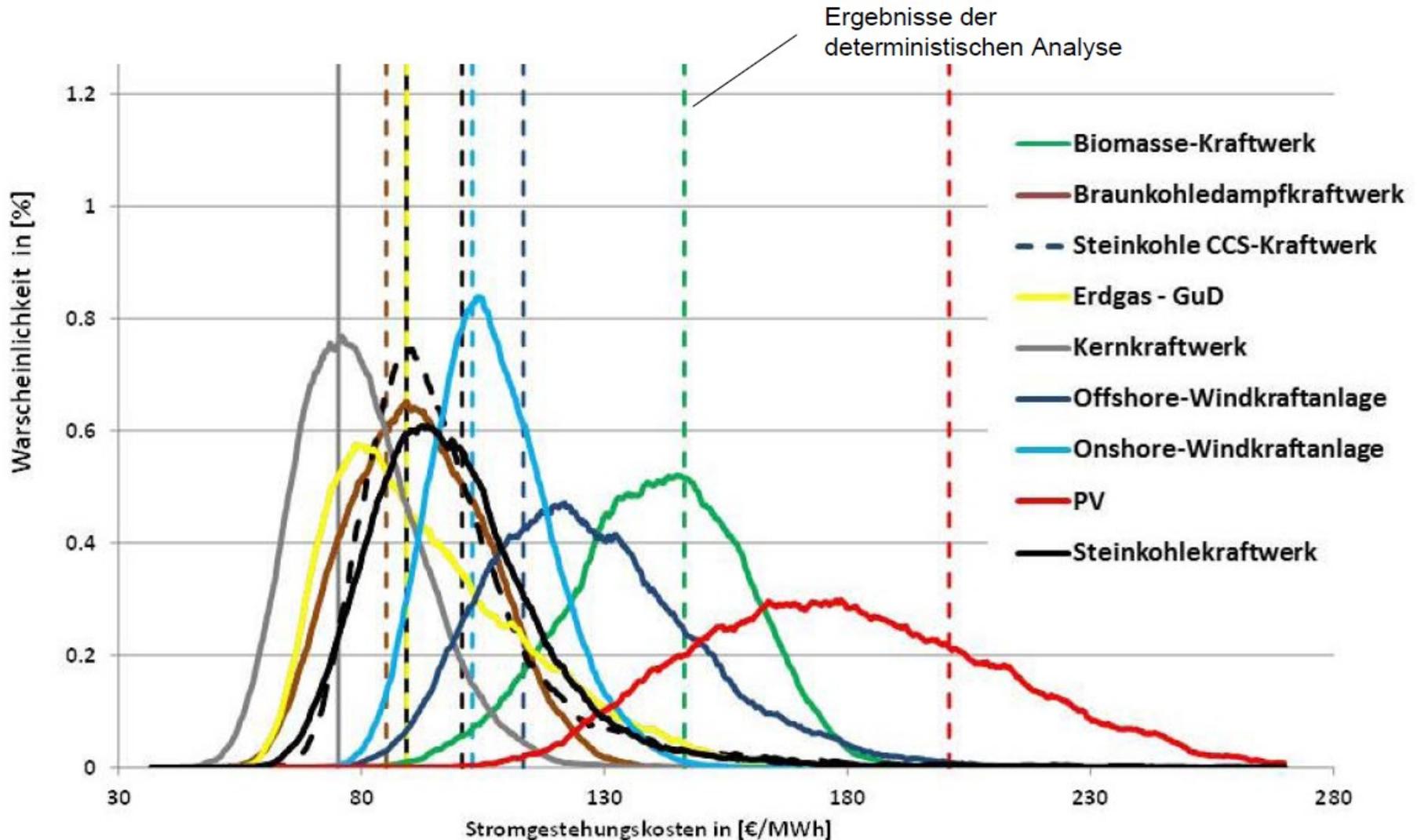


Abbildung 7: Verhältnis Nettoenergiepreis zur den staatlich regulierten Preisbestandteilen je kWh Endenergie

# Stromgestehungskosten in Deutschland

(probabilistische Analyse des IER der U-Stuttgart)



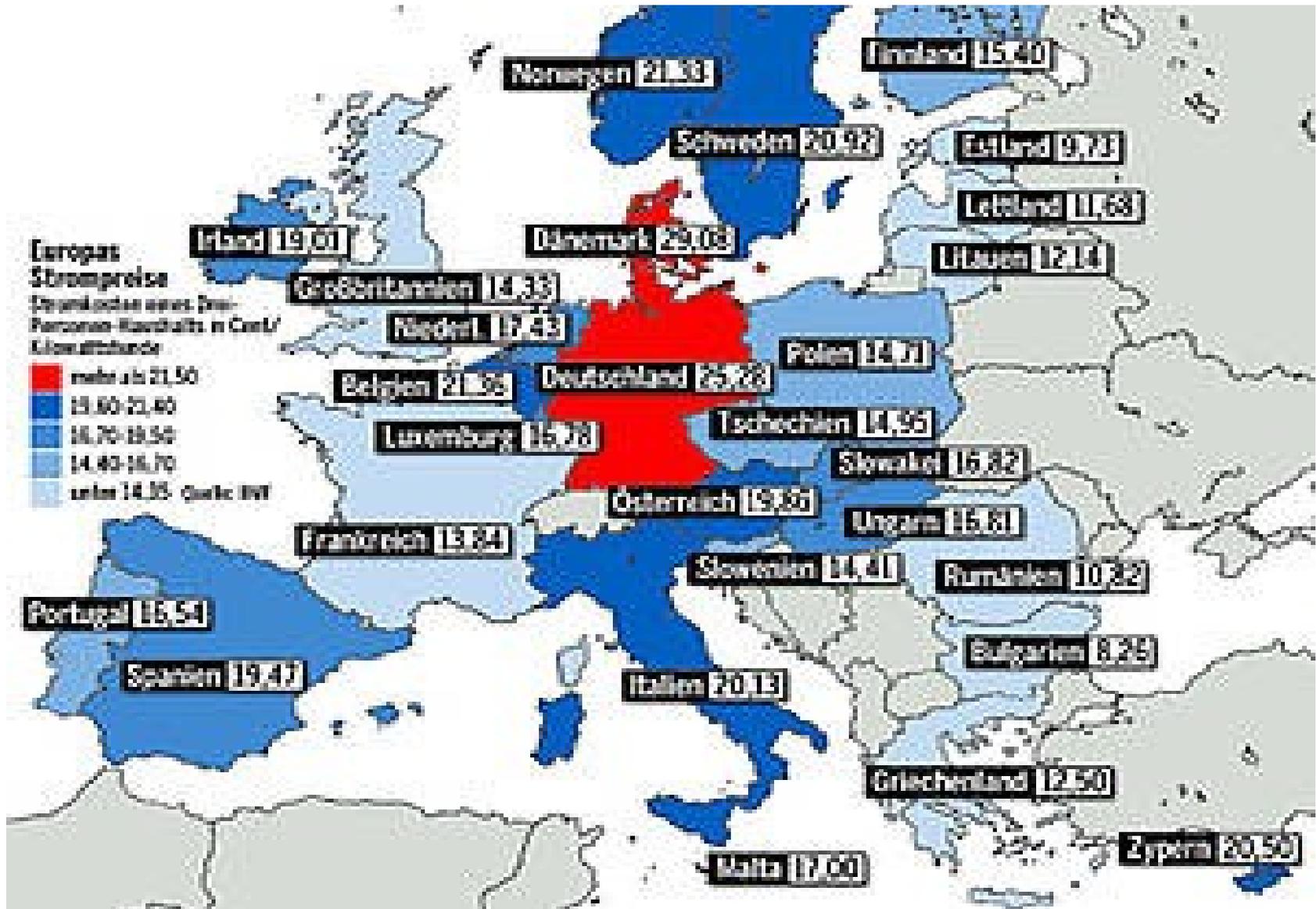
**Tabelle 2-3:** Projektion der Energieträgerpreise frei Kraftwerk in den Varianten „Basis“ und „Hochpreis“

[€ <sub>2005</sub> /GJ]	Preisfad	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Braunkohle	Basis	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Steinkohle	Basis	2,22	1,64	1,75	1,75	1,75	1,79	1,83	1,87	1,91	1,95
	Hochpreis	2,22	1,96	1,99	2,03	2,08	2,13	2,19	2,24	2,29	2,35
Erdgas	Basis	6,11	4,84	5,18	5,41	5,61	5,91	6,16	6,42	6,70	6,99
	Hochpreis	6,11	7,27	7,88	8,48	8,91	9,34	9,79	10,27	10,77	11,30
Kernenergie	Basis	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Biomasse	Basis	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

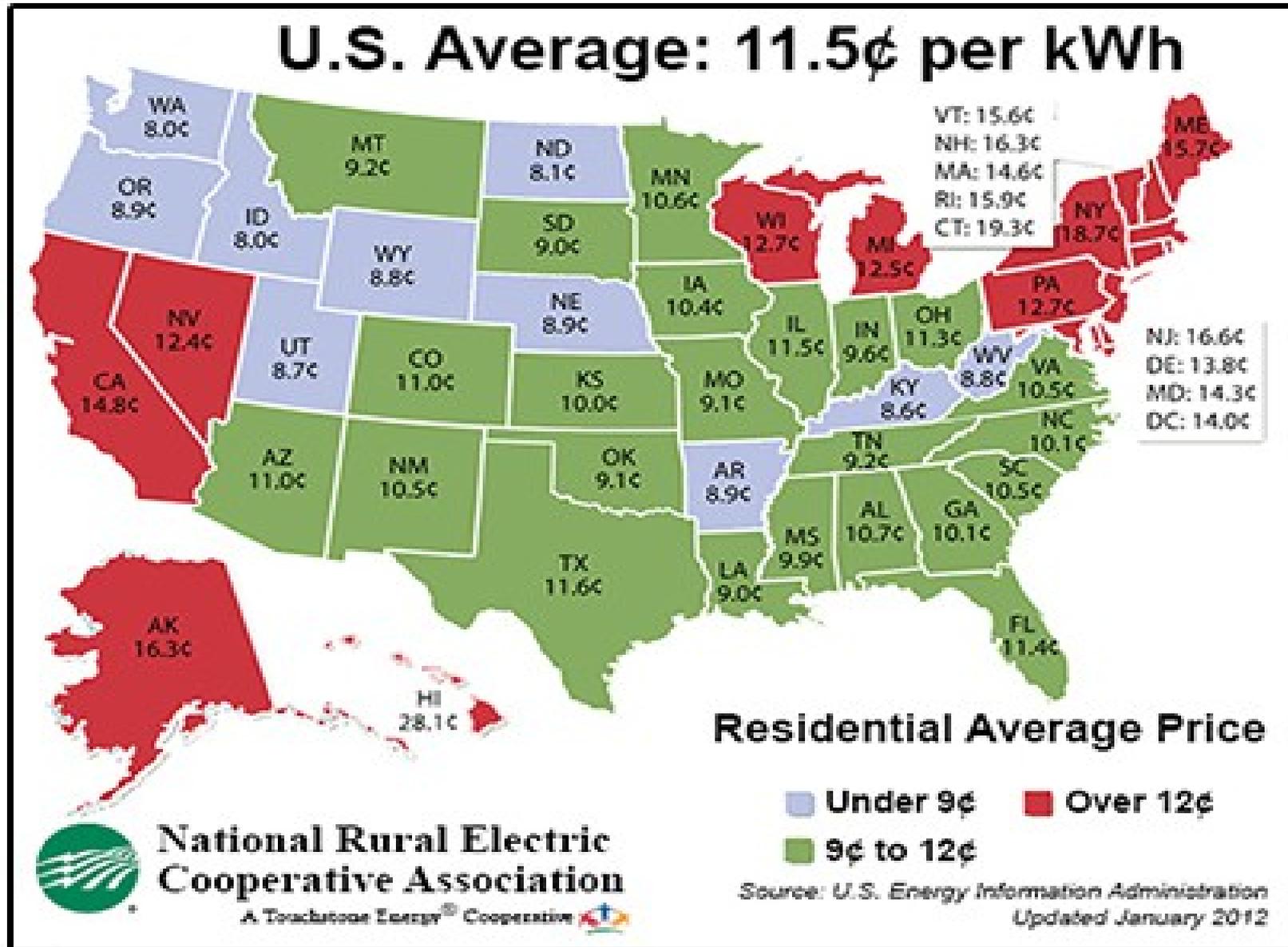
## Primärenergiekosten für Kraftwerke

(Quelle: Bericht Nr. 4 des IER der Uni Stuttgart)

# Strompreise in Europa 2012



# Strompreise in den USA



# Strompreise in Ontario (www.ieso.ca)

## DEMAND

**16,034 MW**

Current Hour's Demand at 10:00 a.m. EST

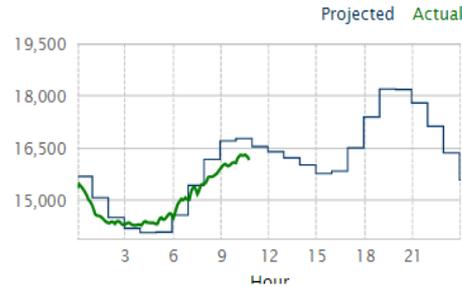
Projected Demand at 11:00 a.m. EST **16,531 MW**

Today's Projected Peak at 7:00 p.m. EST **18,188 MW**

Summer Record Peak **27,005 MW**  
Aug 1, 2006

SATURDAY, FEBRUARY 22, 2014

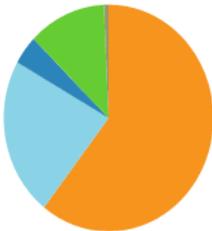
Ontario Demand (MW)



## SUPPLY

Hourly Output by Fuel Type at 10:00 a.m. EST

Nuclear	10,182 MW
Hydro	3,801 MW
Coal	0 MW
Gas	691 MW
Wind	2,014 MW
Other	120 MW



Hourly Imports **820 MW**

Hourly Exports **1,690 MW**

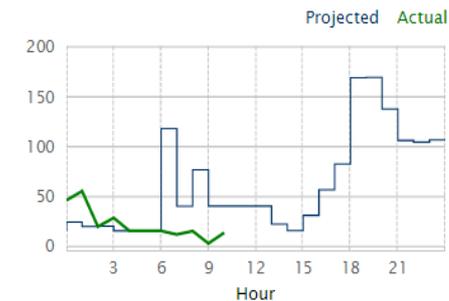
Generator Availability at Peak at 7:00 p.m. EST **26,428 MW**

## PRICE

**1.25 ¢/kWh**

Current Hourly Price at 10:00 a.m. EST

Hourly Ontario Energy Price (\$/MWh)



Average Weighted Price for January **6.55 ¢/kWh**

Global Adjustment for January **1.26 ¢/kWh**

BaWü/Ontario: 11/12 Mio. Einwohner

Mittlerer Strompreis 01/14:

6,5 ¢cent/kWh +

1,3 ¢cent/kWh

„global adjustment“

(Wind+PV-Subventionen)

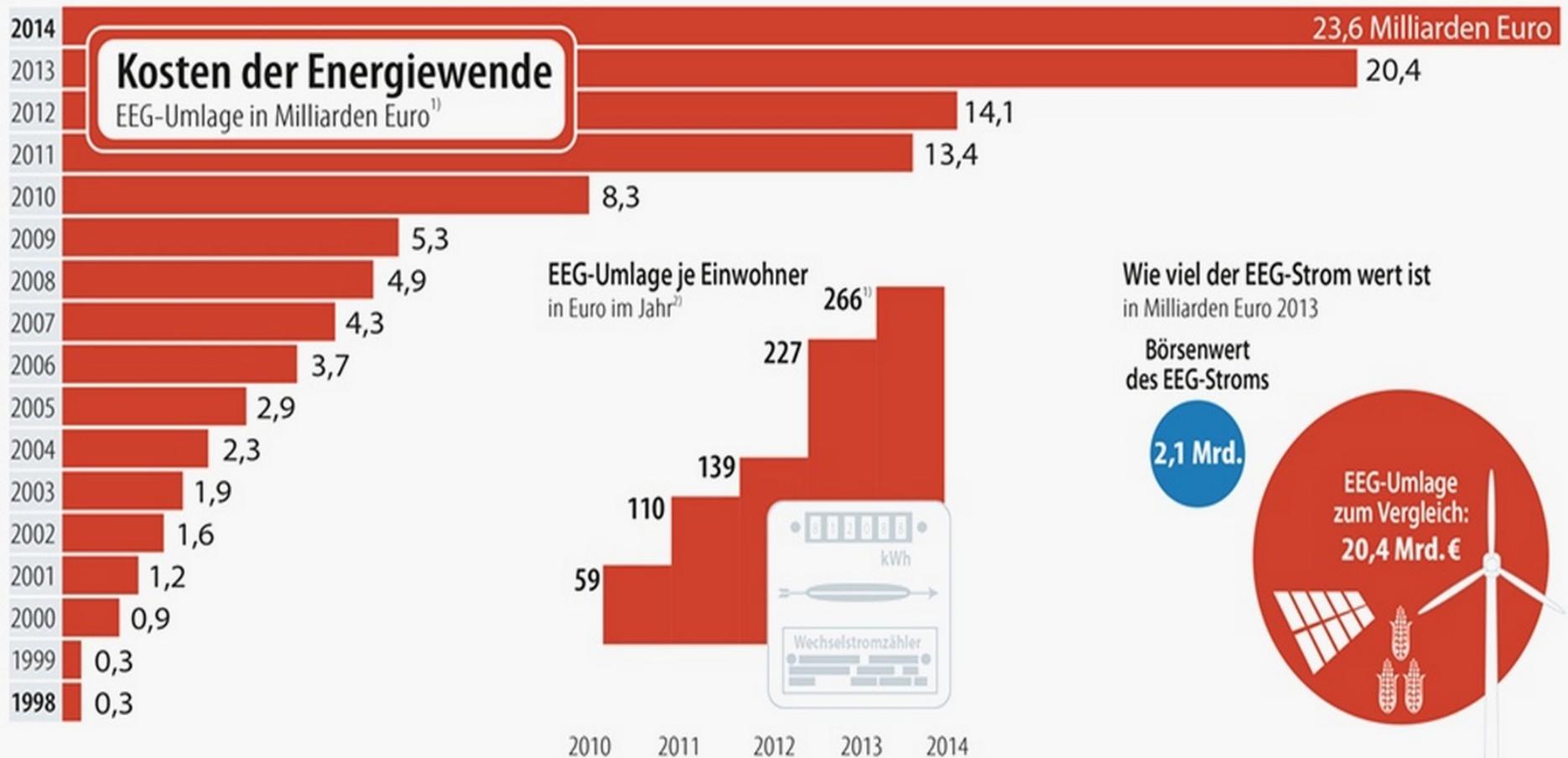
~ 5,2 ¢cent/kWh

**wenn unser Haus in Ontario stehen würde:**

**→ 600€/Jahr Heizkosten**

**→ 100€/Jahr-Mieter**

# Kosten der Energiewende, FAZ 26.2.2014



1) 2014 Prognose. 2) Gesamte EEG-Umlage (Privathaushalte und Industrie) abzüglich Verkaufserlös EEG-Strom; ohne Mehrwertsteuer. Prognose für 2014 bei Verkaufserlös auf dem Niveau von 2013. Quellen: Bundesumweltministerium; Bundeswirtschaftsministerium; BDEW; Trend Research; Klaus Novy Institut; DB Bank Research; IWR; Agentur für Erneuerbare Energien; Thomson Reuters; eigene Berechnungen



Beim Verbrennen von Kohlen(wasserstoffen) entsteht CO<sub>2</sub>.

Das „CO<sub>2</sub>-Endlager“ ist die Lufthülle der Erde.

Pro Jahr setzen wir in Deutschland 160.000.000 solcher „CO<sub>2</sub>-Ballone“ frei.

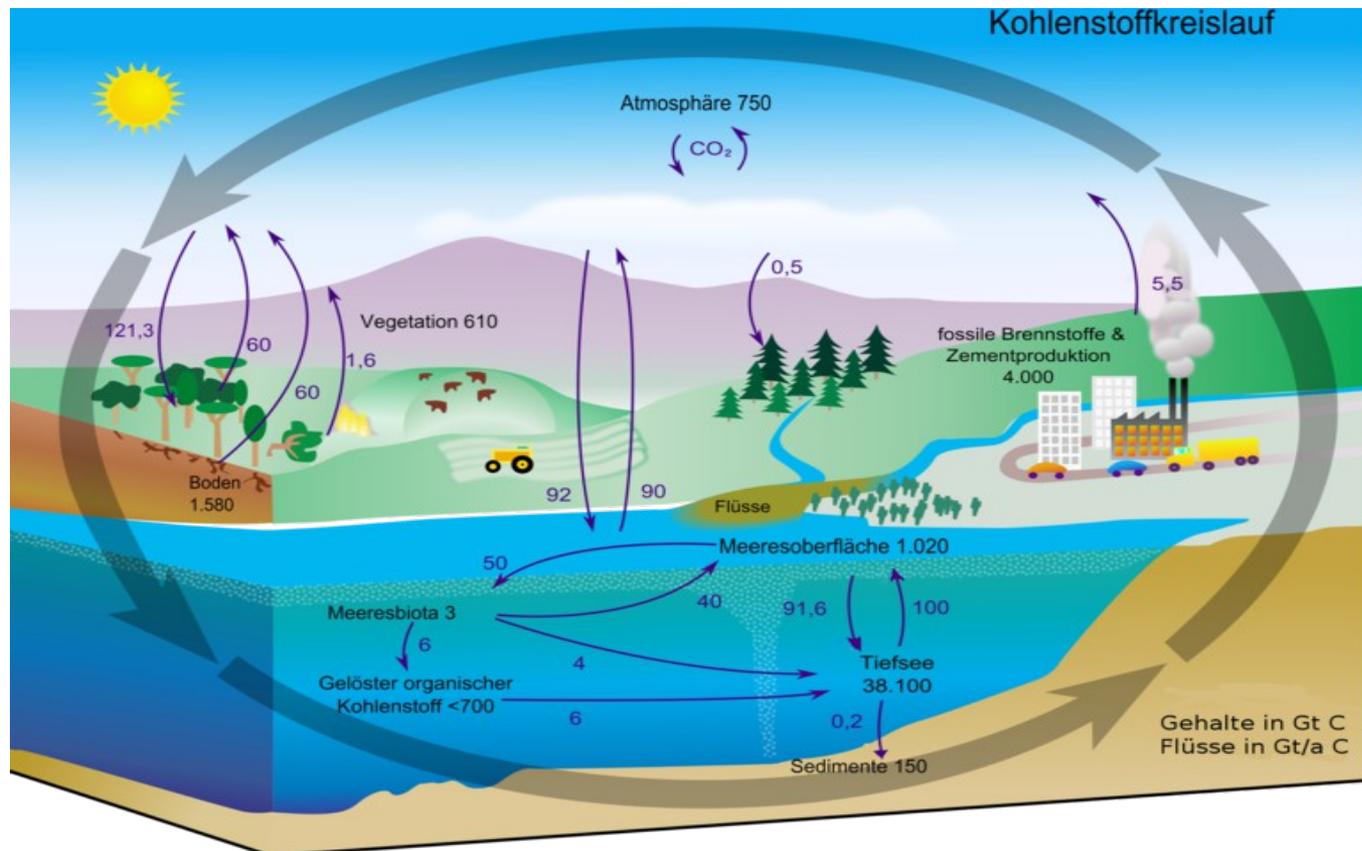
Weltweit sind es 50.000.000.000 Ballone! (Bild von Heißluft-WM 1987 in Japan)

**Aber der natürliche CO<sub>2</sub>-Umsatz der Biosphäre ist 30 mal höher als die menschliche Freisetzung**

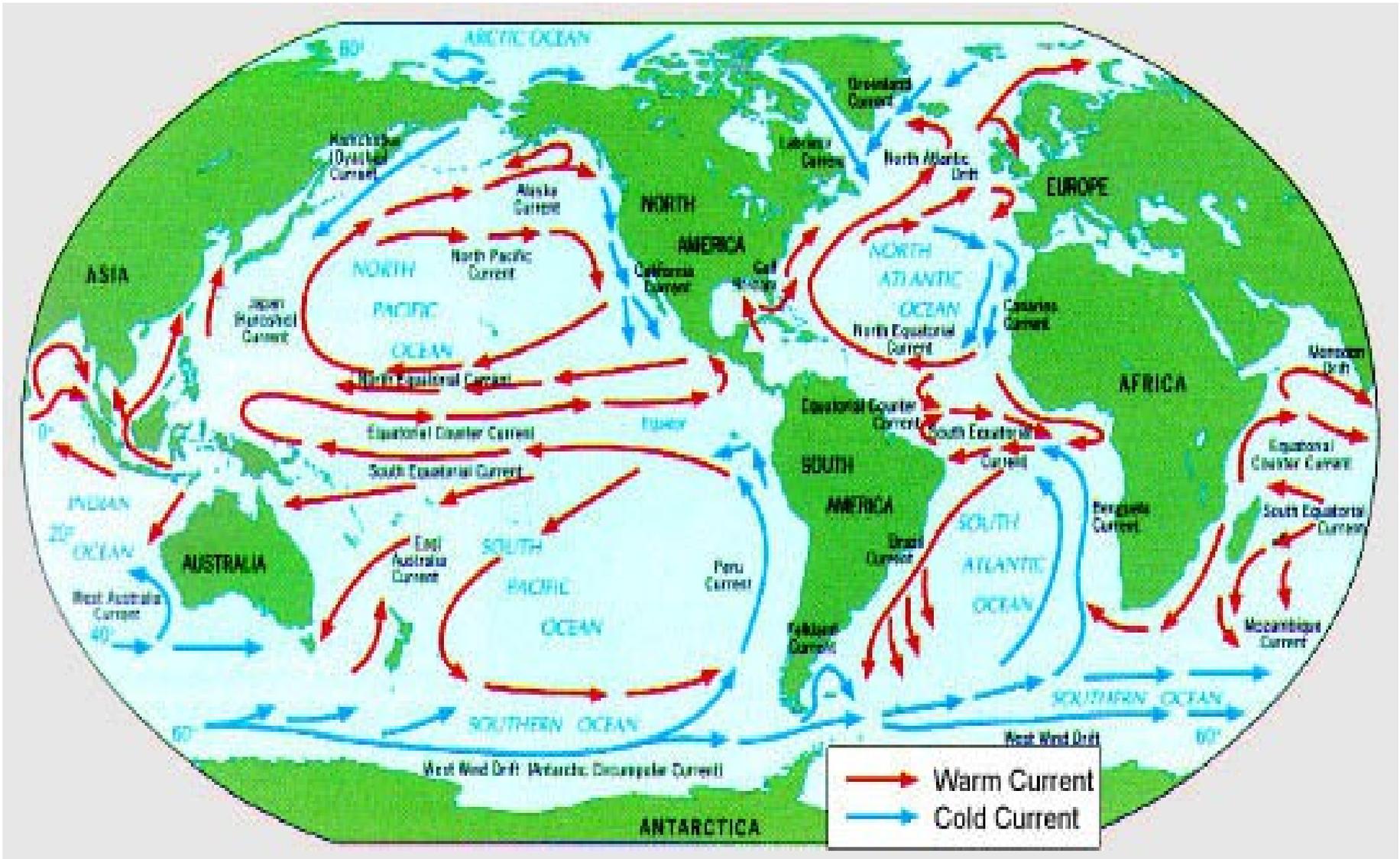
Energiepolitik im Heizungskeller, AfD-KA-Land

# Kohlenstoff-Inventar der Biosphäre nach Wikipedia:

In der **Atmosphäre** befinden sich nach IPCC im Jahr 2007 **765 Gt** Kohlenstoff. Die **Ozeane** enthalten **38.000 Gt** Kohlenstoff in Form von gelöstem CO<sub>2</sub>, Hydrogencarbonat- und Carbonationen. (1Gt=1 000 000 000 Tonnen)  
→ Der CO<sub>2</sub>-Gehalt wird im wesentlichen von den Ozeanen und ihrer Temperatur bestimmt, weil darin ~50 mal mehr CO<sub>2</sub> enthalten ist als in der Lufthülle.

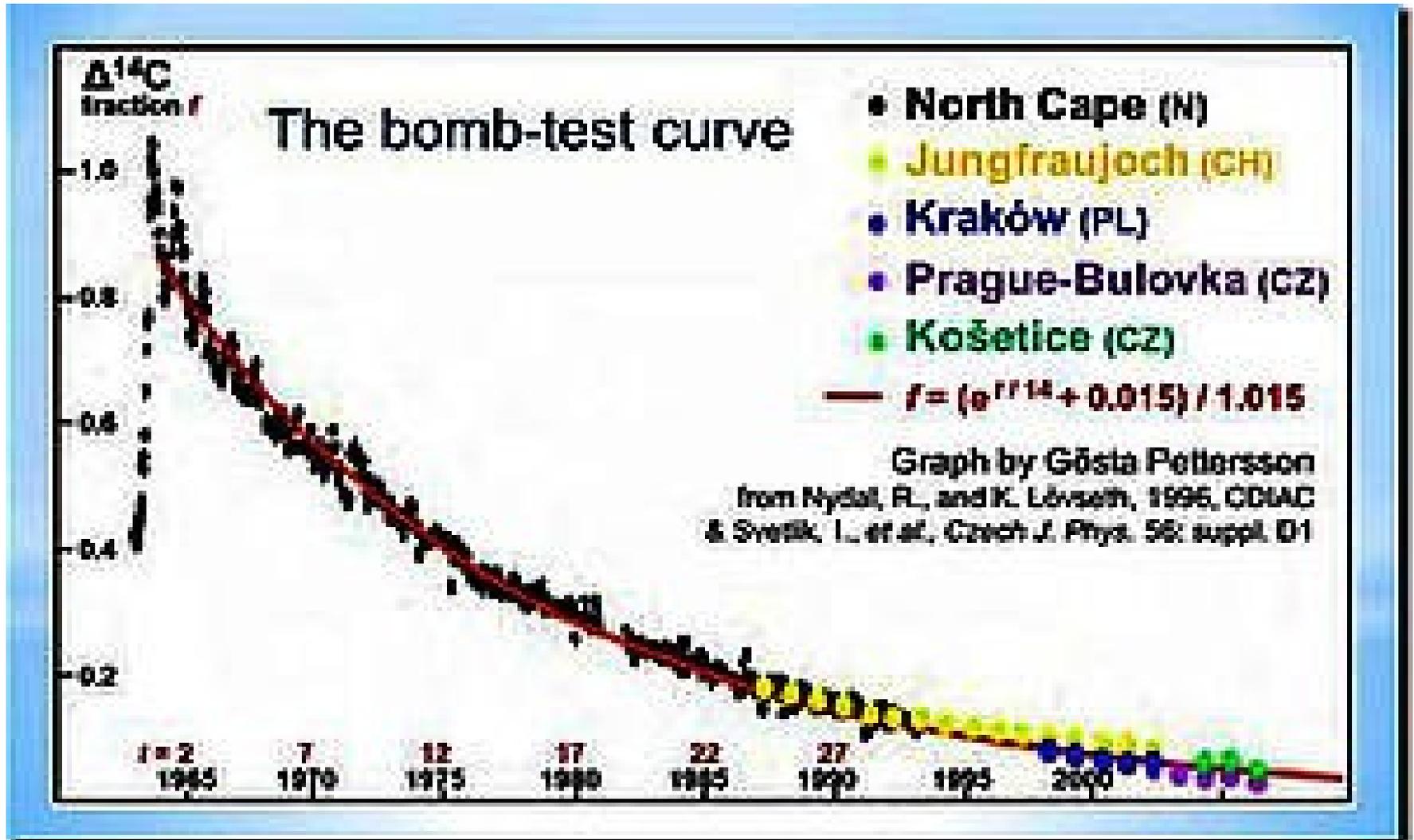


# Weltweite Meeresströmungen

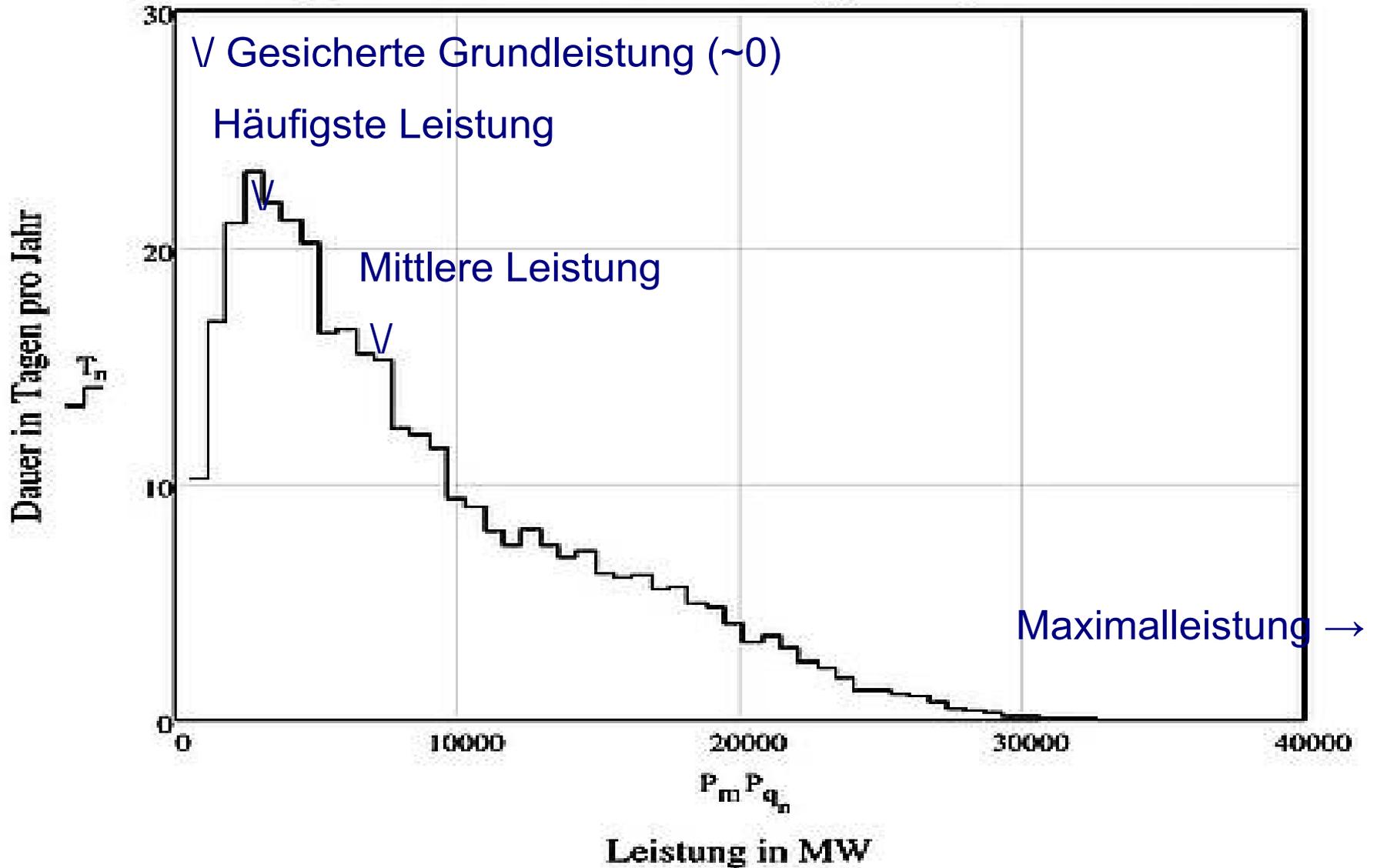


# Abklingen des $^{14}\text{CO}_2$ -Gehaltes

nach dem Ende der Atombombenversuche ( $^{14}\text{N} + n \rightarrow ^{14}\text{C} + p$ )  
 $^{12}\text{CO}_2$  verhält sich chemisch genauso wie  $^{14}\text{CO}_2$ !



# Häufigkeit Wind- und Solarleistung über ganz Deutschland



# Vergleich Wind+PV ↔ Fossil+Nuklear

Das Häufigkeitsdiagramm in Abbildung 7 zeigt, daß die Summenleistung aus Wind- und Sonnenstrom an 90 Tagen im Jahr (3 Monate) unter 3200 MW (entsprechend 5% der installierten Leistung) und an 180 Tagen (6 Monate) unter 6550 MW (entsprechend 10% der installierten Leistung) liegt. Während eines halben Jahres stehen die sogenannten erneuerbaren Energien nur zu einem Bruchteil der Nennleistung zur Verfügung. Die Behauptung, dass sich beide Energieformen im Mix ergänzen, ist falsch

Bei einem Versorgungsgebiet von der Größe Deutschlands sind Wind- und Solarenergie nicht in der Lage, einen Beitrag zur Sicherung der Grundlast bei der Stromversorgung zu leisten. Auch im Verbund liegt deren **sichere zur Verfügung stehende Leistung bei Null** - ein Netz kann mit diesen Kraftwerken ohne Speicher bzw. zusätzliche Kraftwerke nicht betrieben werden. Ohne Stromspeicher benötigt jede Wind- oder Solaranlage ein konventionelles Kraftwerk, das bei zurückgehender Leistung einspringen kann.

**Die gesicherte Leistung aller fossilen und nuklearen Kraftwerke liegt dagegen bei >100 000 MW.**

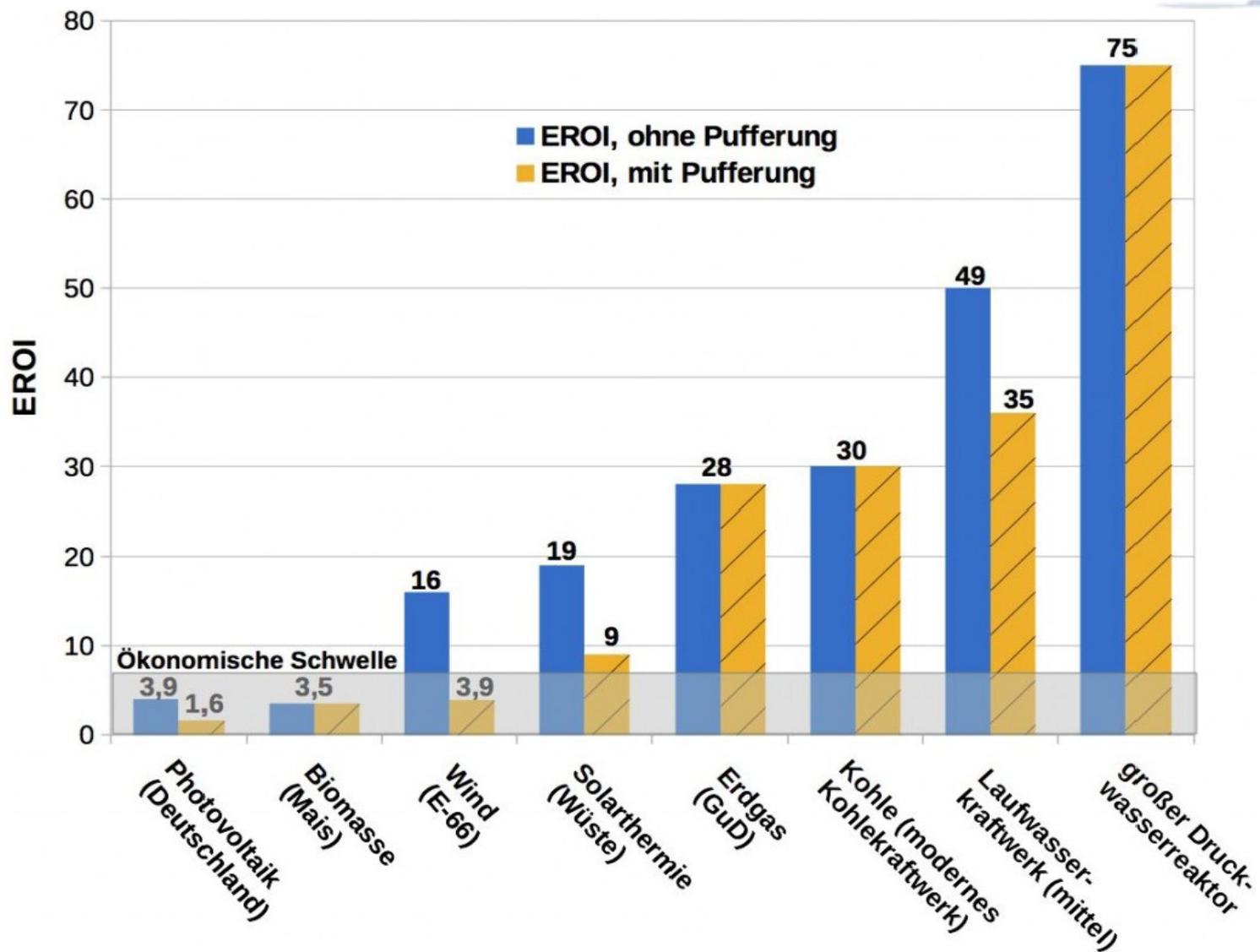


Abbildung 3. Erntefaktoren (EROIs) der untersuchten Stromtechniken mit ökonomischer Schwelle [1]. Grundlagen: Photovoltaik in Süddeutschland (1000 Jahresvolllaststunden), Windturbine in Nord-Schleswig-Holstein (2000 Jahresvolllaststunden), Biomasse mit 55 t (nass) Mais je ha und Jahr. Kernenergie 83% Zentrifuge, Rest Diffusion, 8000 Jahresvolllaststunden. CSP (Solarthermie) ohne Netzanbindung.

## ENEV: BWL+VWL-Rechnung für einen Fenstertausch

Von unseren ~30 Fenstern sind noch 8 alte Verbundfenster von 1968 und sollen wegen Bausparvertrag ersetzt werden.

**ENEV fordert  $U_w < 1,3 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$  bei Umbauten**

Neues Fenster 200 cm x 125 cm = 2,5 m<sup>2</sup> ~ 500€

in Hochstetten ist die Gradtagszahl = 2042 °Tage = 50000 °h:

Wärmeverluste alt ( $U_w \sim 3 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$ ): 7,5 x 50 kWh = 375 kWh

Wärmeverluste neu ( $U_w \sim 1 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$ ): 2,5 x 50 kWh = 125 kWh

5%-Annuität ~25€/Jahr ↔ Einsparung 250 kWh-Wärme mit  
GW-WP ~10€/a, mit Heizöl ~22,5€/a, mit Gas ~17,5€/Jahr

**ENEV ist ein Schaden nach BWL+VWL,**

**ENEV ist ein ABM-Gesetz zur Beschäftigung des Handwerks  
und der Industrie!**

# Programm für eine rationale Energiepolitik der AfD:

**EEG+ENEV:** Annullierung ex tunc

Fossile+nukleare Kraftwerke ausbauen und weiterentwickeln

Wärme-EEG: Abschaffen, Markttransparenz herstellen

BimschV: Verschärfen mit Bestandsschutz

KWK-Förderung: Weg wegen volkswirtschaftlichem Schaden

Heizkosten-Verordnung: Abschaffen, Privatrecht ausreichend

EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden  
abschaffen

Biomasse-Förderung: Marktwirtschaft einführen

Tiefe Geothermie: Förderung beenden, ineffizient ( $p=0,064$   
W/qm) und hohe Abwärmelast

# Energiequellen im Oberrheintal

WKAs in der Pfalz  
KKW-Philippsburg  
Thermalbad Schönborn  
Geothermie-KW Landau

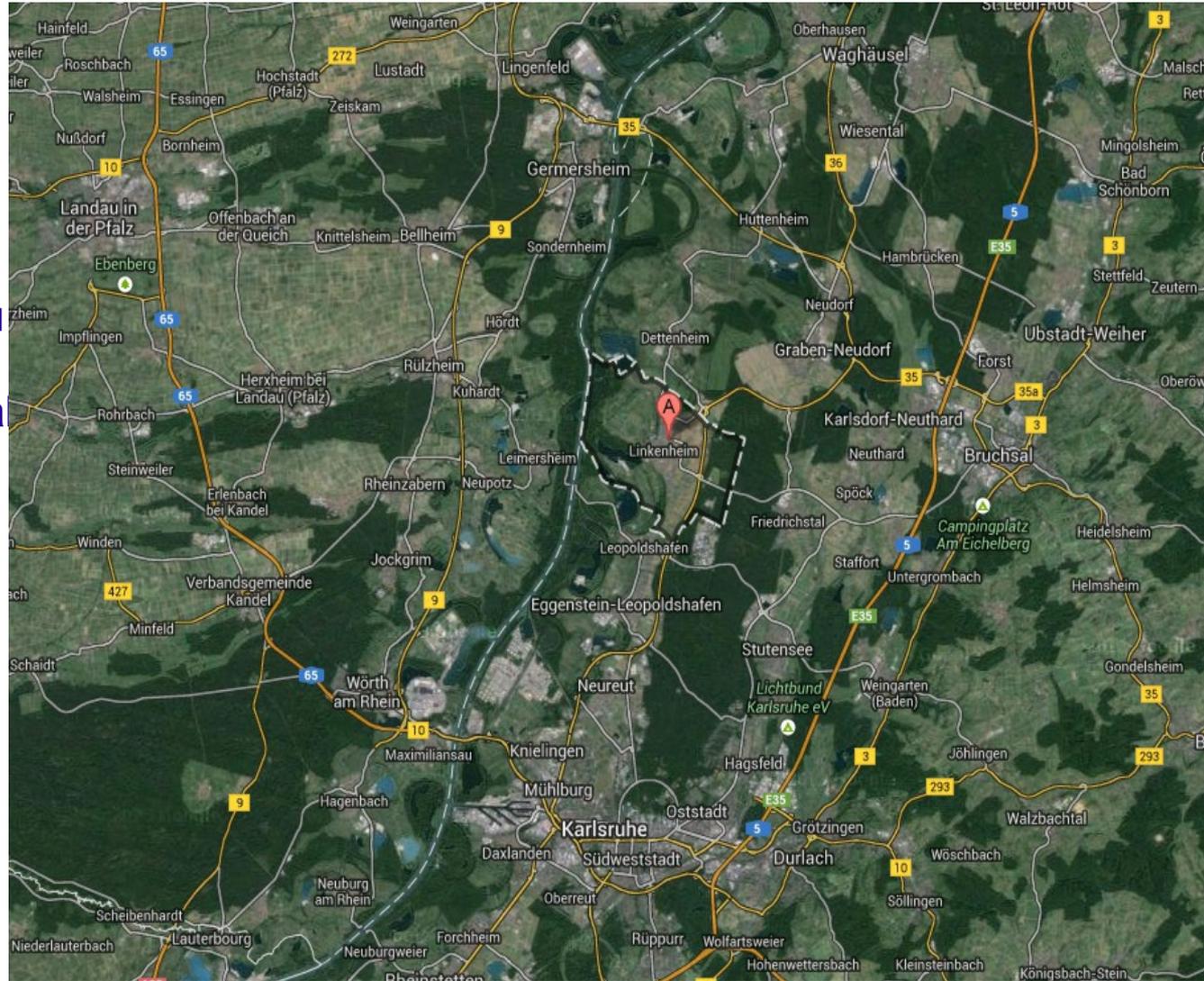
und GT-Bohrung in B'sa  
Wärmepumpen in LiHo  
KIT, Campus Nord

Ölbohrung in Leo'shafen

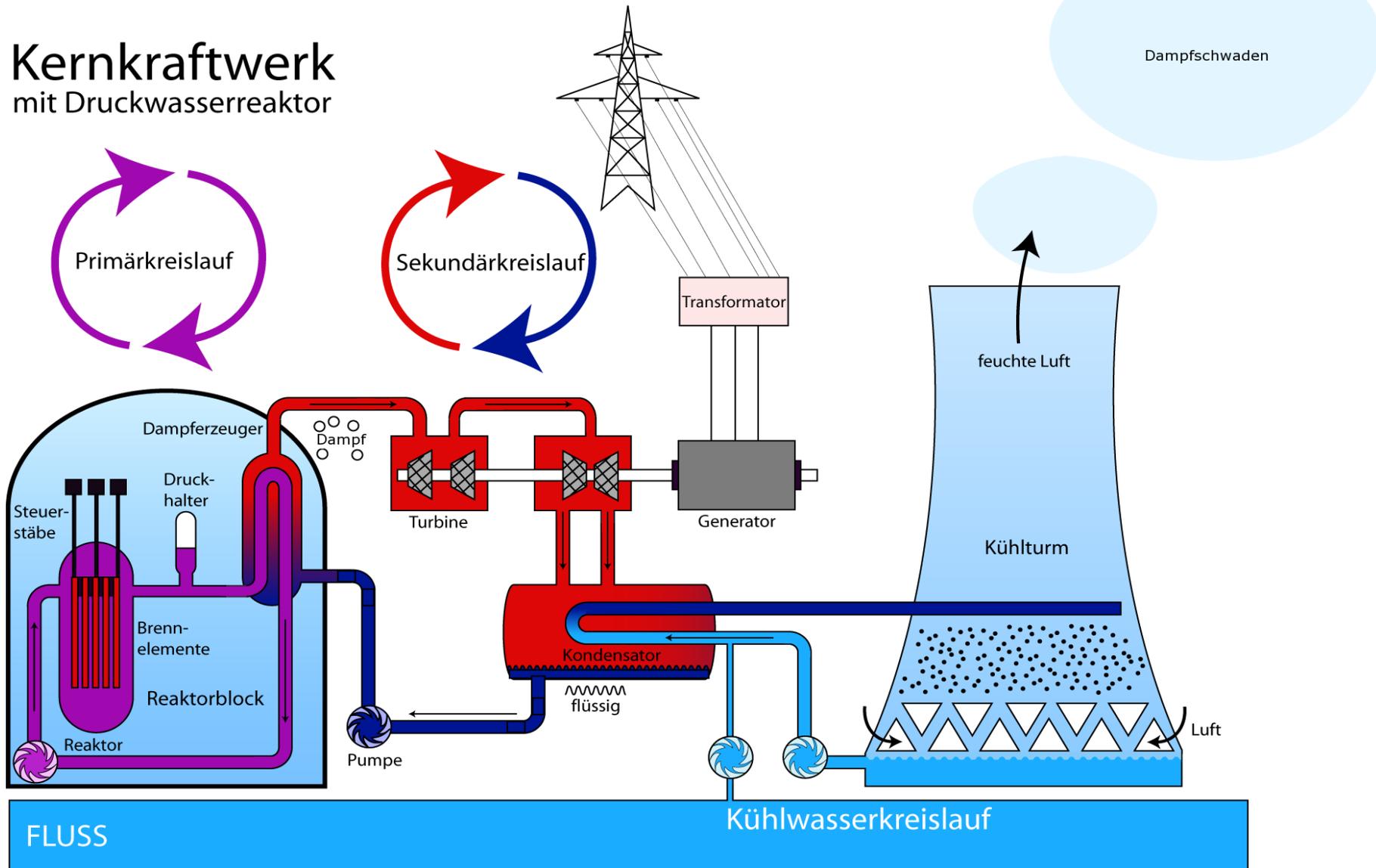
Raffinerie Karlsruhe

WKAs im Schwarzwald

**Viele Energiequellen,  
aber nur eine sicher  
und nachhaltig:  
Kernkraft**



# Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor



# Kraftwerke **EX**trahieren **Strom** aus Primär**ENERGIE**

1. Hauptsatz der Thermodynamik: **Energie = Exergie + Anergie = Konstant**

2. Hauptsatz der Thermodynamik: **Entropiezuwachs > 0 (\*)**

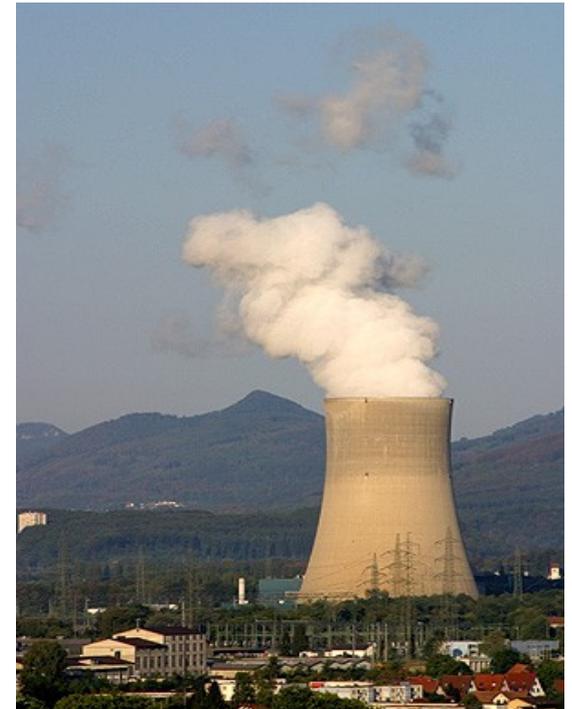
oder der Carnot-Wirkungsgrad jeder Wärmemaschine =  $T_u / (T_o - T_u) < 1$

$T_o, T_u$  : Temperatur des heißen und kalten Speichers in Kelvin =  $273 + ^\circ\text{C}$  \* Entropie= Unordnung,  
Kraftwerkwirkungsgrad hängt ab von der Temperatur der Verbrennung



Strom ist (fast) reine **Exergie**

**Energie** wird  
im Kraftwerk  
getrennt in:  
← **Exergie**  
+ **Anergie** →  
(**Dampf+**  
**Kühlwasser**)



Abwärme ist (fast) nur **Anergie**

## Durchschnittlich beanspruchte Leistung an **Primärenergie** in verschiedenen Ländern [Watt/Kopf]

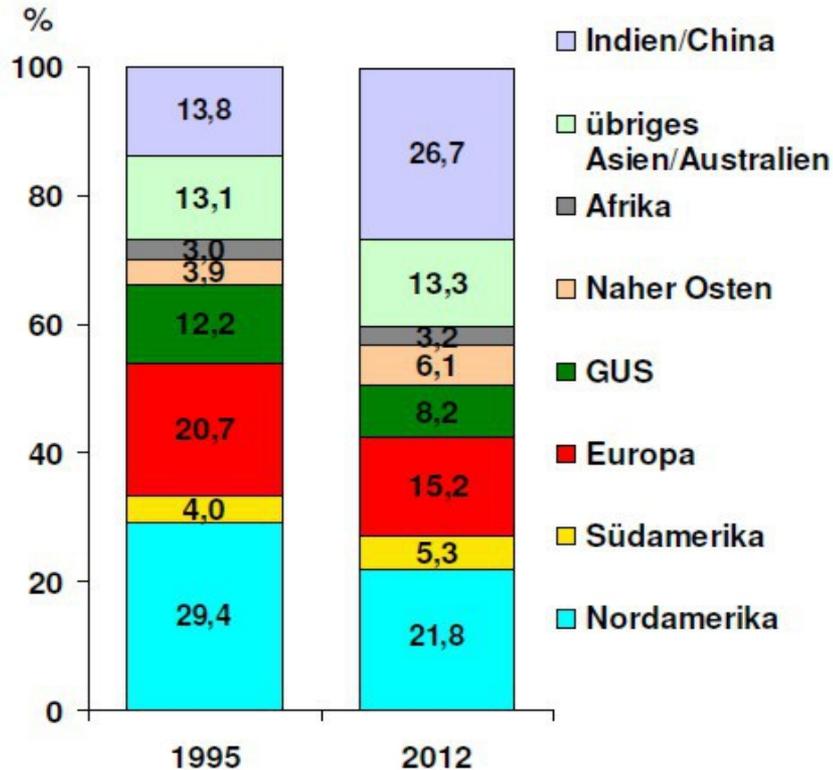
Einordnung: 5,5 kW ~ 55 x 100-Watt-Lampen

<b>1</b>	<b>Ver. Arab. Emirate</b>	<b>21.610</b>	<b>Klimatisierung</b>
2	Norwegen	12.610	Stromheizung
<b>3</b>	<b>Kanada</b>	<b>12.252</b>	<b>Strompreis: ~9 Kanada-cent</b>
4	Singapur	11.774	<b>Auto, Klimageräte</b>
<b>5</b>	<b>USA</b>	<b>10.460</b>	<b>Auto, Klimageräte</b>
6	Kuwait	10.101	<b>Klimageräte</b>
7	Belgien / Luxemburg	7.858	Autobahnbeleuchtung
8	Australien	7.672	
9	Niederlande	7.314	
10	Schweden	7.208	
11	Finnland	6.796	
12	Neuseeland	6.345	
13	Frankreich	5.761	
14	Republik Korea	5.761	
<b>15</b>	<b>Deutschland</b>	<b>5.549</b>	
16	Schweiz	5.482	
17	Österreich	5.389	
18	Japan	5.309	

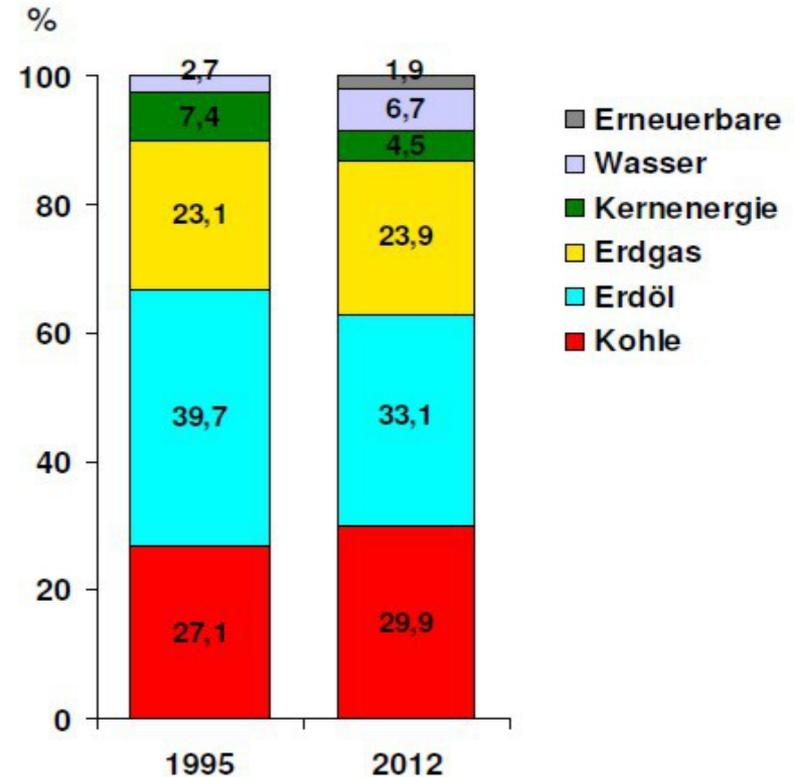
# Weltenergieverbrauch\*

1995 = 11,6 Mrd. t SKE / 2012 = 17,8 Mrd. t SKE

## Regionen



## Energieträger



\* Jahr 1995 - nur wirtschaftlich gehandelte Energieträger, ohne Holz, Torf und tierische Abfälle sowie ohne Wind, Geothermie, Solarenergie und Biokraftstoffe  
 Jahr 2012 - nur wirtschaftlich gehandelte Energieträger und erneuerbare Energien zur Stromerzeugung

Kernenergie und erneuerbare Energien nach der Substitutionsmethode

Quelle: BP Statistical Review of World Energy June 2013/1997

## Rohstoff-Reichweite für Nuklearenergie

Uran + Thorium: >1000 Jahre

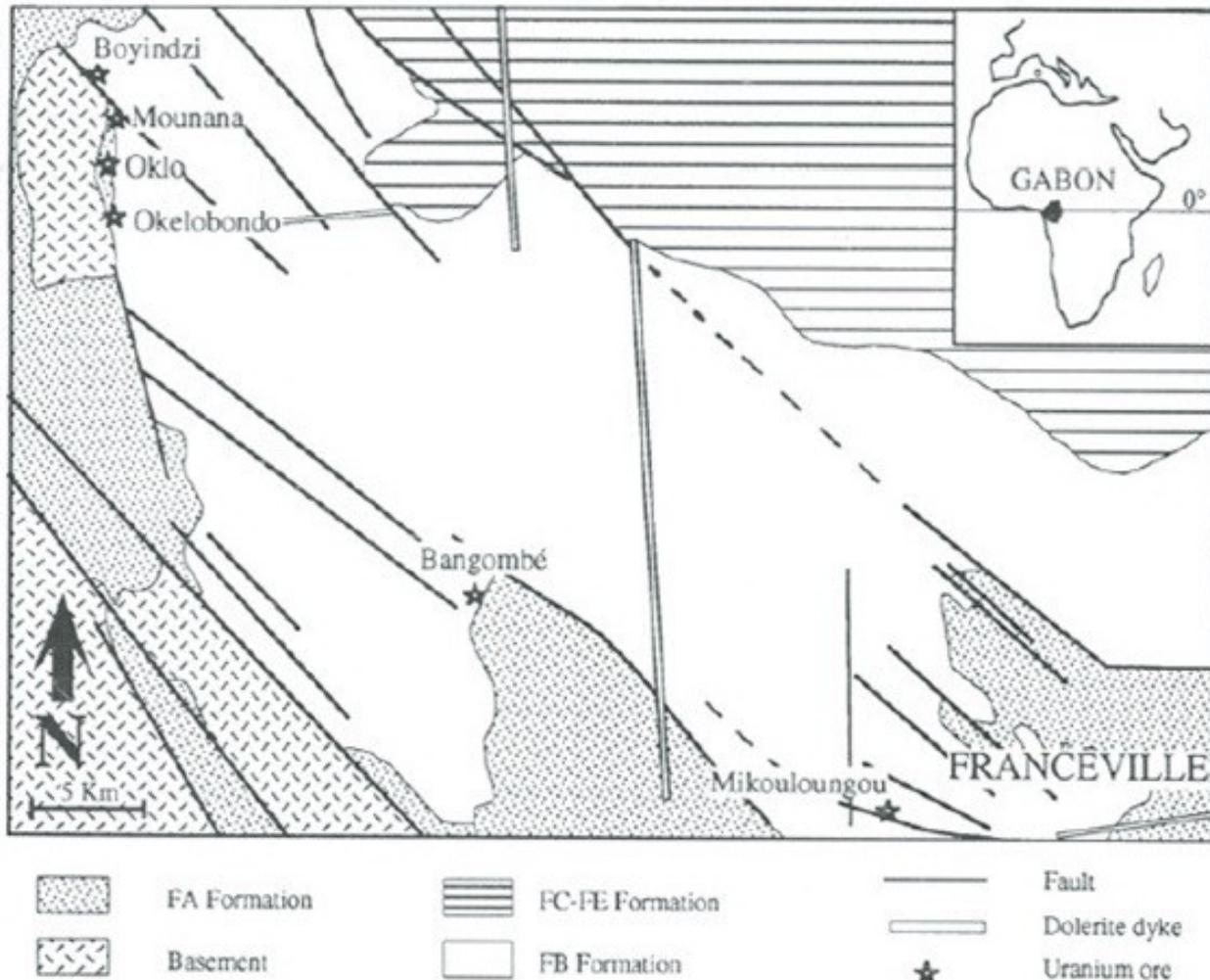
Uran aus dem Ozean: ~ 150 €/kg,  
Flußeintrag >> aktueller Verbrauch

Wasserstoff (+ Li, Be, B): >10<sup>6</sup> Jahre

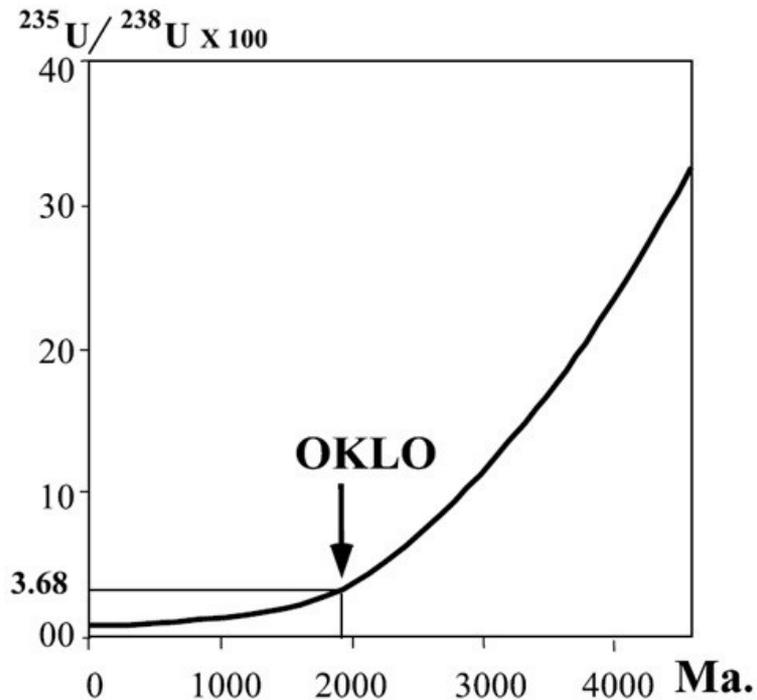


# Webseiten zum Naturreaktor Oklo

[http://de.wikipedia.org/wiki/Naturreaktor\\_Oklo](http://de.wikipedia.org/wiki/Naturreaktor_Oklo)



# Uran-Isotopenverhältnis im Laufe der Erdgeschichte

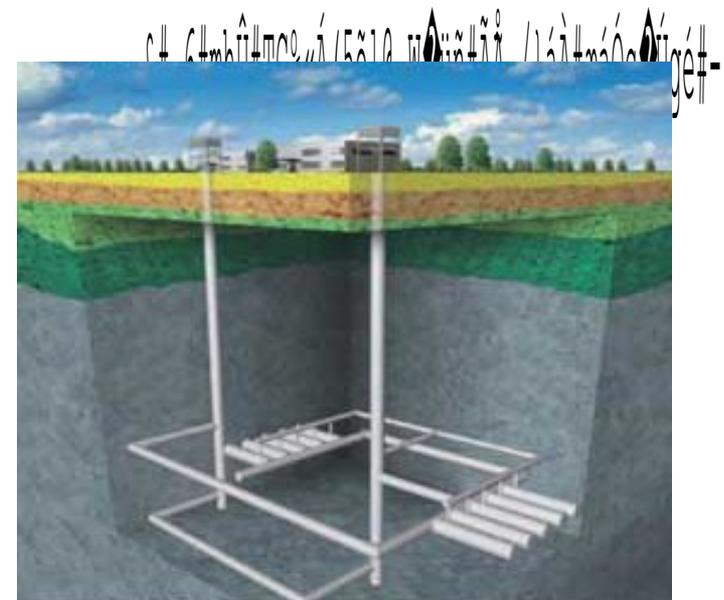
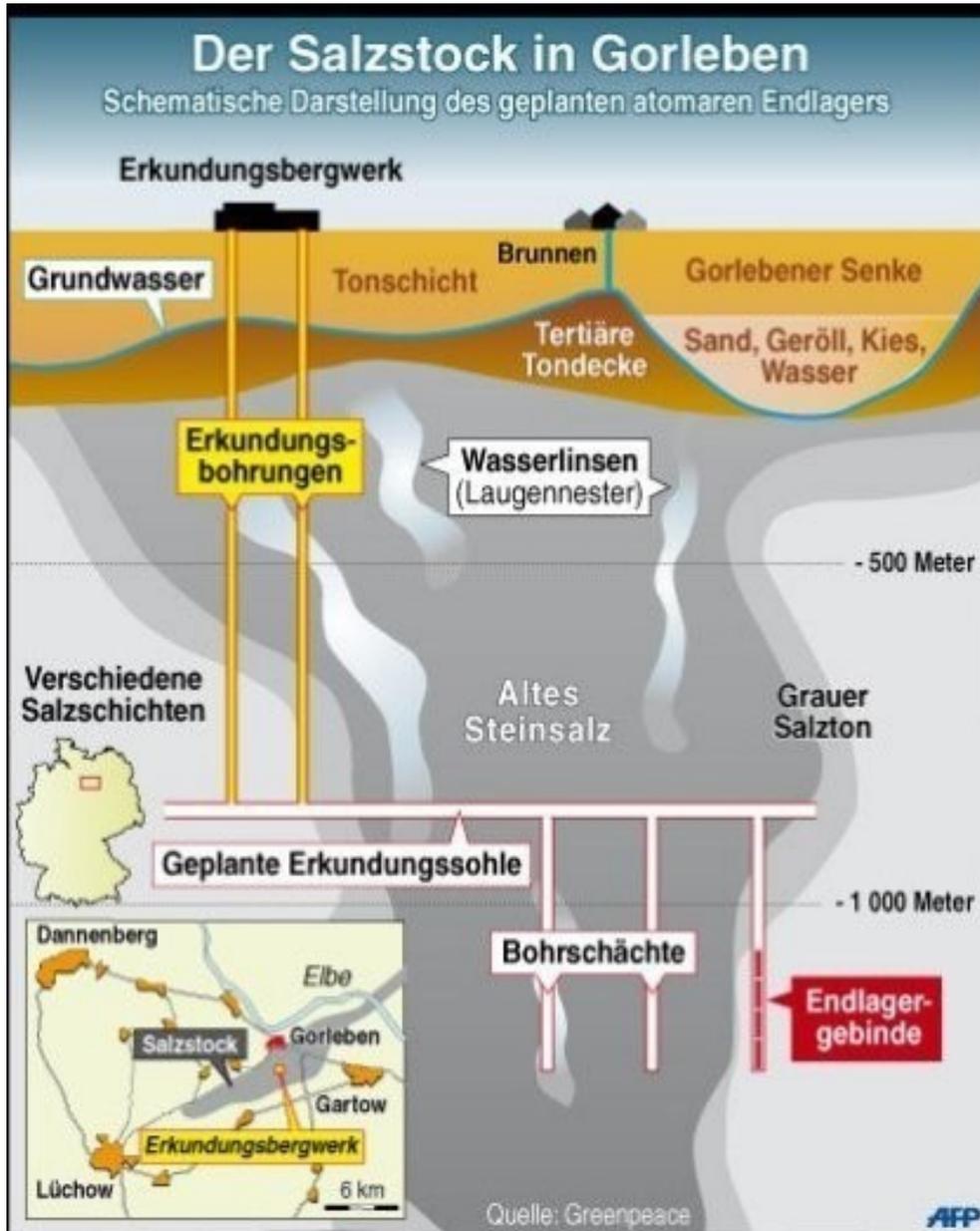


-4,5 Mia. Jahre: 35% U235

-1,7 Mia. Jahre: 3,7% U235

Heute: 0,7% U235

Uran+Radioaktivität war schon  
immer da UND hat  
abgenommen.



# Sicherheit von Energiequellen

**Table 2: Summary of severe ( $\geq 5$  fatalities) accidents that occurred in fossil, hydro and nuclear energy chains in the period 1969-2000**

Energy chain	OECD			Non-OECD		
	Accidents	Fatalities	Fatalities/ GWey	Accidents	Fatalities	Fatalities/ GWey
Coal	75	2 259	0.157	1 044	18 017	0.597
Coal (data for China 1994-1999)				819	11 334	6.169
Coal (without China)				102	4831	0.597
Oil	165	3 713	0.132	232	16 505	0.897
Natural Gas	90	1 043	0.085	45	1 000	0.111
LPG	59	1 905	1.957	46	2 016	14.896
Hydro	1	14	0.003	10	29 924	10.285
Nuclear	0	0	–	1	31*	0.048
<b>Total</b>	<b>390</b>	<b>8 934</b>		<b>1 480</b>	<b>72 324</b>	

Note: \* These are immediate fatalities only.

Source: Data provided to NEA by PSI.