

# Energie und Klimawandel

## - Was tun ?

**Dr. Gerhard Luther**

Universität des Saarlandes, FSt. Zukunftsenergie  
c/o Technische Physik – Bau E26  
D-66041 Saarbrücken  
EU - Germany

Tel.: (49) 0681/ 302-2737; Fax /302-4676

e-mail: [Luther.Gerhard@vdi.de](mailto:Luther.Gerhard@vdi.de)

[luther.gerhard@mx.uni-saarland.de](mailto:luther.gerhard@mx.uni-saarland.de) (für größere Dateien)

Homepage: <http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/>



ein wichtiger Bezugspunkt diese Vortrages

Originalstudie:

<http://www.dpg-physik.de/info/broschueren/index.html>

Etwas bunter und lebendig verlinkt:

Über: <http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/>

## **Klimaschutz und Energieversorgung in Deutschland 1990 - 2020**

# Energiewende

## 1. Der Problemdruck - Warum müssen wir handeln

- 1.1 Ein Entwicklungsproblem
- 1.2 Ein Energieproblem (Endlichkeit der Ressourcen; Lieferengpässe : Preise)
- 1.3 Ein Klimaproblem

## 2. Was tun

- 2.1 CO2 und Energieeinsparung in BRD 1990 – 2005, - und anderswo
- 2.2 Geplante CO2 Einsparung in BRD bis 2020, **IEKP („Meseberger Beschlüsse“)**
  - .21 Gesamte CO2 Einsparung;
  - .22 nur Elektrizitätsbereich
  - .23 **StromMix-Szenen mit anderen Prioritäten**
    - .23a Zum Reizthema: Vorzeitiges Abschalten der AKW's
  - .24 **Kraftwärmekopplung: Hoffnungsträger – oder weiteres Subventionsloch**

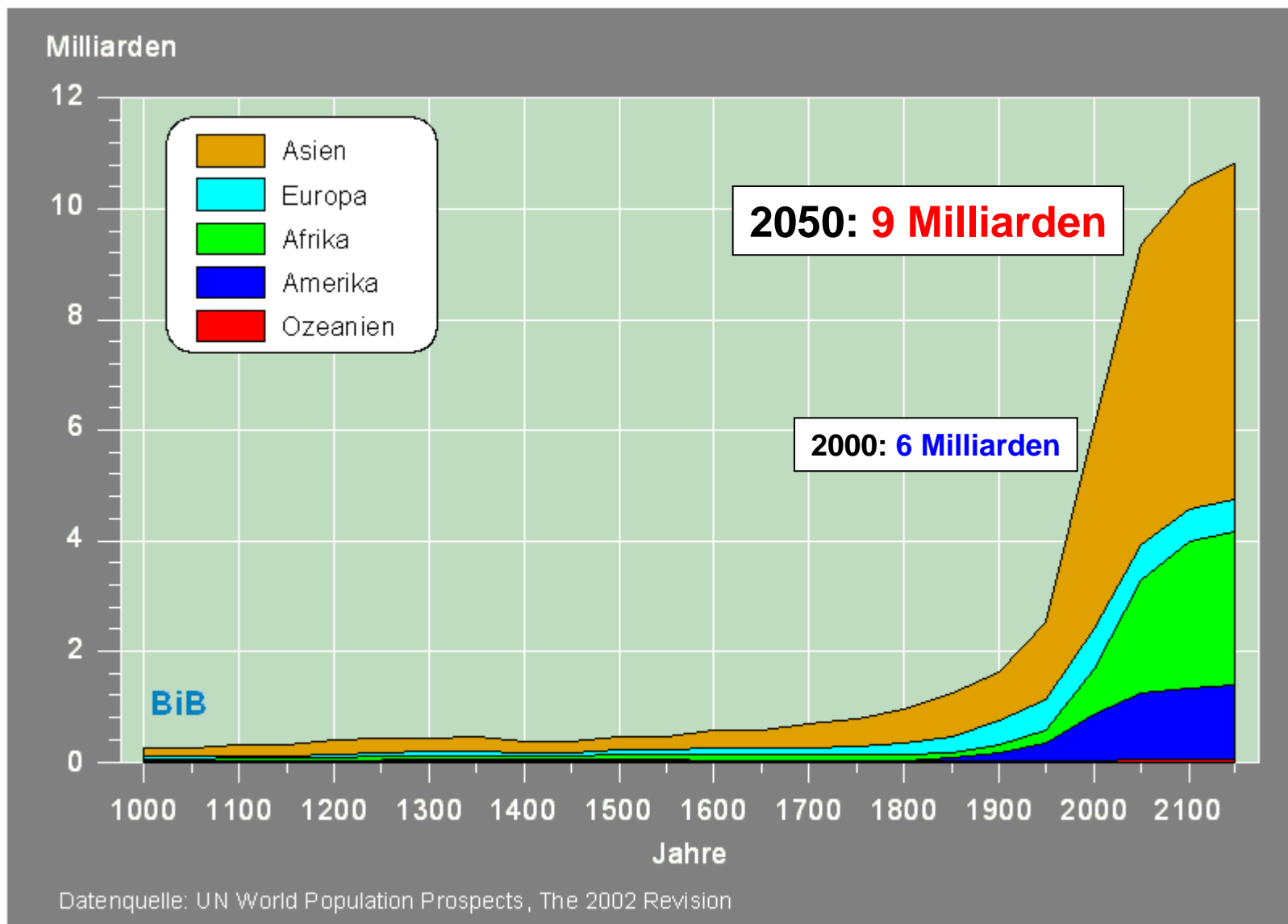
## Anhang:

### 3. Einige Trendbrecher zur CO2- Einsparung

- 3.1 **Sonnenenergie** als Strom importieren
- 3.2 **Offshore Wind**
- 3.3 **Energieeinsparung** beim Verbrauch (Passivhaus)

# 1. Der Problemdruck - Warum müssen wir handeln

## 1.1 Ein Entwicklungsproblem

UN 2002:**Weltbevölkerung wächst noch auf ca. 11 G Menschen**

# Die Konsumenten Explosion

=

{ Bevölkerung + Wohlstand }

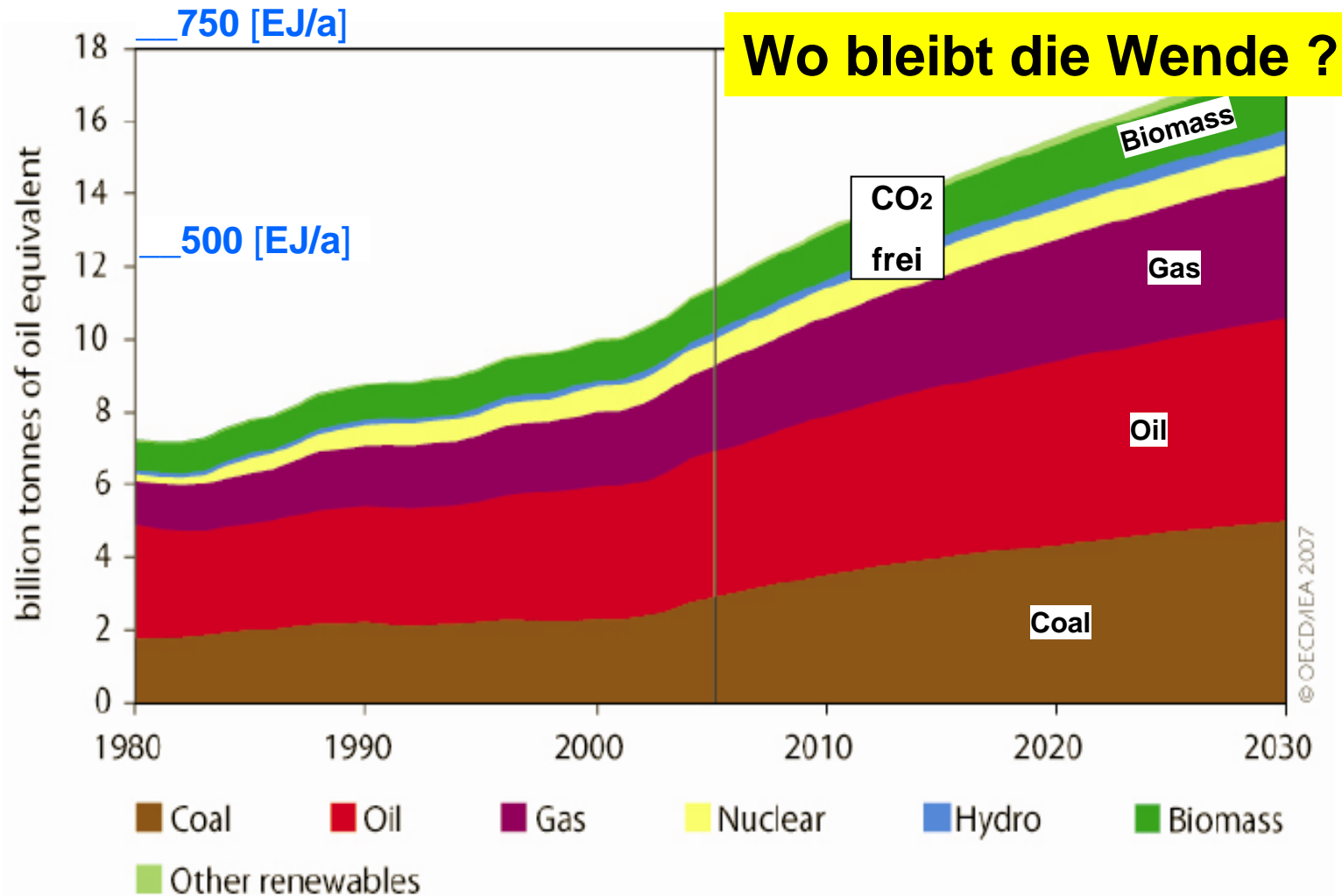
**Maßgebend** ist nicht so sehr  
die Zahl der Menschen auf der Erde,  
sondern  
die **Zahl der Konsumenten.**

# 1. Der Problemdruck - Warum müssen wir handeln

## 1.2 Ein Energieproblem

(Endlichkeit der Ressourcen; Lieferengpässe : Preise)

# World Primary Energy Demand in the Reference Scenario (IEA 2007)



Quelle: IEA World Energy Outlook 2007, Grafiken p.1,

[www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org)

DirektQuelle: <http://www.oecd.org/dataoecd/20/28/39572525.pdf>

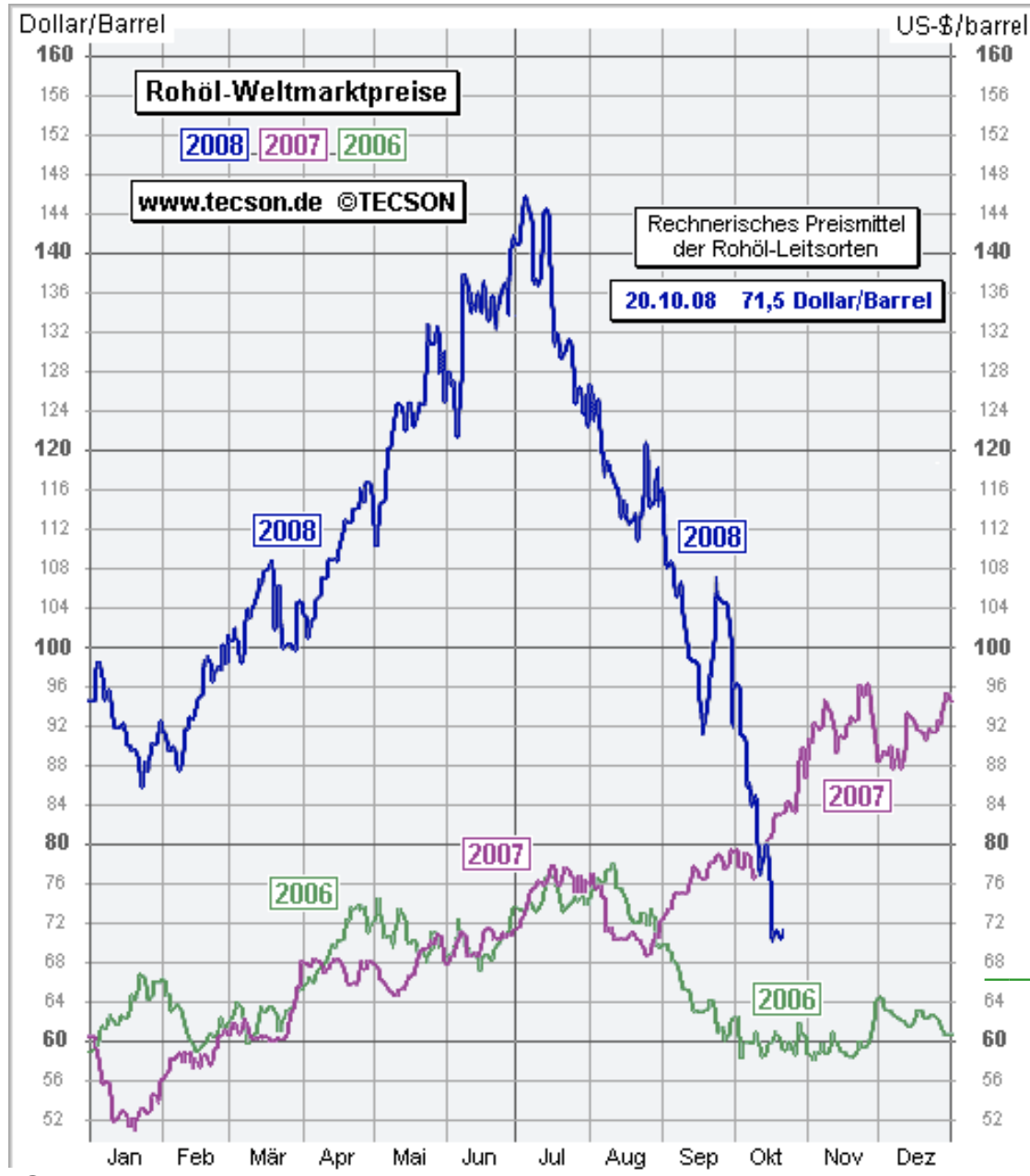


# KnappheitsSignal:

2008.10

bis

2006



66 <2006>

# 1. Der Problemdruck - Warum müssen wir handeln

## 1.3 Ein Klimaproblem

hier nur :

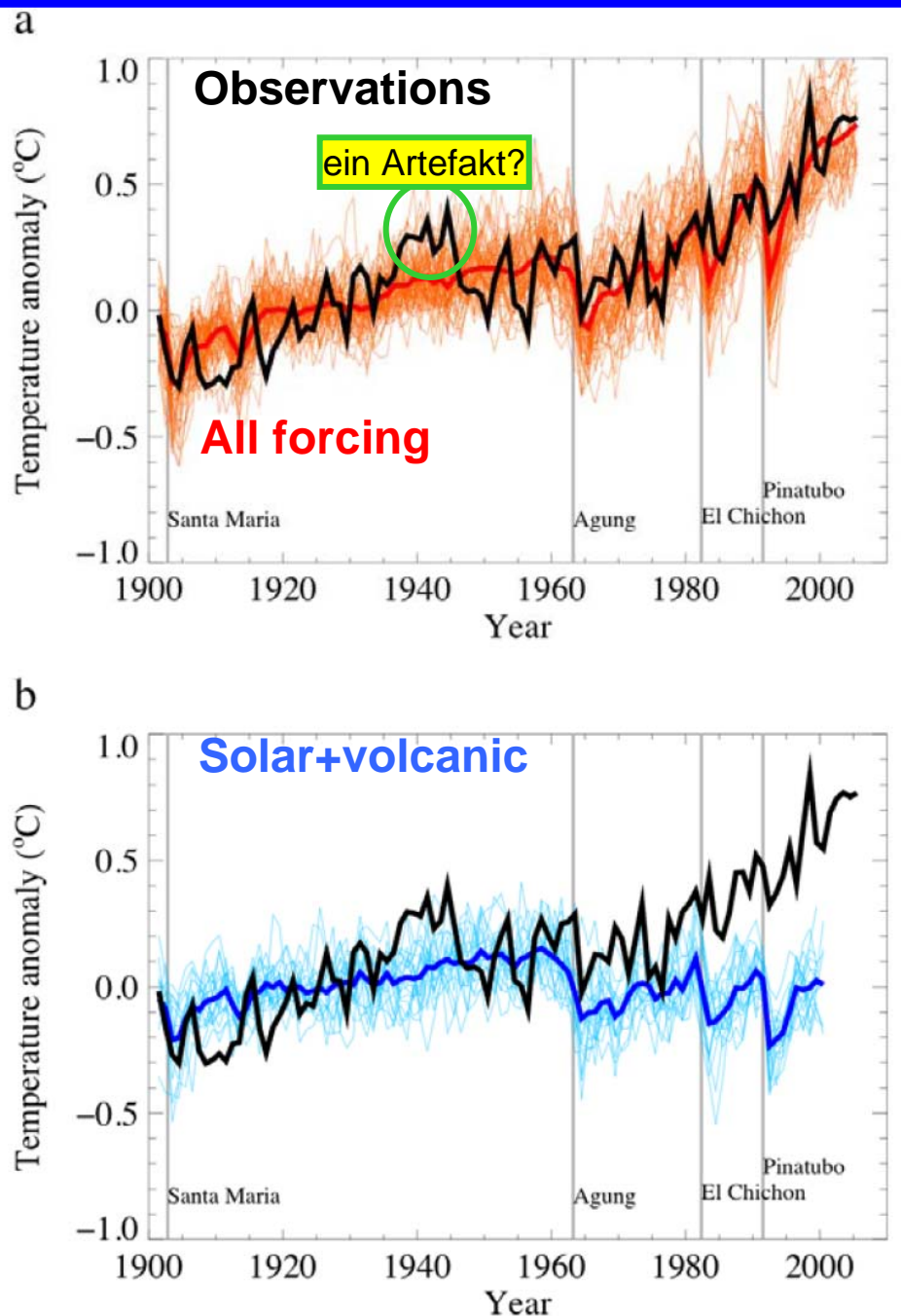
- beobachtete Klimafolgen und Zuordnung der Ursache
- Gletscher, Arktisches Meereis

ganz wichtig bei **2 [K]** Ziel:

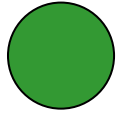
**Riesiger Zeitdruck für CO<sub>2</sub> - Emissionswende**

# Attribution

- are observed changes consistent with
  - expected responses to forcings
  - inconsistent with alternative explanations



Exkurs 2008.0605: Übrigens: Temperaturkurve immer noch nicht „kanonisch“ :



ein Artefakt?



**nature**, Editor's Summary, 29 May 2008

## Global temperatures: A glitch in the forties

---

The record of global sea-surface temperatures spanning the past century provides key evidence for global warming and is much scrutinized with a view to distinguishing between anthropogenic and natural climate variability. It has been assumed that this record is now largely free of substantial uncorrected instrument biases. Not so, according to a team assembled from four of the world's leading climate research institutes.

They have identified a pronounced discontinuity in the record — **a sudden drop of about 0.3 °C in global sea-surface temperature in 1945** — that coincides with a significant **change in the shipboard instrumentation used** to collect the data.

This discontinuity is **40% as large as the century-long upward trend in temperatures**, so correcting for it is likely to change the overall record and its interpretation substantially.

Link zur Diskussion in **nature**

<http://www.nature.com/news/2008/080528/full/453569a.html>

# Some of the Challenges for Europe already triggered by global climate change

- increasing **Temperatures**,
- changing **Precipitation**,
- rising **Sea Level**,

- more intense and frequent **Extreme Weather Events**

- melting **Glaciers, Ice sheets and Arctic sea ice**

**Besonders beeindruckend:**

**Rückgang der Gletscher**

und der

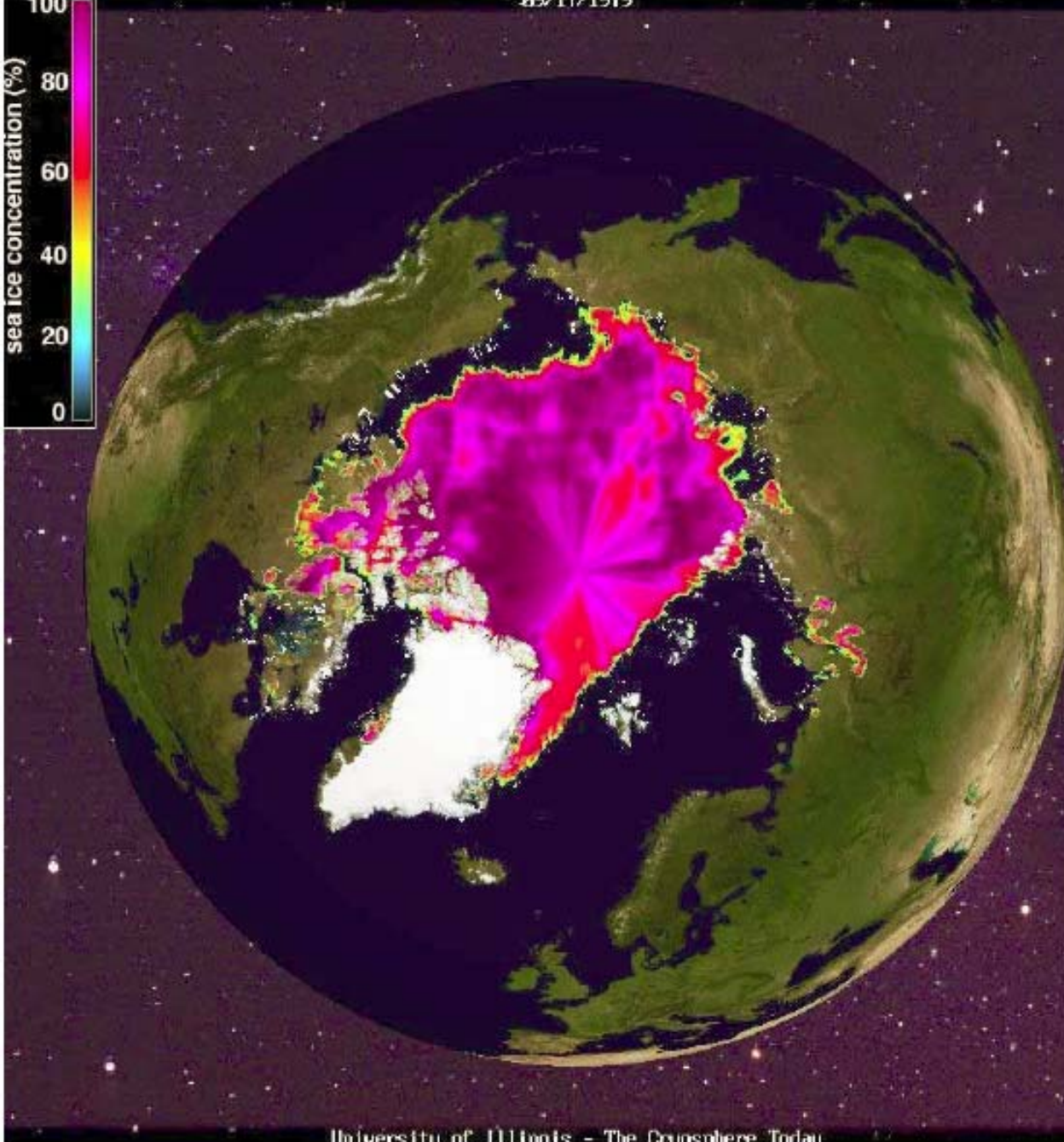
**arktischen Eisbedeckung**

# Gletscher-Schwund in den Alpen 1900 und 2000



Aufnahme der **Pasterzenzunge mit Großglockner (3798 m)**

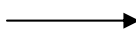
*Gesellschaft für ökologische Forschung, Wolfgang Zängl, <http://www.gletscherarchiv.de>*



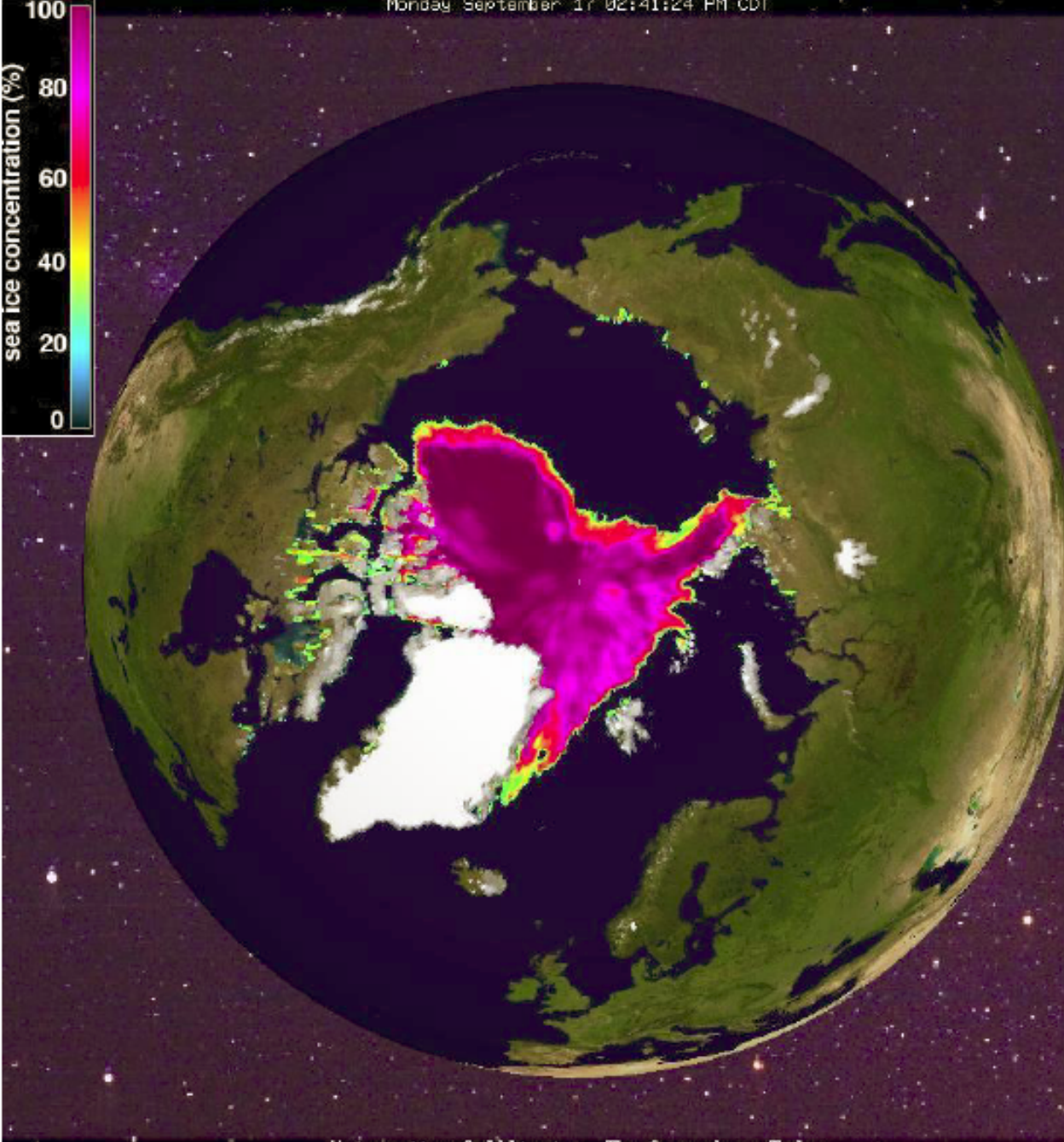
1979

17<sup>th</sup> September

Arktisches  
Eis



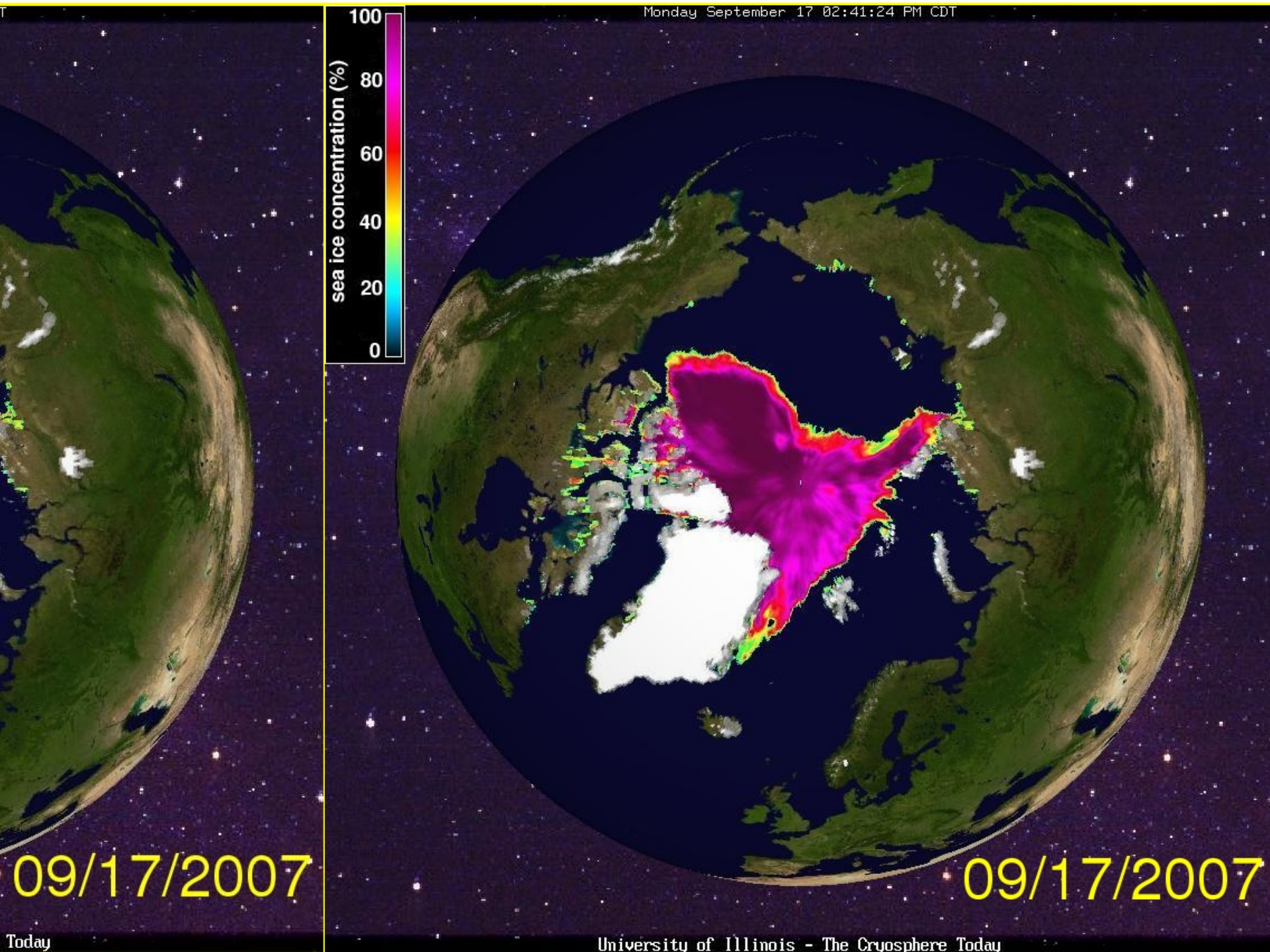




2007

17. September

Arktisches  
Eis



100  
80  
60  
40  
20  
0  
sea ice concentration (%)

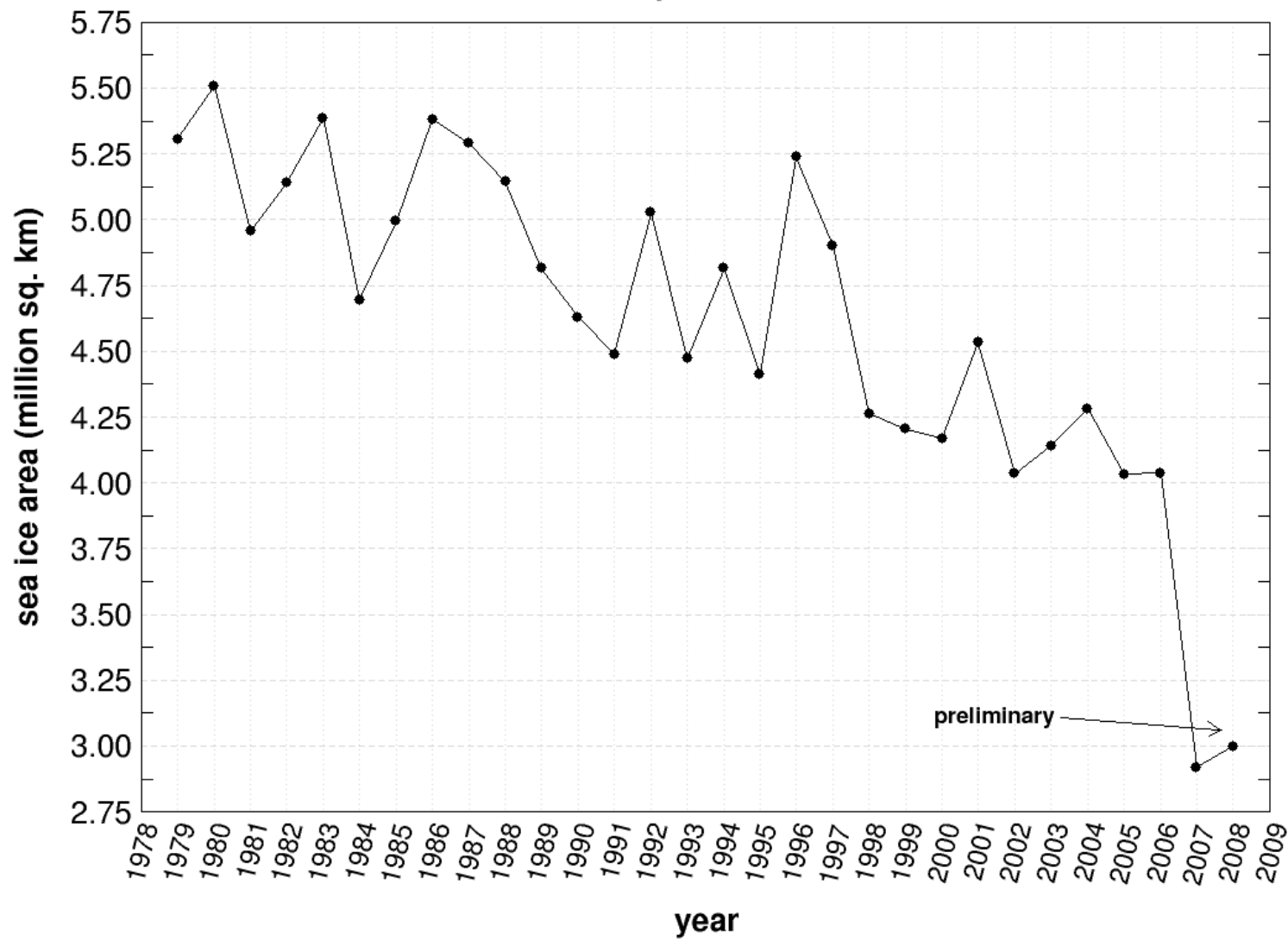
09/17/2007

09/17/2007

Today

# Sea ice area at summer minimum

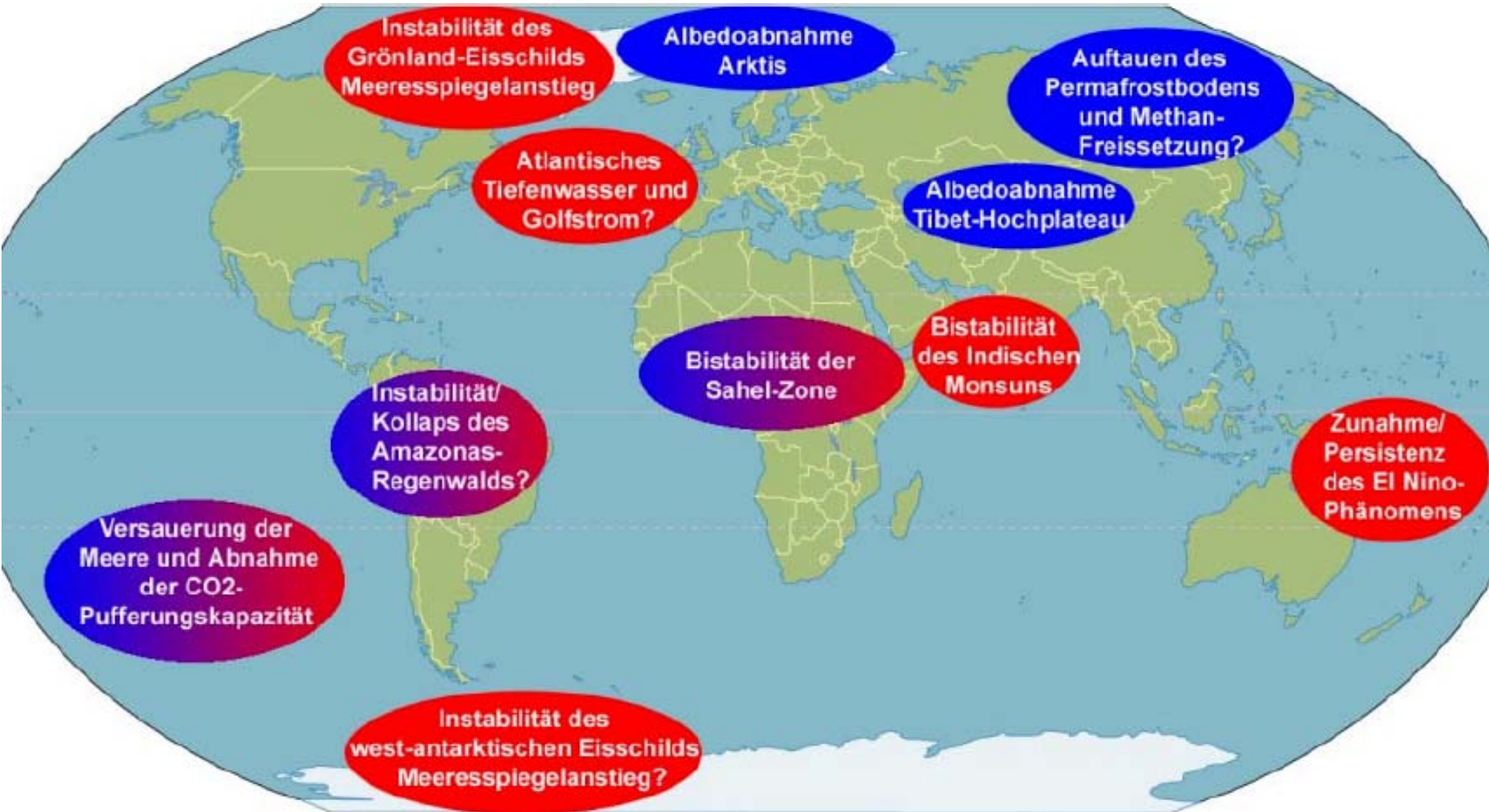
million square kilometers



Quelle: <http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/sea.ice.minimum.2008.html>

diese Bild: <http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/ice.area.at.minimum.new.png>

# Kipp-Punkte des Klimasystems



Tipping Points mit direkten und großen Folgen für Menschen



Tipping Points mit positiver Rückkopplung auf Temperatur

# Schranke von **2 K** für Erderwärmung

ergibt Zielbereich **450 bis 550** ppm CO<sub>2</sub><sub>equ</sub>

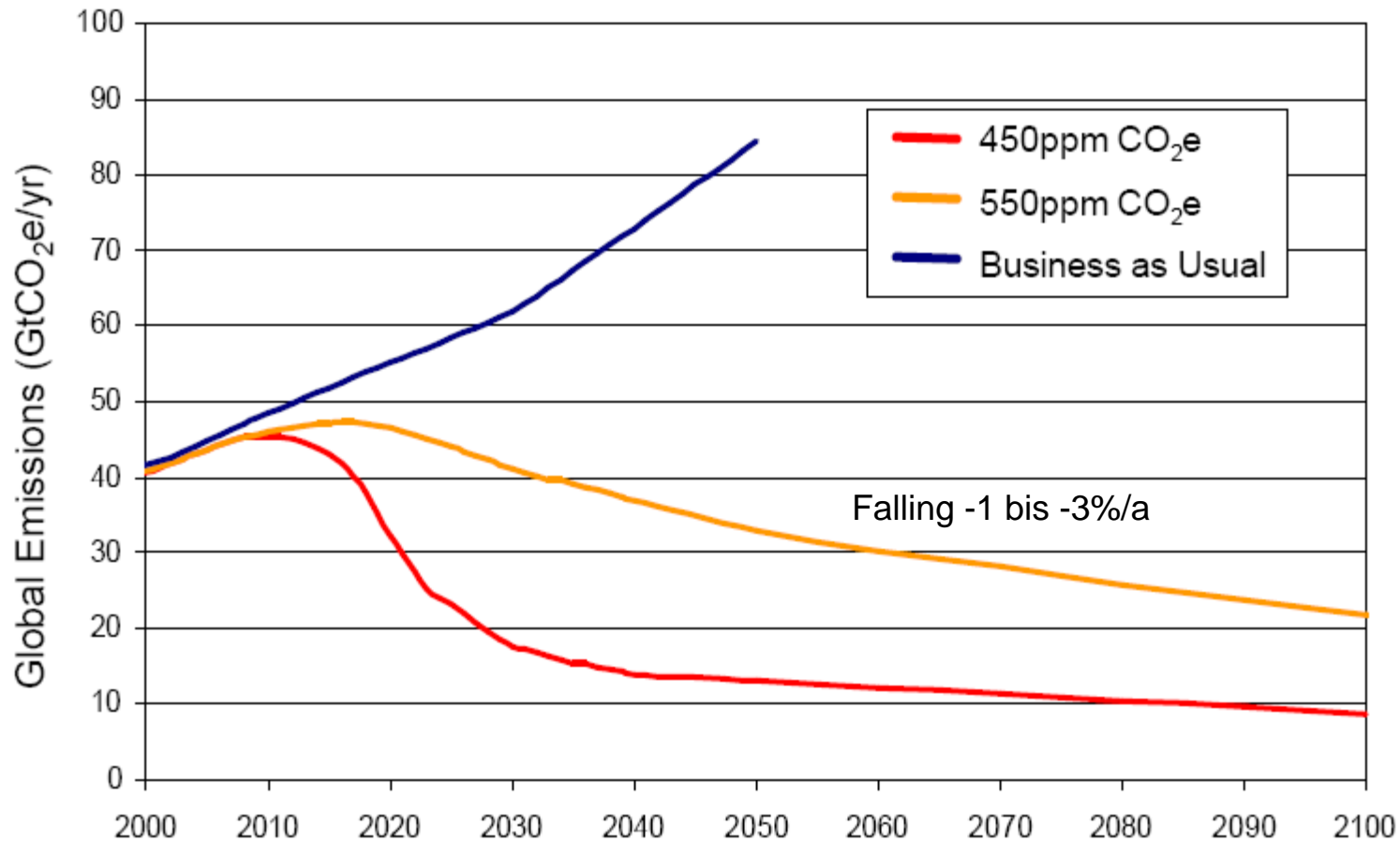
und einen brutalen

**Zeitdruck  
für die globale Emissionswende**

Quelle: „Stern Report“, UK-Government, **neue Adresse (2007.11 AD)**:

[http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm)

# Emissions Paths to Stabilisation



## Im Klartext:

**Wir dürfen jetzt keine Zeit mehr verlieren, sonst lässt sich auch das Ziel 550 ppm CO<sub>2</sub><sub>equ</sub> nicht mehr erreichen**

Dies war das wichtigste Bild:

Im Klartext:

**Wir dürfen jetzt keine Zeit mehr verlieren,  
sonst lässt sich auch das Ziel 550 ppm CO<sub>2</sub><sub>equ</sub>  
nicht mehr erreichen !!!**

## **2. Was tun**

Was tun

**was tun wir und  
was haben wir bereits getan**





well....

Zitat aus dem Vortrag eines französischen Kollegen , Alex Mueller, CNRS, Paris:

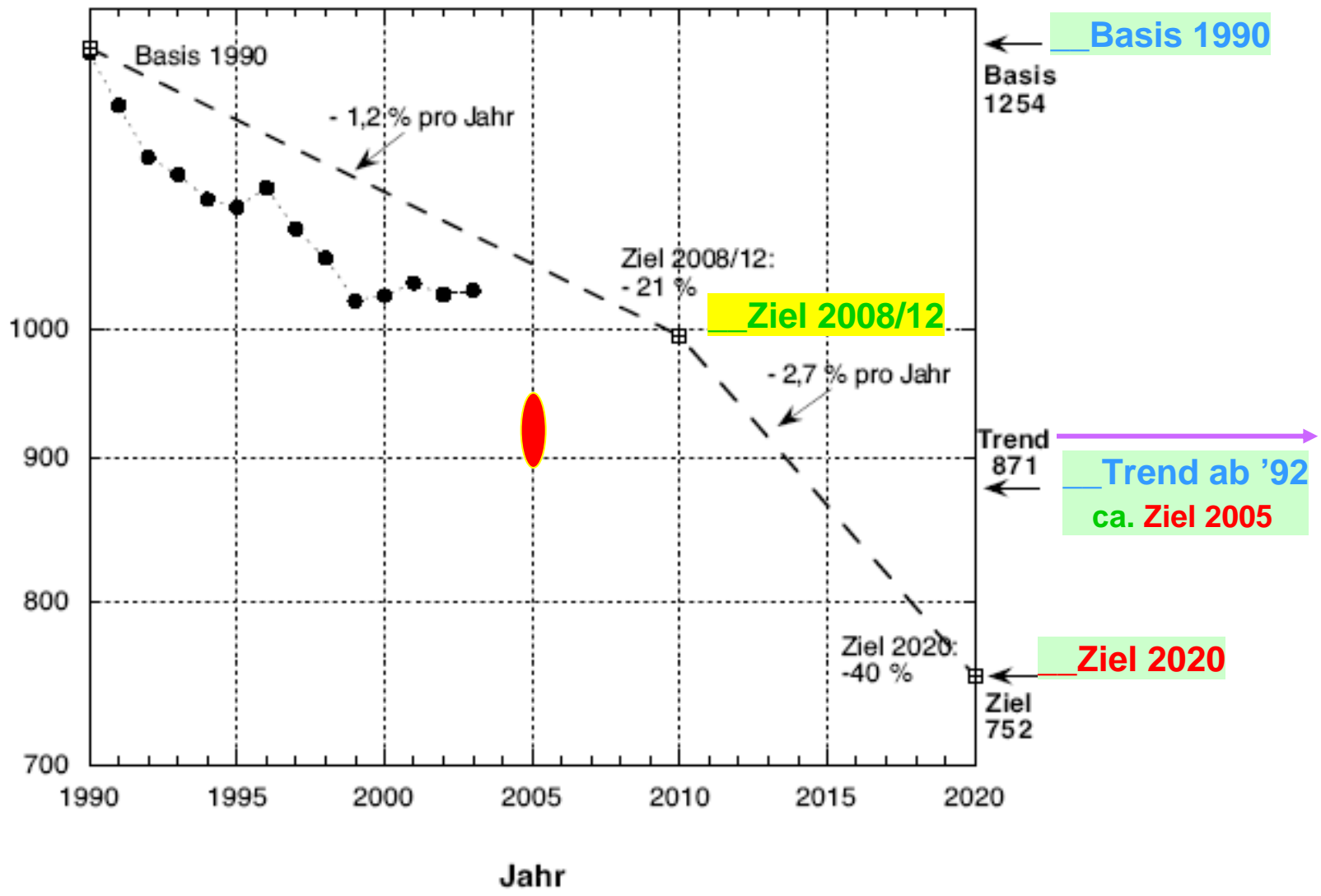
as a physicist I try to use only "hard" numbers

- **Germany** (world polluting rank **33**) has a **63% higher per capita CO2 emission than France** (world rank **66**)
- France in first-order discards fossile-fueled systems for electricity production
  - Nuclear Power **78%**, Hydro **13%**
- The electricity prize for a private household .....  
(**6,6 cts/kWh** - **10,8 cts/kWh** taxes included)

Strompreis in **BRD**: glatt **doppelt so teuer**

# Realität, Fortschreibung und Zielsetzung der CO2-äqu. Reduktion

Jährliche Emission von Kyoto-Gasen, ausgedrückt in CO2-Äquivalenten (Mt), sowie zwei Minderungsziele



# Trendbrechende Aktivitäten:

Mt/a

weniger (!) CO2-Einsparung:

beschlossene AKW-Abschaltung

+ 112

Mehr CO2-Einsparung (Hoffnungsträger):

(Trendbrecher: also zusätzlich über das bisherige Tempo hinaus !!)

**Moderne fossile Kraftwerke und „Erdgas statt Kohle“ : - 23**

**Biomasse, insbesondere Biokraftstoffe : - 20**

**Offshore Wind + sonstige RE : - (8 bis 15)**

Wesentlich(!) mehr Energie einsparen : (-)

Strategischer Einstieg : Solarkraftwerke im Süden (-)

CO2 –Sequester (-)

weitaus stärkere Anstrengungen sind nötig:

# Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung (IEKP)

(Meseberger Beschlüsse)

2.20 Die Ausgangslage: CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> –Emissionen in BRD

2.21 Die Gesamtheit der geplanten CO<sub>2</sub>-Einsparungen

2.22 CO<sub>2</sub> Einsparungen im **Elektrizitätsbereich** bei **Priorität Atomausstieg**

Naheliegende Alternative

2.23 **Größere CO<sub>2</sub> – Einsparung, da andere Prioritäten**

# Ausgangssituation: Treibhausgase und CO<sub>2</sub> in 1990 und 2005

Treibhausgasemissionen	Basiswert'90		2005			
	in Mt CO <sub>2</sub> -Äquivalent	%	in Mt CO <sub>2</sub> -Äquivalent	%		
<b>Gesamt nach Gasen</b>		<b>1203</b>	<b>98%</b>		<b>965</b>	<b>78%</b> % von <b>Gesamt90</b>
<b>Gesamt ohne Landnutzungs- änderung und Forstwirtschaft</b>	<b>Gesamt90=</b>	<b>1232</b>	<b>100%</b>		<b>1.002</b>	<b>81%</b> % von <b>Gesamt90</b>
CO <sub>2</sub>		1.004			836	
<b>CO<sub>2</sub> ohne Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft</b>		<b>1.032</b>	100%		<b>873</b>	85% % von 1990
CH <sub>4</sub>	99	<b>199</b>	100%	48	<b>129</b>	<b>65%</b> % von 1990
N <sub>2</sub> O	85			67		
HFCs	6			9		
PFCs	2			1		
SF <sub>6</sub>	7			5		

\*) Für das Treibhausgas-Minderungsziel im Rahmen des Kyoto-Prozesses wird je nach emittiertem Gas das Basisjahr 1990 bzw. 1995 zugrunde gelegt

Datenquelle: BMWi - Energiedaten Tabelle 10 (letzte Änderung: 20.04.2007),

Quelle: BMWi, Energiedaten: <http://www.bmw.de/BMWi/Redaktion/Binaer/energie-daten-gesamt,property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls>

# Quellkategorien :

## CO<sub>2</sub> (kein CO<sub>2</sub>equ) in 1990 und 2005

Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	1990		2005		2005 - 1990
		% zu Gesamt CO <sub>2</sub> equ. 1990		% zu Gesamt CO <sub>2</sub> equ. 1990	2005 -1990 in %Punkte CO <sub>2</sub> equ
Prozentzahlen beziehen sich auf <b>GesamtCO<sub>2</sub>equ</b>	[ Mt CO <sub>2</sub> ]		[ Mt CO <sub>2</sub> ]		
<b>Gesamt</b>	<b>1.004</b>	81%	<b>836</b>	68%	-14%
<b>1. energiebedingt</b>	<b>948</b>	<b>77%</b>	<b>795</b>	<b>65%</b>	<b>-12%</b>
- Straßenverkehr	150	12%	152	12%	0%
- Übriger Verkehr	12	1%	12	1%	0%
<b>- Haushalte nur !</b>	<b>129</b>	10,5%	<b>113</b>	9,2%	-1%
- Kleinverbraucher	64	5%	45	4%	-2%
- Verarbeitendes Gewerbe	154	13%	103	8%	-4%
<b>- Energiewirtschaft</b>	<b>415</b>	<b>34%</b>	<b>362</b>	<b>29%</b>	<b>-4%</b>
- Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	11	1%	6	1%	0%
- Andere energiebedingte Emissionen	12	1%	2	0%	-1%
<b>2. Industrieprozesse</b>	84	7%	78	6%	-1%
<b>3. Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft</b>	-29	-2%	-36	-3%	-1%
zum Vergleich:					
<b>Gesamt CO<sub>2</sub>equ. ohne Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft; Gesamt90::</b>	<b>1232</b>	<b>100%</b>	<b>1002</b>	<b>81%</b>	<b>-18,7%</b>

# a) Geplante zusätzliche CO<sub>2</sub><sub>eq</sub>-Einsparung bis 2020

## Wirkung des Energie- und Klimaprogramms von Meseberg

Maßnahmentitel	bis 2020 CO <sub>2</sub> [Mt]
Erneuerung fossile Kraftwerke	-15
Erneuerbarer Energien Stromerzeugung	-54,4
Kraft-Wärme-Kopplung	-14,3
Gebäudesanierung und Heizungsanlagen	-31
Erneuerbare Wärme	-9,2
Stromeinsparungen	-25,5
Verkehr	-33,6
Sonstige Treibhausgase (Methan, N <sub>2</sub> O, F-Gase)	-36,4
<b>Summe</b>	<b>-219,4</b>
<b>davon CO<sub>2</sub> Einsparung in Stromerzeugung und Stromverbrauch: ca. - 110</b>	

Ausgangslage 1990: 100% = 1232 [Mt CO<sub>2</sub> eq]  
 CO<sub>2</sub>eq Einsparung bisher: ca. 19%  
 Geplante weitere Einsparung: 18% = - 219 [Mt CO<sub>2</sub> eq]  
**Einsparung 2020 /1990: 37 %**

1. Aus dem **UBA** –Szenario, der Grundlage des IEKP ,  
betrachten wir nun nur den Strombereich, also die:

## CO2 Einsparung im Strombereich trotz Atomausstieg





# Ergebnisse des UBA Szenario 2020: Priorität Atomausstieg

## Einsparung 2020 -2005

im Strombereich:

**-114 Mt CO2**

**- 9.1 % von CO<sub>2eq</sub> (1990)**

	1	2	3	4	8	9
7	Rekonstruktion:	Ist in 2005 AD			Differenz 2020 - 2005	
8		heute			UBA minus heute	
10	Energiequelle	IST Stromerzeugung	CO <sub>2</sub> - Emissionen		Stromerzeugung	CO <sub>2</sub> - Emissionen
11		TWh	Mt CO <sub>2</sub>		TWh	Mt CO <sub>2</sub>
12	Braunkohle	155	167		-55	-76
13	Steinkohle	134	112		-58	-57
14	Kernkraft	163	0		-130	0
15	Erdgas	70	26		95	23
16	Erneuerbare	63	0		77	0
17	Sonstige	34	19		0	-5
18	Gesamt	<b>619</b>	<b>324</b>		<b>-71</b>	<b>-114</b>
19	(Stromeinsparung)				( 71 )	

## Aktionen bis 2020:

1. Atomausstieg wie geplant
2. **1/3 Ausstieg aus der Kohle** ( Braunkohle auf 2/3, Steinkohle auf 0,57 )
3. **Verdoppelung des Erdgaseinsatzes** (auf das 2.4 fache)
4. **Mutiger Ausbau der RE (Regenerativen Energien)** aus das 2.2 fache
5. **Mutige Stromeinsparung**

## 2. Verallgemeinerung zur Behandlung anderer Prioritäten

Ausgangspunkt: **UBA GrundSzenario 2020,**

und zwar insbesondere:

- **Stromeinsparung**
- **Ausbau der RE** (RE =regenerativen Energien)
- **Wirkungsgrade** der Kraftwerke in 2020 AD
- massiver Ausbau der **Gaskraftwerke**

Abänderung: Mehrere Szenen des StromMixes in 2020 mit den Prioritäten:

- **Atomausstieg** (= ursprüngliche UBA – Szene)
- **Klimaschutz**
- **Versorgungssicherheit**
- **Kosten**

# Ergebnisse der Szene **Klimaschutz +**

im Rahmen des UBA GrundSzenario 2020

	1	2	3	4	8	9
27	<b>Szene Klimaschutz +</b>	<b>Ist in 2005 AD</b>			<b>Differenz 2020 - 2005</b>	
28		heute			Klima+ minus heute	
30	<b>Energiequelle</b>	IST Stromerzeugung	CO2- Emissionen		Stromerzeugung	CO2- Emissionen
31		TWh	Mt CO2		TWh	Mt CO2
32	<b>Braunkohle</b>	155	167		<b>-155</b>	<b>-167</b>
33	<b>Steinkohle</b>	134	112		<b>-134</b>	<b>-112</b>
34	Kernkraft	163	0		<b>46</b>	0
35	<b>Erdgas</b>	70	26		<b>95</b>	<b>23</b>
36	Erneuerbare	63	0		<b>77</b>	0
37	Sonstige	34	19		<b>0</b>	<b>-5</b>
38	<b>Gesamt</b>	<b>619</b>	<b>324</b>		<b>-71</b>	<b>-260</b>
39	<b>(Stromeinsparung)</b>				<b>( 71 )</b>	
40						

## Einsparung 2020 -2005

im Strombereich:

**-260 Mt CO2**

**- 21.1 % von CO2eq (1990)**

## Aktionen bis 2020:

- 1. AKW's laufen weiter + zusätzlich kleiner Zubau (25%)**
- 2. Voller Ausstieg aus der Kohle ( Braunkohle weg, Steinkohle weg )**
- 3. Erdgaseinsatz (2.4 fach) , wie UBA2020 - Szenario**
- 4. RE (2.2 fach) , wie UBA2020 - Szenario**
- 5. Stromeinsparung , wie UBA2020 - Szenario**

# Ergebnisse der Szene **Klimaschutz**

im Rahmen des UBA GrundSzenario 2020

## Einsparung 2020 -2005

im Strombereich:

**-227 Mt CO2**

**- 18.5 % von CO<sub>2eq</sub> (1990)**

	1	2	3	4	8	9
68	<b>Klimaschutz</b>	<b>Ist in 2005 AD</b>			<b>Differenz 2020 - 2005</b>	
69		<b>heute</b>			<b>Szene - heute</b>	
71	<b>Energiequelle</b>	IST Stromerzeugung	CO <sub>2</sub> - Emissionen		Stromerzeugung	CO <sub>2</sub> - Emissionen
72		TWh	Mt CO <sub>2</sub>		TWh	Mt CO <sub>2</sub>
73	<b>Braunkohle</b>	155	167		<b>-155</b>	<b>-167</b>
74	<b>Steinkohle</b>	134	112		<b>-88</b>	<b>-79</b>
75	Kernkraft	163	0		<b>0</b>	0
76	<b>Erdgas</b>	70	26		<b>95</b>	<b>23</b>
77	Erneuerbare	63	0		<b>77</b>	0
78	Sonstige	34	19		<b>0</b>	<b>-5</b>
79	<b>Gesamt</b>	<b>619</b>	<b>324</b>		<b>-71</b>	<b>-227</b>
80	<b>(Stromeinsparung)</b>				71	
81						

## Aktionen bis 2020:

1. **AKW's laufen weiter** , aber kein Zubau
2. Voller **Ausstieg aus der BraunKohle**, Steinkohle auf 1/3 )
3. **Erdgaseinsatz** (2.4 fach) , wie UBA2020 - Szenario
4. **RE** (2.2 fach) , wie UBA2020 - Szenario
5. **Stromeinsparung** , wie UBA2020 - Szenario

# Ergebnisse der **Szene: Versorgungssicherheit und Klimaschutz** im Rahmen des UBA GrundSzenario 2020

	1	2	3	4	8	9
47	<b>Sicher + Klimaschutz</b>	<b>Ist in 2005 AD</b>			<b>Differenz 2020 - 2005</b>	
48		<b>heute</b>			<b>Sicher minus heute</b>	
49						
50	<b>Energiequelle</b>	<b>IST Stromerzeugung</b>	<b>CO2- Emissionen</b>		<b>Stromerzeugung</b>	<b>CO2- Emissionen</b>
51		<b>TWh</b>	<b>Mt CO2</b>		<b>TWh</b>	<b>Mt CO2</b>
52	<b>Braunkohle</b>	155	167		<b>0</b>	<b>-25</b>
53	<b>Steinkohle</b>	134	112		<b>-134</b>	<b>-112</b>
54	Kernkraft	163	0		<b>0</b>	0
55	<b>Erdgas</b>	70	26		<b>-14</b>	<b>-9</b>
56	Erneuerbare	63	0		<b>77</b>	0
57	Sonstige	34	19		<b>0</b>	<b>-5</b>
58	<b>Gesamt</b>	<b>619</b>	<b>324</b>		<b>-71</b>	<b>-151</b>
59	<b>(Stromeinsparung)</b>				<b>( 71 )</b>	
60						

## Einsparung 2020 -2005

im Strombereich:

**-151 Mt CO2**

**- 12.2 % von CO2<sub>eq</sub> (1990)**

## Aktionen bis 2020:

- 1. AKW's laufen weiter , aber kein Zubau (0%)**
- 2. Heimische Braunkohle bleibt, Ausstieg nur aus Steinkohle**
- 3. Erdgaseinsatz reduziert, sogar weniger als heute**
- 4. RE (2.2 fach) , wie UBA2020 - Szenario**
- 5. Stromeinsparung , wie UBA2020 - Szenario**

# Ergebnisse der **Szene: Business as usual (StromMix wie 2005)**

nur Ersatz mit besseren Kraftwerken gemäß UBA GrundSzenario 2020

	1	2	3	4	8	9
28	<b>BAU in2020</b>	<b>Ist in 2005 AD</b>			<b>Differenz 2020 - 2005</b>	
29		heute			Szene - heute	
31	<b>Energiequelle</b>	IST Stromerzeugung	CO2- Emissionen		Stromerzeugung	CO2- Emissionen
32		TWh	Mt CO2		TWh	Mt CO2
33	<b>Braunkohle</b>	155	167		<b>0</b>	<b>-25</b>
34	<b>Steinkohle</b>	134	112		<b>0</b>	<b>-15</b>
35	Kernkraft	163	0		<b>0</b>	0
36	<b>Erdgas</b>	70	26		<b>0</b>	<b>-5</b>
37	Erneuerbare	63	0		<b>0</b>	0
38	Sonstige	34	19		<b>0</b>	<b>-5</b>
39	<b>Gesamt</b>	<b>619</b>	<b>324</b>		<b>0</b>	<b>-50</b>
40	<b>(Stromeinsparung)</b>				0	
41						

## Einsparung 2020 -2005

im Strombereich:

**-50 Mt CO2**

**- 4,1 % von CO2eq (1990)**

## Aktionen bis 2020:

1. **AKW's laufen weiter , kein Zubau (0%)**
2. **Braunkohle und Steinkohle** unverändert , **Ersatz alter Kraftwerke wie UBA-Szenario**, aber kein Zubau
3. **Erdgaseinsatz** unverändert, wie heute , **Ersatz alter Kraftwerke wie UBA-Szenario**, aber kein Zubau
4. **RE** unverändert ,
5. keine **Stromeinsparung**

# StromMix Szenen im Vergleich zur BAU –Szene ( CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> –Einsparung 2020 zu 1990 )

StromMix-Szene	Szenen 2020AD,alte und neue Kraftwerke [TWh]							2020 - 2005		2020 - 2005	Szene - Bau	
	SzeneN	Braun K	Stein K	AKW	GAS	RE	Sonst ige	Alle	Strom			CO2
<b>BAU 2005</b>		155	134	163	70	63	34	619	0	-50	-32%	Referenz <b>0%</b>
<b>UBA AtomAusstieg</b>	100	76	33	165	140	34	548	-71	-114	-37%	-5%	
AtomAusstieg +	100	76	0	198	140	34	548	-71	-104	-36%	-4%	
AtomAusstieg+Kohle	100	109	0	165	140	34	548	-71	-90	-35%	-3%	
<b>Priorität: Klimaschutz</b>	0	46	163	165	140	34	548	-71	-227	-46%	-14%	
Klimaschutz+	0	0	209	165	140	34	548	-71	-260	-49%	-17%	
Klimaschutz ++	0	0	342	32	140	34	548	-71	-300	-52%	-20%	
<b>VersorgungsSicherheit</b>	155	24	163	32	140	34	548	-71	-141	-39%	-7%	
Sicher und Klima	155	0	163	56	140	34	548	-71	-151	-40%	-8%	
<b>Sicher + Klima+</b>	155	0	219	0	140	34	548	-71	-167	-41%	-10%	
<b>Sicher +CCS-Klima</b>	155	0	219	0	140	34	548	-71	-295	-52%	CCS -20%	

=Unterschied zu **UBA-AtomAusstiegs** Szene  
=Unterschied zu **AbschnittsKopf**Szene

BAU =Business as usual, normale Modernisierung

# Satz:

**Wenn** sich das

auf dem UBA Szenario basierende Programm der Bundesregierung

(Meseberger Beschlüsse, Bali Konferenz, **40 % weniger CO2 in 2020 bei Priorität AtomAusstieg**)

verwirklichen lässt,

**dann** lässt sich ebenso gut

mit geringerem Aufwand und sogar kostengünstiger

auch ein **50+% CO2-Einsparziel bis 2020 erreichen.**

Anmerkung:

Bei **anhaltend hohen Energiepreisen** sollte man die mutigen Annahmen des UBA bzgl. **Stromeinsparung und Ausbau der RE** durchaus als **realistisch** ansehen.



**zum Reizthema:**

**Vorzeitige AKW-Abschaltung**

## Atomstrom wird durch fossilen Strom ersetzt

Vor: 1. **Einspeisegesetz (EEG)** gilt.

d.h.: RE – Strom **muss** vom Netz **jederzeit** („sowieso“)  
vorrangig und zum (hohen) **Festpreis** abgenommen werden.

[ d.h. : **Ausbau der RE bleibt unverändert** ( EEG gilt ja weiterhin ) ]

Dann folgt: **NetzReserve wird nur durch fossilen Strom gebildet**

**Beweis:** In der Warteschlange befindet sich kein **RE-Strom** mehr,  
da er **wg. EEG immer vom Netz abgeschöpft** wird.

**Folgerung:** Bei Ausfall der AKW's ergeben sich CO2 Emission je nach der Struktur  
der fossilen Ersatzkraftwerke.  
(wesentlich: Wirkungsgrad, Gasanteil)

(RE = Renewable Energy))

Also:

- 1. Ausstieg kostet** eine Mehrmission an **CO<sub>2</sub>\_equ (1990)** von rund **10% Punkten.**
- 2. Ausstieg** verzehrt **CO<sub>2</sub> Einsparung** - vermutlich

Daher gilt:

- Man kann sich um einen **ökologischen Vergleich** **Ausstieg** vs. **Auslauf** nicht herumdrücken.

und:

- Jede weltweite Emission an CO<sub>2</sub> ist klimaschädlich, daher gilt: **so wenig CO<sub>2</sub> wie möglich** emittieren.

# Zum technisch regulären Weiterbetrieb der AKW

## 1. Reaktorsicherheit

„keine Verschlechterung, da innerhalb der technischen Lebensdauer“  
keine „Gefahr im Verzug“ – sonst müsste man sofort abschalten

kerntechnische Kompetenz muss bewahrt werden

## 2. Entsorgung

Hochaktive Abfälle proportional zu den Betriebsjahren

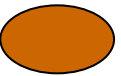
Beim Rückbau anfallende Abfallmengen bleiben gleich

## 3. Uranvorräte

noch unkritisch

## 4. Proliferation

die hohen gesetzlichen und politischen Barrieren in der BRD  
werden nicht tangiert .



# Bewertung zum vorzeitigen Atomausstieg:

1. Die DPG plädiert für das reguläre Weiterlaufenlassen der AKW  
wg.: **CO2 Einsparung**  
Das Abschalten nach Ausstiegsgesetz würde alle bisherigen Anstrengungen zur CO2-Verminderung sinnlos erscheinen lassen.
2. Das Weiterlaufenlassen der AKW gilt unabhängig davon ,  
ob die Kernkraft eine Renaissance erlebt oder ganz verschwindet.



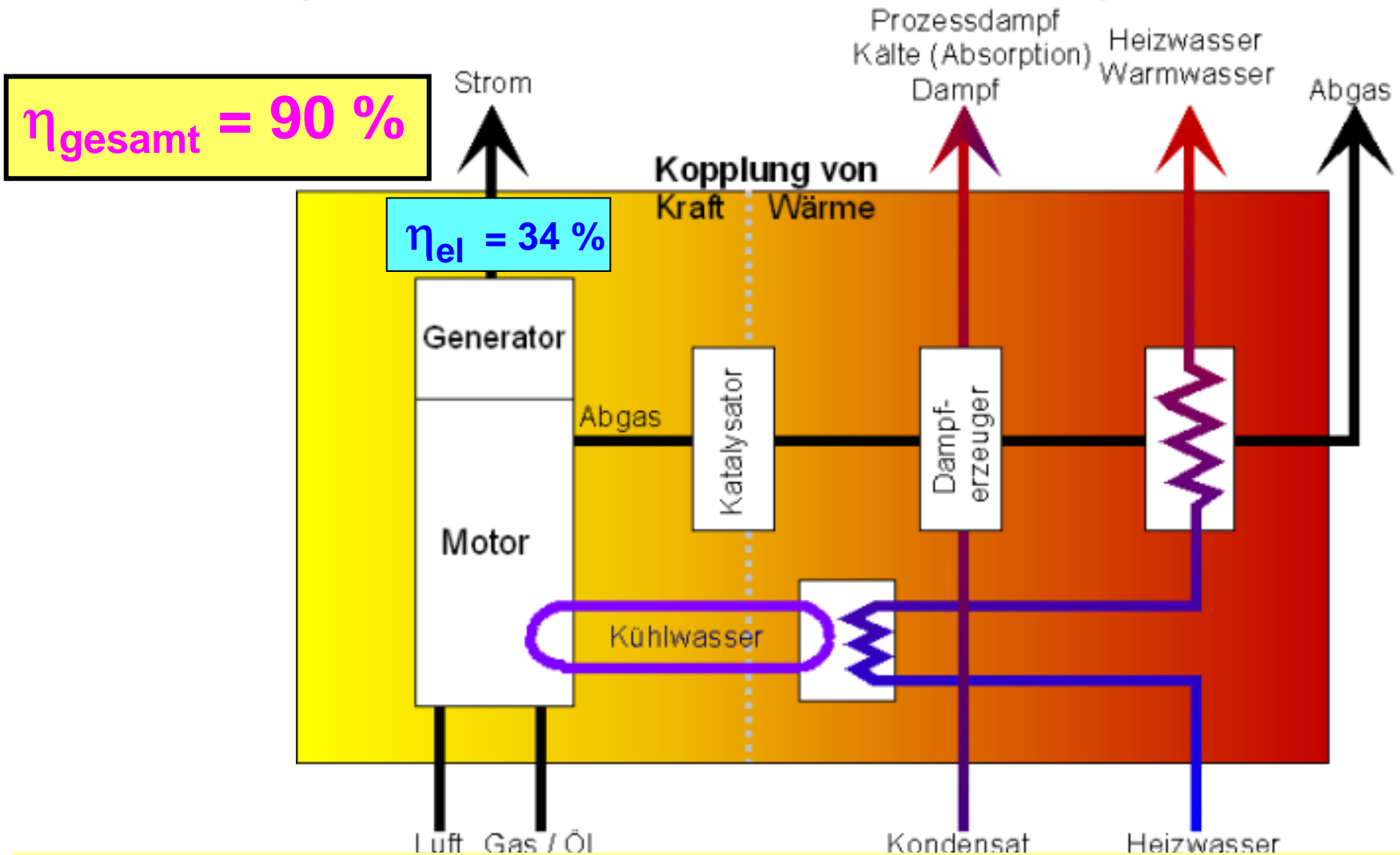
## Kraftwärmekopplung:

**Hoffnungsträger -**

oder

**weiteres Subventionsloch**

# Prinzip: Block-Heizkraftwerk (BHKW)

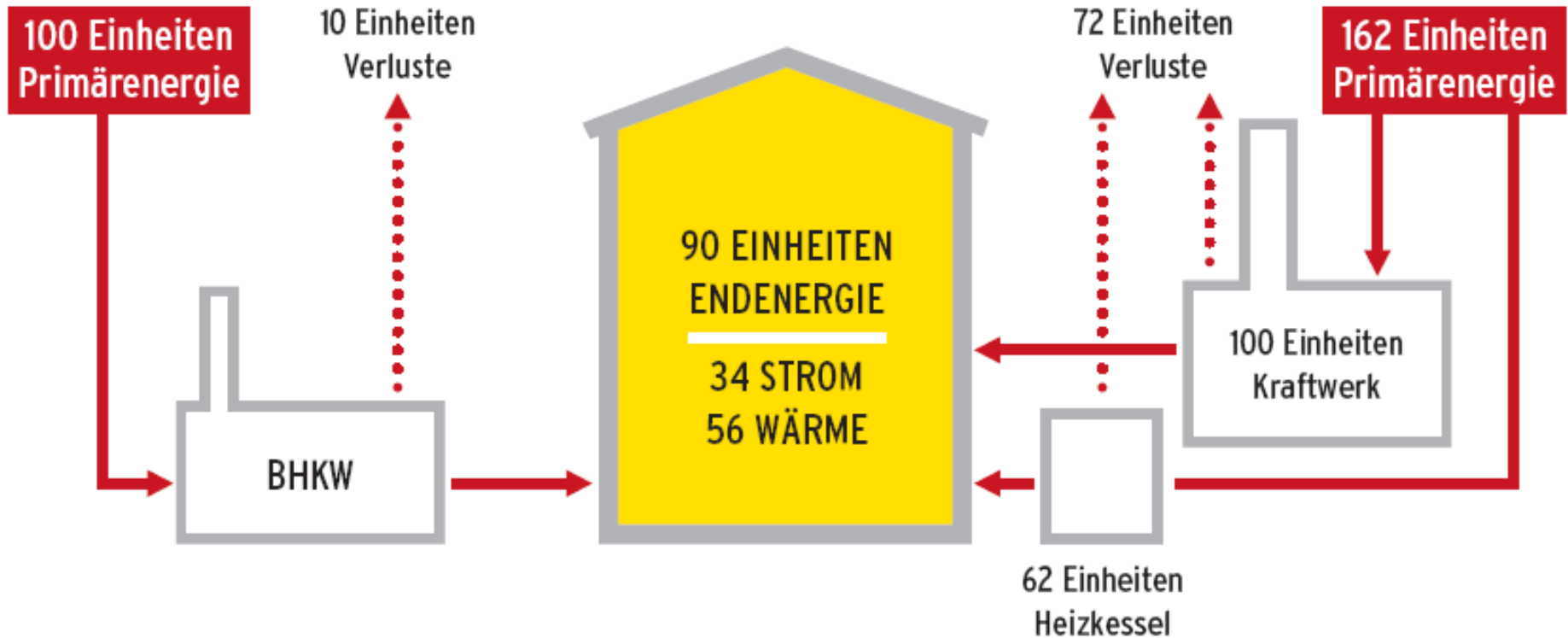


Wärmeabgabe an Kühlwasser und Abgas erfolgt auf **hohem Temperaturniveau**. Das ist **schlecht für den Wirkungsgrad**. Aber man kann **die Abwärme noch direkt weiter verwerten**



# Offizielles Werbebild des BMU:

## ENERGIEERZEUGUNG IM BHKW UND KONVENTIONELL



**Ergebnis durch das BHKW** (vermutlich bzgl. BRD- StromMix) :

**38% PE-Einsparung**

**34% CO2 Einsparung**

# Schlussfolgerung in der BMU – Broschüre:

## KWK ist eine der wirksamsten Maßnahmen

zur Einsparung von **Primärenergie** und

zur Vermeidung von klimaschädlichem **Kohlendioxid!**

## Deshalb hat die Bundesregierung beschlossen,

den KWK-Anteil an der Stromerzeugung

**bis zum Jahre 2020 auf 25 % zu verdoppeln.**

und fördert **Investition und Betrieb der KWK**  
**mit jährlichen Milliardenbeträgen**

# Korrekte Vergleiche ?

Gleicher Primärenergieträger  
Modern Technik auf beiden Seiten  
GUD + Brennwerttechnik  
Alternative: Wärmepumpe

## Man sollte aber nicht Äpfel mit Birnen vergleichen, denn:

Ein korrekter Vergleich setzt **für beide Seiten** voraus:

- **gleicher Primärenergieträger**, z.B. Erdgas  
(vgl. hierzu auch Richtlinie EU 2004/8/EG; Anhang III )
- **moderne Technik**, zumindest aktueller Stand der Technik  
( z.B.: **GUD – Kraftwerk , Brennwertkessel** )

Auch naheliegende technische Alternativen in Vergleich einbeziehen:

- **Brennwert- Mini - BHKW** (dezentral)
- **Wärmepumpe mit Niedertemperatur - Heizflächen**

Zitat aus **EU Richtlinie 2004/8/EG**

Anhang III „Verfahren zur Bestimmung der Effizienz des KWK-Prozesses

f) *Wirkungsgrad-Referenzwerte für die getrennte Erzeugung von Strom und Wärme*

.....

Die **Wirkungsgrad-Referenzwerte**

werden nach **folgenden Grundsätzen** berechnet:

1. Beim Vergleich von KWK-Blöcken gemäß Artikel 3 mit Anlagen zur getrennten Stromerzeugung gilt der Grundsatz, dass

**die gleichen Kategorien von Primärenergieträgern**

verglichen werden.

2. Jeder KWK-Block wird **mit der besten**, im Jahr des Baus dieses KWK-Blocks auf dem Markt erhältlichen und

**wirtschaftlich vertretbaren Technologie**

für die getrennte Erzeugung von Wärme und Strom verglichen.

3. ...

4. ...

## Beispiel: GUD - Irsching

Moderne GUD erreichen:  $\eta_{el} = 60\%$

### Daten und Fakten

	Block 4	Block 5
Brennstoff	Erdgas	Erdgas
Elektrische Leistung	540 MW brutto	860 MW brutto
Wirkungsgrad	<u>&gt; 60 %</u>	<u>ca. 58 %</u>
Inbetriebnahme	2011	2009
Investition	500 Mio. Euro (gemeinsam mit Siemens)	400 Mio. Euro

MW: Megawatt

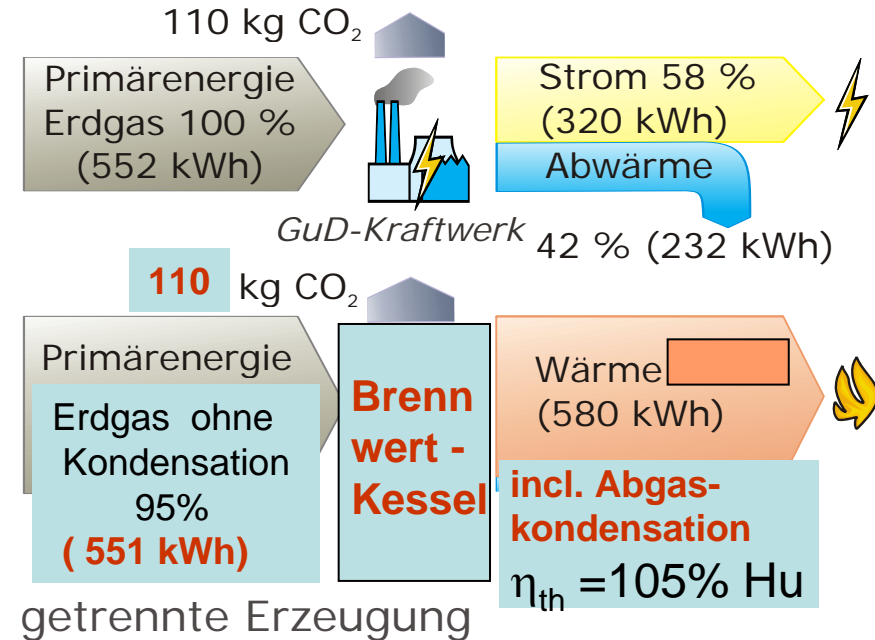
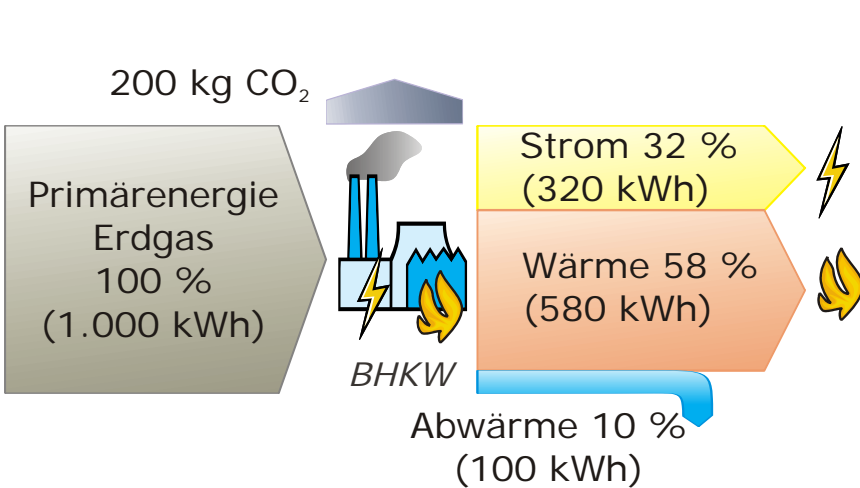
 Kraftwerke

Kraftwerk Irsching **Neubau**



Korrekt, optimal und sogar wirklichkeitsnah:

# Bezug auf Erdgas GUD + Brennwertkessel



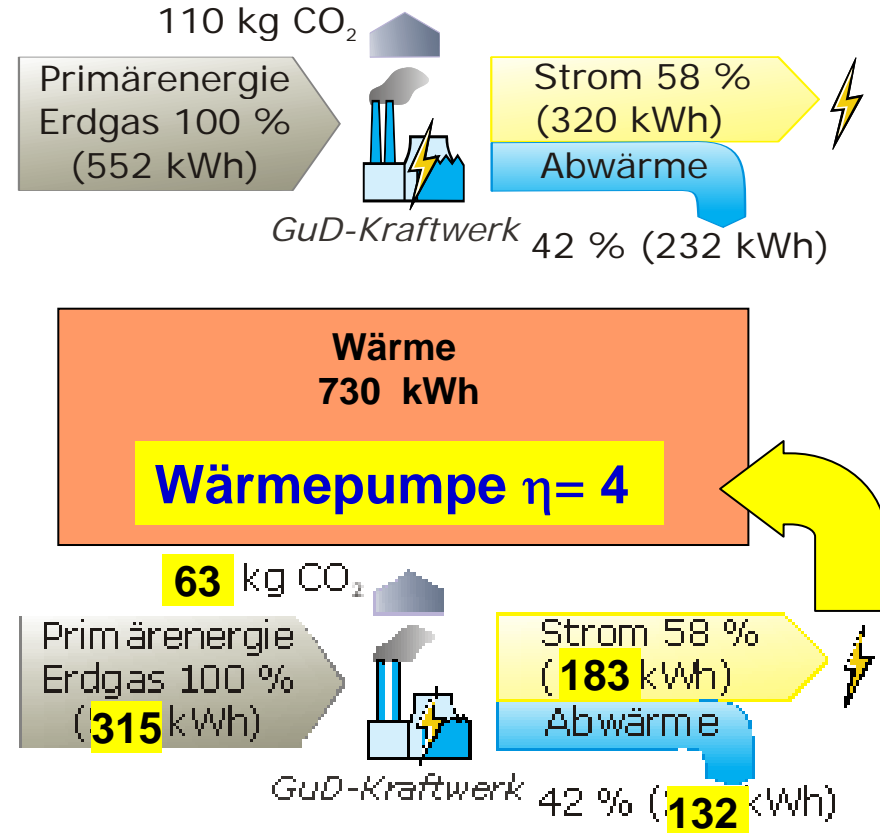
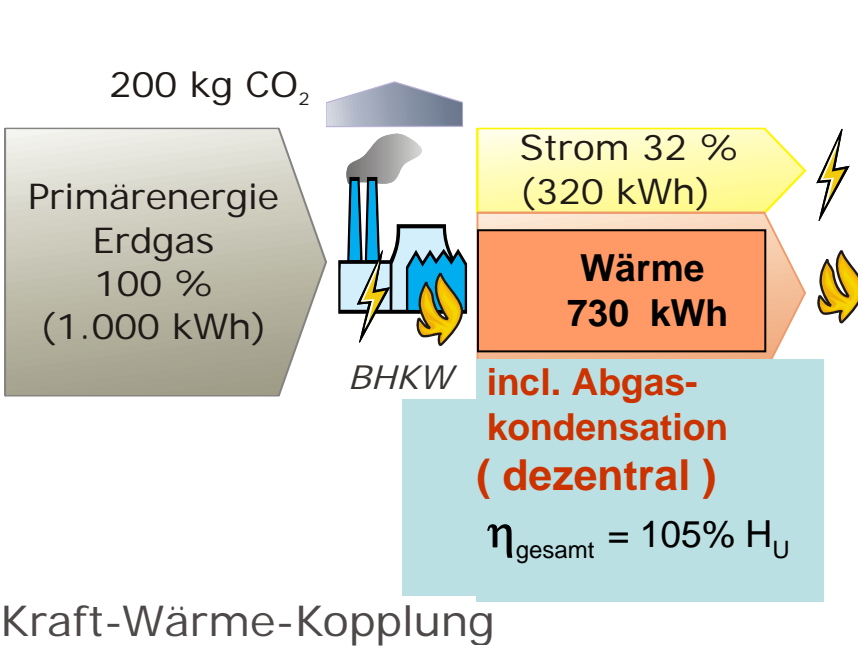
Kraft-Wärme-Kopplung

**Ergebnis durch das Erdgas -BHKW (bzgl. Erdgas- GUD + BrennwertKessel :**

**9 % PE-Einsparung** [ = (1 - 1000/ (552 + 551)) ] {vergleiche BMU: 38 % weniger PE}

**9 % CO2 Einsparung** [ = (1 - 200/(110 +110)) ]

# Bezug auf Erdgas GUD + Wärmepumpe



Ergebnis durch das Brennvwert-BHKW (bzgl. GUD + Wärmepumpe)

- 15.5 % , PE- Mehrverbrauch !

$$[ = (1 - 1000 / (552 + 315)) ]$$

- 15.5 % , CO2 Mehremission !

$$[ = (1 - 200 / (110 + 63)) ]$$



# Förderung der KWK in der BRD

In der BRD werden nur **hocheffiziente** KWK –Anlagen gefördert

## EU Richtlinie 2004/8/EG

.....

(11) **Hocheffiziente KWK** wird in dieser Richtlinie als der Umfang der Energieeinsparungen durch die kombinierte anstatt der getrennten Produktion von Wärme und Strom definiert. Energieeinsparungen von mehr als **10 %** gelten als „**hocheffizient**“.

Zur Maximierung der Energieeinsparungen und um zu vermeiden, dass **Energieeinsparungen zunichte** gemacht werden muss den **Betriebsbedingungen von KWK-Blöcken** die größte Aufmerksamkeit gelten.

.....

## Vergleichswerte für getrennte Erzeugung:

Auslese aus der

**Richtlinie 2007/74/EG** für Erdgas

## Tatsächliche Marktwerte

GUD

**60 %**

Brennwert-  
Kessel

**105%**

getrennte Erzeugung von **Strom**

Baujahr:		2005	2006-2011
Art des Brennstoffs:			
<b>Erdgas</b>		52,4	<b>52,5</b>

getrennte Erzeugung von **Wärme**

Art des Brennstoffs:		Dampf (*) / <b>Heiß- wasser</b>
<b>Erdgas</b>		<b>90%</b>



## Zusammenfassung KWK:

1. Der Vorteil einer **zentralen KWK zur Siedlungsversorgung** ist selbst unter idealer Betriebsweise bescheiden und **rechtfertigt keine extreme Förderung**.
2. Der beliebte alleinige Hinweis auf den **Gesamtwirkungsgrad (Strom + Wärme) beim BHKW** und auf den **elektrischen Wirkungsgrad (nur Strom) beim Kraftwerk** ist eine reine **Volks-Verdummung**.
3. Es gibt im industriellen Bereich durchaus sehr vernünftige **KWK -Anwendungen** .
4. **Dezentrale Brennwert Mini-BHKW**, mit **Wärmenutzung vor Ort**, sind sehr interessant, **sofern sie nur (!!!) wärmegeführt betrieben werden**.
5. Die **Förderung** der KWK –Anlagen ist **extrem anspruchslos**: sie werden selbst dann noch gefördert, wenn sie **mehr Energie** verbrauchen **als** ihre Alternative **{GUD + Brennwertkessel}**.

Optimale Erdgaseinsatz aber immer noch:

6. **Zentrales mittelgroßes (300 MW) GUD –Kraftwerk** und **Wärmepumpe mit NT-Flächenheizung**

3.

Anhang

einige

**Trendbrecher  
zur CO<sub>2</sub>-Einsparung**

# Strom aus Sonnenwärme

-

Solarthermische Kraftwerke



# Solare Erwärmung des Arbeitsstoffes eines Dampfkraftwerkes

## 1. Konzentrierende Solarkollektoren, da höhere **Temperaturen** erforderlich

- **Spiegel oder Linsen als Auffangflächen** ( das ist billiger als PV –Module)
- **Nur das direkte Sonnenlicht** wird genutzt
- **Nachführung** der Auffangfläche

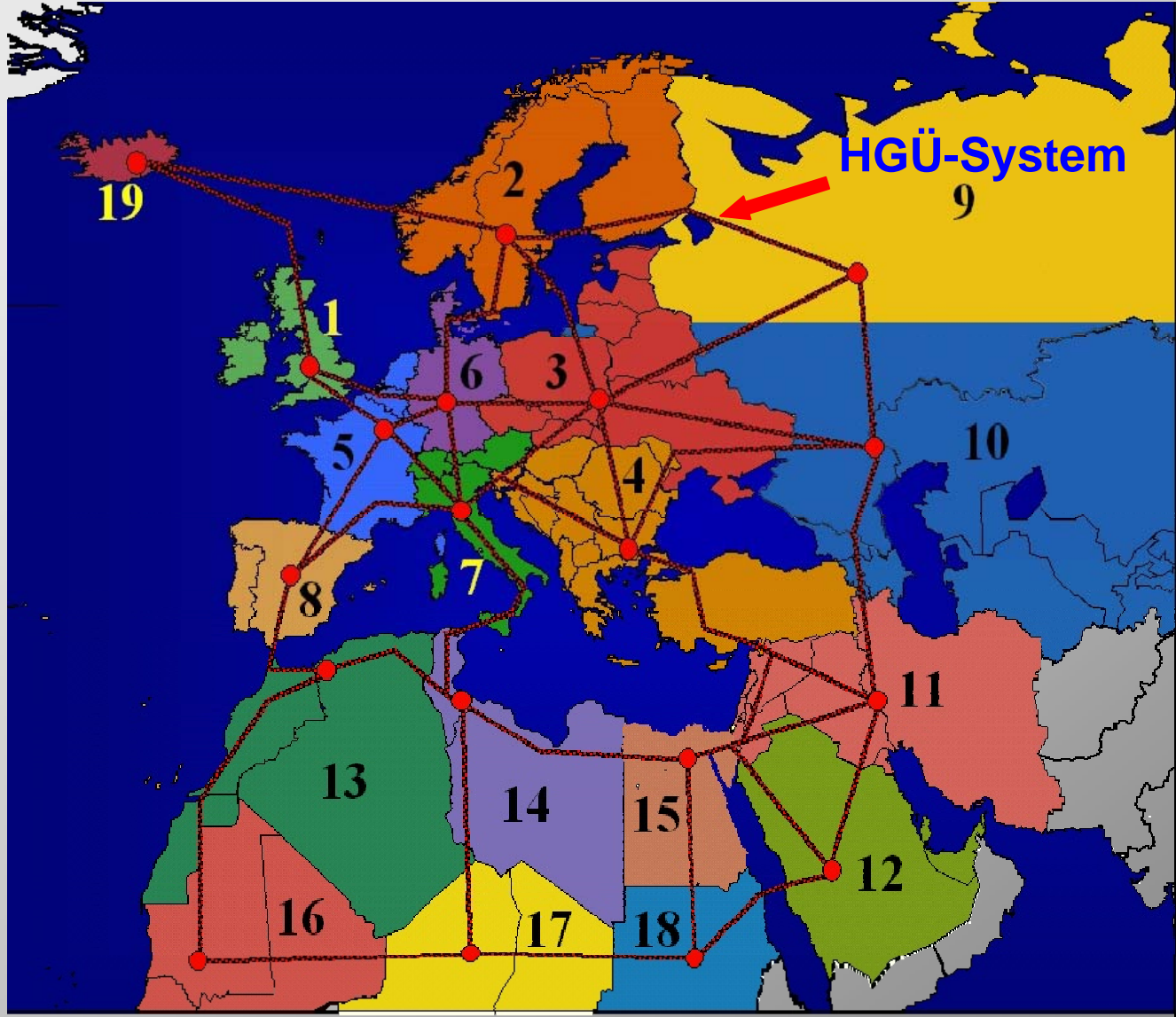
Das geht aber sehr viel besser in Sonnenländern als in unseren Breiten.

## 2. Einbindung in Kraftwerksprozess ermöglicht:

- **kurzzeitige Zwischenspeicherung von Wärme**
- **Hybridbetrieb mit fossilem Brennstoff (H<sub>2</sub>? , Biomasse? ) möglich**  
(Solaranlage ist sozusagen ein alternativer Kessel )



# Mögliches Stromversorgungsgebiet



Bevölkerung ca.  
1,1 Mrd. Einwohner

Stromverbrauch  
4000 TWh/a

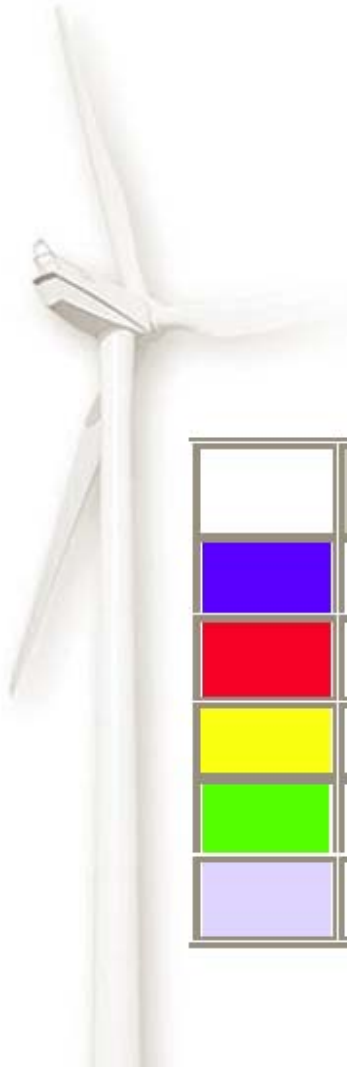
Größte Distanz  
8000 km






( Nordwest-Sibirien  
↔  
Süd-Mauretanien )

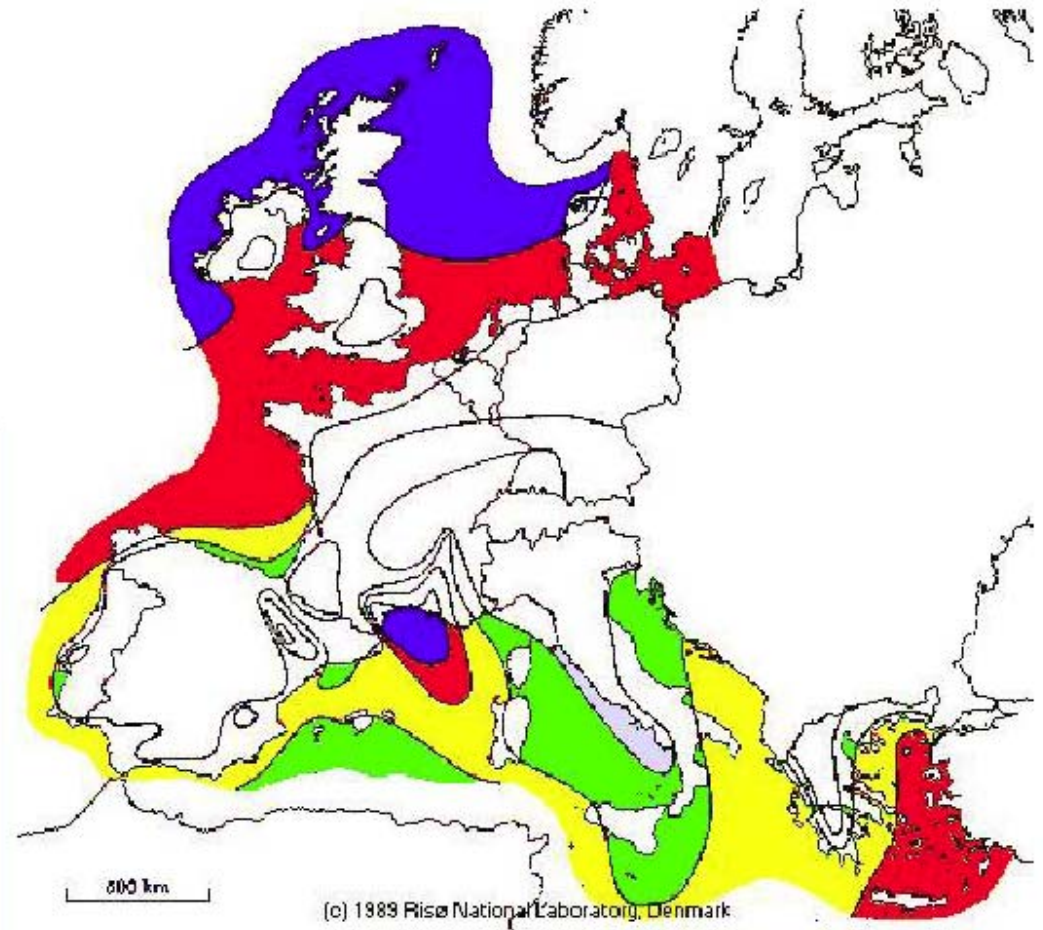


Wind

# Offshore Wind



	50 m ms <sup>-1</sup>	100 m ms <sup>-1</sup>
	> 9.0	> 10.0
	8.0-9.0	8.5-10.0
	7.0-8.0	7.5-8.5
	5.5-7.0	6.0-7.5
	< 5.5	< 6.0



# 2007 AD: „Beatrice“, 5 MW-Repower WKA vor Schottlands Küs



# Horns Rev

2002 AD: 160 MW Wind Farm in der Nordsee

80 \* 2 MW Vesta



Horns Rev Wind Farm (Denmark) - Rated Power 160 MW – Water Depth 10-15m

**BQuelle:** Paul D. Sclavounos, MIT

[http://web.mit.edu/ese/energy\\_docs/deep\\_water\\_offshore\\_wind\\_energy.ppt](http://web.mit.edu/ese/energy_docs/deep_water_offshore_wind_energy.ppt)

# Stand der deutschen Offshore Windparks Ende 2008

45 km

vor der

Insel  
Borkum



steht **jetzt schon mal das Umspannwerk** in der  
dort fast **40 m tiefen Nordsee.**

# Energieeinsparung beim Verbrauch

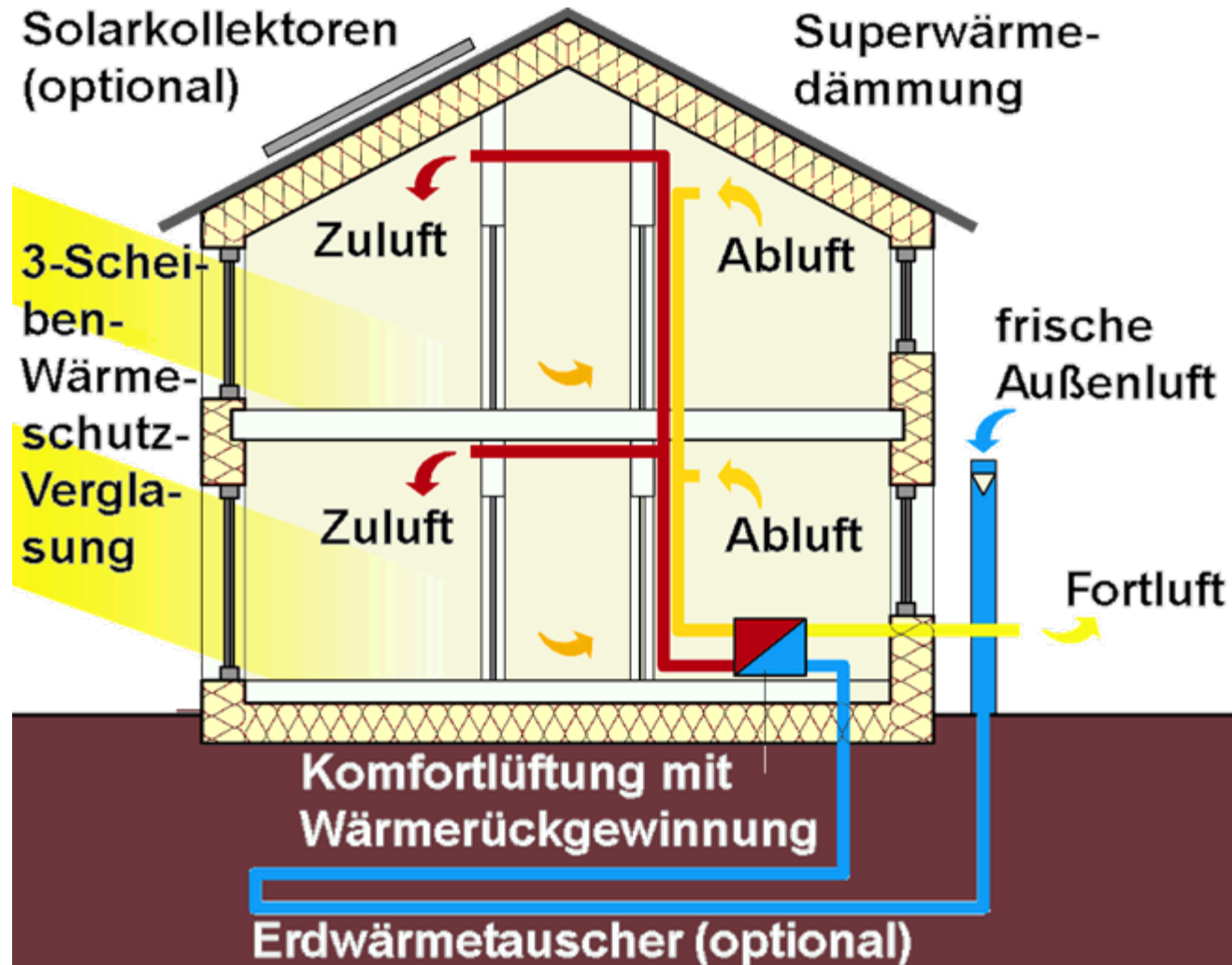
## 1. Grundsätzlich vorhandene Einsparpotentiale

- Licht
- Kommunikation (PC)
- Standby-Verluste
- Elektrische Antriebe
- Personenkraftwagen
- Raumwärme



## 2. Tatsächliche Minderungsraten im Gebäudebereich

# Beispiel Raumwärme: **Passivhausstandard**



## 4. Schlussfolgerungen



## Zusammenfassung:

1. Das **2005 Ziel (- 25% CO<sub>2</sub>)** wurde **grandios verfehlt**.
2. Das schwache 2008/12 **Kyoto - Ziel (- 21% CO<sub>2,eq</sub>)** wird **vermutlich erreicht**.
3. Das **2020 Ziel (- 40% CO<sub>2,eq</sub>)** erscheint aus bisheriger Erfahrung unrealistisch, könnte jedoch wg. der **hohen Energiepreise erreicht** werden.
4. **Priorität Atomausstieg kostet satte 10%** -Punkte CO<sub>2,eq</sub> .

**Wenn** sich mit dem UBA Szenario **bei Priorität AtomAusstieg 40 % weniger CO<sub>2</sub> in 2020** verwirklichen lässt, **dann** lässt sich bei Abkehr von dieser Priorität auch ein **50+% CO<sub>2</sub>-Einsparziel bis 2020 erreichen**.

5. **Kraftwärmekopplung**: Sehr Interessante Ansatzpunkte ! Die **anspruchslöse** Subventionierung führt jedoch insgesamt eher zu einem Flop.
6. Große Lösungen: **Passivhaus**, **Solarstrom-Import**, **Offshore-Wind**

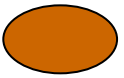
**Nicht kleckern ,**

**sondern klotzen!**

**Homepage :** <http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/>

**Reserve**

# Was tun: Ansatzpunkte zur Wende



## 1. CO2-freie Energiequellen

- **Erneuerbare Energien** ( RE =Renewable Energies)  
Wasserkraft, Wind, Biomasse, Sonne (themisch, Strom)
- **Kernenergie** ( Generation IV) ; **Kernfusion**
- **Geothermie** (Oberflächennah, Tiefe Geothermie)

## 2. CO2 Sequester und GeoEngineering

- **CCS= Carbon Capture & Storage:** in geologischen Schichten, im Meer
- **Eisendüngung zum Algenwachstum, Aufforsten**
- **Sulfat in die Stratoposhäre**

## 3. Rationelle Energieverwendung (2000 W –Gesellschaft)

- **Gleiche Energiedienstleistung mit geringerem Energieeinsatz**
- **Höhere Wirkungsgrade bei Kraftwerken, Motoren etc.**
- **Gebäude isolieren, Passivhaus**

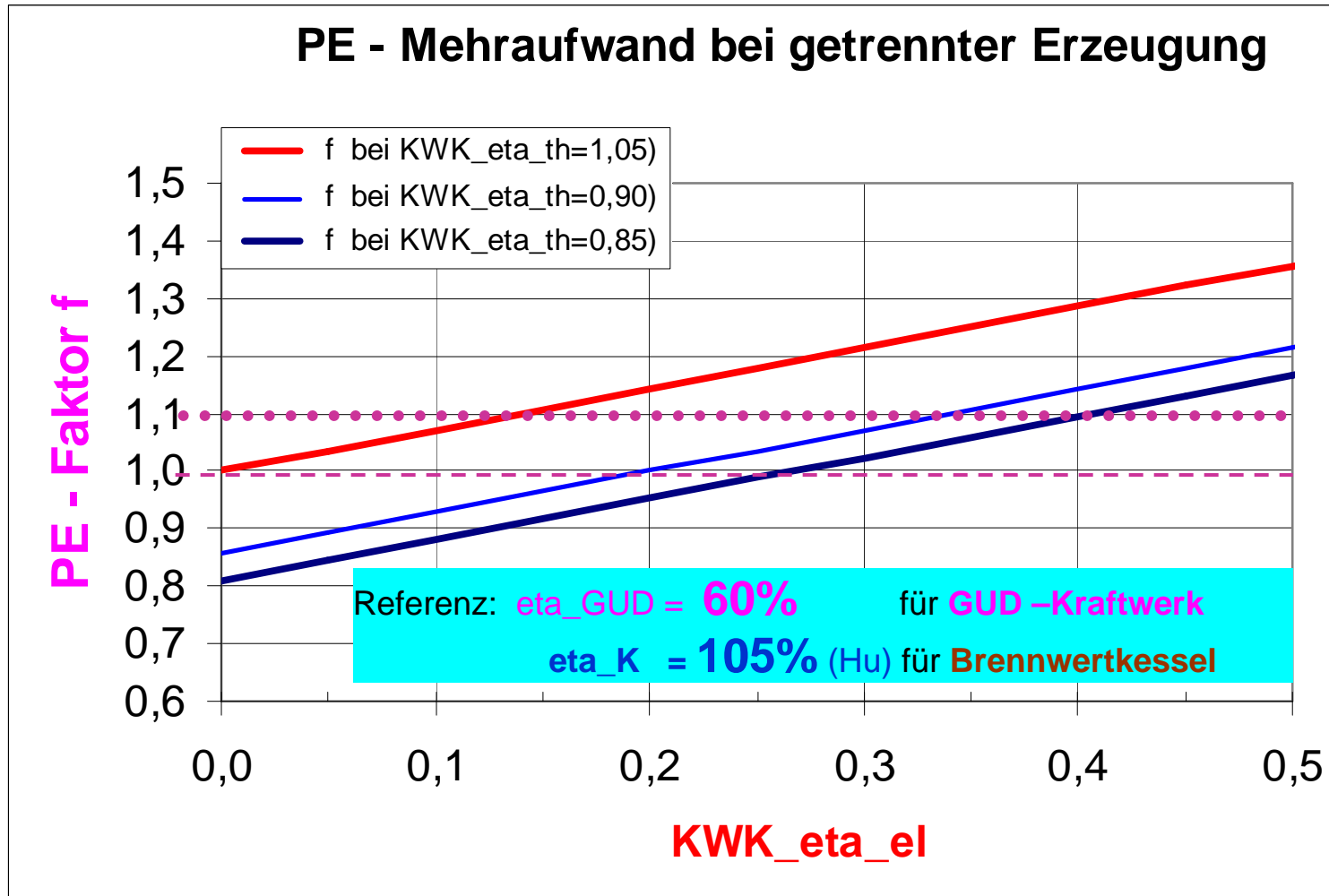
## 4. Verhaltensänderung

- **Leben mit weniger Energiedienstleistungen,**  
**aus Knappheit oder Bescheidenheit**
- **Ernährung: „Weniger Fleisch“**

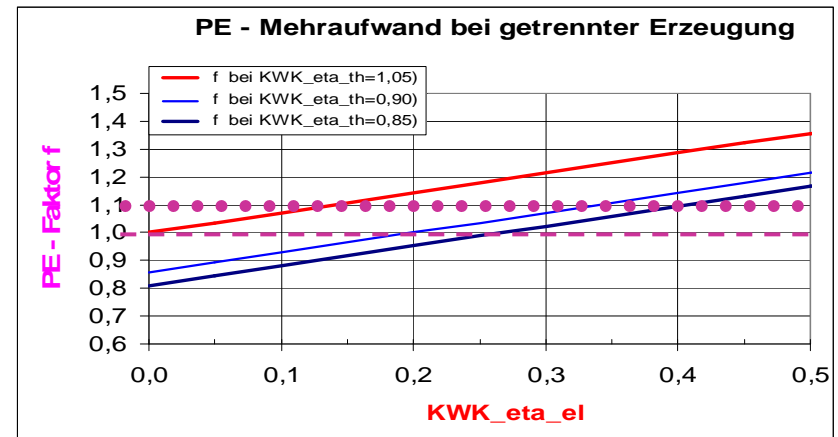
Der PE-Faktor  $f = Q_0 / Q_0^{KWK}$  für den PE-Aufwand:

$$f = \eta_{\text{gesamt}}^{\text{KWK}} / \eta_K + \eta_{\text{el}}^{\text{KWK}} * \left\{ 1 / \eta_{\text{GUD}} - 1 / \eta_K \right\} \quad (4a)$$

[ meist  $\leq 1$  ] {  $> 0$  }



Referenz:  $\eta_{\text{GUD}} = 60\%$   
 $\eta_{\text{K}} = 105\%$  (Hu)



## Folgerungen:

1. Bei der KWK sind **allenfalls dezentrale Brennanlagen wirklich interessant**
2. Bei der angemessenen und zeitgemäßen Referenz, GUD und Brennkessel, kann die KWK ohne Brennnutzung kaum noch mithalten.
3. Falls der KWK zeitweise ohne Wärmenutzung („stromgeführt“) betrieben wird, wird ihre Einsparbilanz sehr bald negativ:

das massiv subventionierte Einsparwerkzeug KWK

**verbraucht dann mehr Primärenergie**

als der marktgängige konventionelle Stand der Technik