

Klimaschutz und Energieversorgung 1990-2020 in Deutschland

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

luther.gerhard@mx.uni-saarland.de (für größere Dateien)

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

Originalstudie:

http://www.dpg-physik.de/presse/hinter/klimastudie_2005.pdf

Etwas bunter und lebendig verlinkt:

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

Klimaschutz und Energieversorgung in Deutschland 1990 - 2020

Klimaschutz und Energieversorgung

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. Wo stehen wir und was ist zu erwarten

CO2 und Energieeinsparung in BRD 1990 – 2005 und Trendverlängerung

Trendbrechende Aktivitäten: AKW-Abschaltung (+CO2),
Einsparung (-), Solarkraftwerke (-), Offshore(-)

3. Welche Mittel haben wir – einige Hoffnungsträger

Energieeinsparung : Wärmedämmung (Vakuumdämmung), Passivhaus, Pumpen

Herkömmliche Energie: Moderne Kraftwerke (GUD)

CO2 Sequester : „gar nicht so teuer“, aber: 1/3 mehr Stromerzeugung , LieferEngpässe?

Kernenergie : Leichtwasser mit Sicherheits-, Entsorgungs und Proliferationsproblem
Generation 3 (EPR), Generation 4

Kernfusion : Iter

Regenerative Energieträger: Sonne (Wärme, Biomasse, PV, Solartherm. Kraftwerke, Wind)

Politische und ökonomische Werkzeuge: (Kyoto Protokoll , EnEV, EEG)



Klimaschutz und Energieversorgung

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. Wo stehen wir und was ist zu erwarten

2.1 CO2 und Energieeinsparung in BRD 1990 – 2005 und Trendverlängerung

.10 Minderungsziele; .11 Das nationale Ziel **2005** ; .12 Kyoto-Protokoll 2010 .13 Angestrebtes Ziel 2020:

2.2 Trendbrechende Aktivitäten:

2.2a Zum Reizthema: Vorzeitiges Abschalten der AKW's

3. Welche Mittel haben wir – einige Hoffnungsträger

3.1 Offshore Wind

3.2 Energieeinsparung beim Verbrauch

- .21 Grundsätzlich vorhandene Einsparpotentiale,
Beispiel Raumwärme: _1 Passivhausstandard, _2 Vakuum Isolationspaneele
- .22 tatsächliche Minderungsraten im Gebäudebereich

3.3 Fossile Kraftwerke hoher Effizienz

3.4 Fossile Kraftwerke mit CO2- Sequester

3.5 Solarthermische Kraftwerke

[**Politische und ökonomische Werkzeuge:**(Kyoto Protokoll , EnEV, EEG)], [4. Kernkraftwerke mit neuen Visionen]

Zusammenfassung

1. Der Problemdruck - Warum müssen wir handeln

1.1 Ein Entwicklungsproblem

Bevölkerungswachstum

Wohlstand für alle (zumindest für viele)

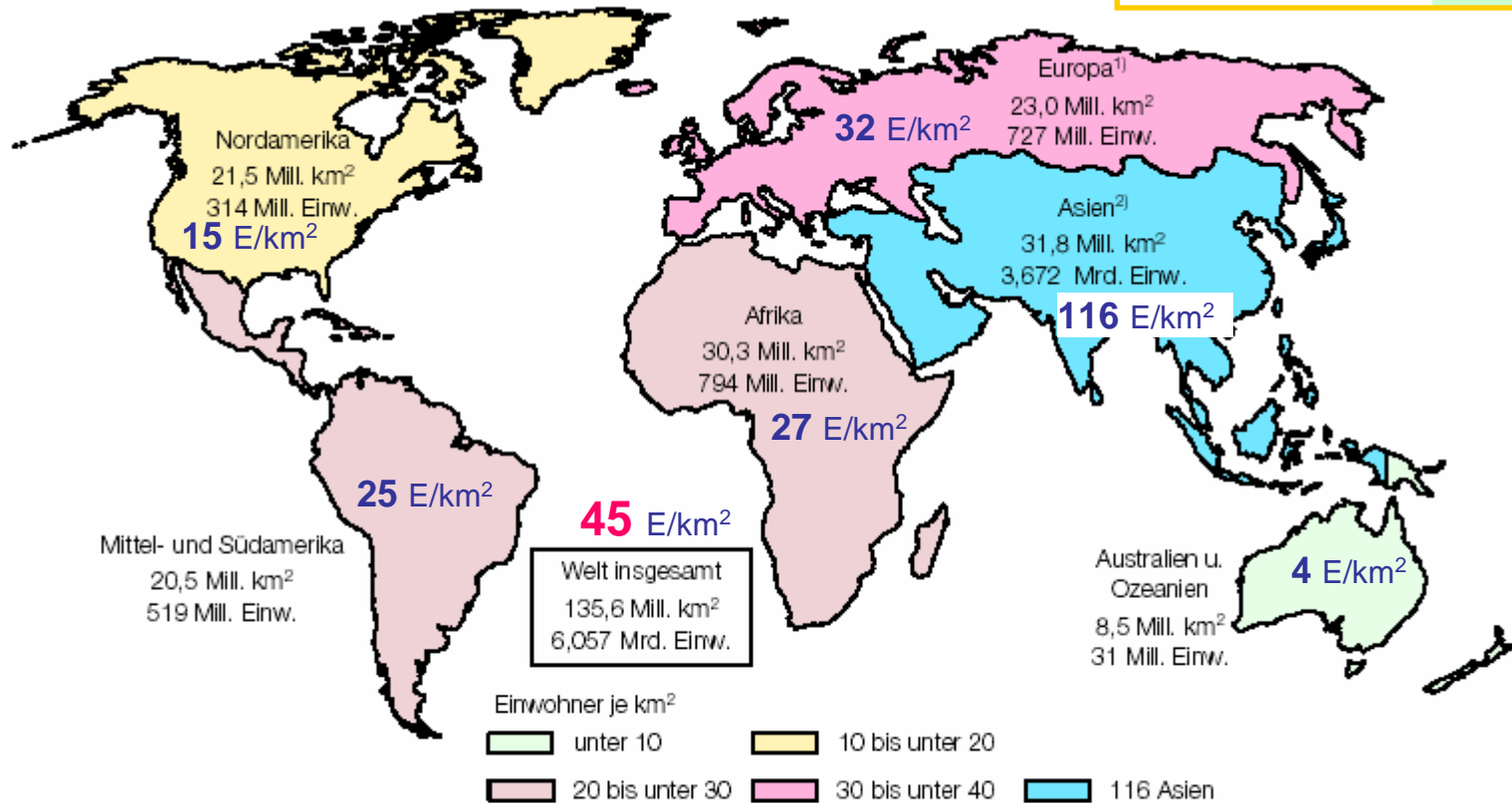
1.2 Ein Energieproblem

1.3 Ein Klimaproblem

2. Wo stehen wir und was ist zu erwarten

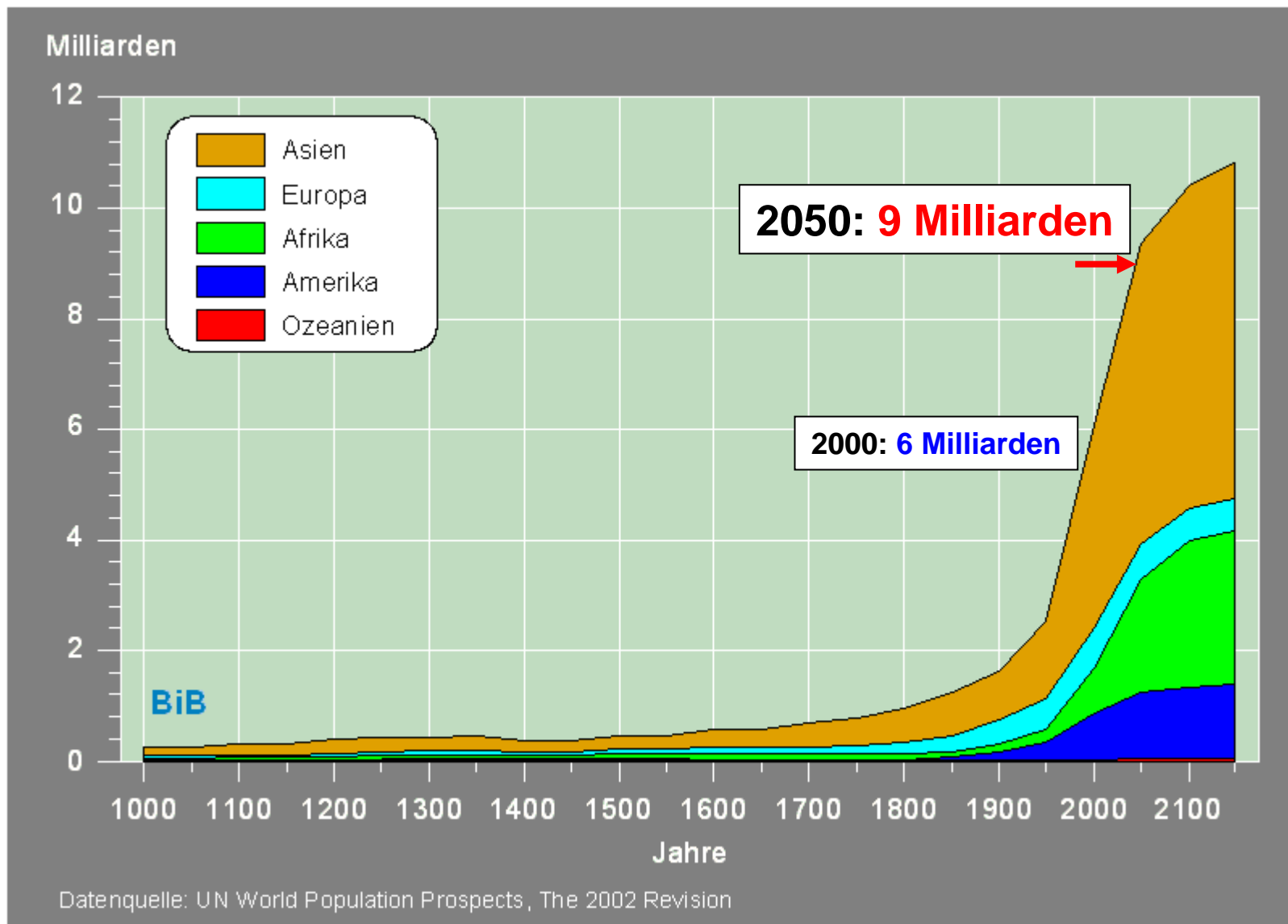
3. Welche Mittel haben wir – einige Hoffnungsträger

Weltbevölkerung 2000, Einwohner je km²



1) Einschl. des asiatischen Teils der Russischen Föderation. – 2) Einschl. der Angaben für die Türkei und Zypern sowie des ozeanischen Teils von Indonesien. Ohne asiatischen Teil der Russischen Föderation.

Weltbevölkerung wächst noch auf ca. 11 G Menschen



Wohlstand für alle

(zumindest für sehr viele)

Indikatoren: **Energiehunger**

in aufstrebenden neuen Industriestaaten wie **China, Indien**, Brasilien
und vielen anderen Ländern.

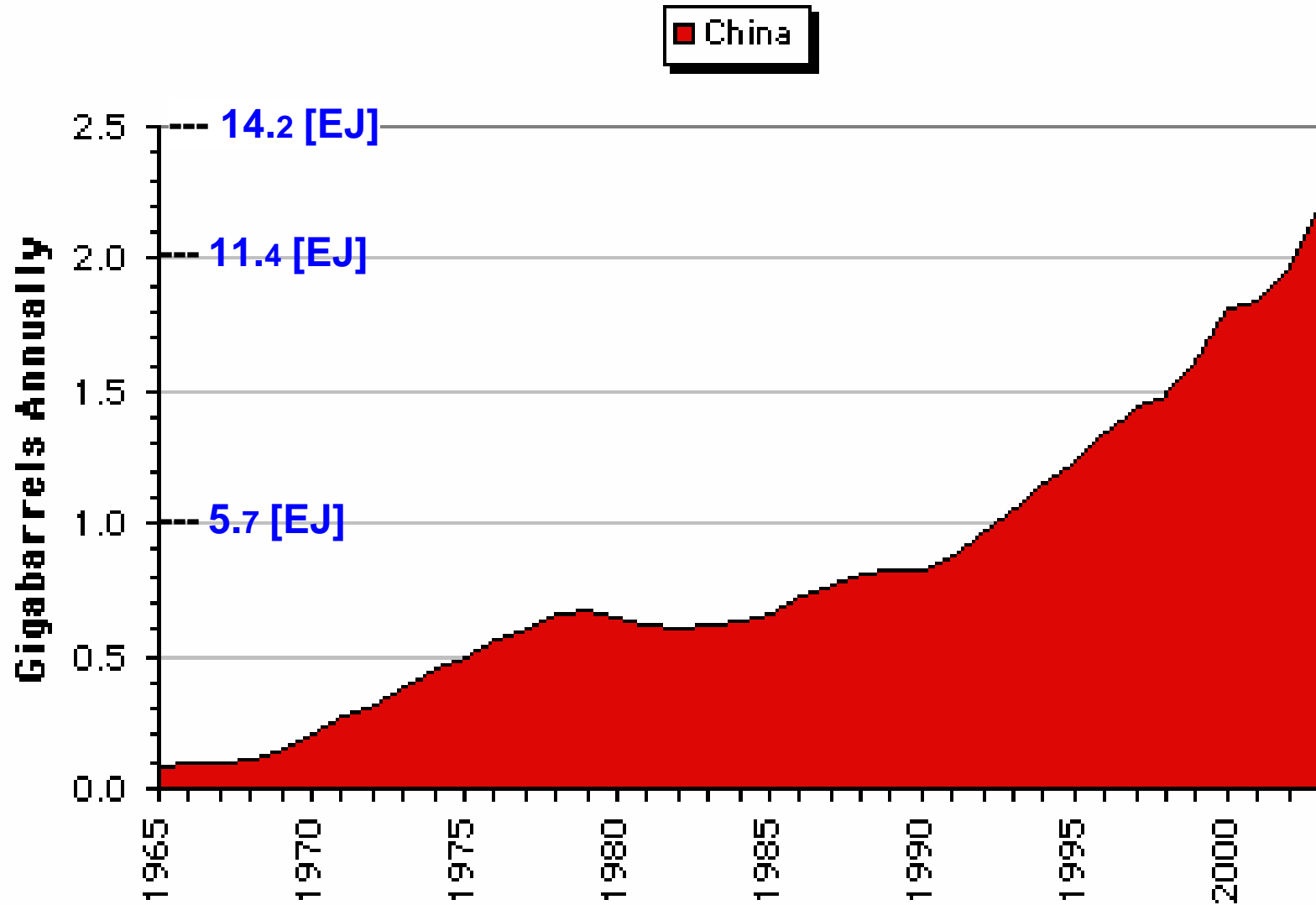
Stahlerzeugung

Bem.: aus „**Unterentwickelten Länder**“

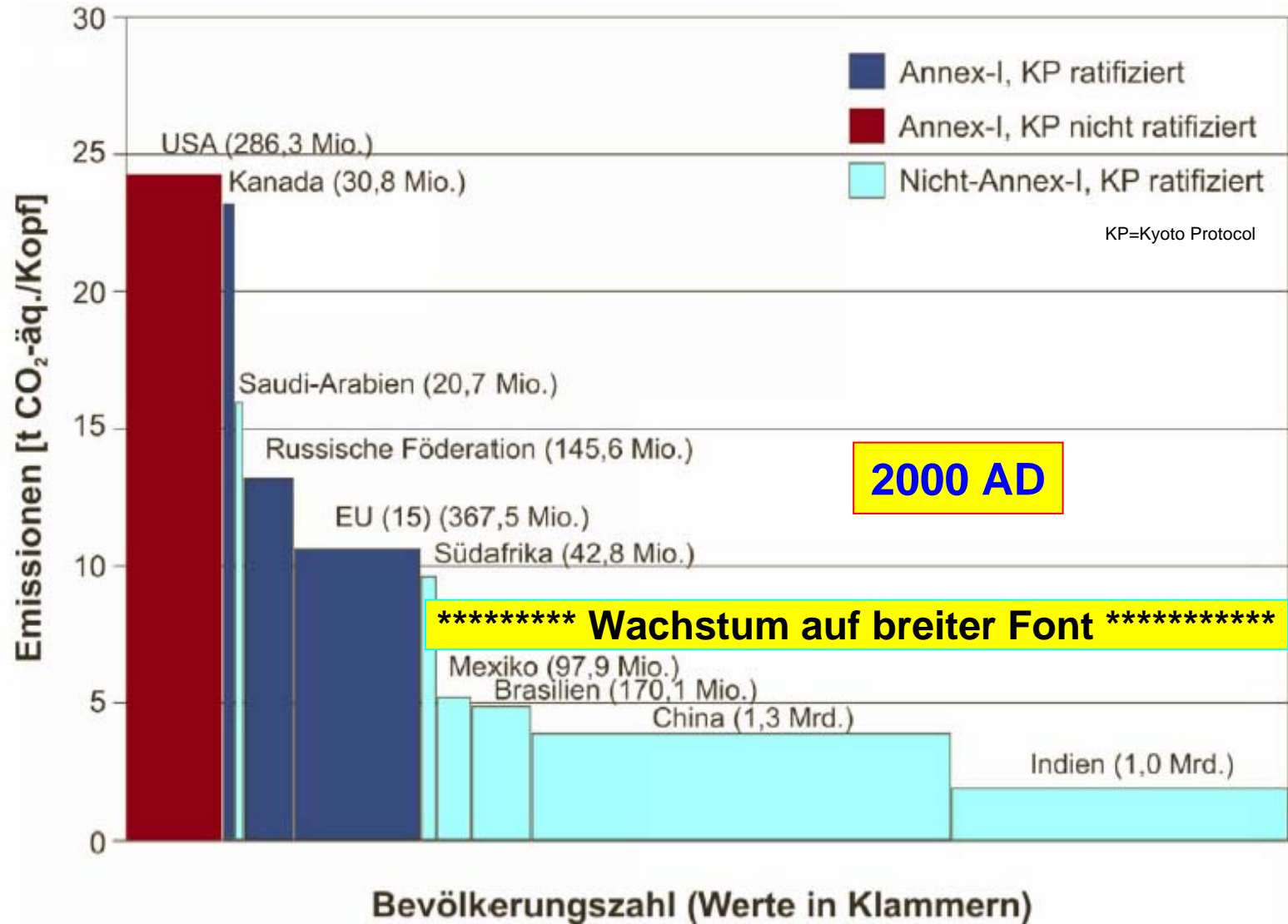
sind „**Entwicklungsländer**“ geworden .

Und **nun entwickeln sich einige** auch recht stürmisch.

Oil Consumption, China



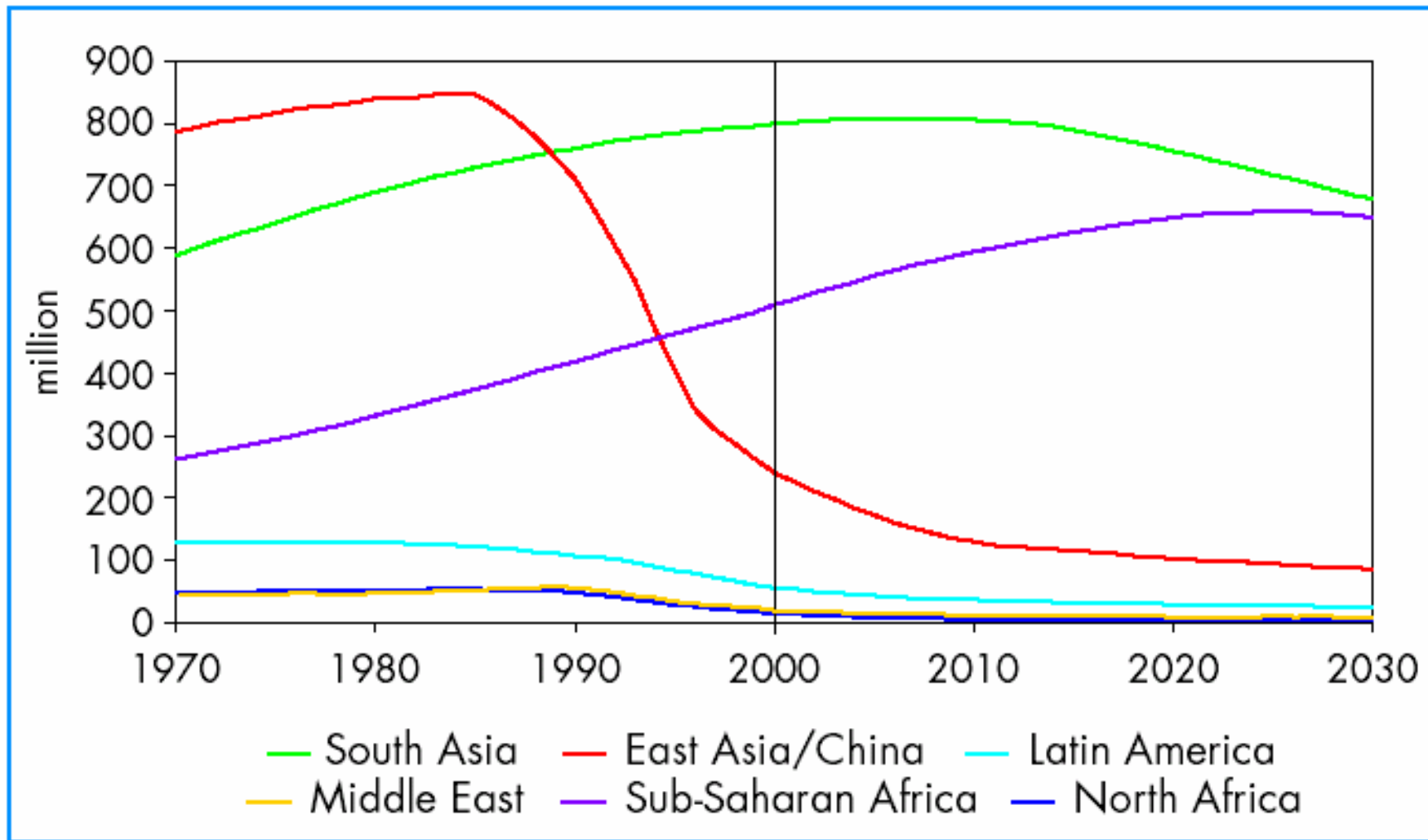
Treibhausgasemissionen pro Kopf und Bevölkerungszahl



Quelle: Daten nach CAIT, World Resources Institute, <http://cait.wri.org>

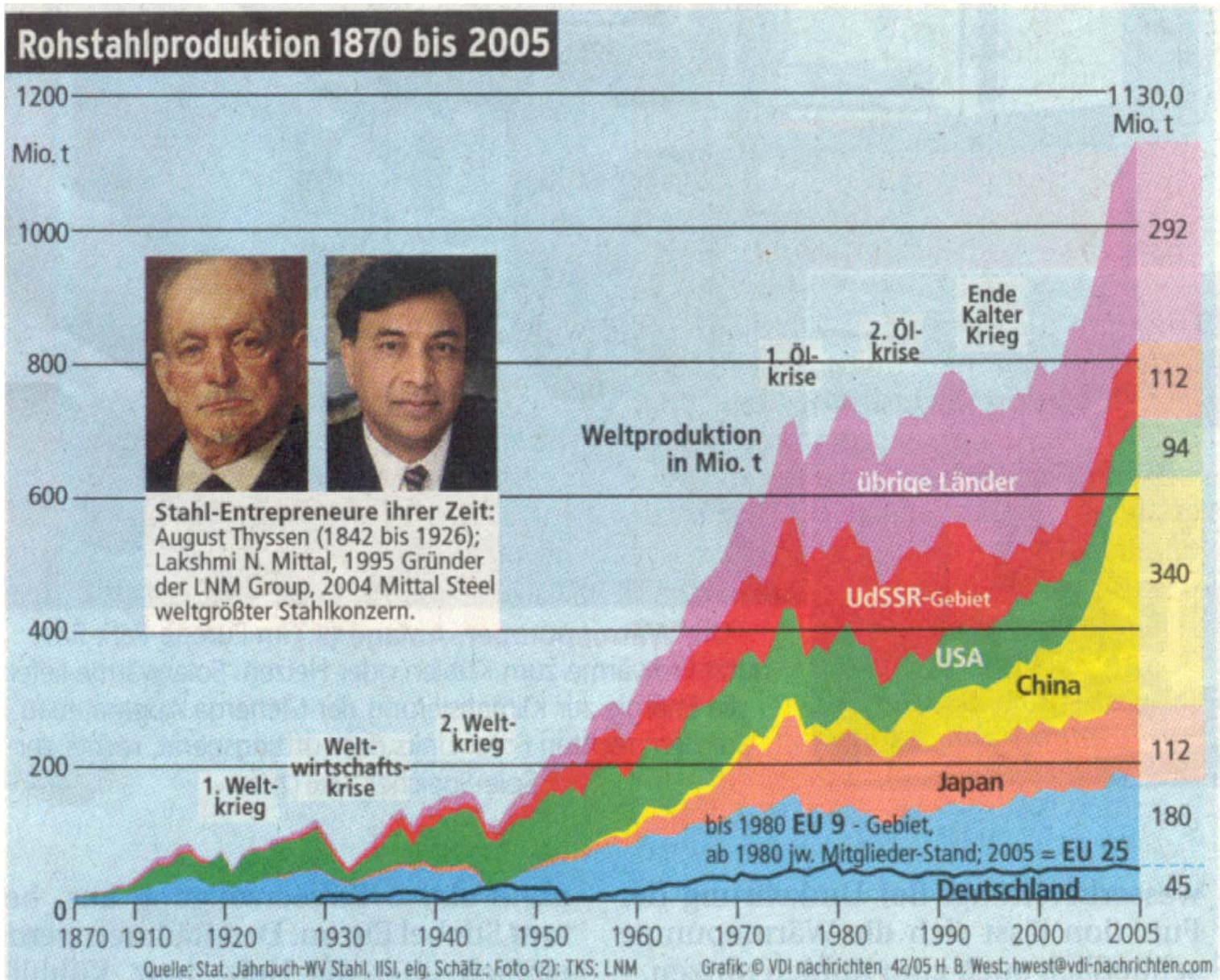
BQuelle: UBA: „21 Thesen zur Klimaschutzpolitik des 21. Jahrhunderts und ihre Begründungen“, Climate Change Heft 06/2005 (ISSN 1611-8855), Abb.10, p.40

Numbers of People without Electricity, 1970-2000





Die Welt - Industrialisierung hat gerade erst begonnen



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. Wo stehen wir und was ist zu erwarten

3. Welche Mittel haben wir – einige Hoffnungsträger

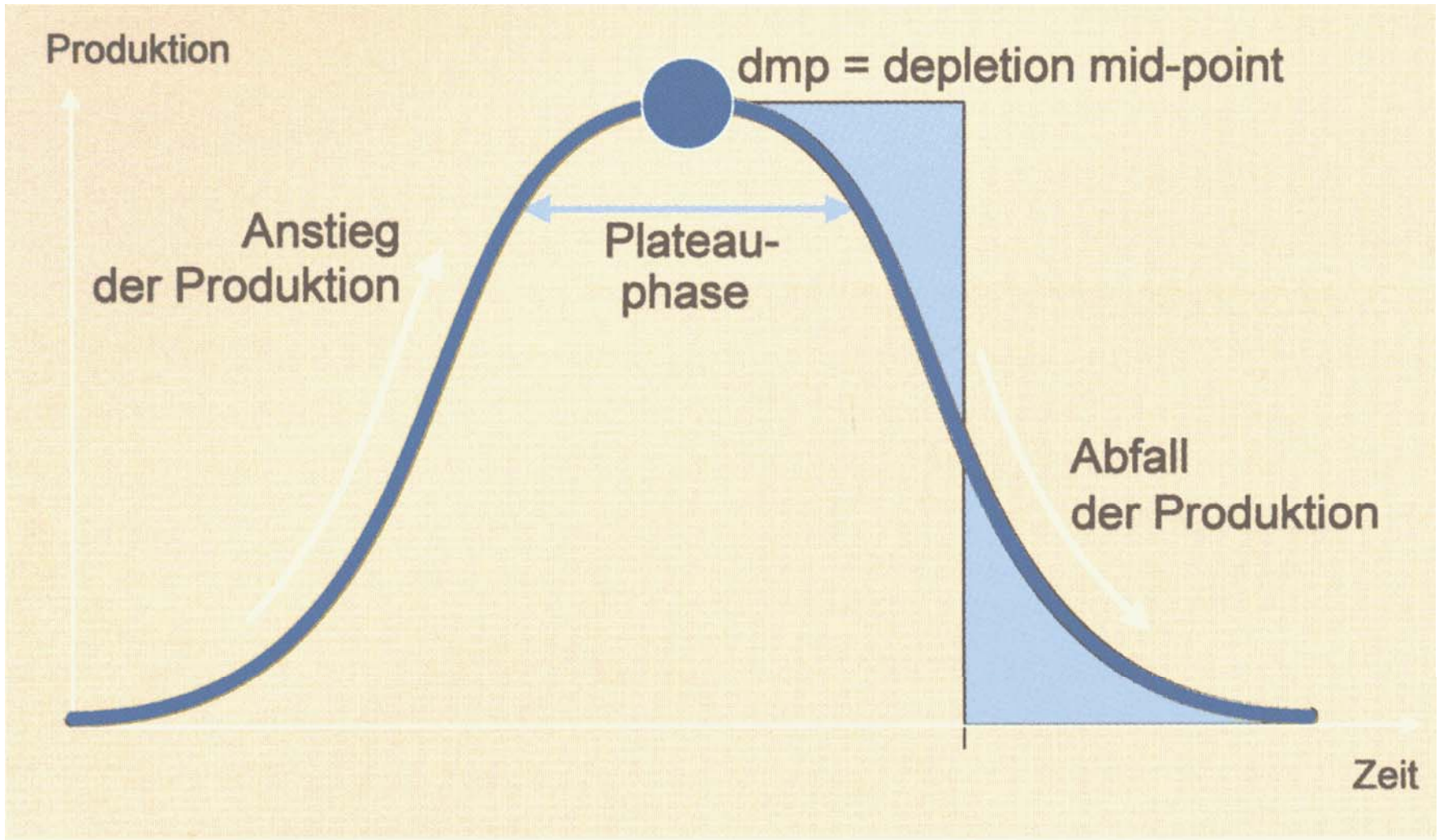
Reserven, Ressourcen und Reichweiten

Wie lange gibt es noch Erdöl und Erdgas?

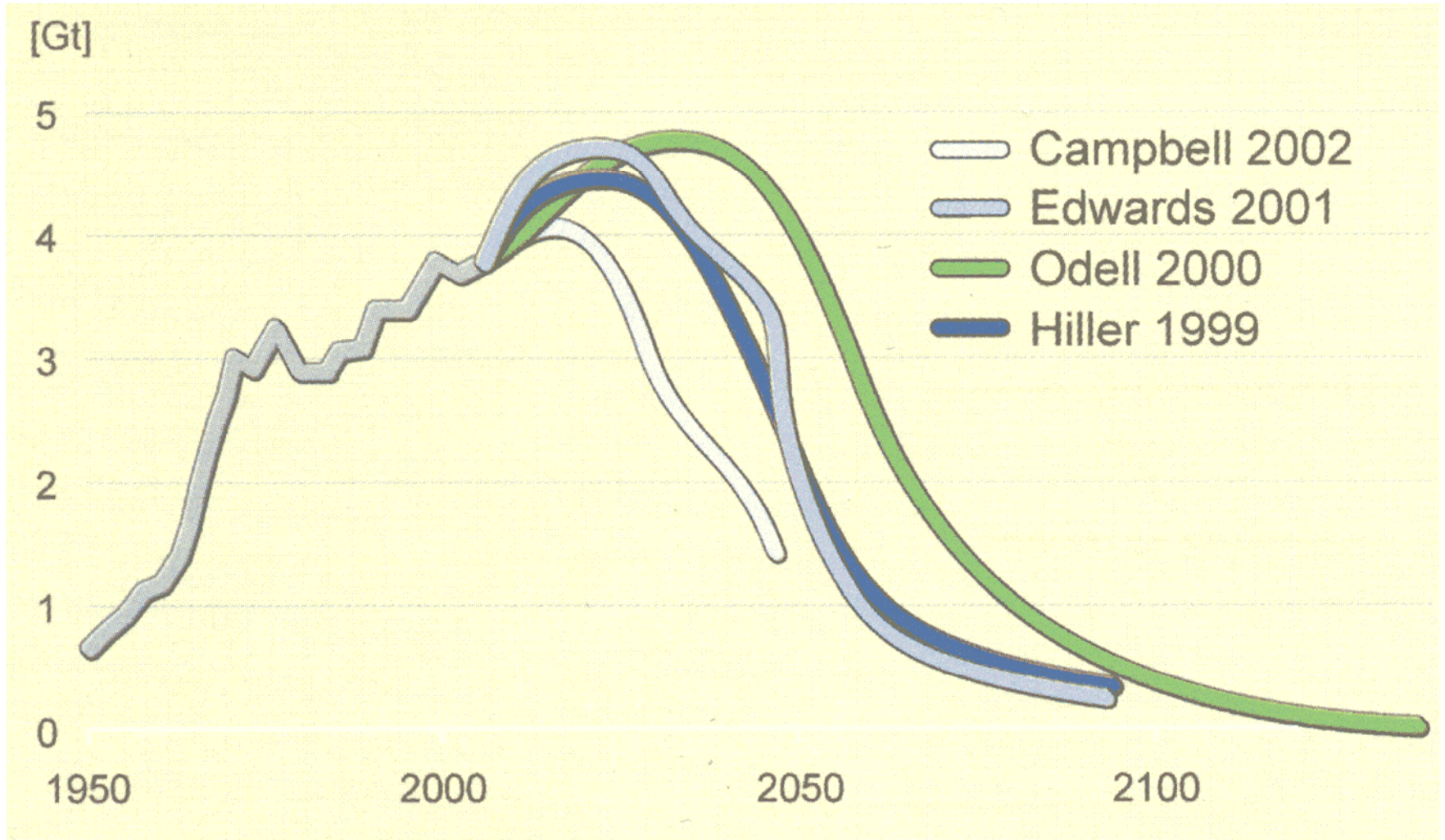
JOHANNES PETER GERLING |
FRIEDRICH-WILHELM WELLMER



Rohstoff - Förderung



Prognosen für Erdöl



Das Wachstum der Reserven



Problem: Regelmäßig liest man, dass die Erdölvorräte erneut gestiegen seien.
Dennoch gibt es kaum Neufunde.

Bei Neufunden wird zunächst eine eher konservative Schätzung gemacht.
Mit zunehmender Ausbeutung und Erkundung der Lagerstätte
weiß man besser Bescheid und kann die Angabe der Reserven nach oben korrigieren.

Frage: **Rückdatierung ja oder nein**

Entsprechend der zeitlichen Einordnung von Reservenzuwächsen
verändern sich die Aussagen zur Explorationseffizienz

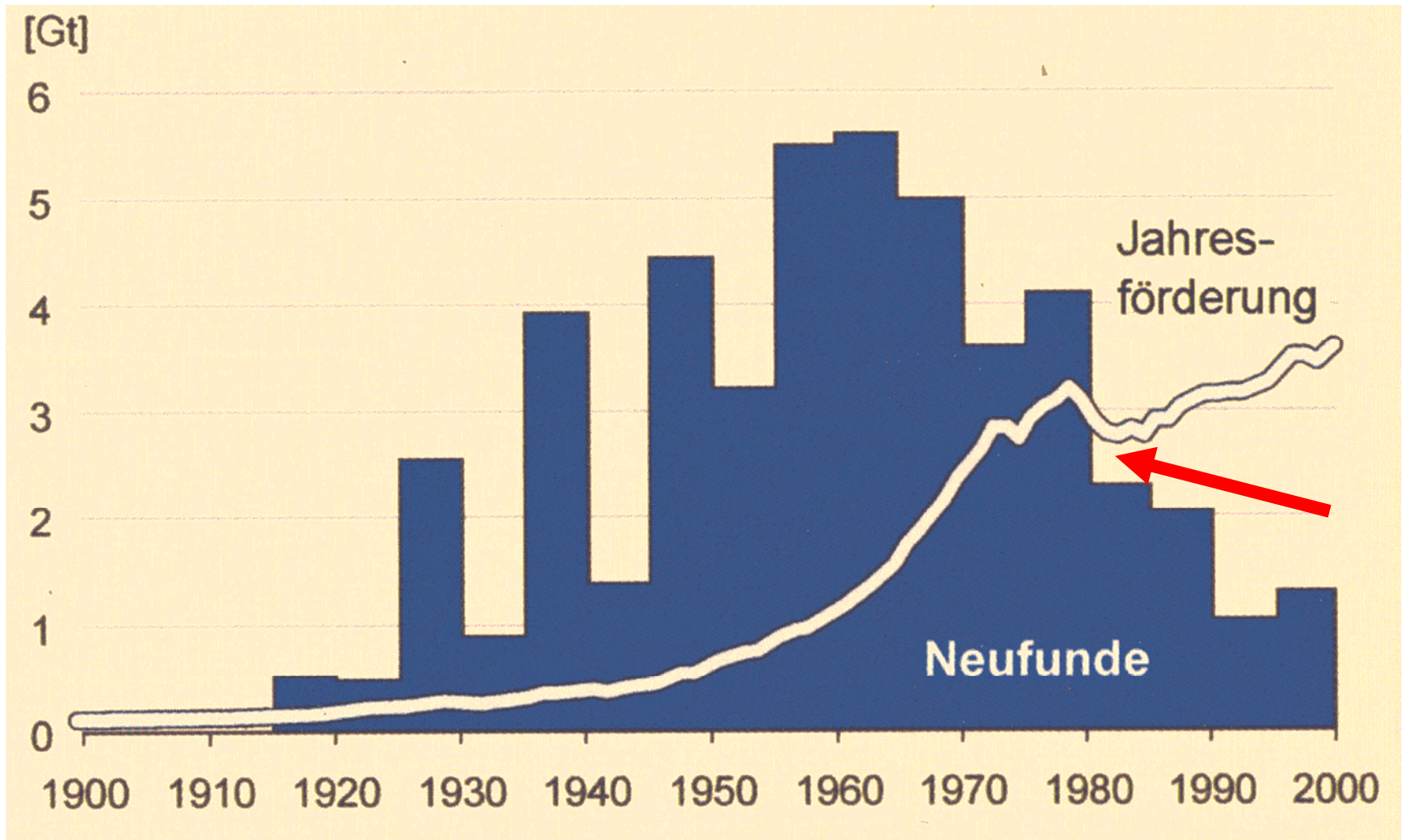


Seit 1980

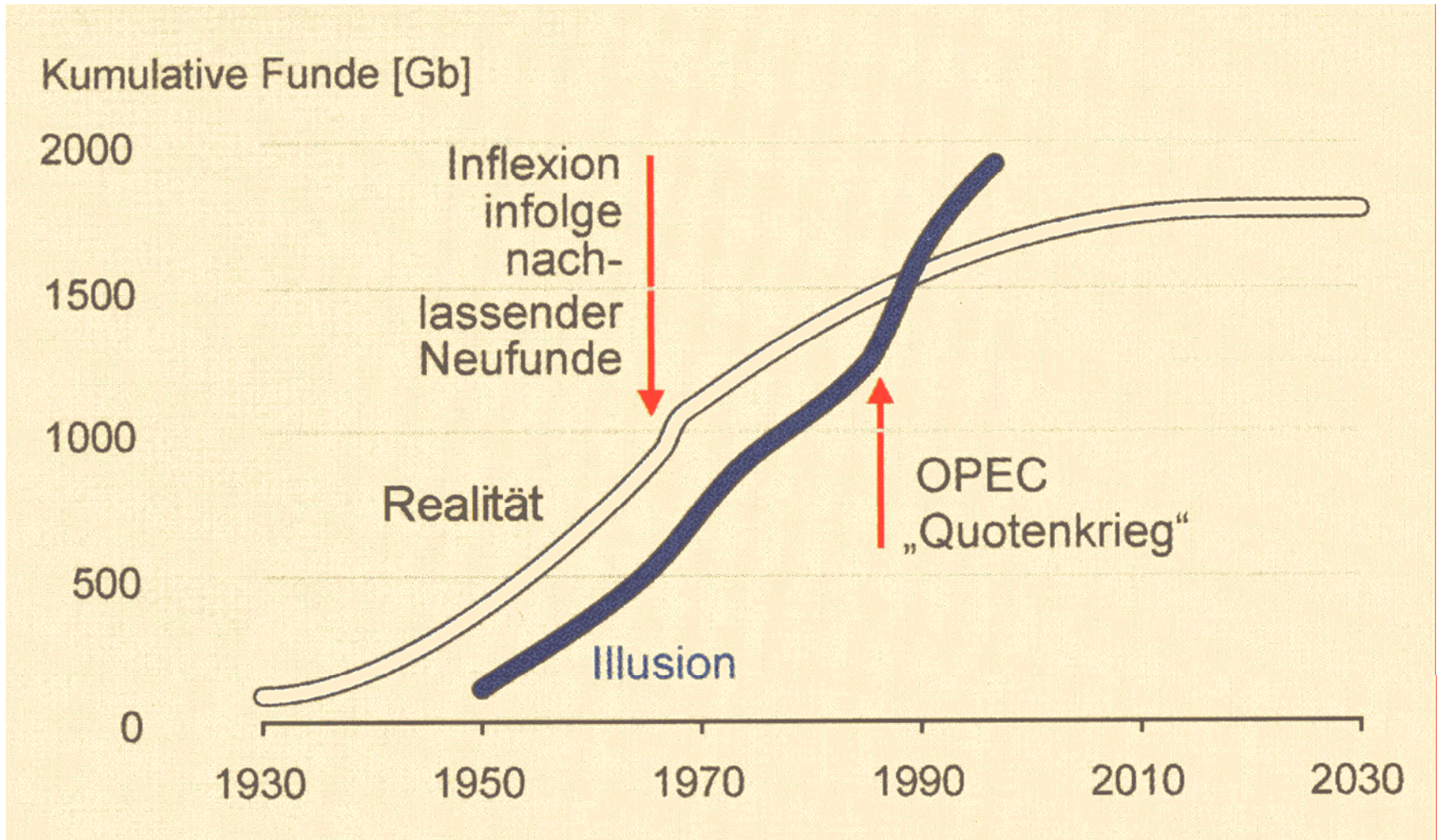
wird weltweit

mehr Erdöl verbraucht als neues hinzu gefunden

Erdöl: Förderung und (echte) Neufunde



Realität und Illusion: Der OPEC - Quotenkrieg



1. Der Problemdruck - Warum müssen wir handeln

1.1 Ein Entwicklungsproblem

1.2 Ein Energieproblem

1.3 Ein Klimaproblem

Treibhausgase ; IPCC-Berichte

2. Wo stehen wir und was ist zu erwarten

3. Welche Mittel haben wir – einige Hoffnungsträger



Der Strahlungsantrieb : „radiative forcing“

A process that alters the energy balance of the Earth - atmosphere system is known as a radiative forcing mechanism (1. IPCC-Report (1990), p. 41-68).

Radiative forcing [W/m²] is

the change in the balance
between

radiation coming into the atmosphere

and

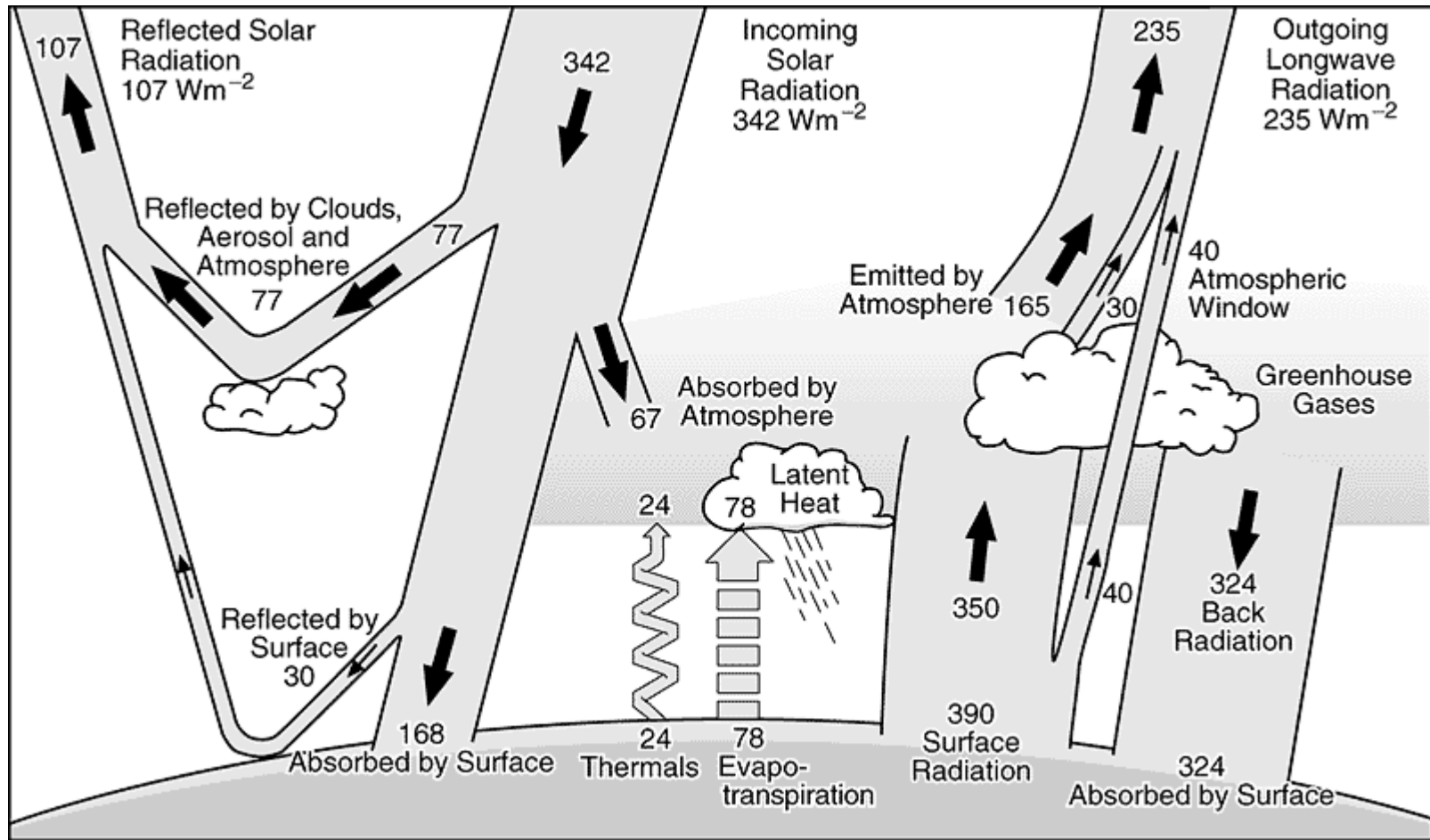
radiation going out.

A **positive** radiative forcing tends on average to **warm** the surface of the Earth, and **negative** forcing tends on average to **cool** the surface.

out: 107

in: 342

out: 235



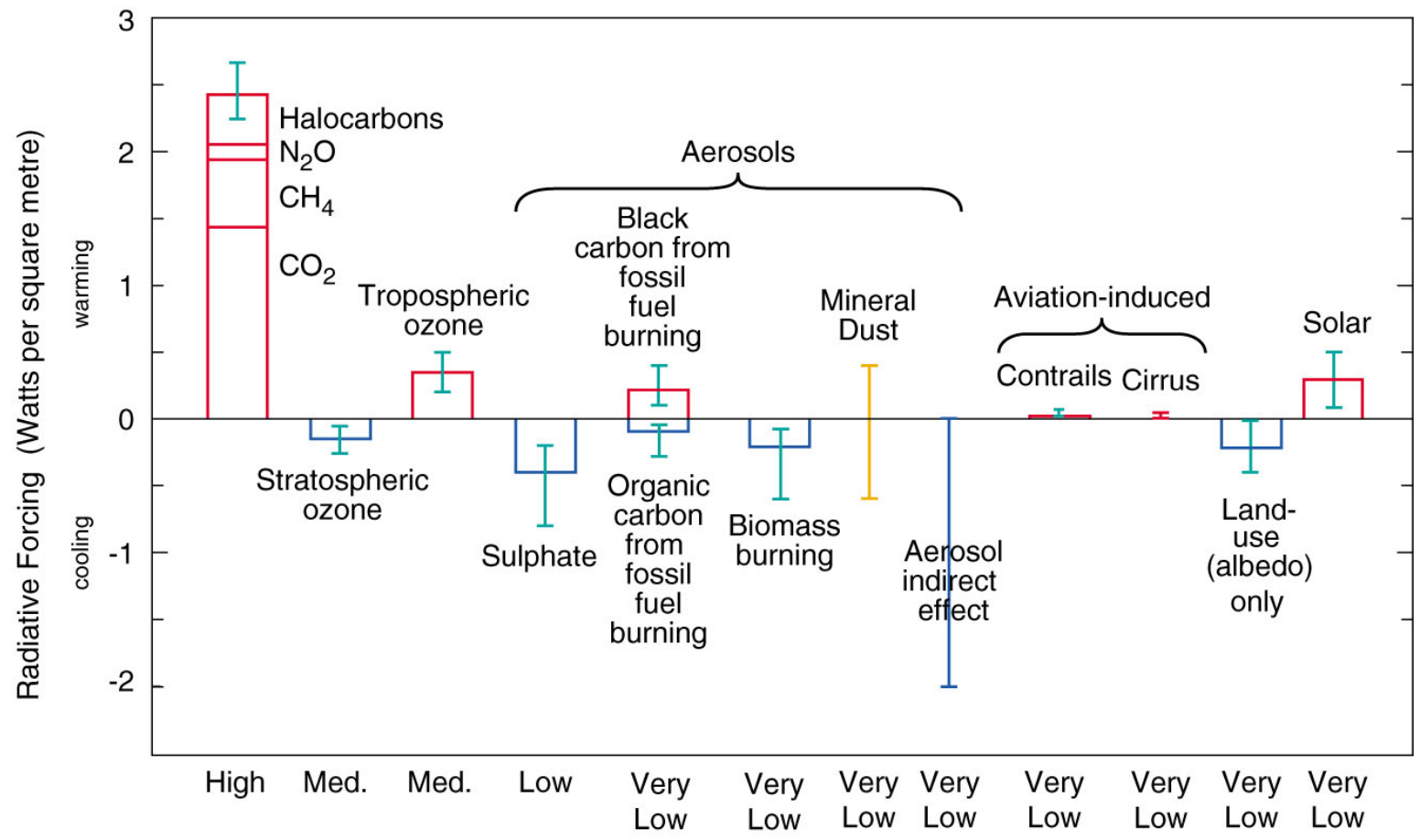
Balance:

radiation coming in : solar input = 342 $[\text{W/m}^2]$

radiation going out. : 107 (reflected solar) + 235(i.r.) = 342 $[\text{W/m}^2]$



The global mean radiative forcing of the climate system for the year 2000, relative to 1750

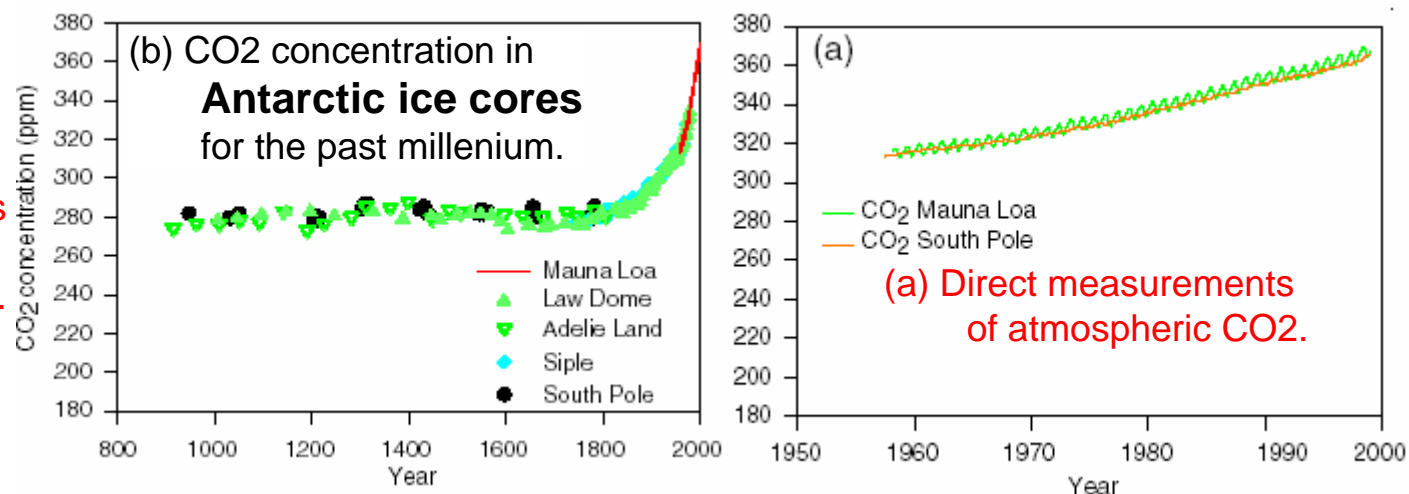


SPM 3

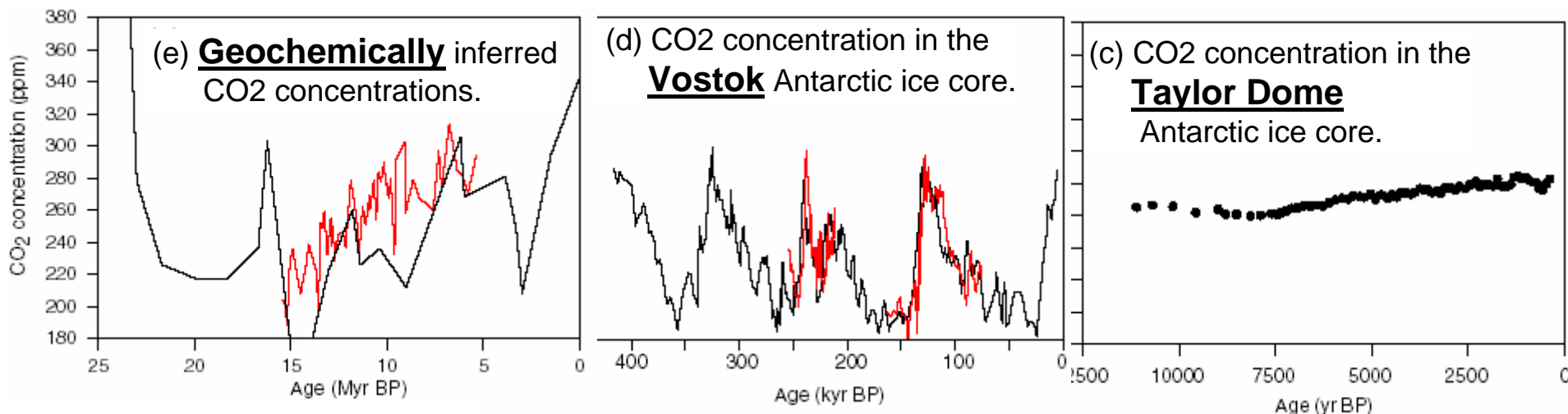
Level of Scientific Understanding

Atmospheric CO₂ on different time-scales

Recent atmospheric measurements (Mauna Loa) are shown for comparison..



..Variations in atmospheric CO₂ concentration on different time-scales..



Different colours represent results from different studies.

„The Earth's climate system **has changed,
globally and regionally**

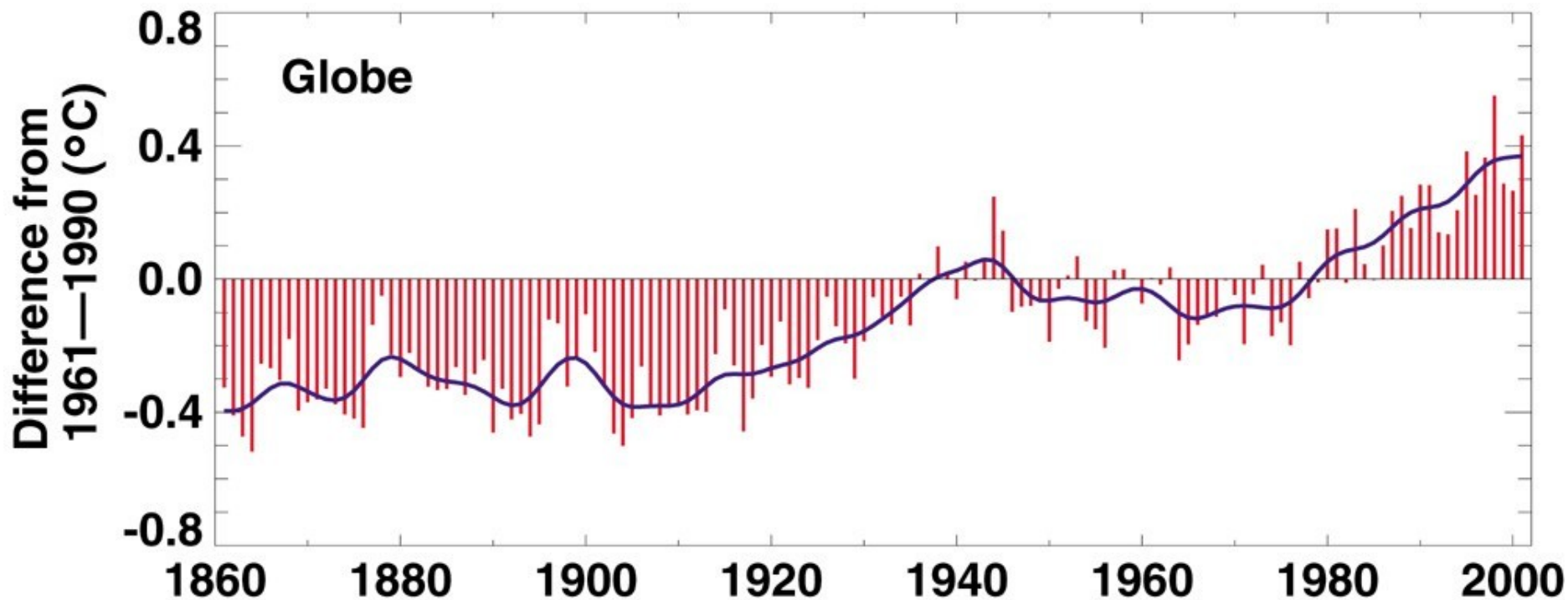
, with some these changes being attributable to human activities.“

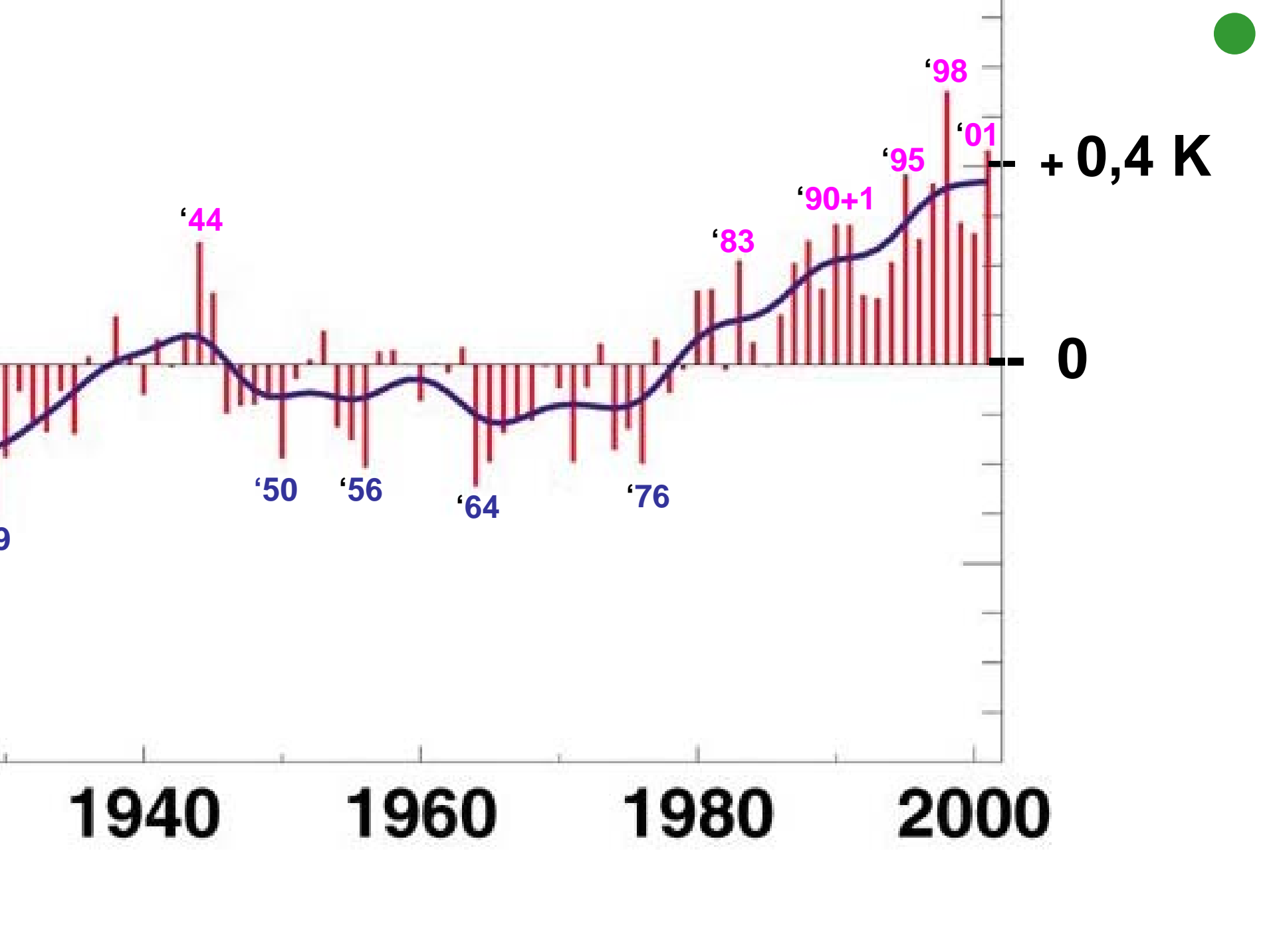
Zusammenfassung der wichtigsten Erfahrungen:

- The Earth has **warmed 0.6± 0.2 [K] since 1860** with the **last two decades being the warmest** of the last century;
- The **increase** in surface temperatures over the 20th Century for the **Northern hemisphere** is likely to be **greater than** that for any other century in **the last 1000 years**;
- Precipitation patterns** have changed with an **increase in heavy precipitation events in some regions**;
- Sea level has risen 10-20 cm since 1900**;
most **non-polar glaciers are retreating**; and
the extent and thickness of **Arctic sea ice is decreasing** in summer;

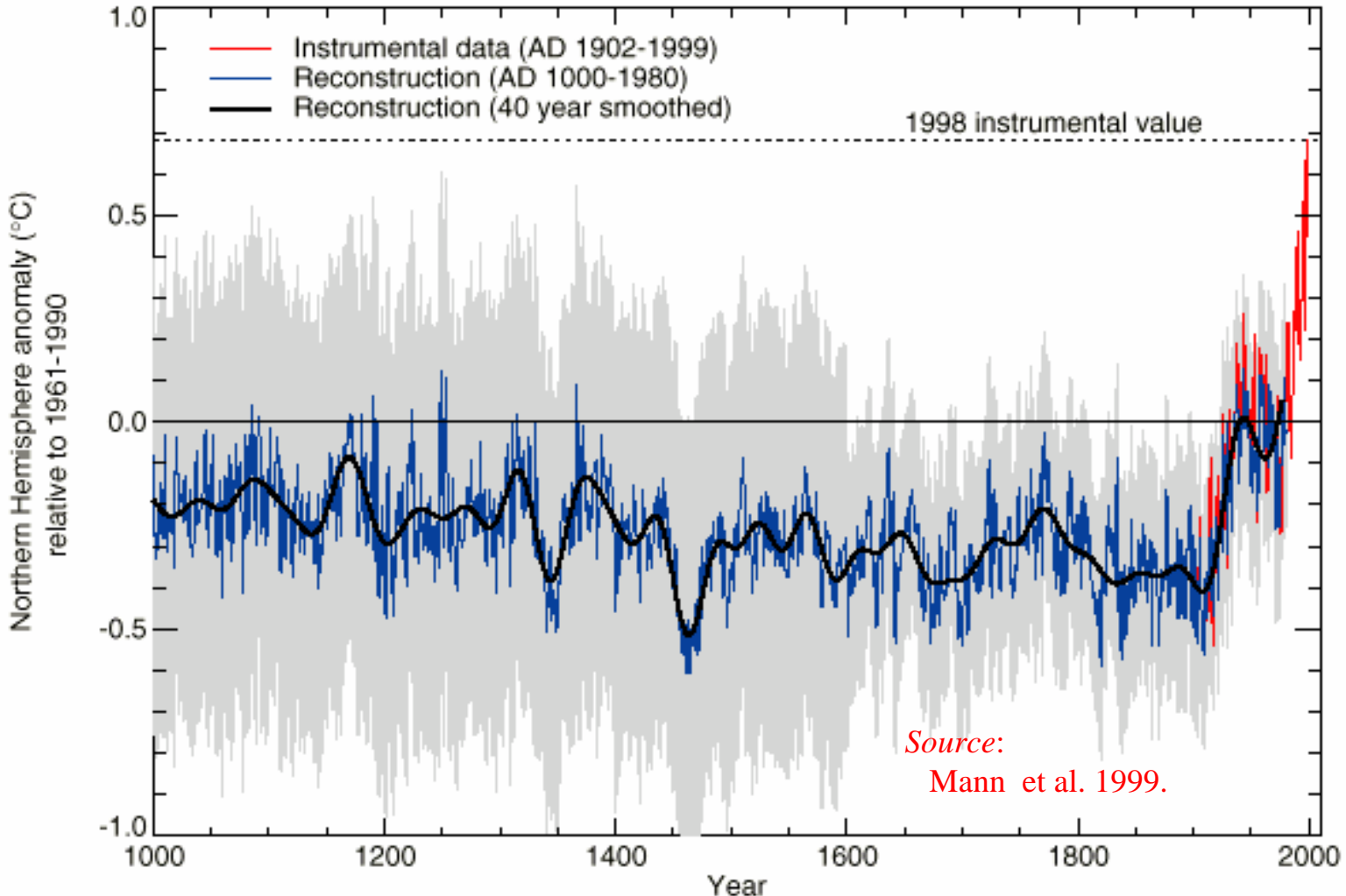
Global Mean Temperatures 1860-2001

Graph 1 Combined annual land-surface air and sea-surface temperatures from 1860-2001, relative to 1961-1990 for the globe; the solid curves have had sub-decadal time-scale variations smoothed with a binomial filter
(Sources: Climatic Research Unit, University of East Anglia and Hadley Centre, The Met Office)





Millennial Northern Hemisphere (NH) Temperature from AD 1000-1999



The 1990s were warmer than at anytime during the last 1000 years

Besonders beeindruckend:

Rückgang der Gletscher

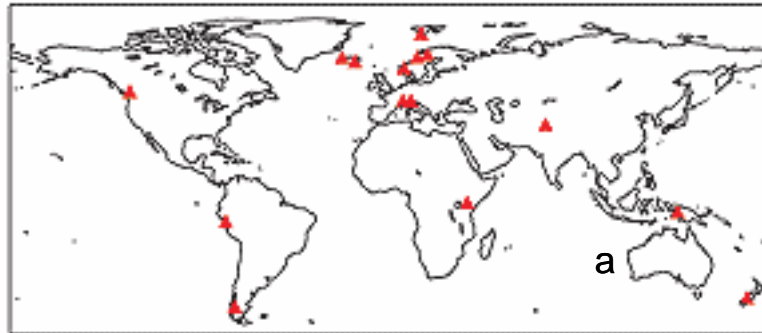
und der

arktischen Eisbedeckung

A collection of 20 glacier length records from different parts of the world.

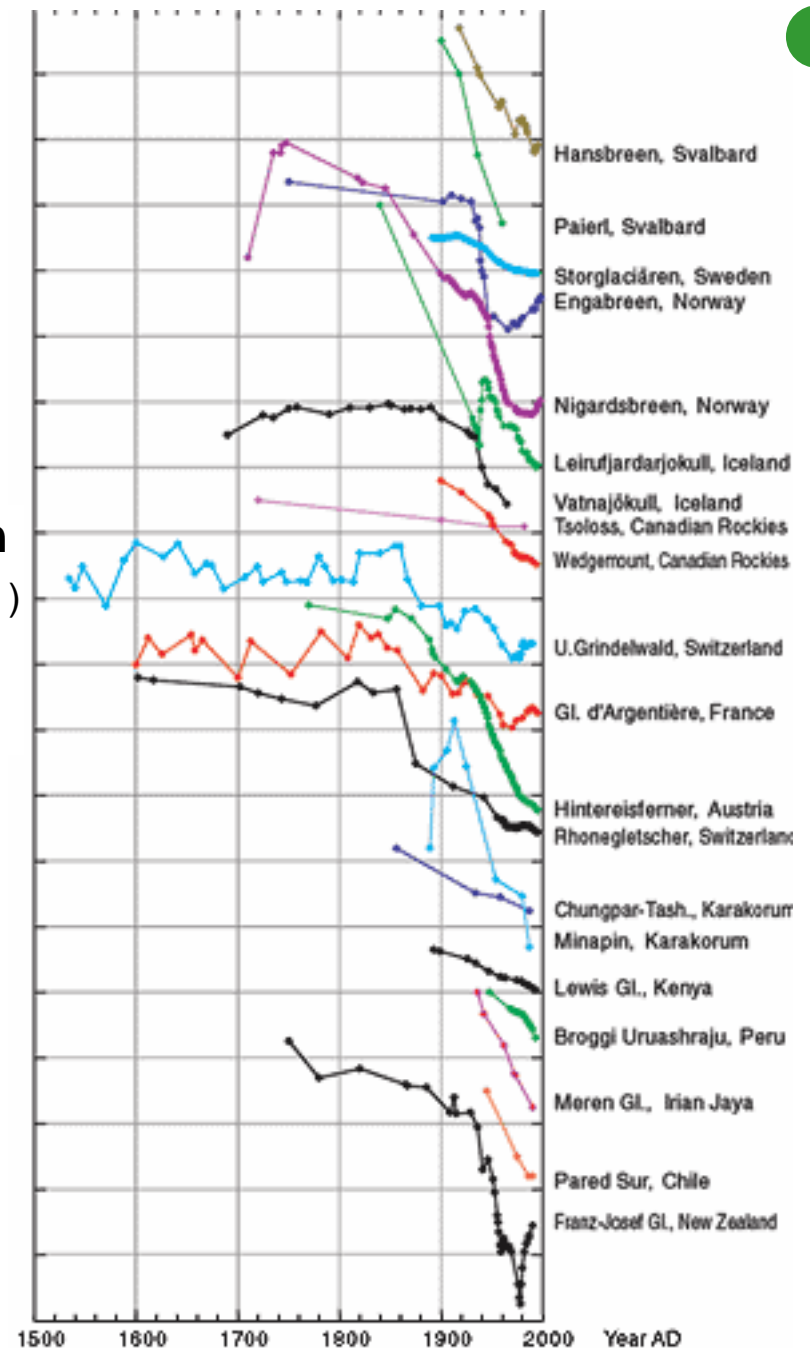
Curves have been translated along the vertical axis to make them fit in one frame.

Data are from the World Glacier Monitoring Service (<http://www.geo.unizh.ch/wgms/>) with some additions from various unpublished sources



The geographical distribution of the data (a single triangle may represent more than one glacier).

Length
(unit: 1km)



Gletscher-Schwund in den Alpen



Gletscher-Schwund in den Alpen



Gletscher-Schwund in den Alpen



1900 und 2000.

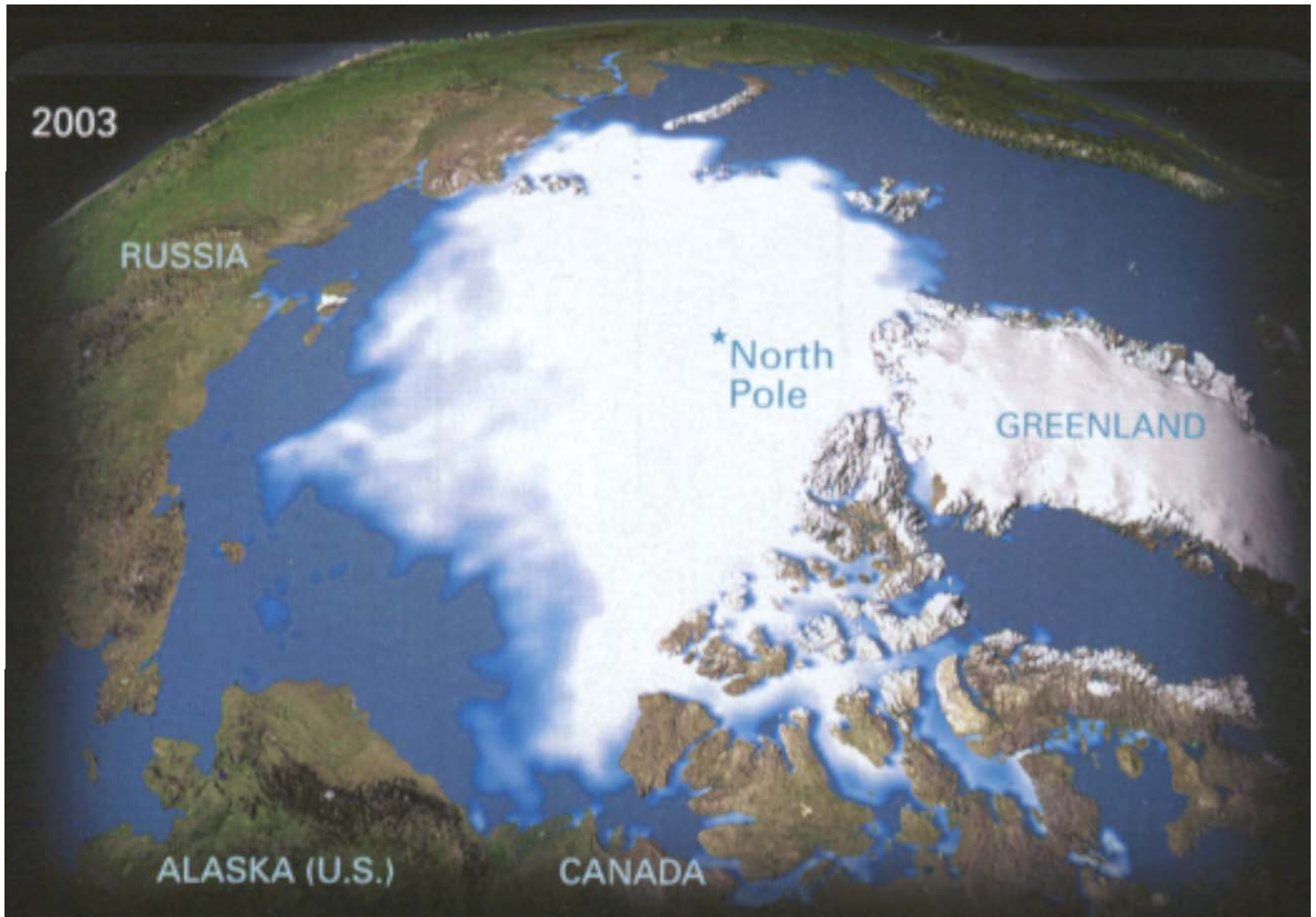
Aufnahme der Pasterzenzunge mit Großglockner (3798 m)

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

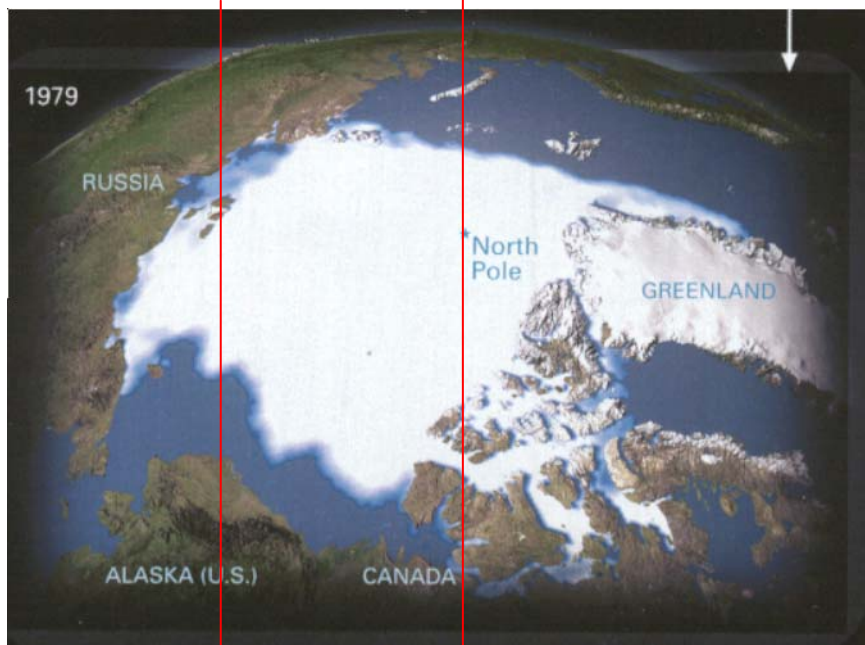
Arctic Sea Ice Melting since 1979



Arctic Sea Ice in 2003



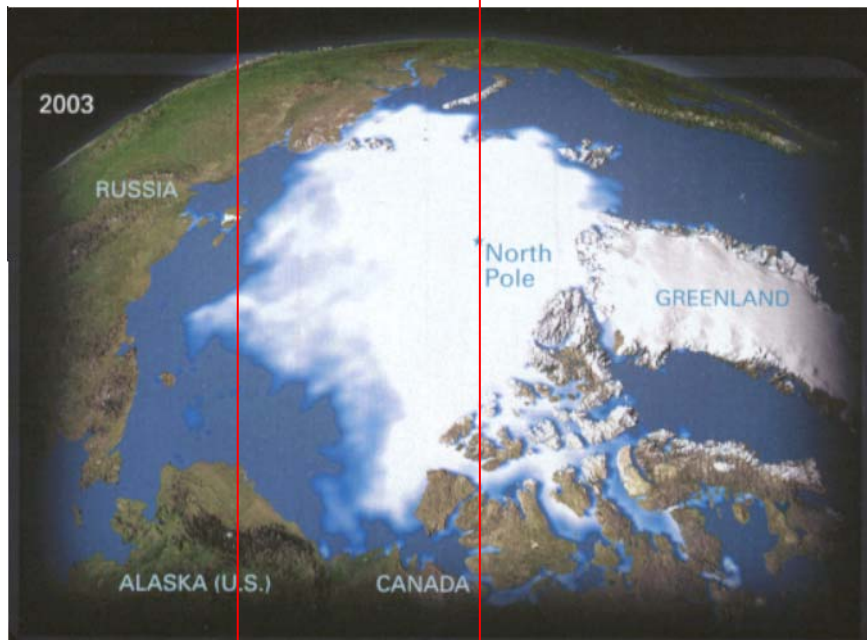
Quelle: "The Big Thaw", National Geographic (2004), Heft 9, p.21;



1979:

An image based on satellite data shows perennial ice cover in **1979**, when the **ice extended over the Arctic Ocean from edge to edge.**

Since then the area of coverage has **decreased by 9% per decade**



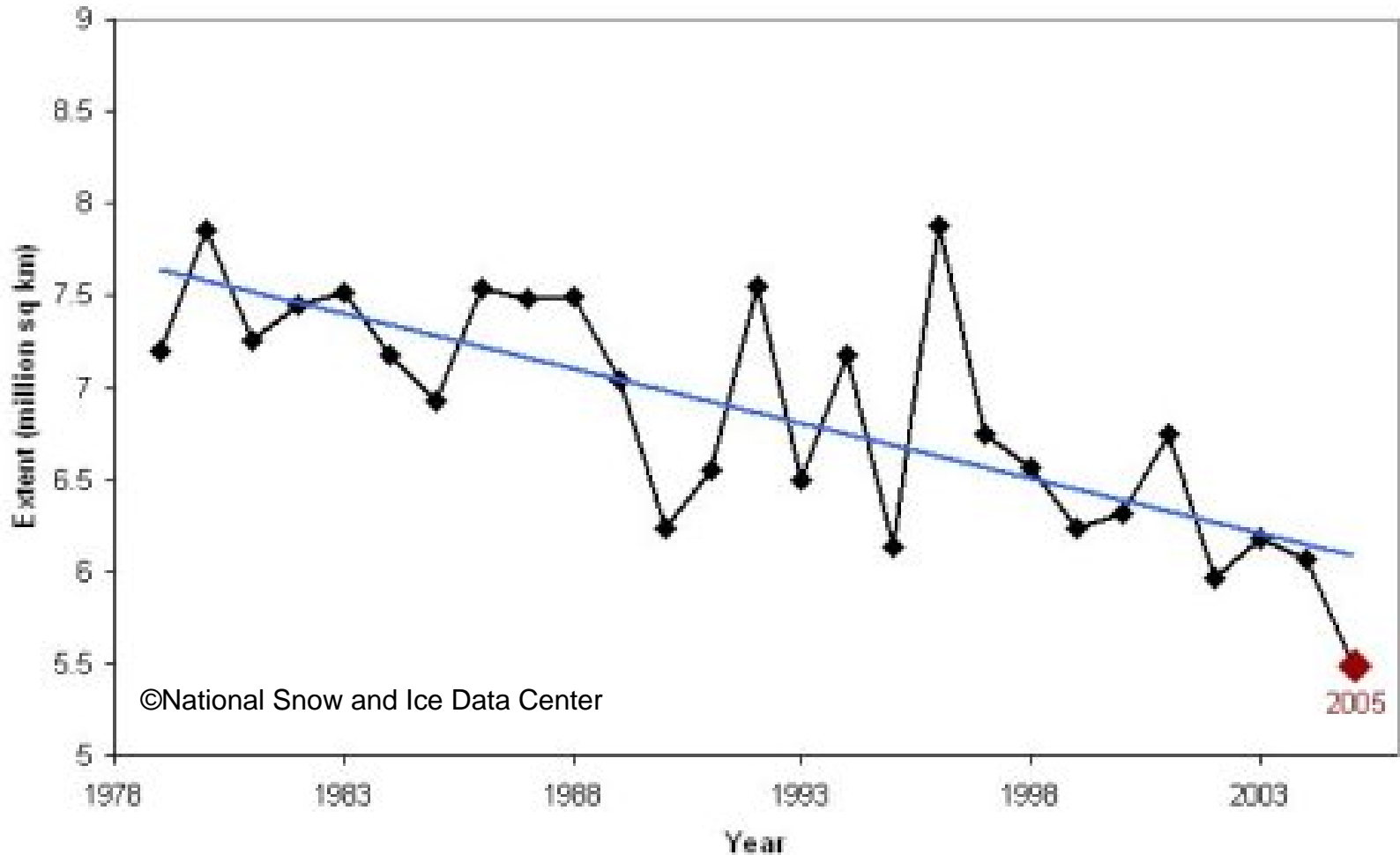
2003:

A similar image from **2003** shows dramatically **reduced perennial ice cover.**

Large areas of open ocean have appeared near Russia, Alaska and Canada.

Some climate models project, that the **ice will be gone in summer** by the end of the century.

Abschmelzen des arktischen Meereises zwischen 1979 und 2005



Eindeutiger Trend: Seit Beginn der Satellitenbeobachtung hat die **Ausdehnung des Meereises drastisch abgenommen.**

Simulation:

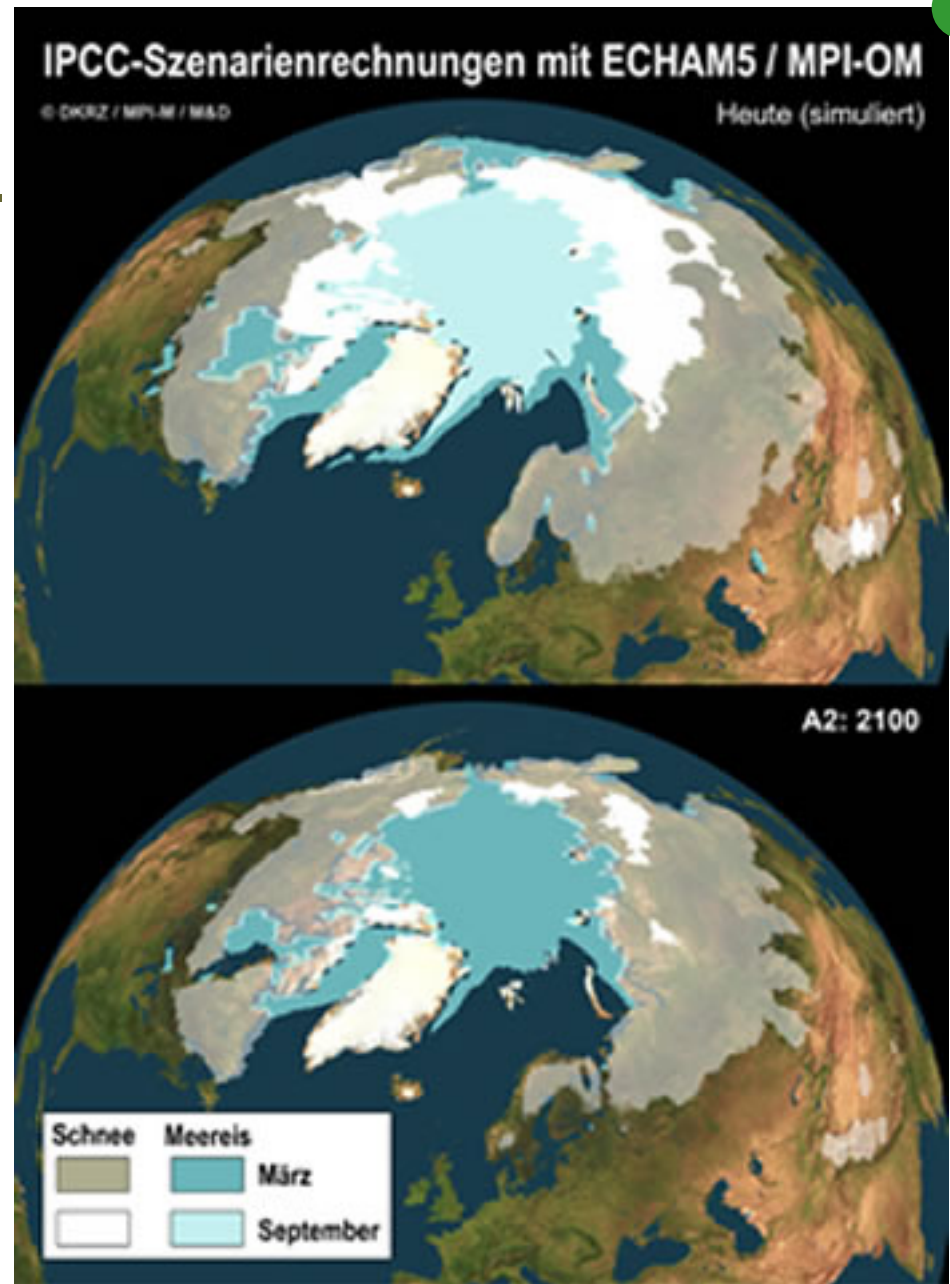
Eisbedeckung der Arktis

Meereis und **LandSchnee**
im **Frühjahr** und im **Herbst:**

Heute

und in 2100 AD

Arktis im September eisfrei
Schnee und Eis nur noch im Winter



2. Wo stehen wir und was ist zu erwarten

2.1 CO2 und Energieeinsparung in BRD 1990 – 2005 und Trendverlängerung

- .10 Übersicht der Minderungsziele ,
- .11 Das nationale Ziel **minus 25% CO2 bis 2005**
- .12 Kyoto-Protokoll: **-21% Treibhausgase (EU: - 8%)**
- .13 Angestrebtes Ziel 2020: **Deutschland minus 40% sofern EU minus 30%** (Treibhausgase)

2.2 Trendbrechende Aktivitäten:

beschlossene AKW-Abschaltung (+ CO2)

Wesentlich mehr einsparen (-)

Solkraftwerke im Süden (-)

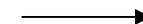
Offshore Wind (-)

2.2a Zum Reizthema: Vorzeitiges Abschalten der AKW's

Minderungsziele der Bundesrepublik Deutschland

Jährliche Gesamtemission Deutschland : CO₂	-25% -von 1990 bis 2005	1, 2, 3, 4, 5, 6 →
Jährliche Gesamtemission Deutschland in der EU: Treibhausgase	- 21% von 1990 bis 2008/12 (b)	0 →
Jährliche Gesamtemission Deutschland in der EU: Treibhausgase (<u>sofern die EU -30% beschließt</u>)	- 40% von 1990 bis 2020	7, 9, 10 →

(b) Die Notation '2008/12' bedeutet 'im Mittelwert der fünf Jahre 2008 bis 2012'.



Quellen zur Tabelle:

Minderungsziele der Bundesrepublik

Zum **-25%**-Ziel bis 2005 :

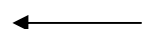
- [1] Kabinettsbeschluss 1995
- [2] Koalitionsvertrag 1998
- [3] Bundeskanzler auf der 5. Vertragsstaaten-Konferenz (COP5) in Bonn 1999
- [4] **Nationales Klimaschutzprogramm – 2000**
(Beschluss der Bundesregierung vom 18.10.2000)
- [5] Auch enthalten in der Vereinbarung vom 9.11.2000 zwischen der deutschen Wirtschaft und der Bundesregierung, sowie in der vom 14.5.01
- [6] **Nachhaltigkeitsstrategie 2002**

Zum Kyoto Ziel: **-21%**

**[0] Verpflichtung nach „burden sharing“ der EU
in Erfüllung des Kyoto Protokolles.**

Zum **bedingten -40%**-Ziel bis 2020:

- [7] siehe z.B. *Nationales Klimaschutzprogramm – 2005*
(Beschluss der Bundesregierung vom 13.7.2005)
- [9] Koalitionsvertrag 2002
- [10] Ankündigung der Bundesregierung
auf dem Klimagipfel in Buenos Aires am 15.12.2004.



Das nationale Minderungsziel : minus 25% CO₂ bis 2005

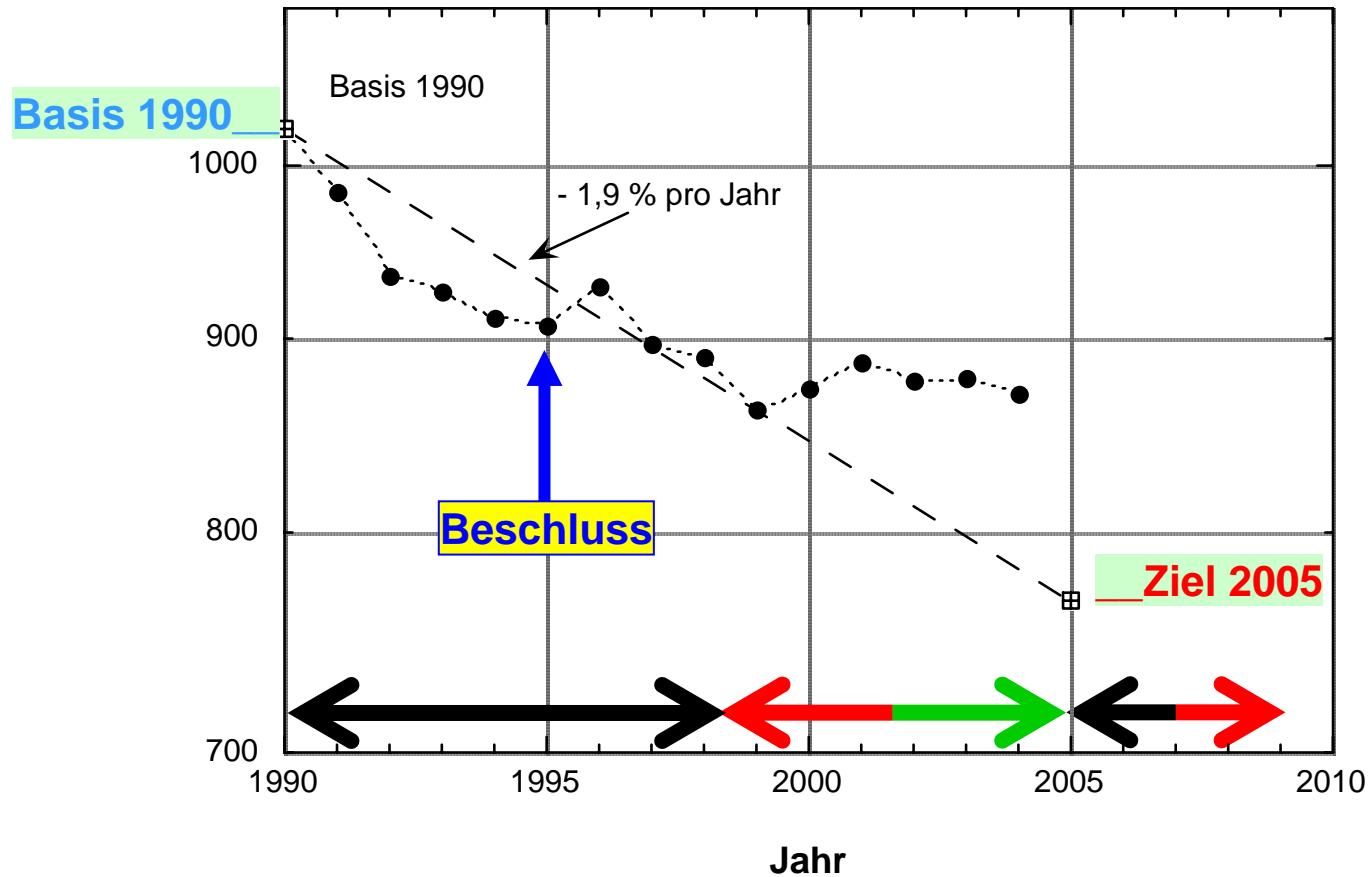
Die wichtigsten Maßnahmen des **Nationalen Klimaschutzprogramms (2000)** sowie die **erhoffte Wirkung** auf die Minderung der CO₂-Emission **bis 2005**

Maßnahme	Mt
Ökologische Steuerreform	10
Förderungsprogramme zur Energieeinsparung im Gebäudebestand	5 – 7
Maßnahmen im Bereich Stromverbrauch und Verschärfung des Energieverbrauchs-Kennzeichnungs-Gesetzes	5
Steuerpräferenz Mineralölsteuer für schwefelarme Kraftstoffe	2 – 5
Verwendung von Leichtlaufölen und Leichtlaufreifen in neu zugelassenen Pkw	3 – 5,5
Streckenabhängige Autobahnbenutzungsgebühr für Lkw	5
CO ₂ -Minderung bei neuen Kraftfahrzeugen / Vereinbarung mit der Autoindustrie	4 – 7
Energieeinsparverordnung Industrie und Kleinverbrauch	bis 6
Informations- und Aufklärungs-maßnahmen	5
Forcierter Zubau von Erdgas-befeuerten GuD-Kraftwerken	5 – 10
Kraft-Wärmekopplung / Einführung einer Quotenregelung (später Vereinbarung mit der Industrie)	Größ.ord. 10
Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	10
Pflege und Erhaltung bestehender Wälder / Erstaufforstung (durch Einbindung von CO ₂)	30

Summe: 100 -115 Mt CO₂

Das **25%-Ziel (bis 2005)** für CO₂ verglichen mit der Realität

Jährliche CO₂-Emission in Millionen Tonnen (Mt)



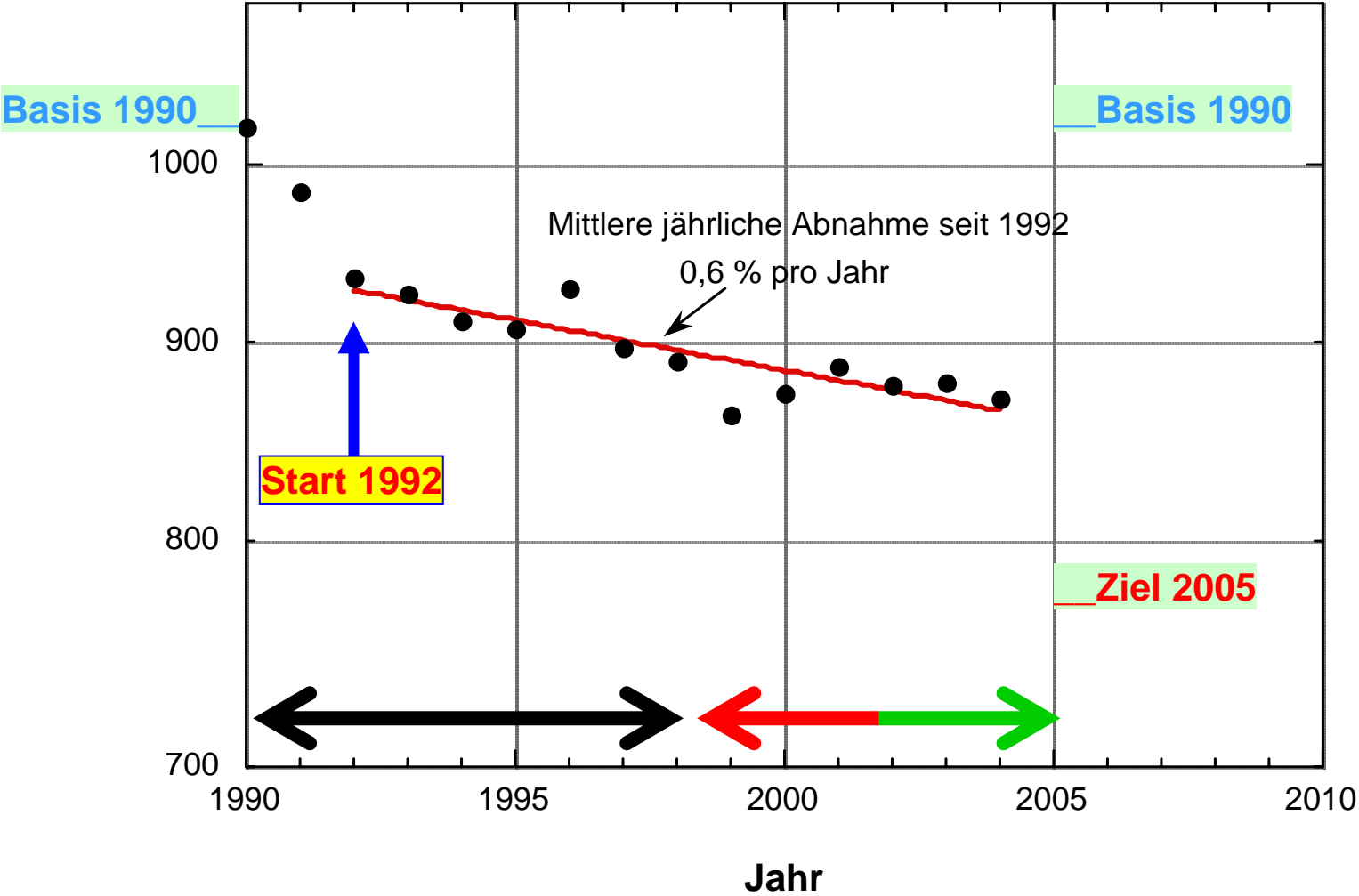


CO₂-Emissionen und mittlere jährliche prozentuale Änderung 1990–2002

100%	Gesamt-CO₂ (2002: 878 Mt)	- 1,3 % p.a.
18%	Industrie	- 3,0 % p.a.
41%	Kraft- und Fernheizwerke	- 1,2 % p.a.
20%	Verkehr	+ 0,7 % p.a.
19%	Haushalte und Kleinverbraucher	- 1,1 % p.a.
2,6%	Sonstige	

Das 25%-Ziel (bis 2005): **Start in 1992** (nach Sondereffekte Wiedervereinigung)

Jährliche CO₂-Emissionen in Millionen Tonnen (Mt) - Deutschland -



Quelle: DPG2005_Klima, Abb.1.3, p.5 , redaktionell bearbeitet

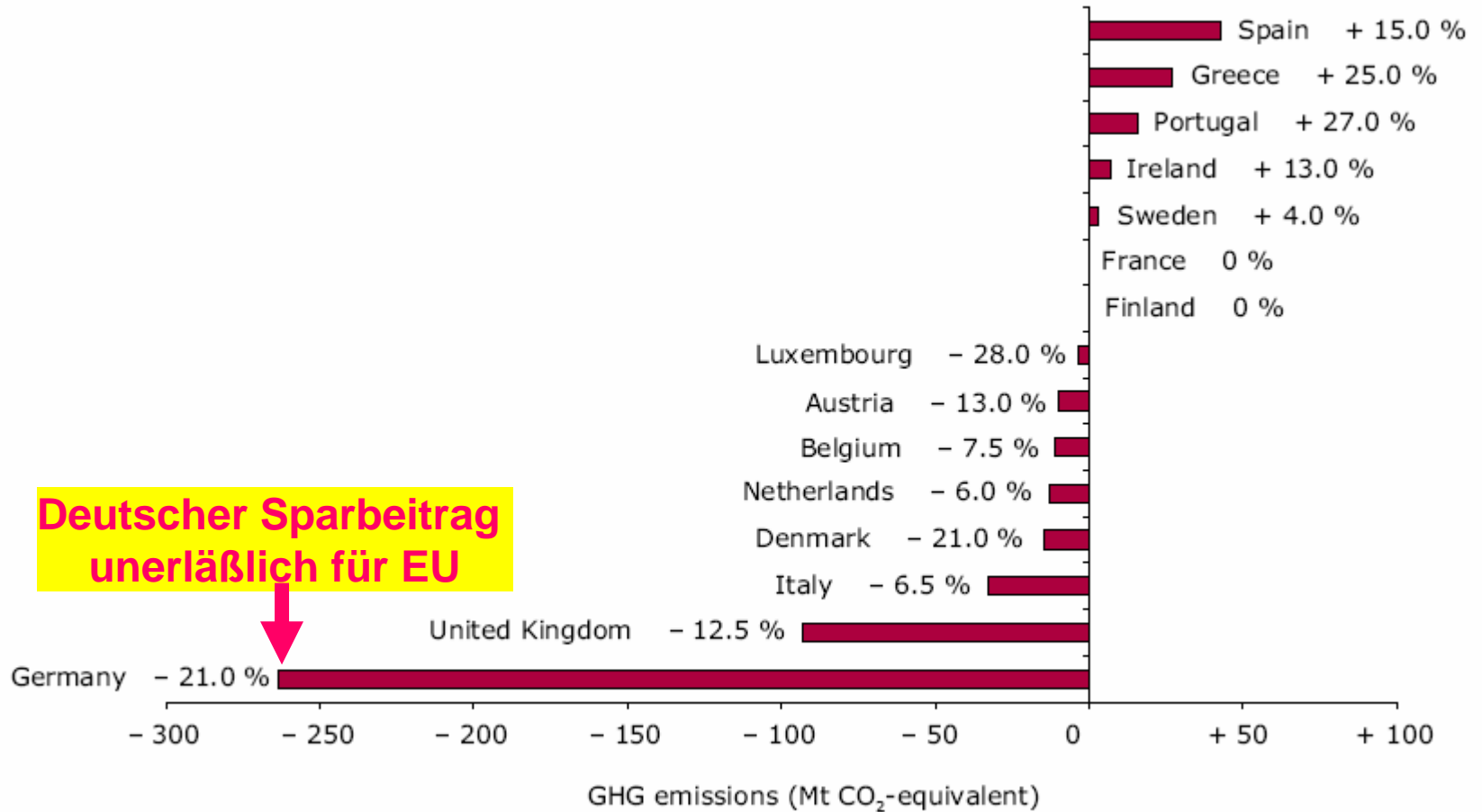
Das EU Minderungsziel nach Kyoto-Protokoll :

minus 8% Treibhausgase bis 2008/12

„Burden Sharing“ für Deutschland:

minus 21% Treibhausgas bis 2008/12

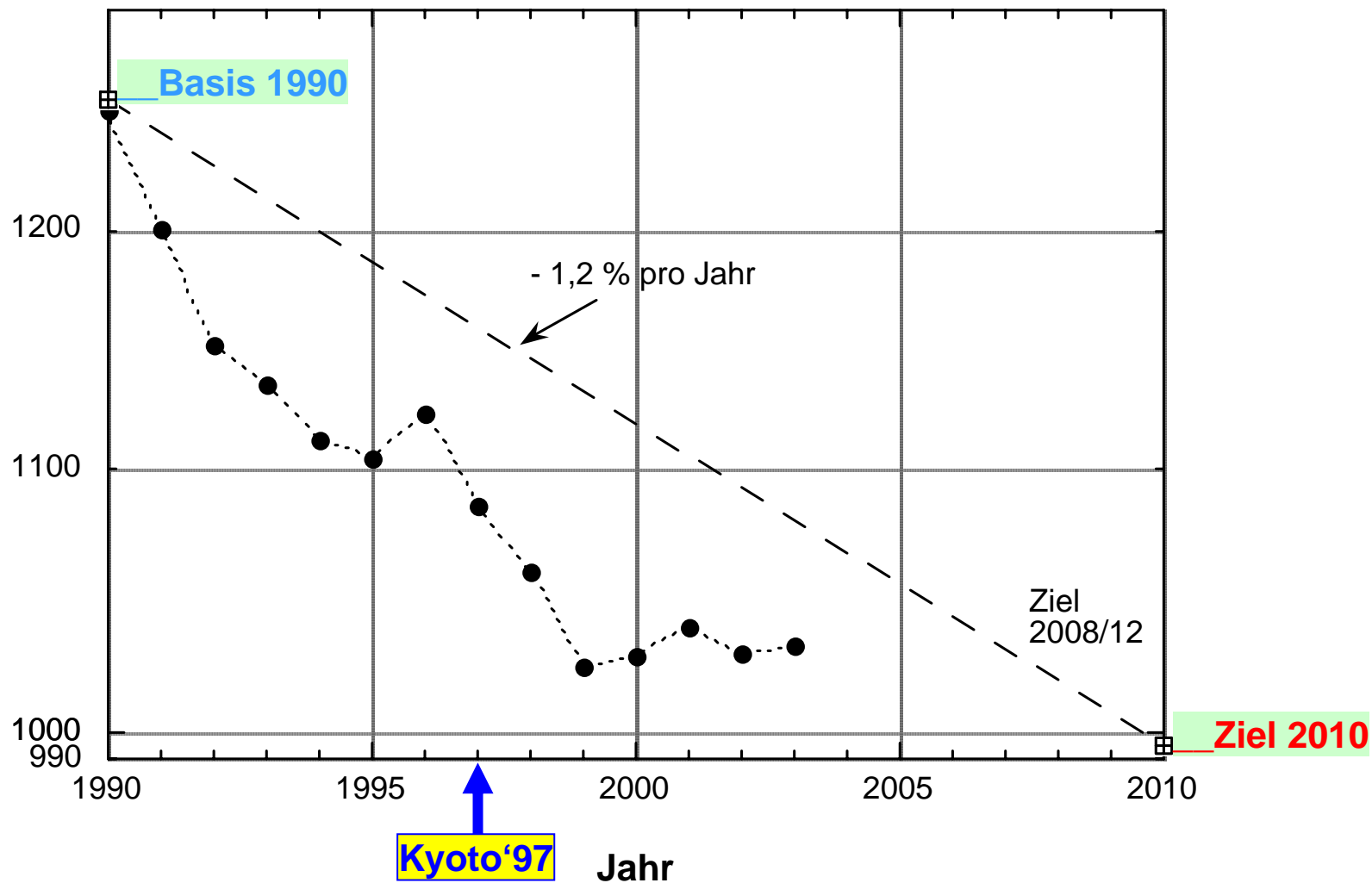
Kyoto burden-sharing targets for EU-15 countries



Source: EEA, 2004.

Das 21%-Ziel für die Kyoto-Gase verglichen mit der Realität

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



Einsparung von **CO₂** und von „**Treibhausgasen**“

	1990	2002	Minderung
Alle Kyoto-Gase	1254 Mt	1029 Mt	17.9%
darin CO₂ allein	1023 Mt	878 Mt	14,2%
alle außer CO₂	231 Mt	151 Mt	34.6%

Jährliche Emissionen der Treibhausgase in Deutschland 1990 und 2002
in CO₂-Äquivalenten (Millionen Tonnen) und eingetretene Reduktionen [7]

Kyoto-Gase = 6 Treibhausgase : **CO₂**, **CH₄**, **N₂O**, SF₆, H-F-KW, F-KW

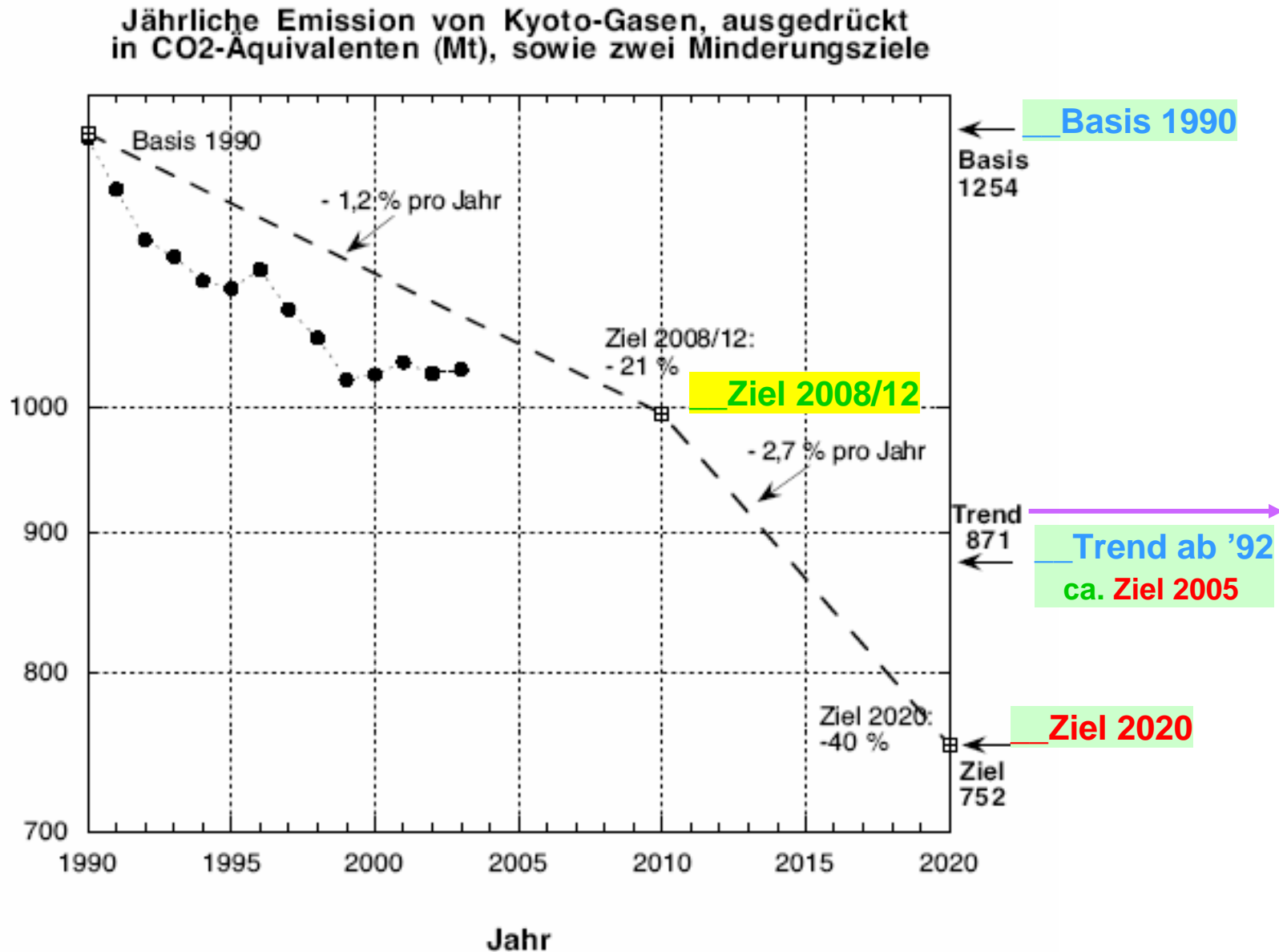
Das erhoffte EU Minderungsziel für 2020:

minus 30% Treibhausgase

Dann verspricht Deutschland:

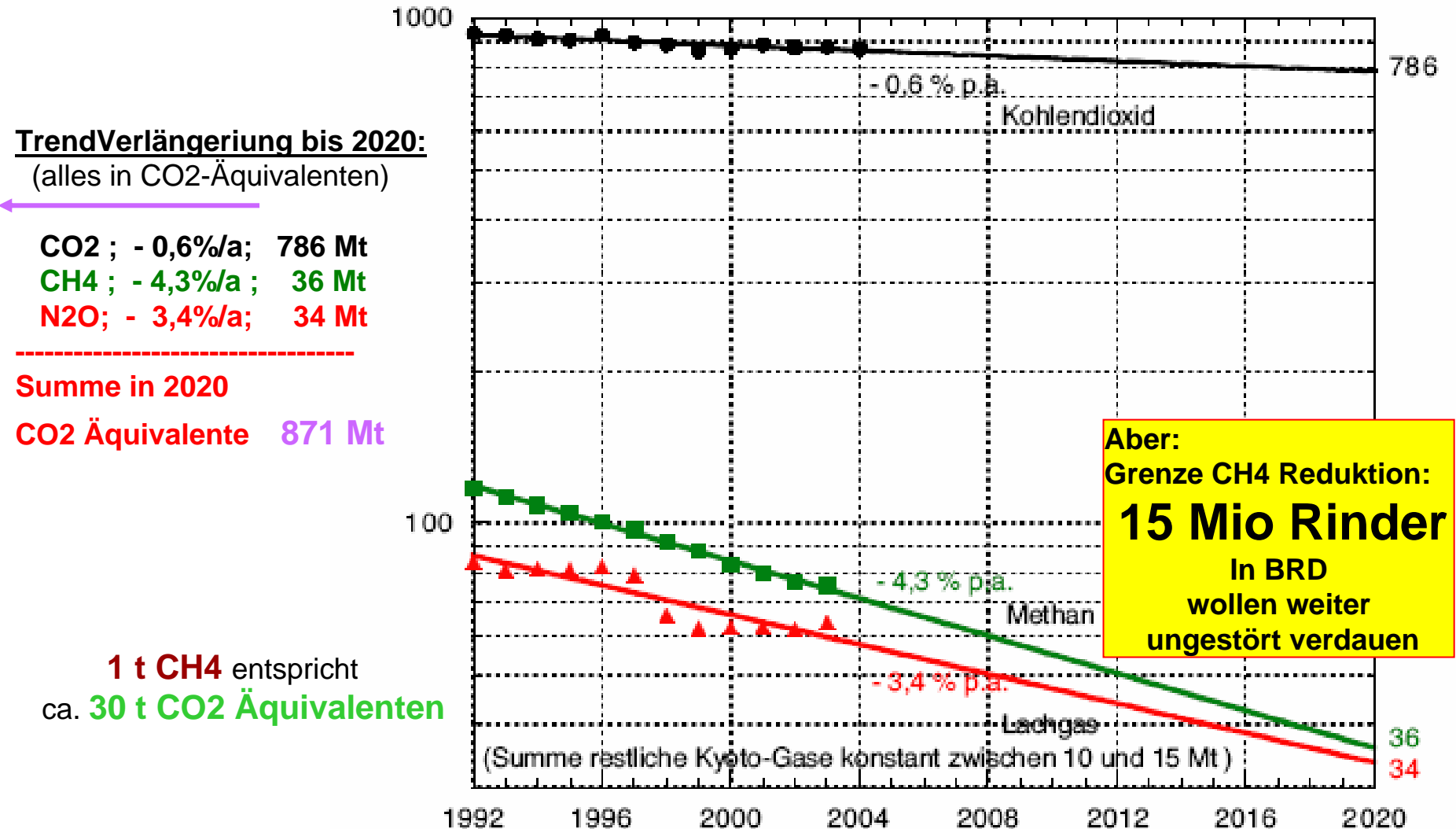
minus 40% Treibhausgas bis 2020

Realität, Fortschreibung und Zielsetzung der CO2-äqu. Reduktion



Fortschreibung des Reduktionstrends von CO₂, CH₄ und N₂O

Emissionen von Kyoto-Einzelgasen in Mt CO₂-Äquivalenten. Trends 1992-2003 extrapoliert nach 2020



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 (-)

2020 AD: ohne und mit AKW -Ausstieg

CO2 Szenario 2020		Mt CO2- Äquivalente	Ein- sparung [%]
Basis 1990		1254	0
Trend ab 1992, extrapoliert auf 2020		871	31
Summe Trendbrecher CO2-Sparer		-55	4
Gesamteffekt (ohne vorzeitigen Ausstieg)		816	35
AKW - Ersatz, fossil mit 40%Gas		112	9
Gesamteffekt (mit vorzeitigem Ausstieg)		928	26
Ziel (40%)		752	40

Zunächst

zum Reizthema:

Vorzeitige AKW-Abschaltung

Zum vorzeitigen Atomausstieg

CO2 Mehremission

- 160 Mt/a CO₂ ersparten die AKW's 2004 im Vergleich zur „historischen Alternative“
=„hätte man seinerzeit Kohlekraftwerke statt AkW's gebaut und damit den gleichen Strom produziert“)
- 112 Mt/a CO₂ Mehremission bei Ersatz durch StromMix mit 40% Gasanteil

Bem: Atomstrom wird durch fossilen Strom ersetzt

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

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

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

(denn RE wird ja immer vom Netz abgeschöpft, RE = Renewable Energy))

Zum technisch regulären Weiterbetrieb der AKW

1. Reaktorsicherheit

„keine Verschlechterung, da innerhalb der technischen Lebensdauer“

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.

3.

1. Der Problemdruck - Warum müssen wir handeln

2. Wo stehen wir und was ist zu erwarten

3. Welche Mittel haben wir – einige Hoffnungsträger

Energieeinsparung : Wärmedämmung (Vakuumdämmung), Passivhaus, Pumpen

Herkömmliche Energie: Moderne Kraftwerke (GUD)

CO2 Sequester : „gar nicht so teuer“, aber: 1/3 mehr Stromerzeugung , LieferEngpässe?

Regenerative Energieträger: Sonne

(solare Wärme, Biomasse, PV, Solartherm. Kraftwerke, **Wind**)

Kernenergie : Leichtwasser mit Sicherheits-, Entsorgungs und Proliferationsproblem
Generation 3 (EPR),
Generation 4

Kernfusion : Iter

[**Politische und ökonomische Werkzeuge**:(Kyoto Protokoll , EnEV, EEG)]

3. Welche Mittel haben wir – einige Hoffnungsträger

3.1 Offshore Wind

3.2 Energieeinsparung beim Verbrauch

.21 Grundsätzlich vorhandene Einsparpotentiale,

Beispiel Raumwärme: _1 Passivhausstandard, _2 Vakuum Isolationspaneele

.22 tatsächliche Minderungsraten im Gebäudebereich

3.3 Fossile Kraftwerke hoher Effizienz

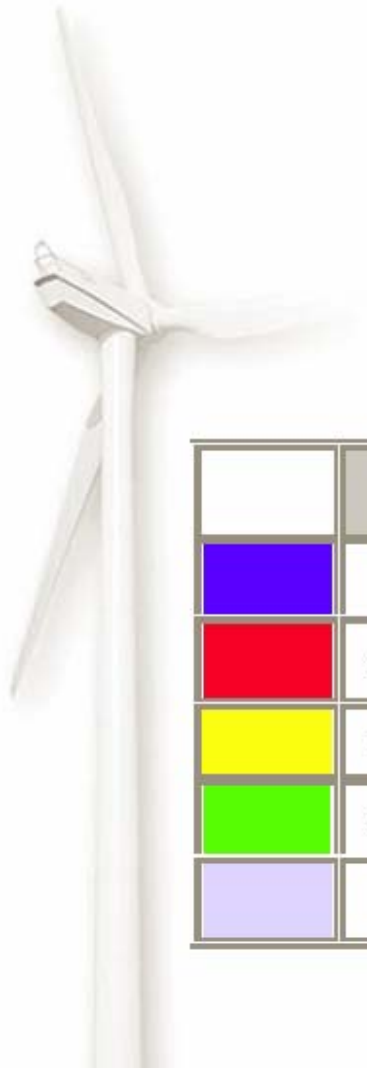
3.4 Fossile Kraftwerke mit CO₂- Sequester






3.5 Solarthermische Kraftwerke

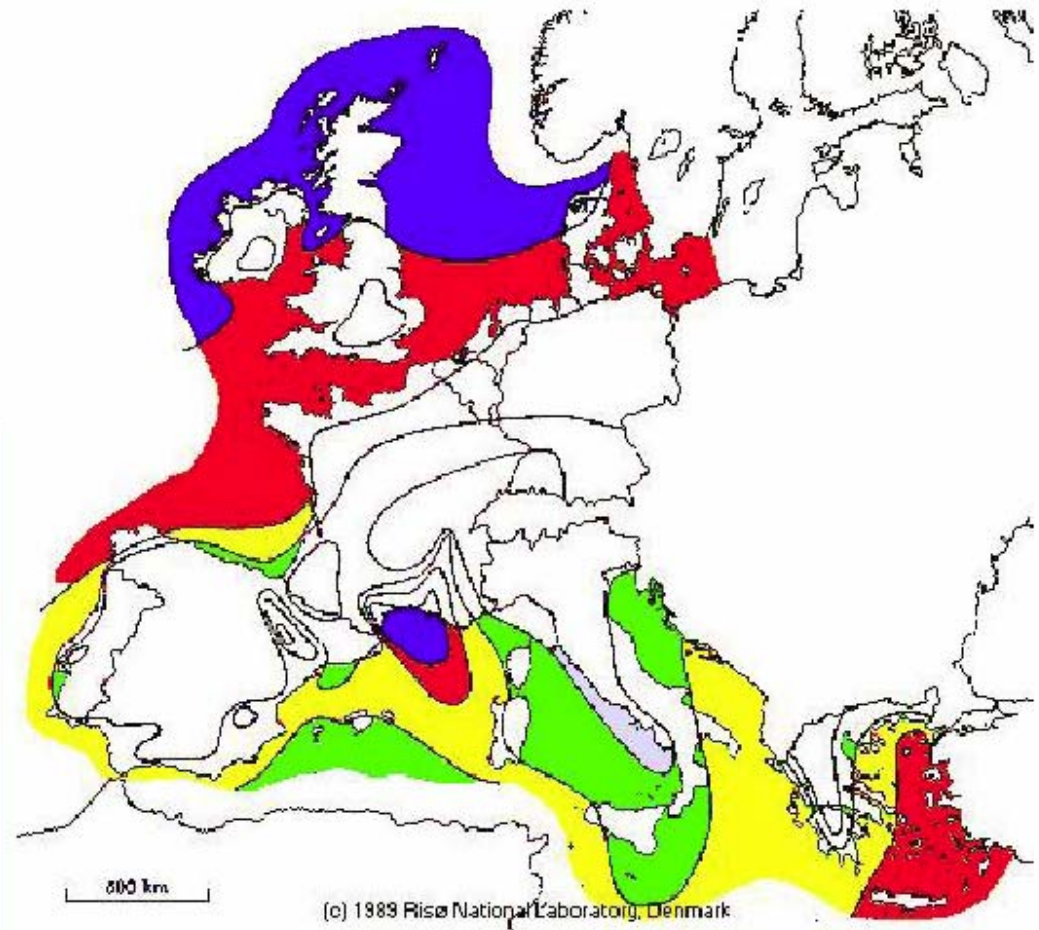
[**Politische und ökonomische Werkzeuge:**(Kyoto Protokoll , EnEV, EEG)]

4. Kernkraftwerke mit neuen Visionen

Offshore Wind











	50 m ms ⁻¹	100 m ms ⁻¹
	> 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



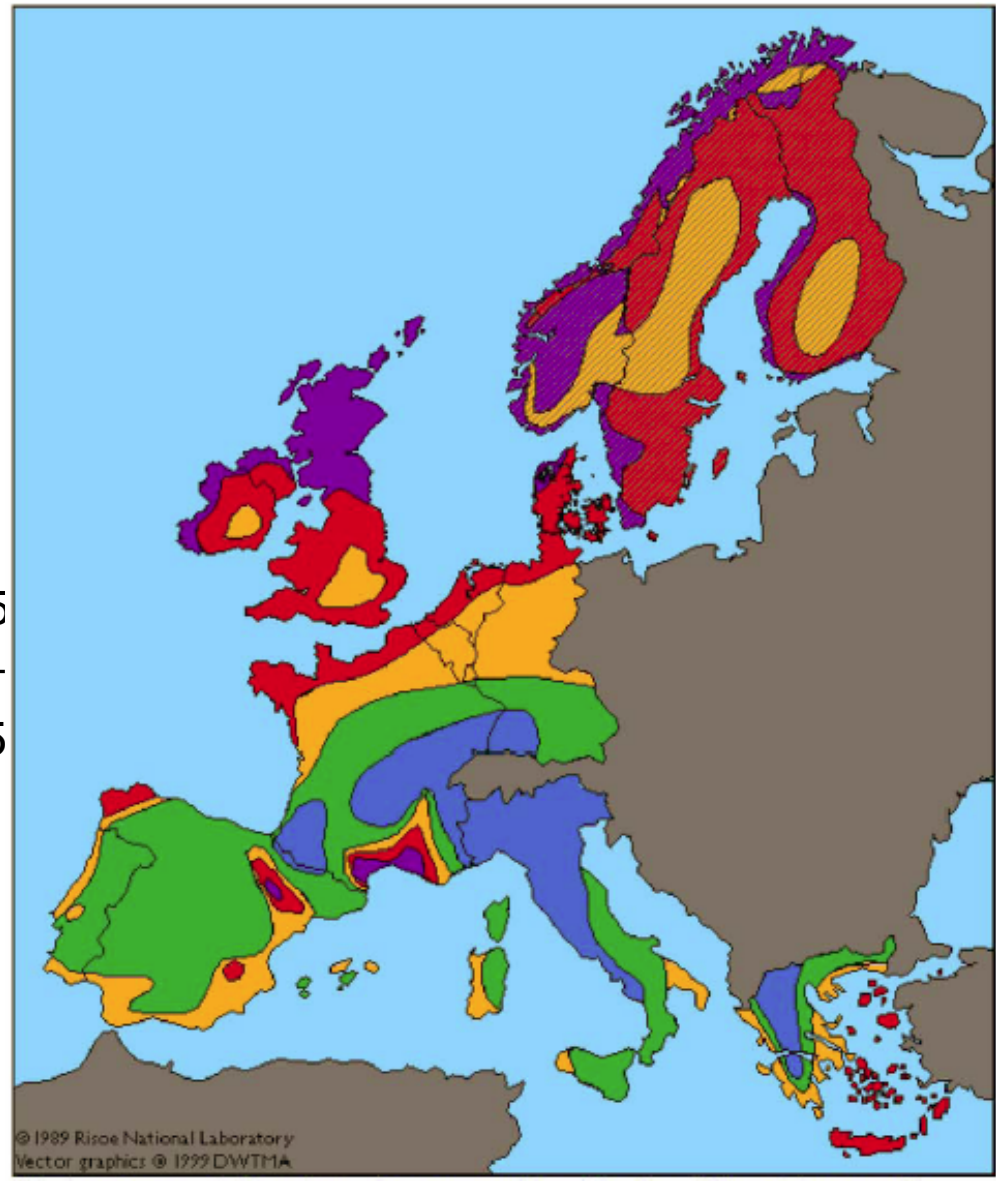
Zum Vergleich : On- Offshore Wind in verschiedenen topogr. Lagen,

50m über Grund,

Achtung: andere Farbskala

Lage:	1)	2)	3)	4)	5)
	> 6	>7.5	>8.5	>9	>11.5
	5+	6.5+	7+	8+	10+
	4.5+	5.5+	6+	7+	8.5
	3.5+	4.5+	5+	5.5+	7+
	<3.5	<4.5	<5	<5.5	<7
		>7.5			
		5.5 +			
		<5.5			

[m/s]



1) Sheltered terrain, 2) Open plain, 3) At a coast, 4) Open sea and 5) Hills and ridges.



Gondel (inkl. Rotor) ~ 400 t ; Blatt ~ 18 t;

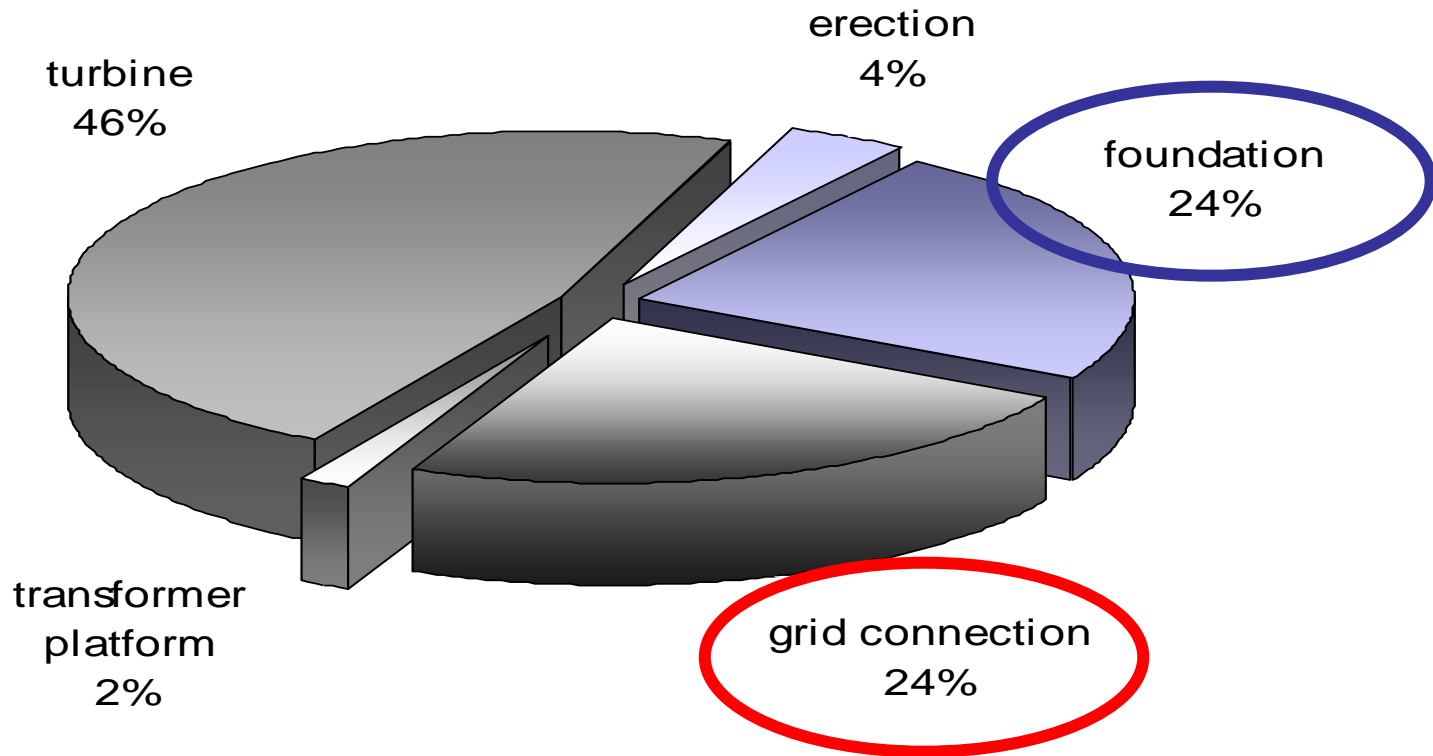
Turm (120 m) = 750 t

Quelle: Repower, Prof. Vahrenholt, 2005 1214

Nennleistung = 5 MW ; Auslegung = 10,5 m/s

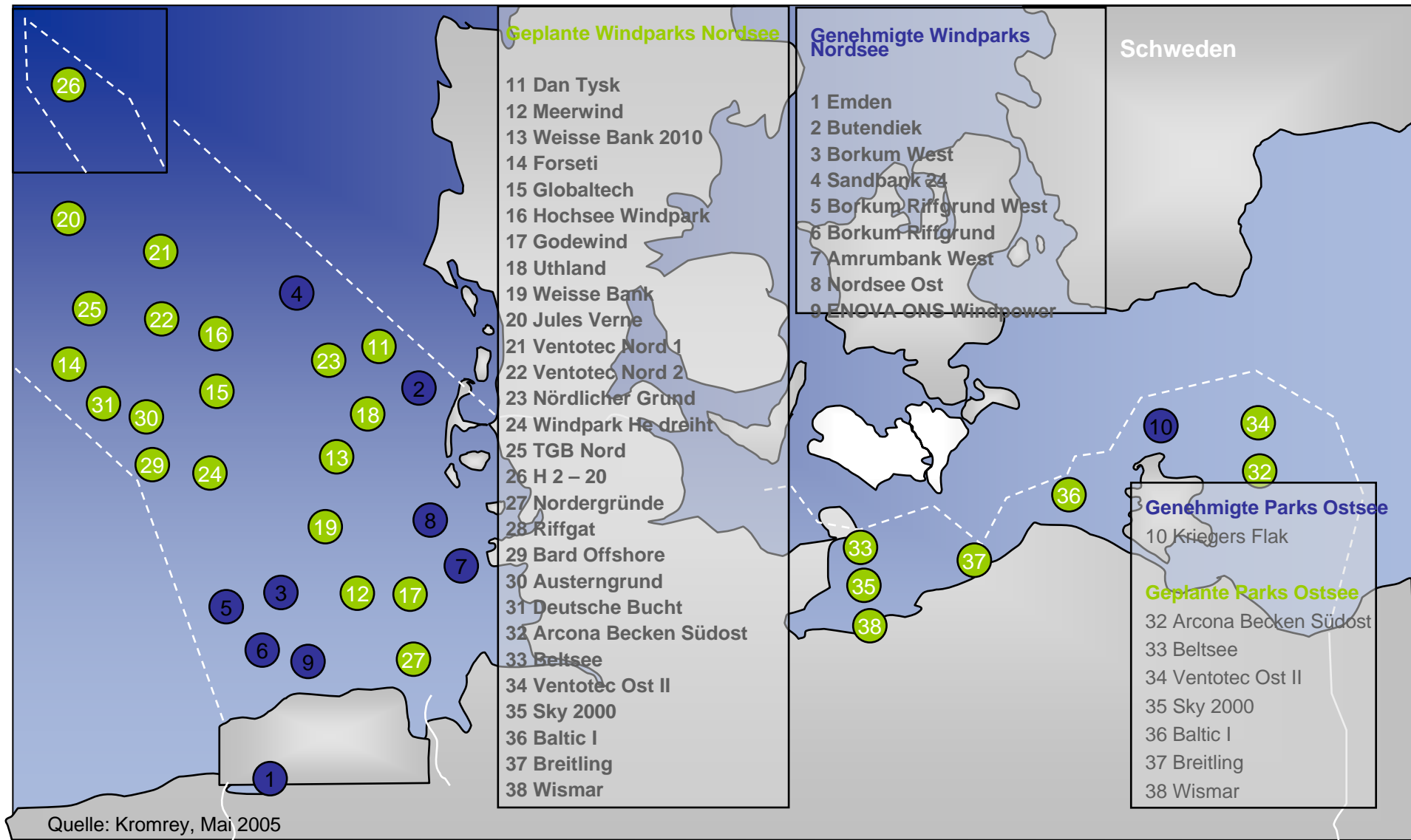
Rotor \varnothing = 126 m ; Nabenhöhe = 120 m

Cost of investment: Offshore-Windfarm 40 km vor der Küste



5 km vor der Küste: Kabelkosten nur noch 1/10 !!

Offshore Wind Farms in the North and Baltic Sea



Meine Meinung (ein ceterum censeo):

Es ist schlicht Unsinn,

dass die deutsche Wind- Industrie gezwungen wird,
bei ihrem ersten Schritt auf's Meer
ihre (**neuen 5 MW-**) Anlagen gleich

40 km vor der Küste und

in 40 m Wassertiefe

zu installieren.

Dies ist zu risikoreich,
zu teuer wg. Gründung und Leitungsanbindung
zu umständlich für Wartung und Betrieb.
Bisher hat sich auch noch kein Investor gefunden.

daher:

Offshore Windanlagen zunächst ins Wattenmeer !

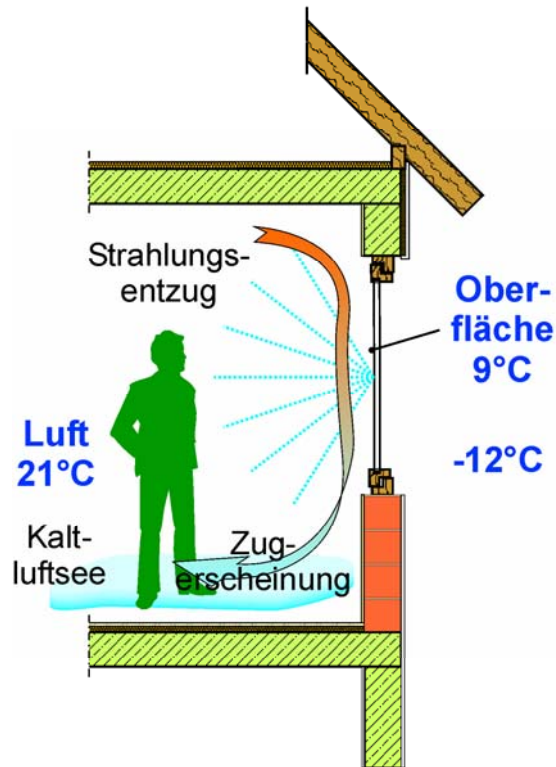
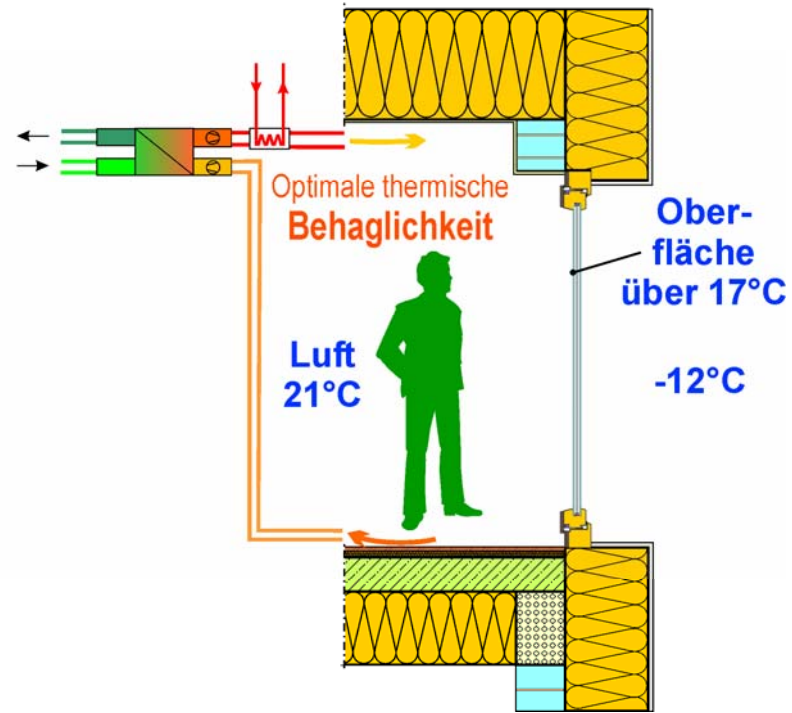
Energieeinsparung beim Verbrauch

1. Grundsätzlich vorhandene Einsparpotentiale

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

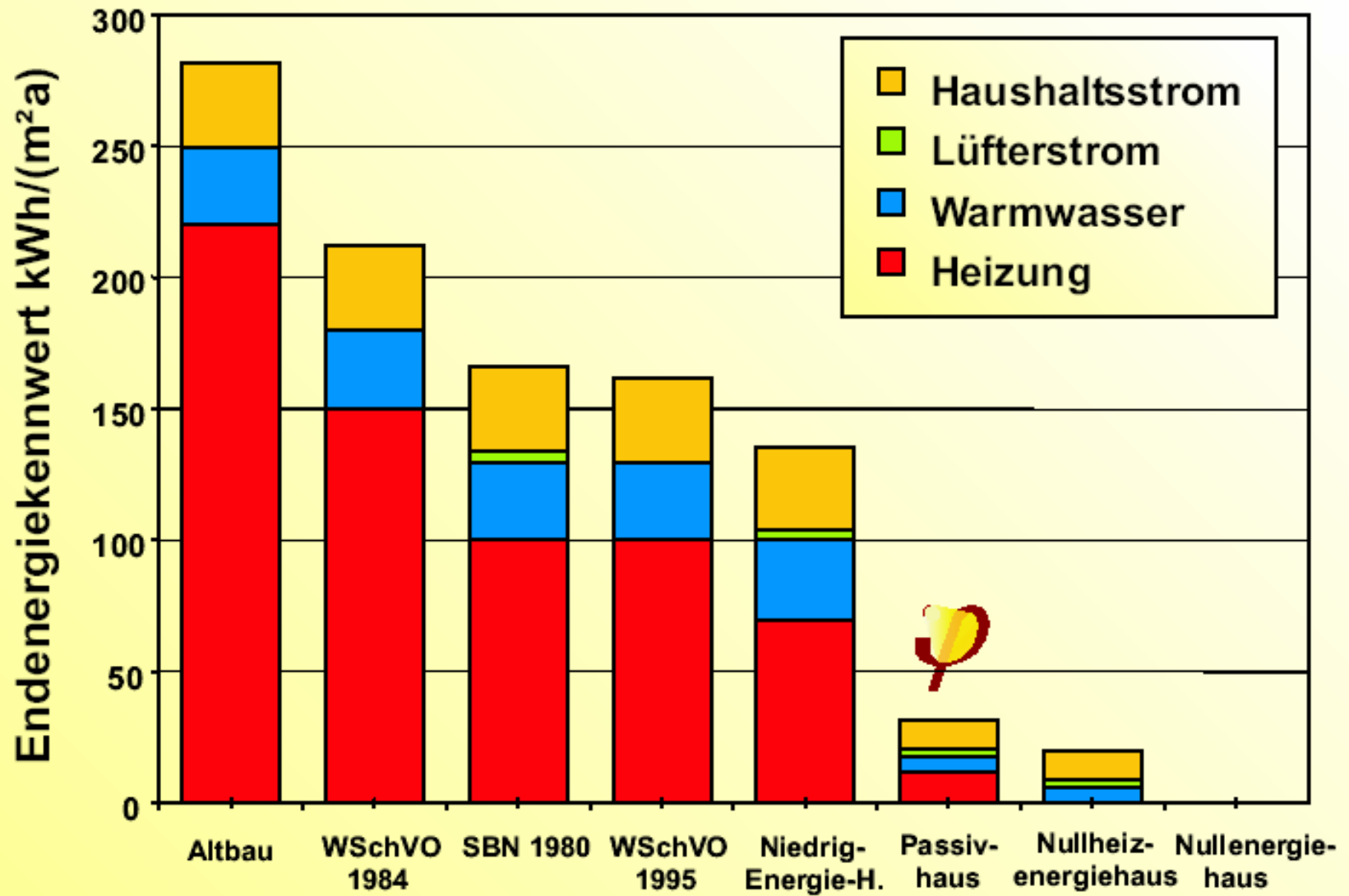


2. Tatsächliche Minderungsraten im Gebäudebereich

Beispiel Raumwärme:**Passivhausstandard****Gebäudebestand****Passivhaus**

Grundsätze für den Bau von Passivhäusern

Guter Wärmeschutz und Kompaktheit	Außenhülle $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Wärmebrückenfrei
Südorientierung und Verschattungsfreiheit	Passive Solarenergienutzung
Superverglasung und Superfensterrahmen	$U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ g-Wert um 50 %
Luftdichtheit	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Wärmerückgewinnung aus der Abluft	Wärmebereitstellungsgrad $\geq 75 \%$
Energiespargeräte	Hocheffiziente Stromspargeräte für den Haushalt
Brauchwassererwärmung regenerativ	Solarkollektor oder Wärmepumpe
Passive Luftvorerwärmung	Optional: Erdreichwärmetauscher, Lufttemp. auch im Winter über 5°C

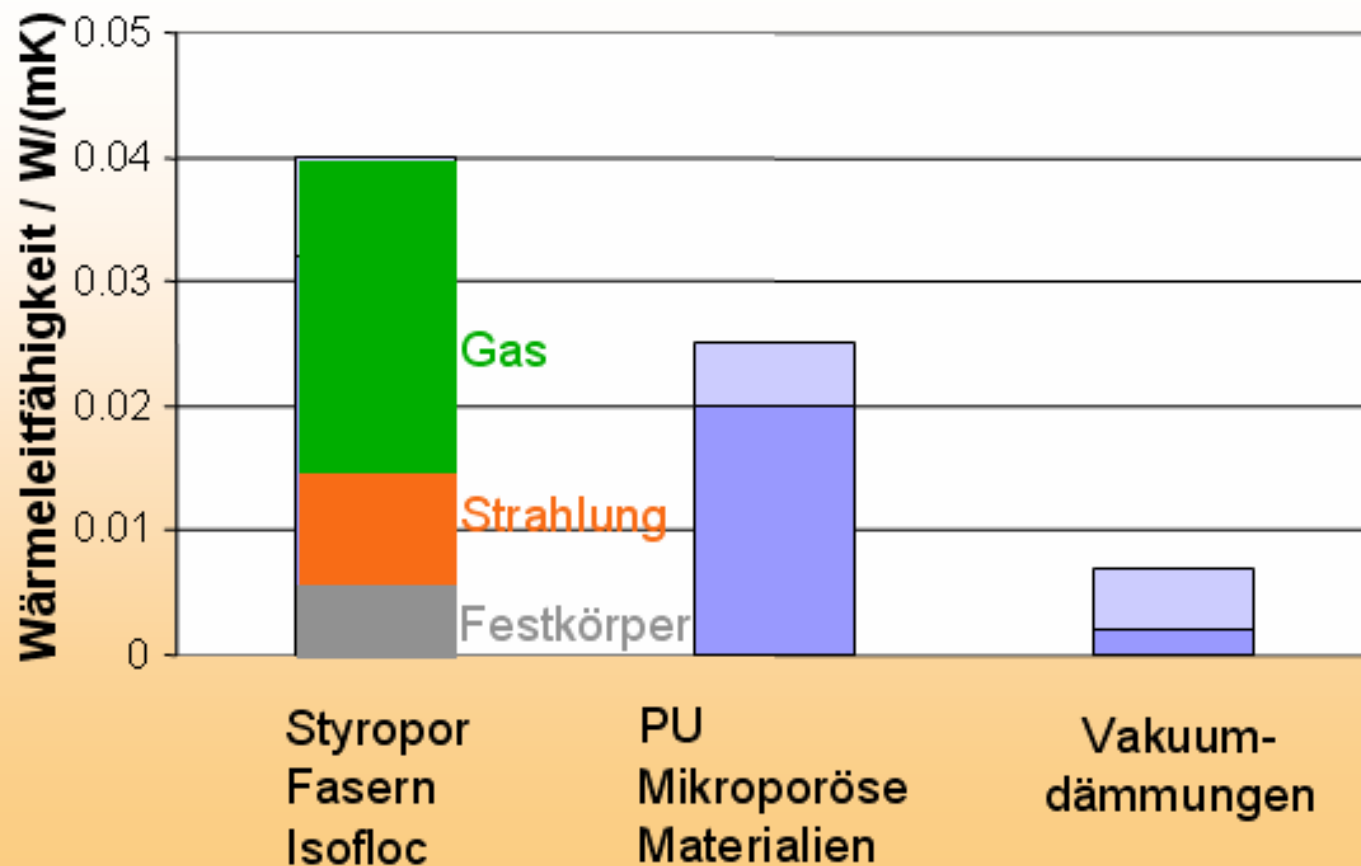


Beispiel Raumwärme: **VIP** (Vakuum Isolations Paneele)

Leistungsfähigkeit von Wärmedämmungen

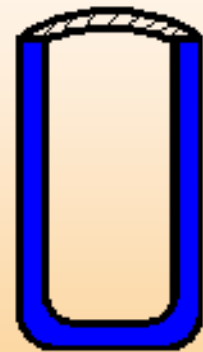


ZAE BAYERN



Evakuierte Wärmedämmungen

selbsttragend
runde Behälter

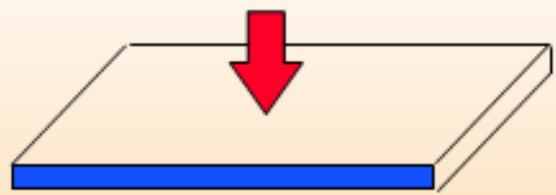


„Thermoskanne“

Folien, verspiegelte Wände

$\lambda = 10^{-4}$ bis $0,005$ W/(mK)

großflächig



Belastung:

"10 Tonnen pro Quadratmeter"

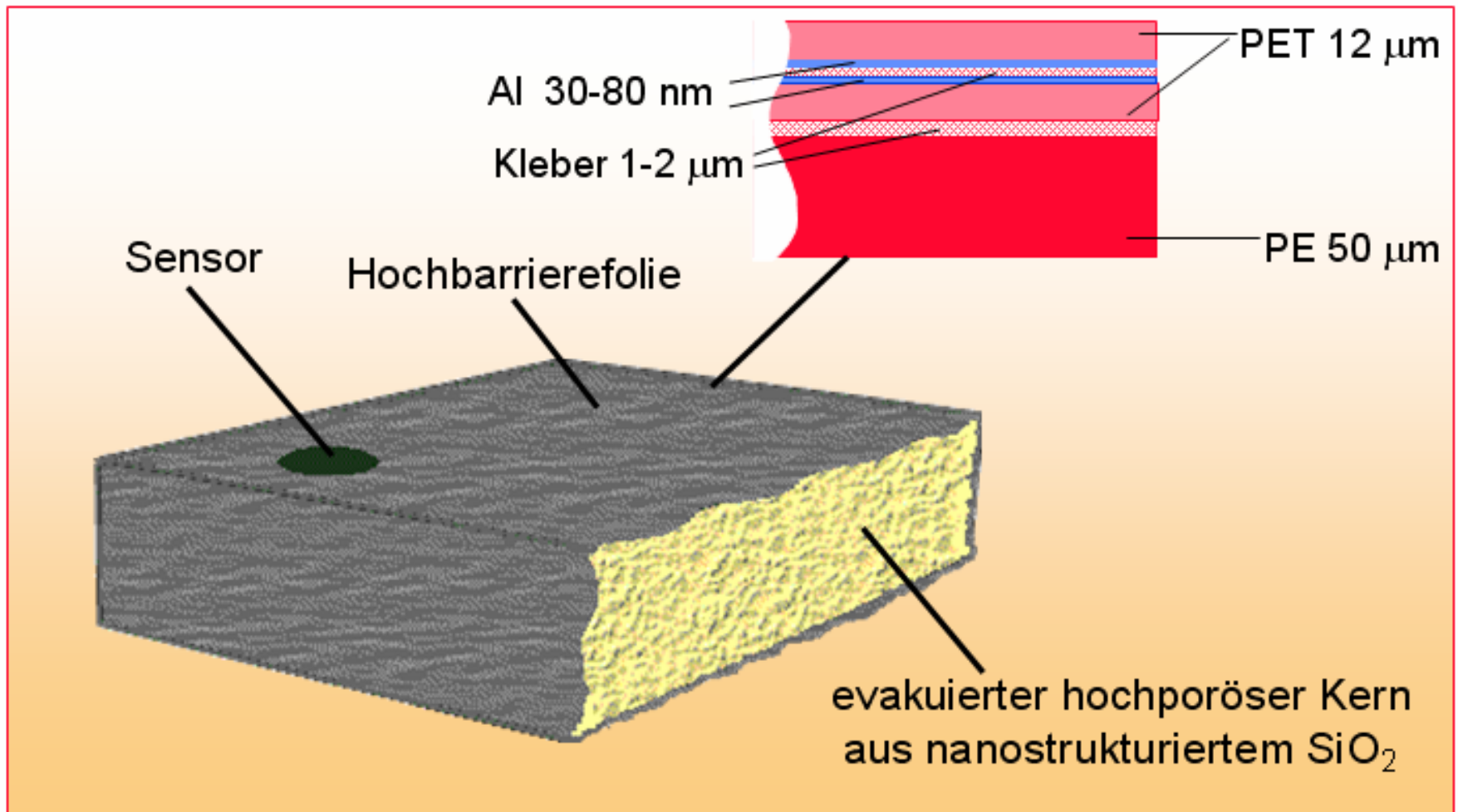
druckbelastbare Füllmaterialien?

$\lambda = 0,002$ bis $0,008$ W/(mK)

Aufbau VIP



ZAE BAYERN



3 Wärmetransportmechanismen



ZAE BAYERN

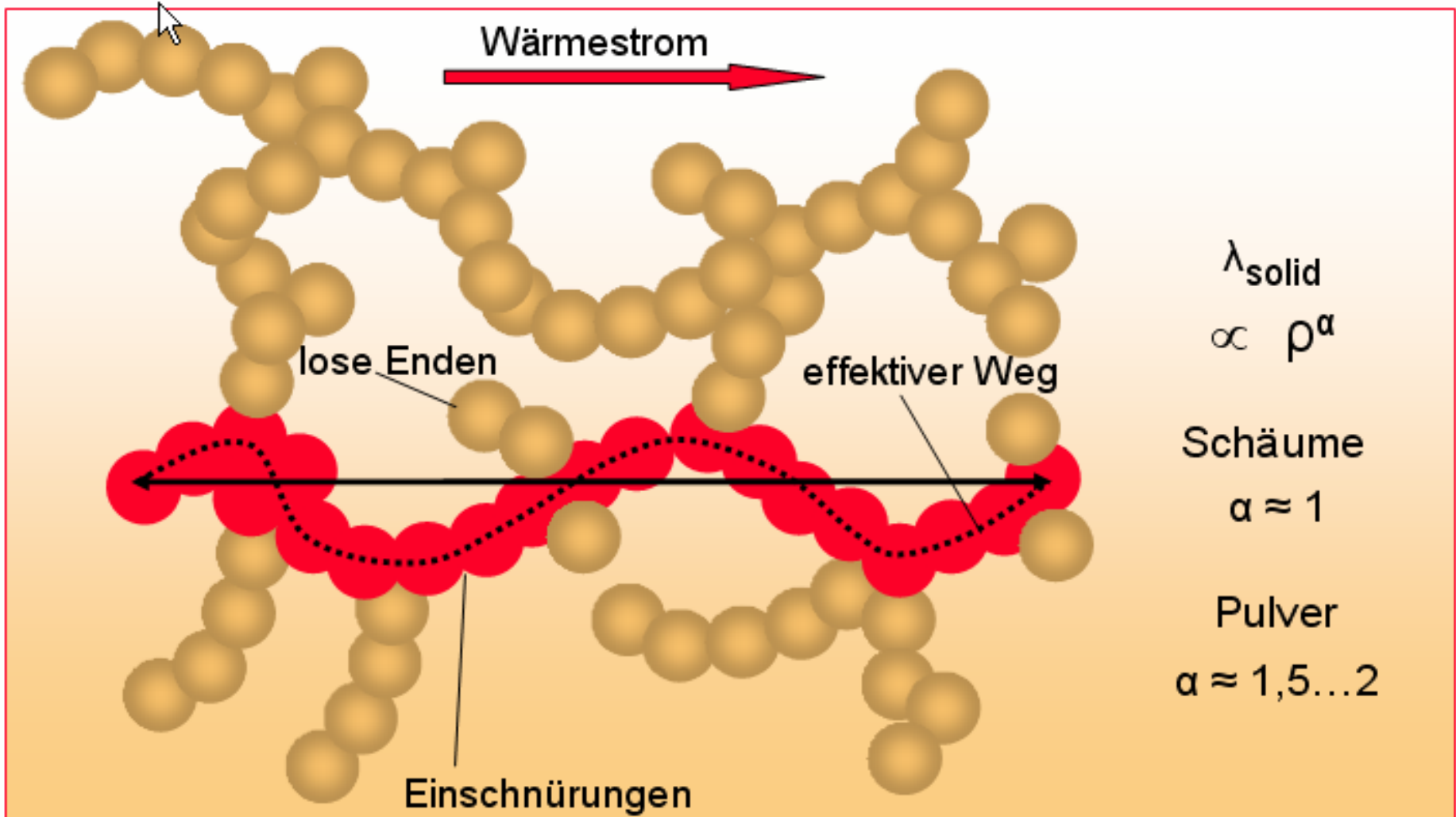
- WL poröses Festkörpergerüst λ_{solid}

- WL Luft in Poren λ_{gas}

- WL durch Strahlungstransport λ_{rad}

$$\lambda = \lambda_{\text{solid}} + \lambda_{\text{gas}} + \lambda_{\text{rad}}$$

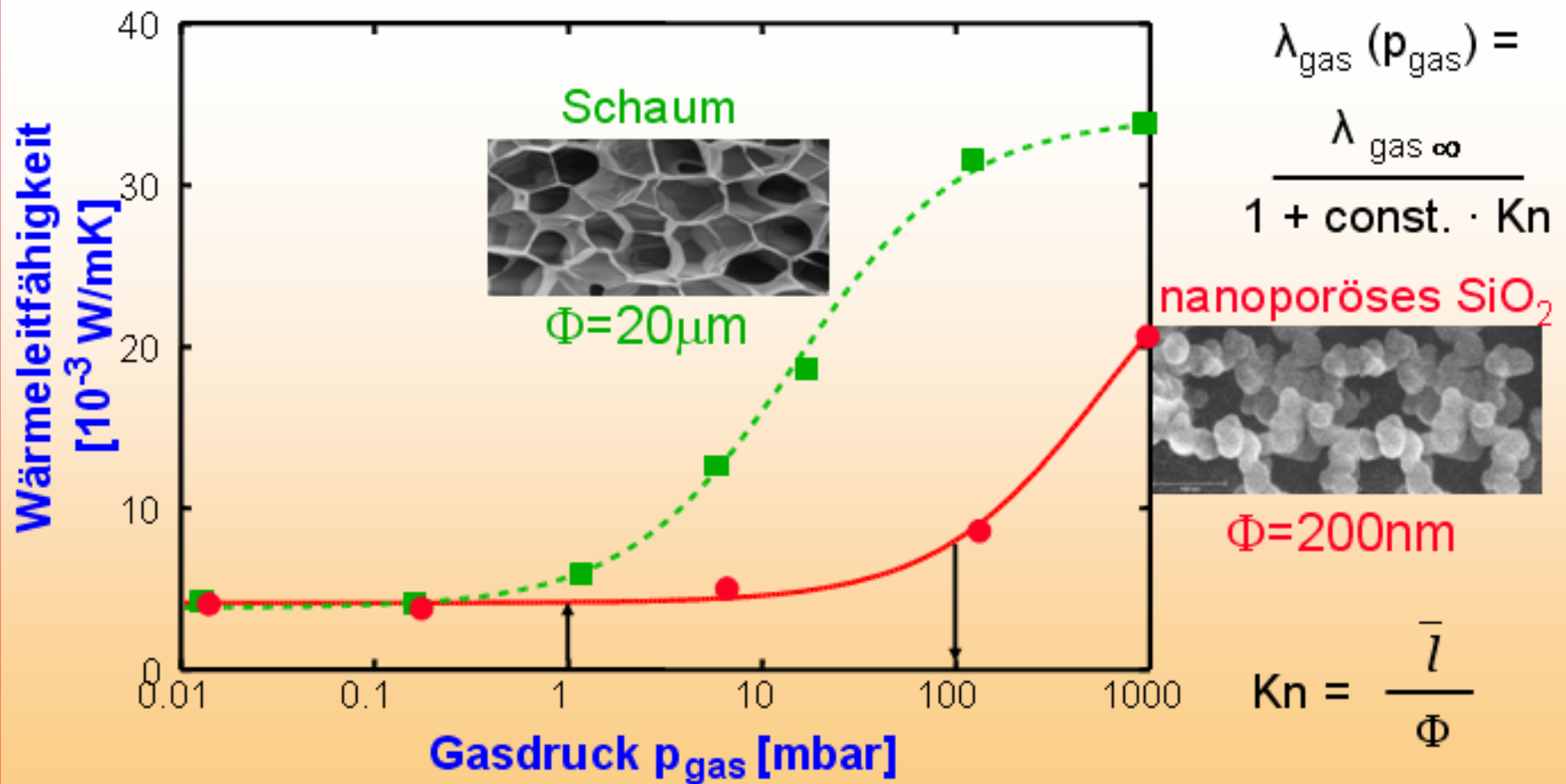
Festkörperwärmeleitung



Gasdruckabhängige Wärmeleitfähigkeit



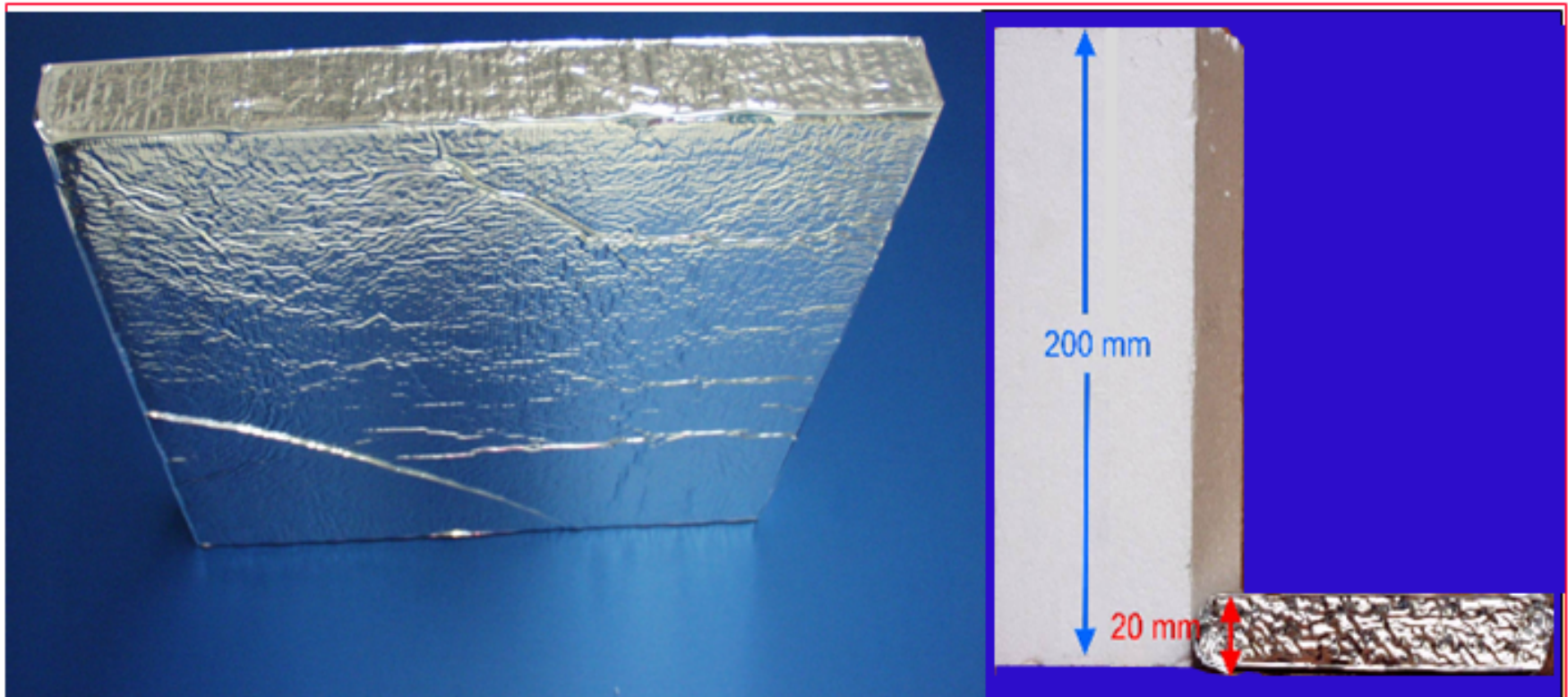
ZAE BAYERN



Knudsen Zahl Kn = freie Weglänge / Durchmesser der Hohlräume



Vakuumisolationspaneele (VIP) mit Folienumhüllungen



Gasdruck ≈ 1 mbar

Bei Druckanstiegsraten von 2 mbar/Jahr => rechn. Funktionsdauer 50 Jahre!

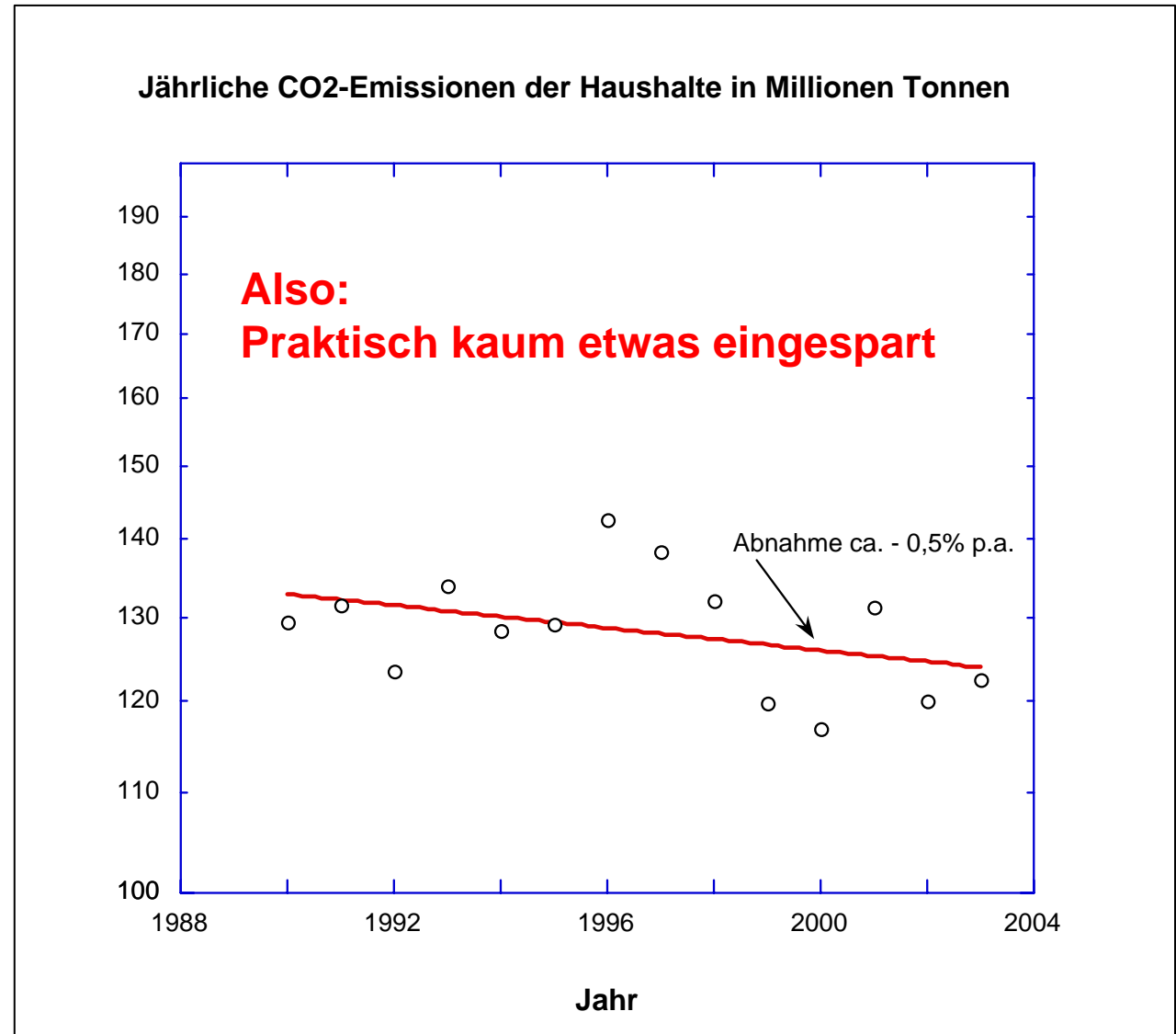
Anwendung im Baubereich sind möglich!

- mit Vakuumisolationen erreicht man extrem niedrige Wärmeleitfähigkeiten von $0,004 \text{ W/(mK)}$,
- nanostrukturierte Materialien ermöglichen rechnerische Funktionsdauern bis zu 50 Jahren bei Hüllen aus Folien,
- enormes Anwendungs- und CO_2 -Einsparpotenzial bei der energetischen „Altbausanierung“,
 - Entwicklung bauteilintegrierter VIP
 - Durchführung von Alterungstests
 - Entwicklung preiswerter Füllmaterialien

Tatsächliche CO2 Minderungsraten im Gebäudebereich

Es bleibt noch
ein weites Feld
zur
AltbauSanierung

Die festgestellte Abnahme
der Emissionen von
0,5 % p.a.
ist statistisch nicht sehr
signifikant.



Spezifische Jahresverbräuche für Raumwärme und Warmwasser im Bestand

Stichprobe:

Alle Häusergrößen
Alle Altersklassen

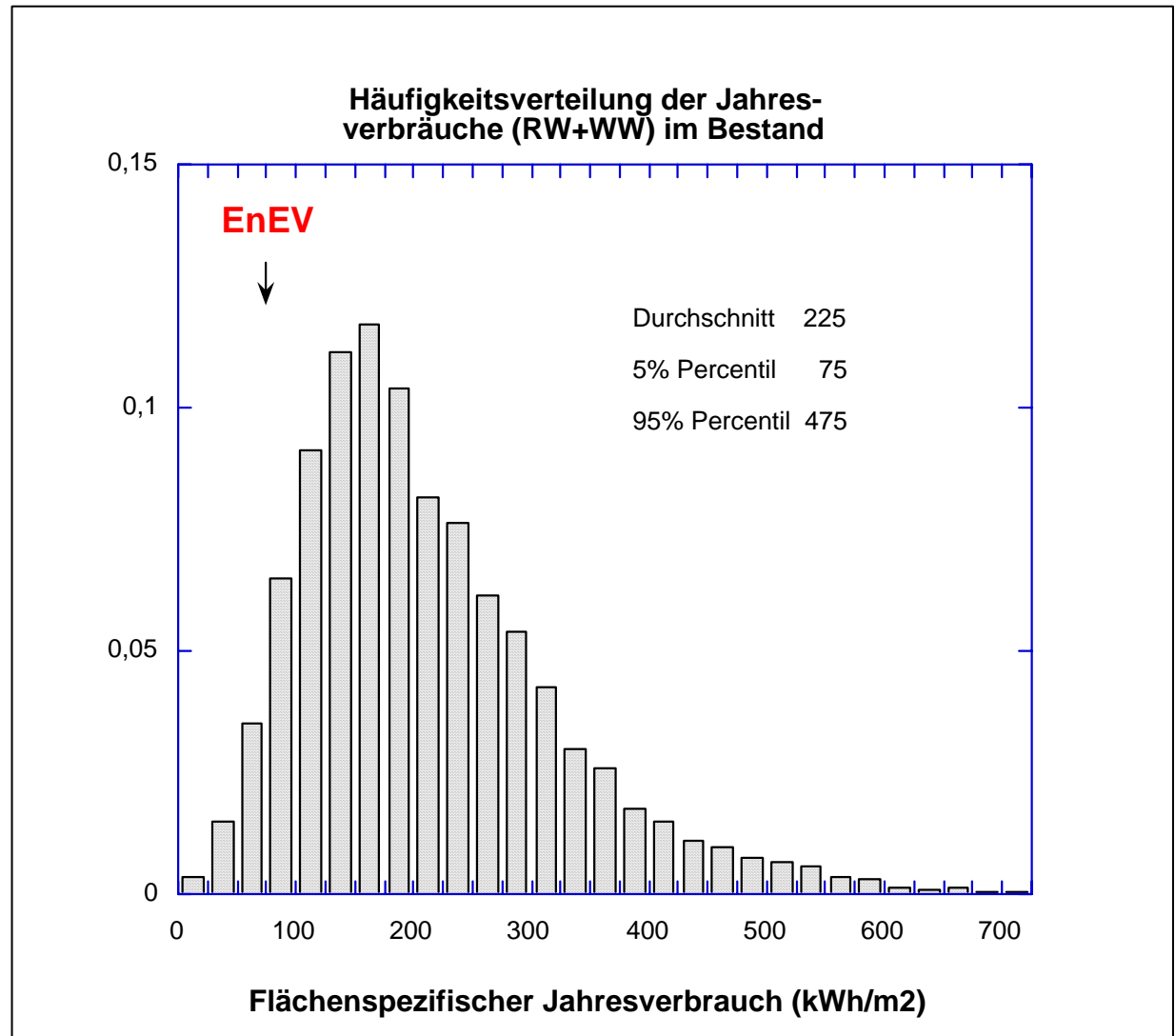
Repräsentativ

für Bestand in Deutschland

Neubauten (EnEV)

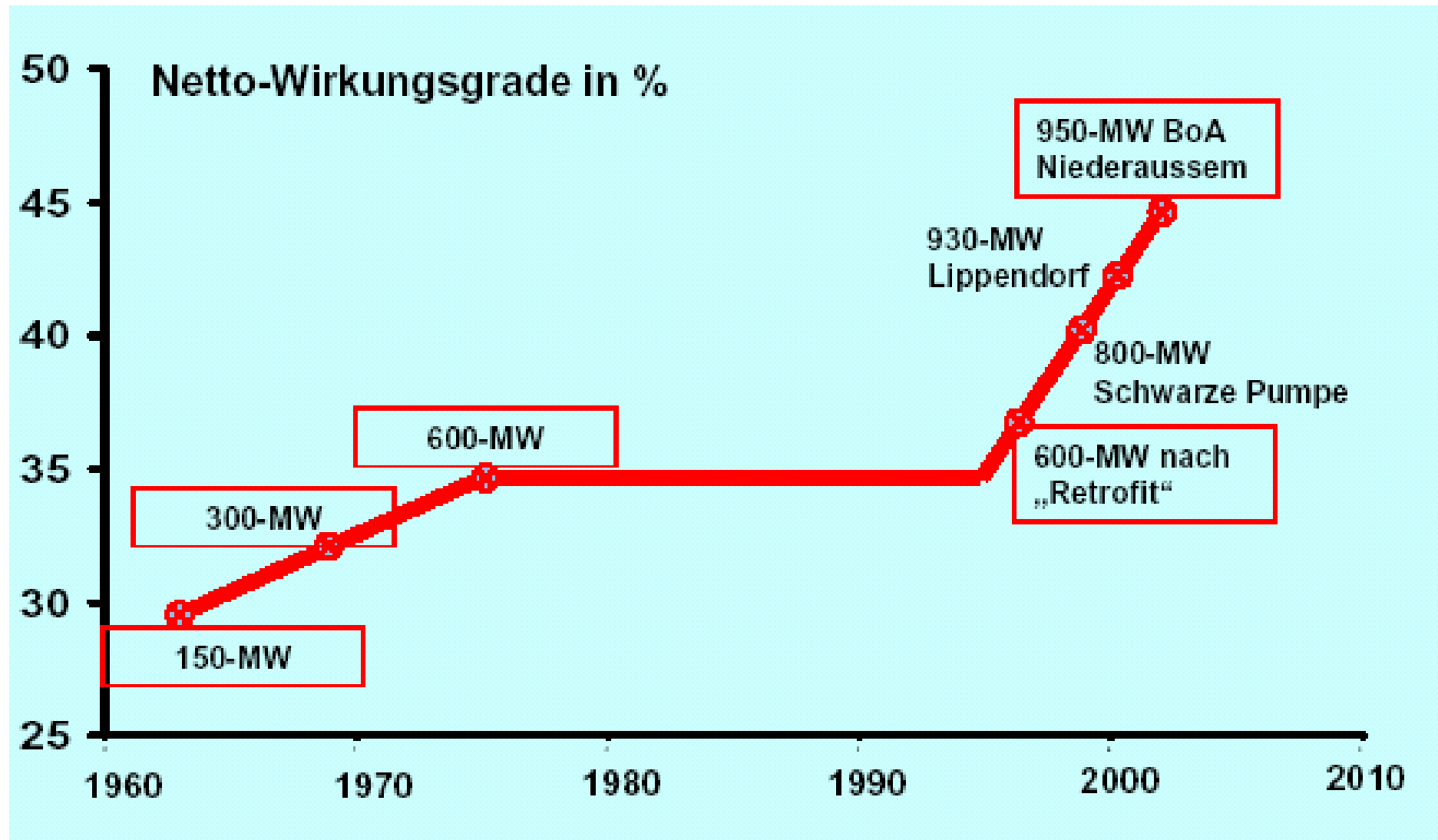
sind **besser**

(aber zusätzlich)



Fossile Kraftwerke hoher Effizienz

Nettowirkungsgrade neu in Betrieb gehender Braunkohlekraftwerke



Quelle: DPG Klimastudie 2005, Abb.3, p.23;

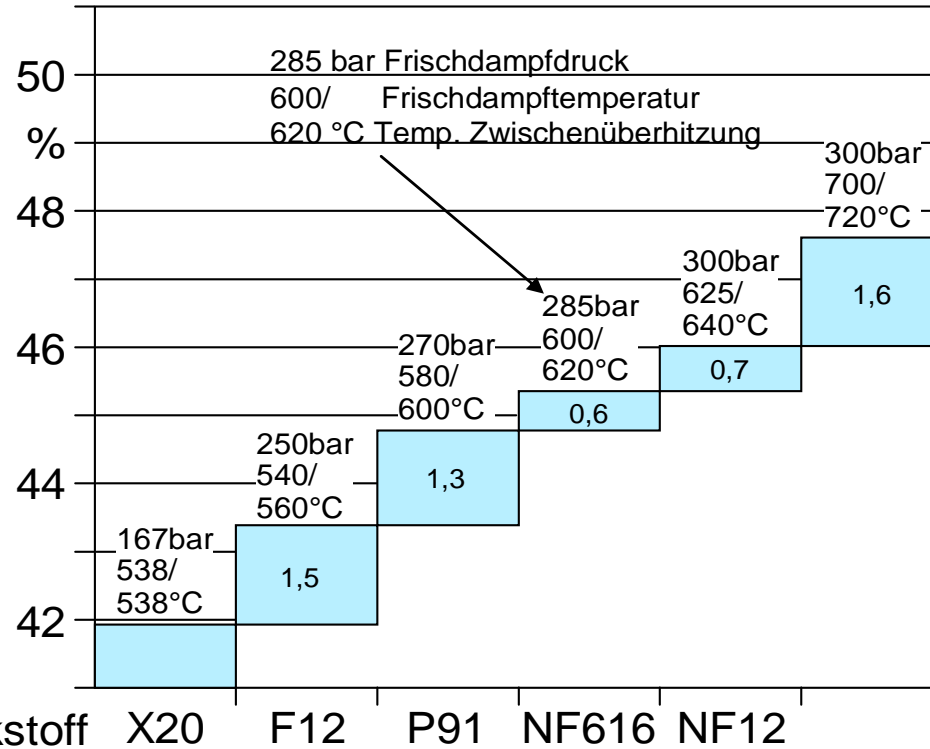
Urquelle: Engelhard, RWE Power AG, 2005

Kohle**be**feuerte **Dampfkraftwerke**

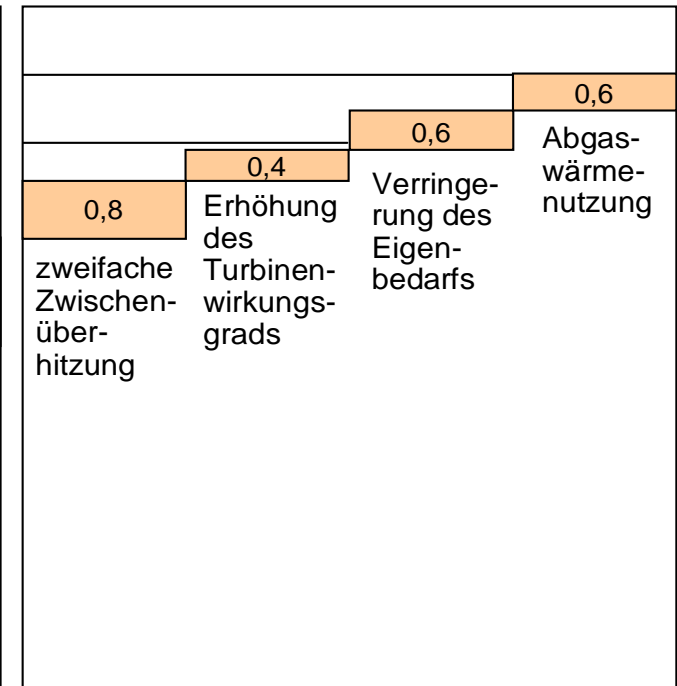
Entwicklungspotential

Werkstoffentwicklung

Nettowirkungsgrad

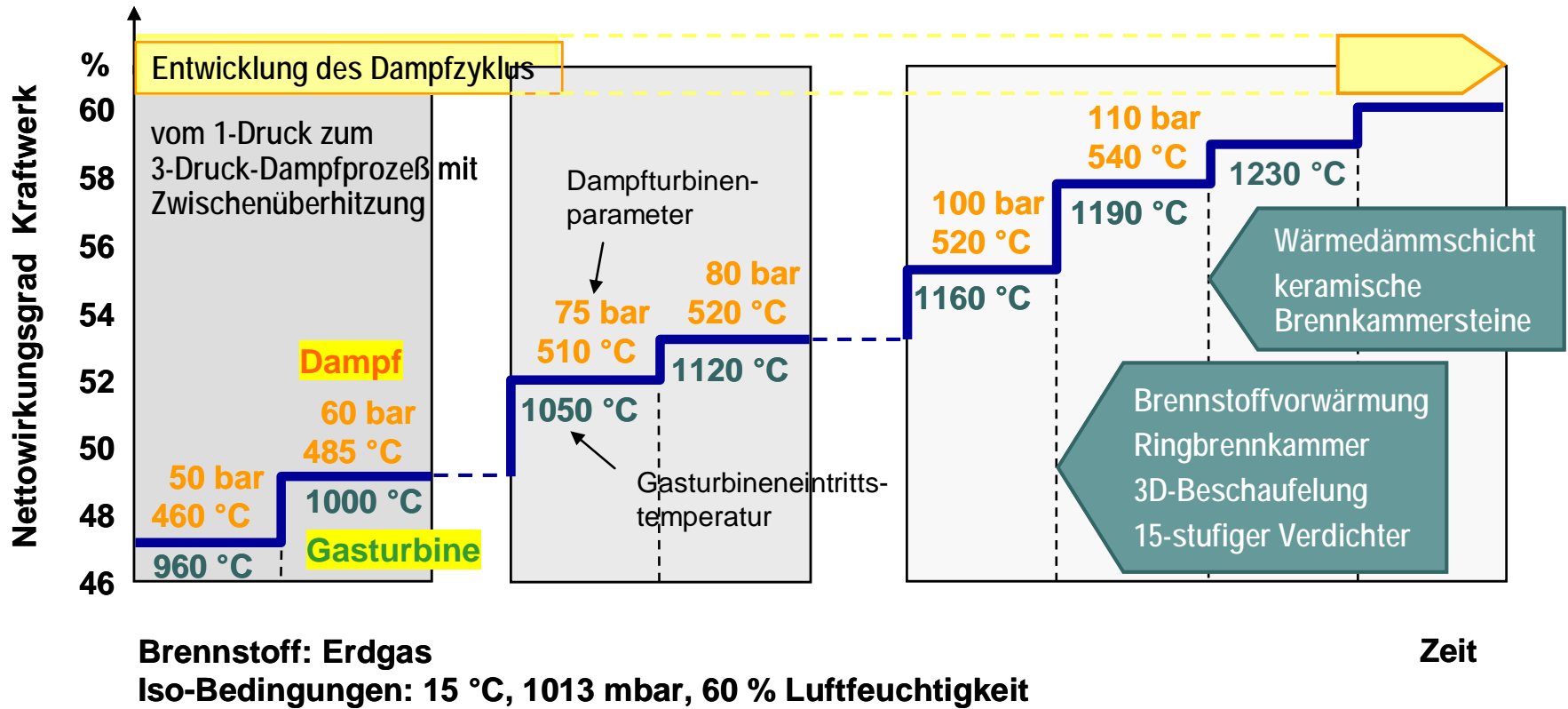


Prozeß- und Komponentenentwicklung



Erdgas**be**feuerte **GuD**- Kraftwerke

Entwicklungspotential



Trend und **Trendbrecher** im Kraftwerksbereich

	Trend und besondere Maßnahmen	CO2 -Faktor Effizienz
1	1992 – 2003 (11 Jahre) <u>Trend:</u> durchgeführte technische Innovation , und Erhöhung des Gasanteils	0,920
2	2003 – 2020 (17 Jahre) Bei gleicher Innovationsrate und gleicher Rate der Erhöhung des Gasanteils <u>Trendfortschreibung:</u>	0,879
3	2003 – 2020 zu erreichen durch Ersatz des halben Kraftwerksparks bei konstantem (!) Gasanteil des Jahres 2003 (16,4 %)	nur: 0,883
4	2003 – 2020 erreichbar effiz. Trendbrecher durch Ersatz des halben Kraftwerksparks und bei Erhöhung des Gasanteils hin zu <u>Gas/fossil = 0,32 :</u>	0,815
5	Variation: Gas/fossil = (0,25 ; 0,40)	(0,846 ; 0,772)

Also:

Verbesserung der CO2 Effizienz bei fossilen Kraftwerken

- Ein großer Teil (~50%) der **Kraftwerke ist bis 2020 altersbedingt zu ersetzen.**
- **Neuanlagen weisen wesentlich höhere Wirkungsgrade auf.**
- Unveränderter Brennstoffmix erbringt jedoch nur ca. bisherigen Verminderungstrend seit 1992
- **Deutlicher Trendbruch nur, wenn mehr Erdgas statt Kohle.**

Fortschrittliche Wirkungsgrade + Verdoppelung des Erdgasanteiles bringt:

zusätzlich zum Trend etwa: **-23 Mt CO₂/a** in 2020 AD

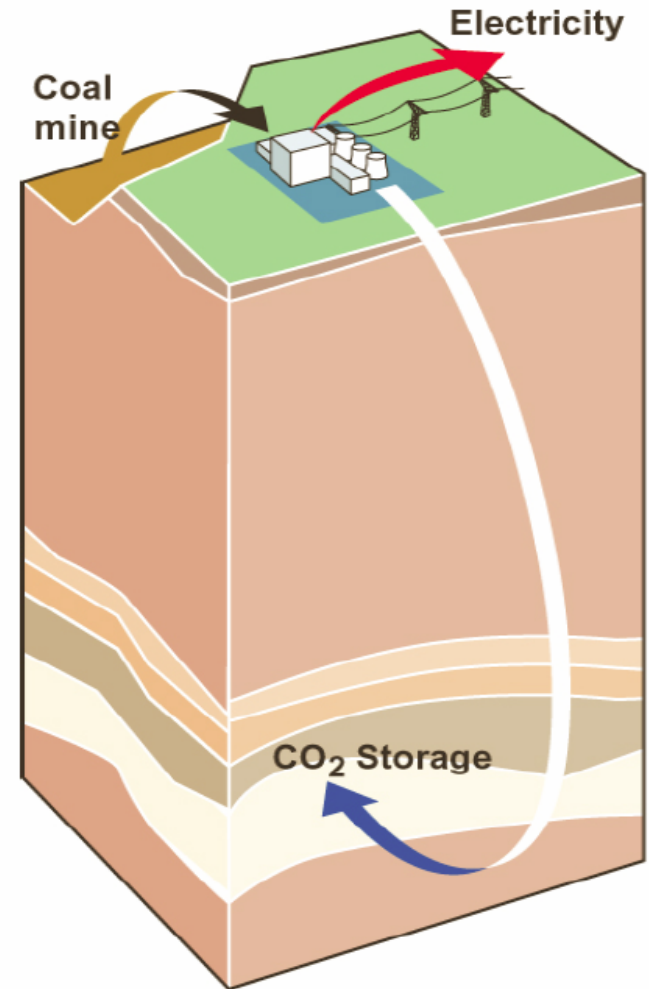
Fossile Kraftwerke mit CO₂ Sequester

ohne Umweg über die Atmosphäre

Das Prinzip:

CO₂ vom Kraftwerk

direkt in die Endablagerung



Ernsthaft in Erwägung :

CCS

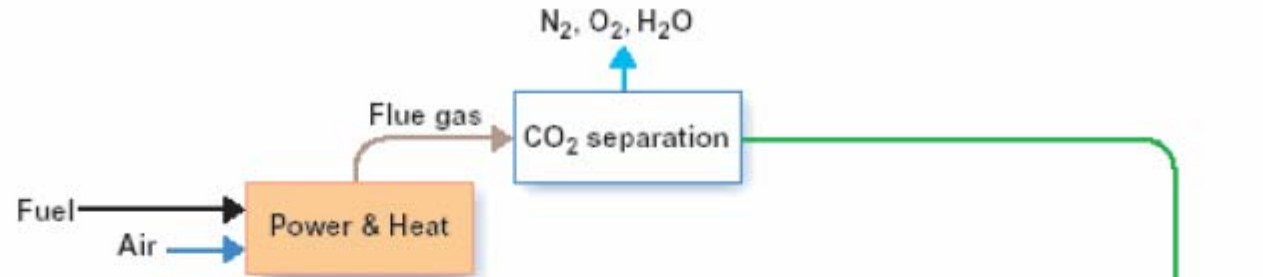
Das neue Zauberwort

!!?!!

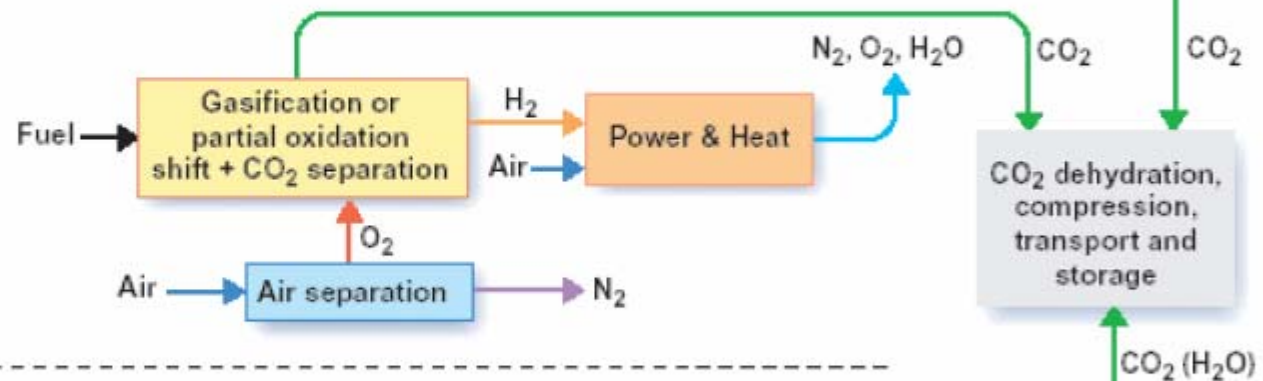
CCS = Carbon Capture and Storage

The three main options for CO₂ capture from power plants

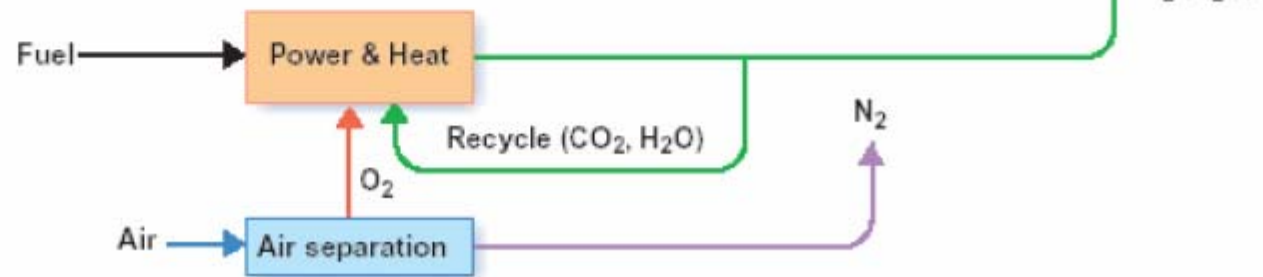
1. Post-combustion capture



2. Pre-combustion capture



3. O₂/CO₂ recycle (oxyfuel) combustion capture



3. OxyFuel Verbrennung

Bei einem OxyFuel Verfahren wird:

- der **Stickstoff** aus der Verbrennungsluft **entfernt**.
- ein **Teil des Abgases zurückgeführt**
- und das abzuführende **Abgas** besteht **nur noch aus CO₂** .

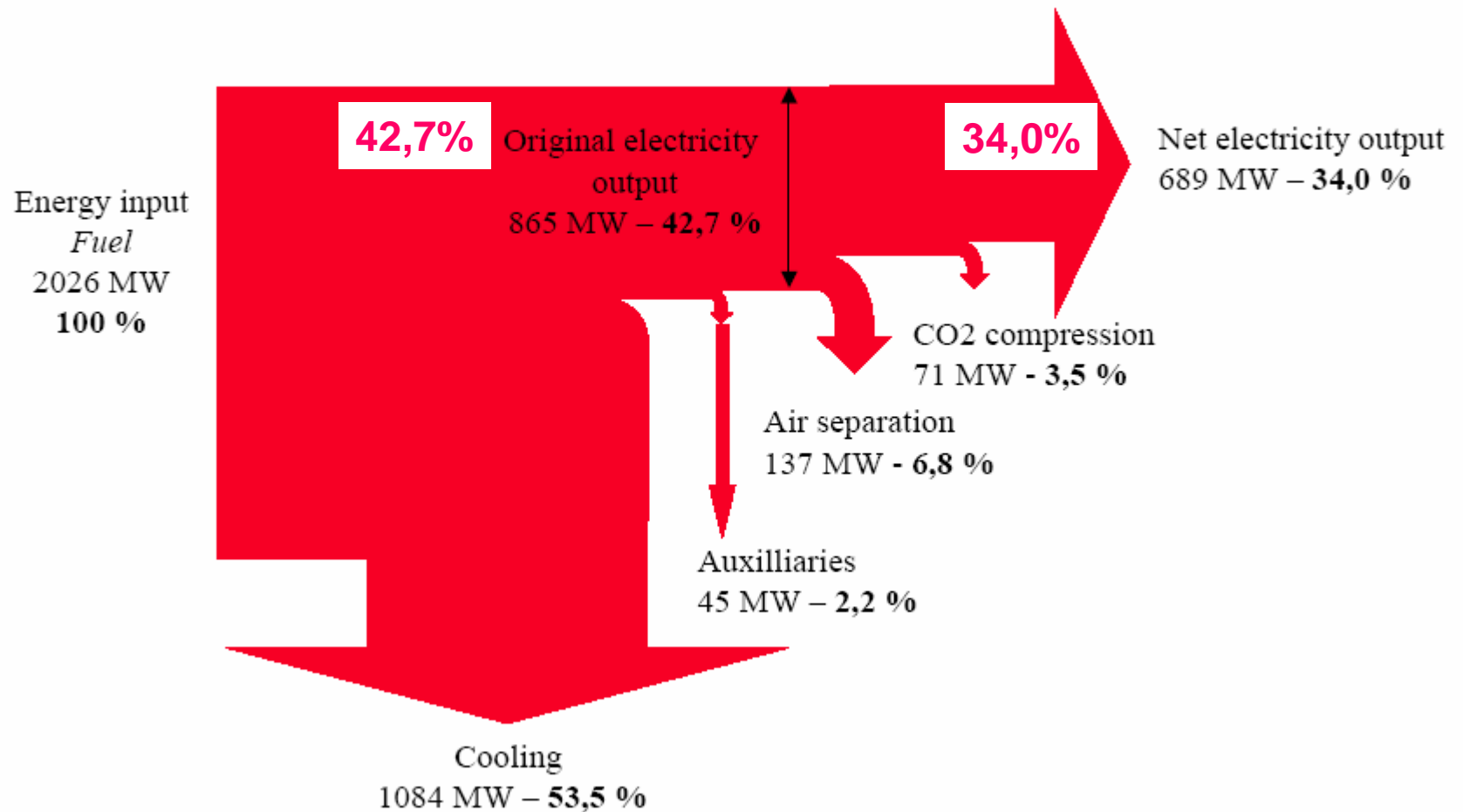
Bemerkungen:

Da eine Verbrennung in reinem Sauerstoff zu viel zu hohen Verbrennungstemperaturen führen würde, ersetzt das rückgeführte Abgas den Luftstickstoff

Das abzuführende Abgas besteht im wesentlichen nur noch aus CO₂, nachdem der Wasserdampf auskondensiert wurde und Verunreinigungen wie SO_x, NO_x und , Staub abgeschieden worden sind.

The reference power plant Lippendorf





Costs of NearFuture Solutions for Carbon Capture

Efficiency penalty:

Coal fired plant: **8-13** %-points , of this ca. **3 - 4** %-points for compression

Gas fired plant: **9-12** %-points , of this ca. **3 - 4** %-points for compression

Cost penalty in the Range of : **1 – 5** [cts/kWh]

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:

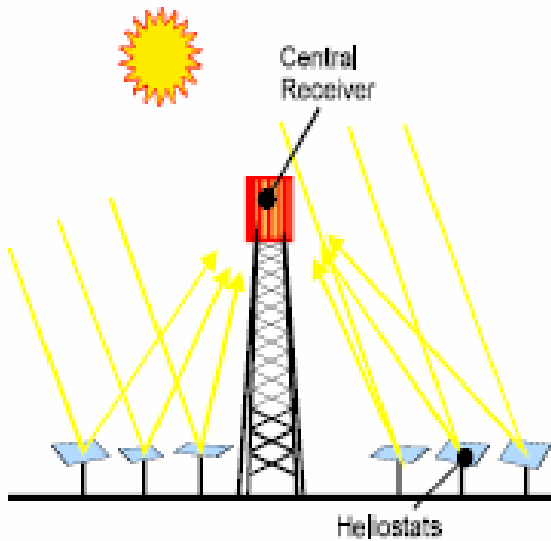
- **kurzzeitige Zwischenspeicherung von Wärme**
- **Hybridbetrieb mit fossilem Brennstoff (H₂? , Biomasse?) möglich**
(Solaranlage ist sozusagen ein alternativer Kessel)

Prinzipien der Solarkonzentration

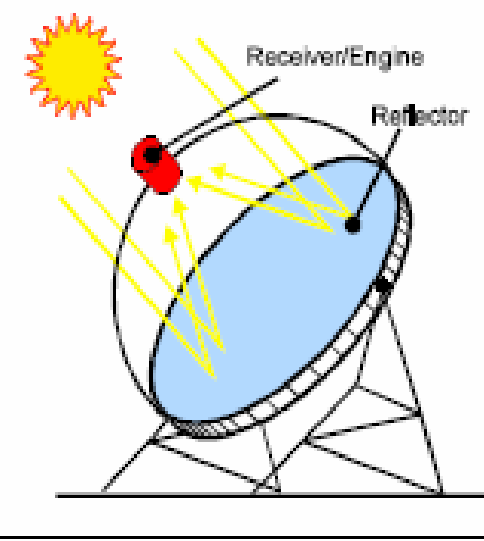
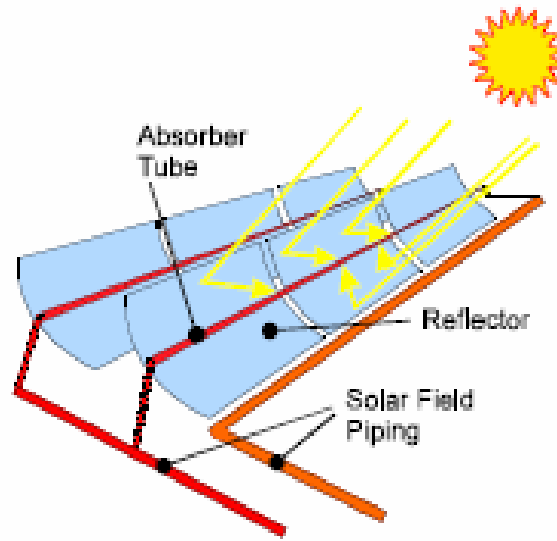
Solarturm

Parabolrinnen

Paraboloid

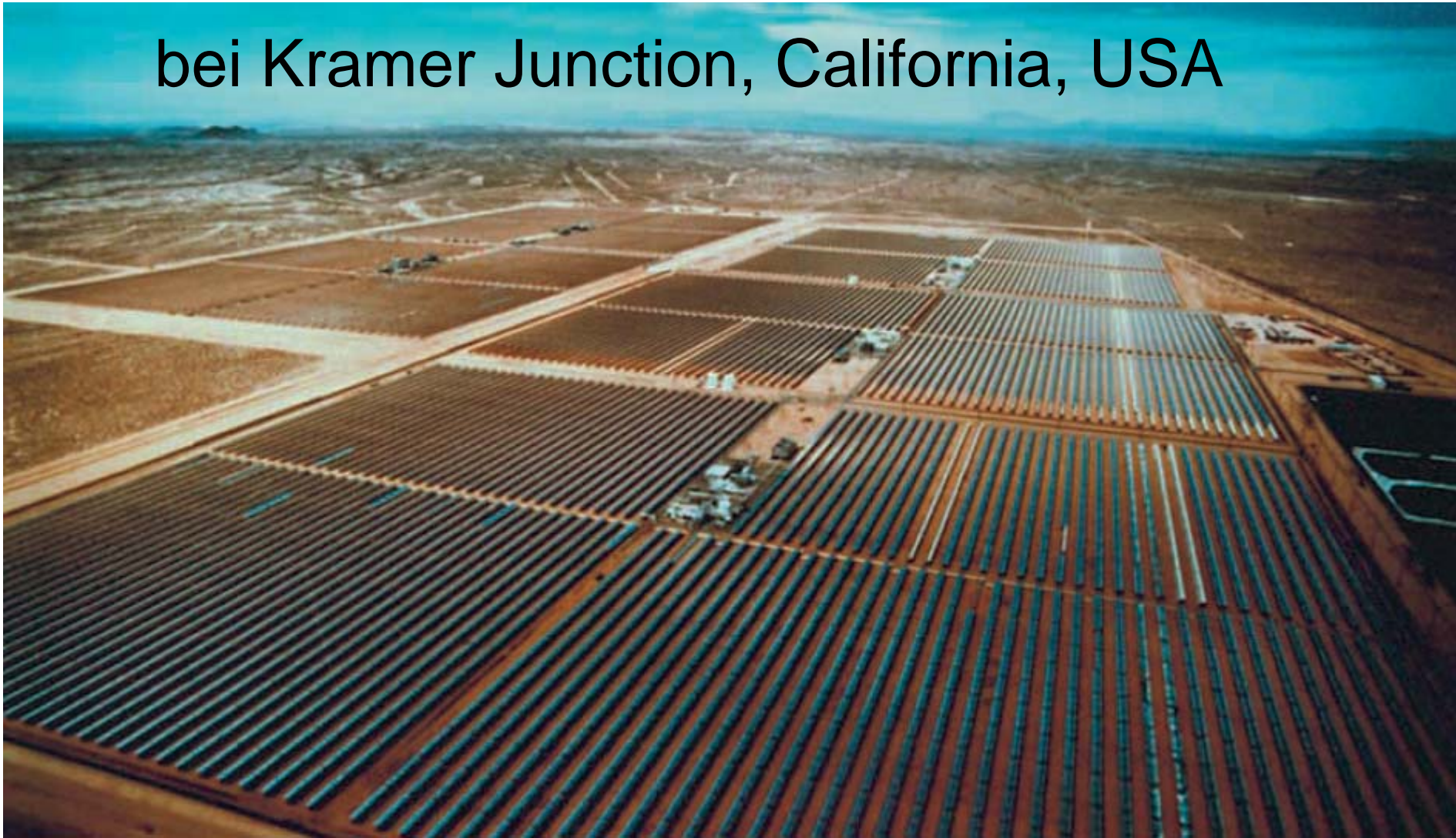


Power Towers



Die fünf 30 MW SEGS Kraftwerke

bei Kramer Junction, California, USA



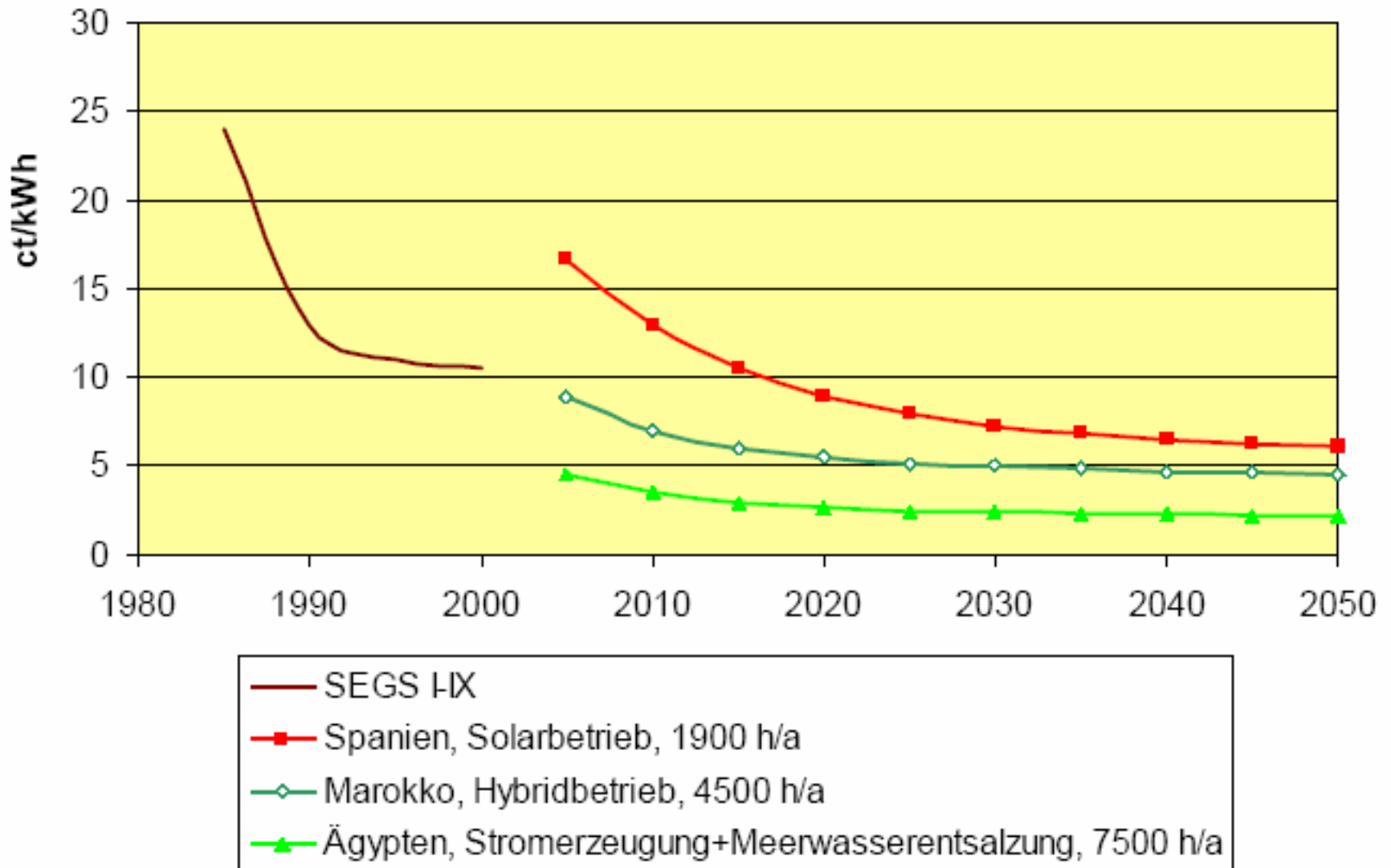
SEGS = Solar Electric Generating Systems

Technische Daten der SEGS – Kraftwerke

SEGS Anlage	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Jahr der Inbetriebnahme	1985	1986	1987	1987	1988	1989	1989	1990	1991
Nettoleistung [MW]	13.8	30	30	30	30	30	30	80	80
Aperturfläche Solarfeld [1000m ²]	83	190	230	230	251	188	194	464	484
Solarfeld Auslasstemperatur [°C]	307	321	349	349	349	391	391	391	391
Turbinenwirkungsgrad [%]									
Solar-Betrieb	31,5 ^a	29,4 ^b	30,6	30,6	30,6	37,6 ^c	37,6	37,6	37,6
Gas-Betrieb	-	37,3	37,3 ^d	37,3	37,3	39,5	39,5	37,6 ^e	37,6
Dampfparameter am Turbineneinlass im Solar-Betrieb									
Druck [bar]	35,3	27,2	43,5	43,5	43,5	100	100	100	100
Temperatur [°C]	415 ^a	360	327	327	327	371	371	371	371
Jährliche Betriebsdaten (Auslegung)									
Thermischer Wirkungsgrad Solarfeld [%]	35	43	43	43	43	43	43	53	50
Solar-elektrischer Wirkungsgrad, netto [%]	9,3	10,7	10,2	10,2	10,2	12,4	12,3	14,0	13,6
Stromerzeugung, netto [GWh/a]	30,1	80,5	91,3	91,3	99,2	90,9	92,6	252,8	256,1
Gasverbrauch [10 ⁶ m ³ /a]	4,8	9,5	9,6	9,6	10,5	8,1	8,1	24,8	25,2
Spez. Installationskosten [US\$/kW]	4490	3200	3600	3730	4130	3870	3870	2890	3440
a) Dampferzeugung mit Solarenergie, Überhitzung durch Gas (18% des Energieeinsatzes) b) Im Solarbetrieb wird der Dampf mit Solarenergie erzeugt und überhitzt (SEGS II-IX) c) Turbine mit Zwischenüberhitzung (SEGS VI-IX) d) Im Gasbetrieb sind die Dampfparameter am Turbinenanlass 105 bar/510 °C (SEGS III-VII) e) Der Wärmeträgeröl-Erhitzer wurde eingeführt. Dampfparameter sind im Solar- und Gasbetrieb identisch.									

350 MW , seit 15-20 Jahren einwandfreier Betrieb

Erwartete Stromgestehungskosten solarthermischer Kraftwerke unter verschiedenen Randbedingungen





Kernkraftwerke mit neuen Visionen

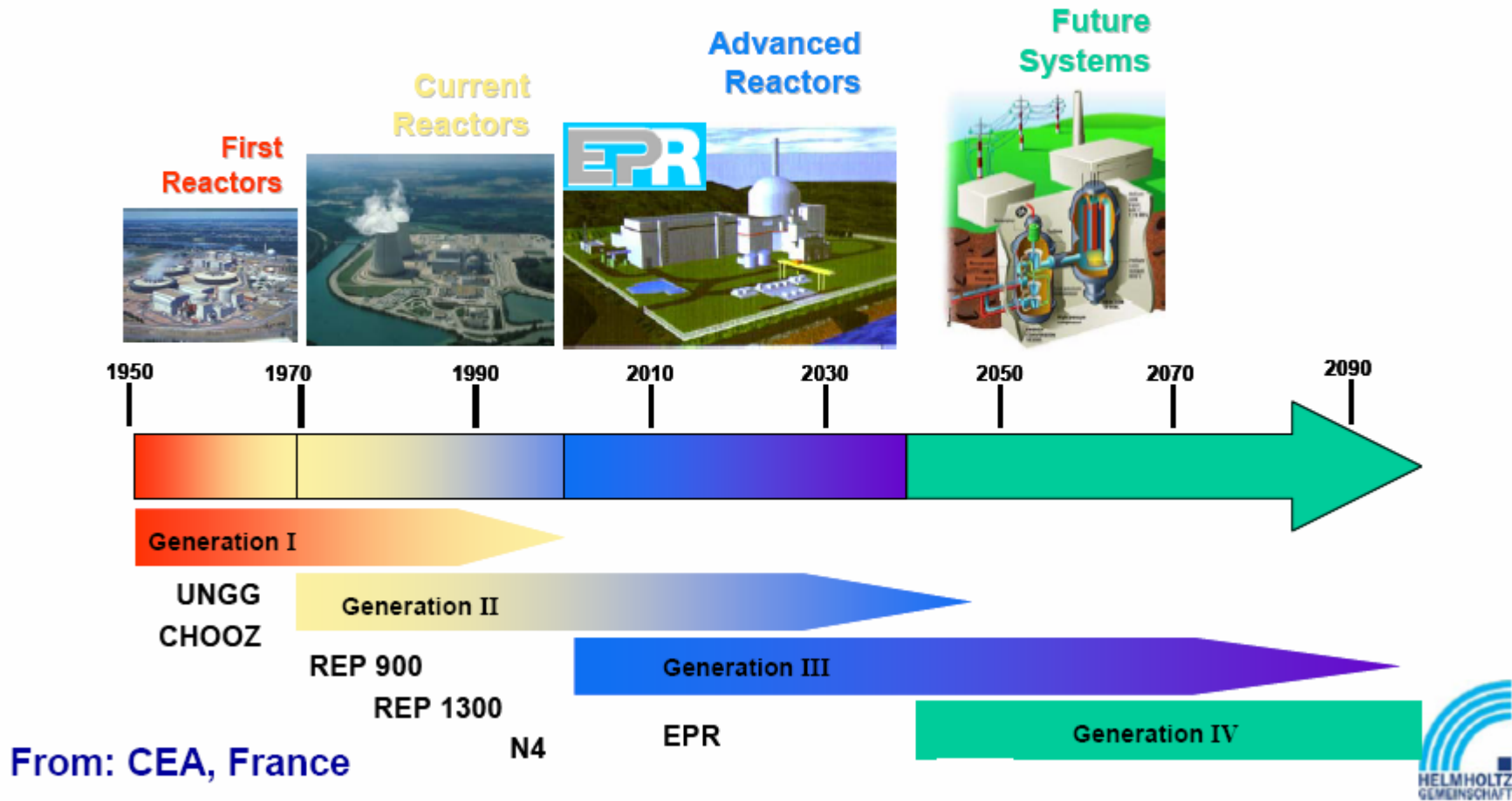
Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Neue Kernreaktoren der Generation IV

Joachim U. Knebel
Kerntechnische Gesellschaft e.V.
&
Forschungszentrum Karlsruhe
Programm Nukleare Sicherheitsforschung

Generation IV: Zielsetzung und Möglichkeiten
Minimierung des hochradioaktiven Abfalls
Wie verhält sich Deutschland?

Evolution of Nuclear Power in France



From: CEA, France

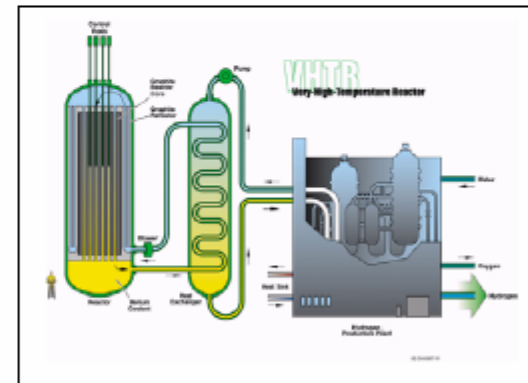
Internationale Arbeiten zu Generation IV

Strategische Zielsetzung:

- Entwicklung von neuen Kernreaktoren bis 2030 in internationaler Kooperation
- Strom, Meerwasserentsalzung, Wasserstoff, Wärme

Technologische Zielsetzungen:

- Höhere Wirtschaftlichkeit
- Gesteigerte Nachhaltigkeit
- Verbesserte Sicherheit
- Höhere Proliferationsresistenz



U.S.A.



United Kingdom



Switzerland



South Korea



South Africa



Japan



France



Canada



Brazil



Argentina

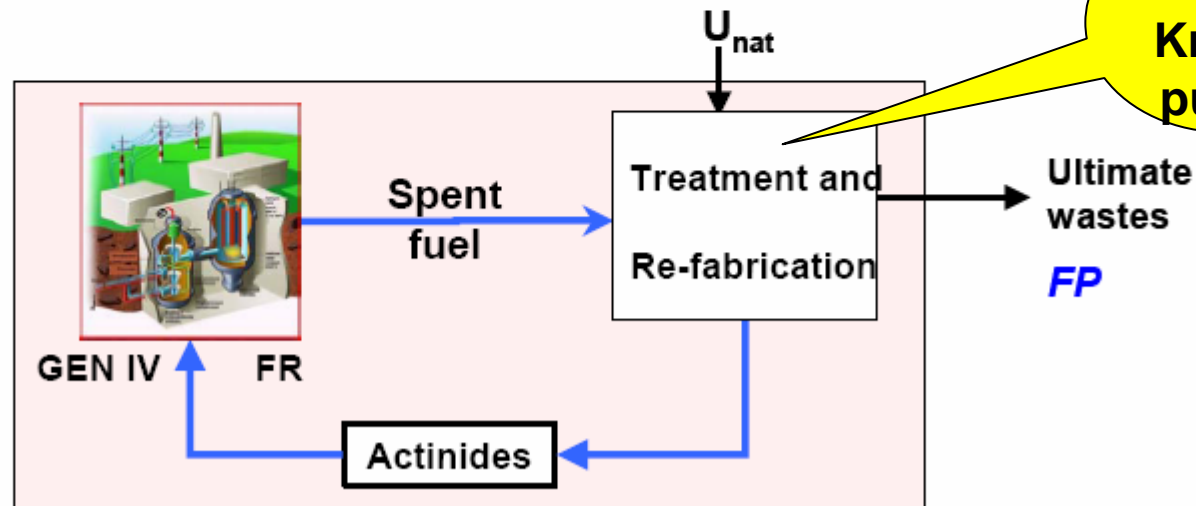


European Union



Entwicklungsziel: Nachhaltigkeit

- **Generation IV Kernenergiesysteme sollen den nuklearen Abfall minimieren und entsorgen, insbesondere die Langzeit-Radiotoxizität reduzieren und dadurch den Schutz von Menschen und Umwelt verbessern.**

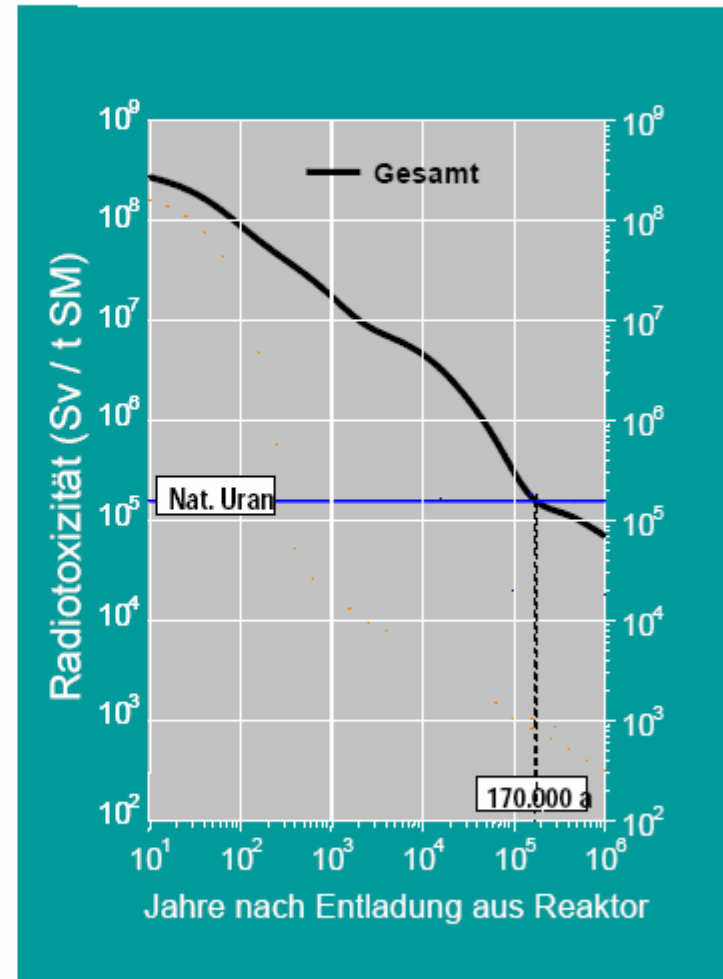


Ein Knackpunkt

From:
CEA, France

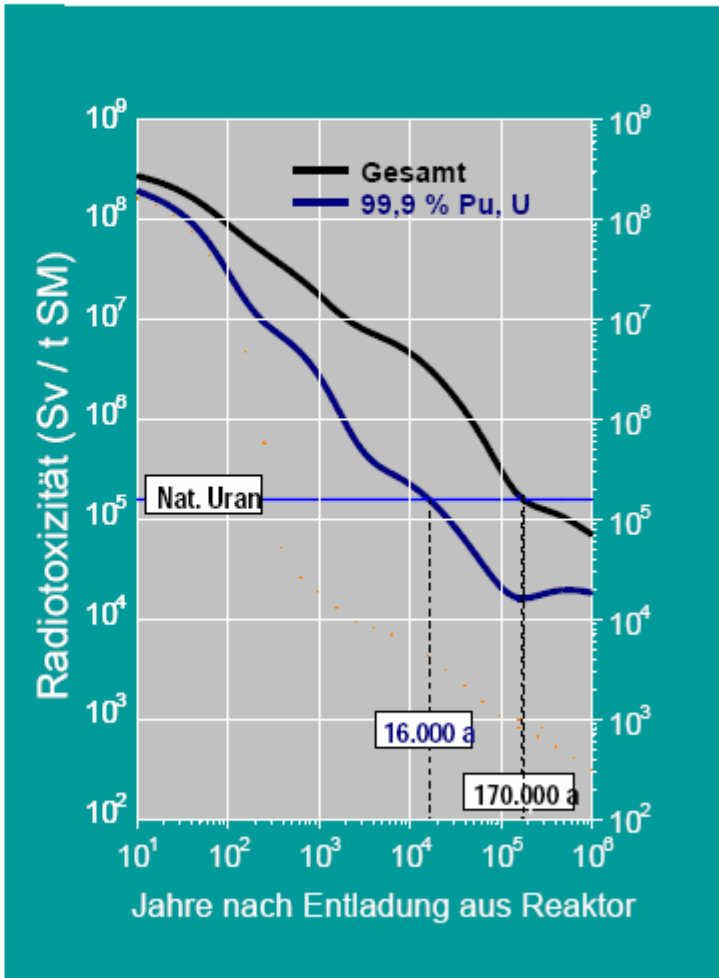
Radiotoxizität

- **Direkte Endlagerung des gesamten Abfalls (Konzept in Deutschland)**



Radiotoxizität

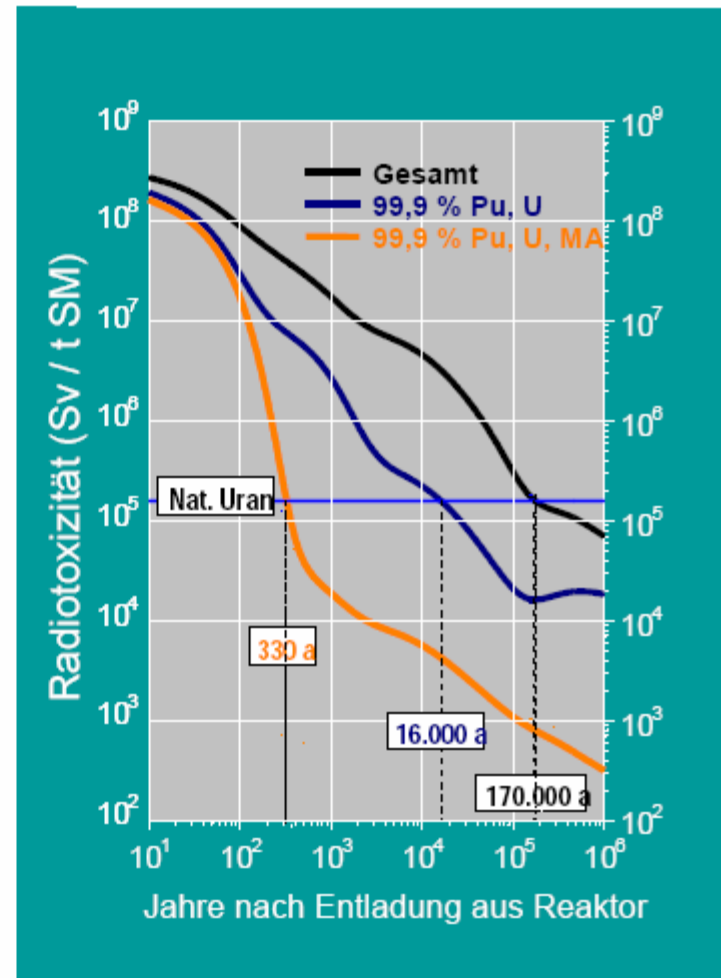
- **Abtrennung und Umwandlung von 99.9% des Pu und des U**



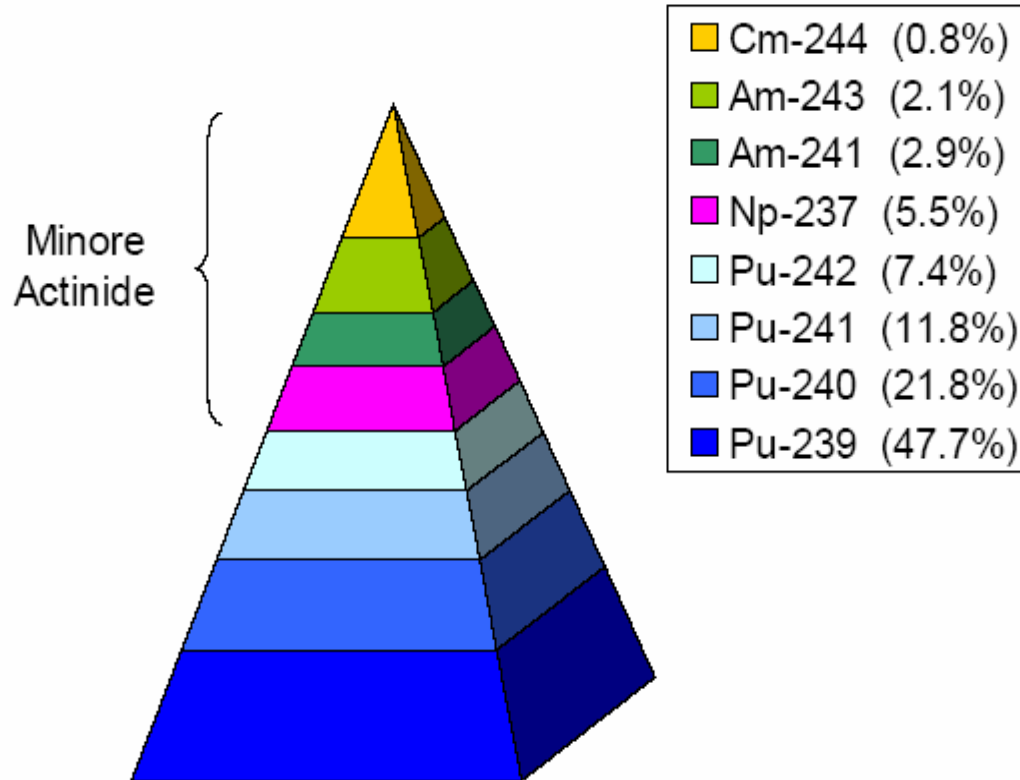
Radiotoxizität

- Abtrennung und Umwandlung von **99,9% des Pu, U und MA**
- Übergang von geologischen zu historischen Zeiträumen bei der nuklearen Entsorgung

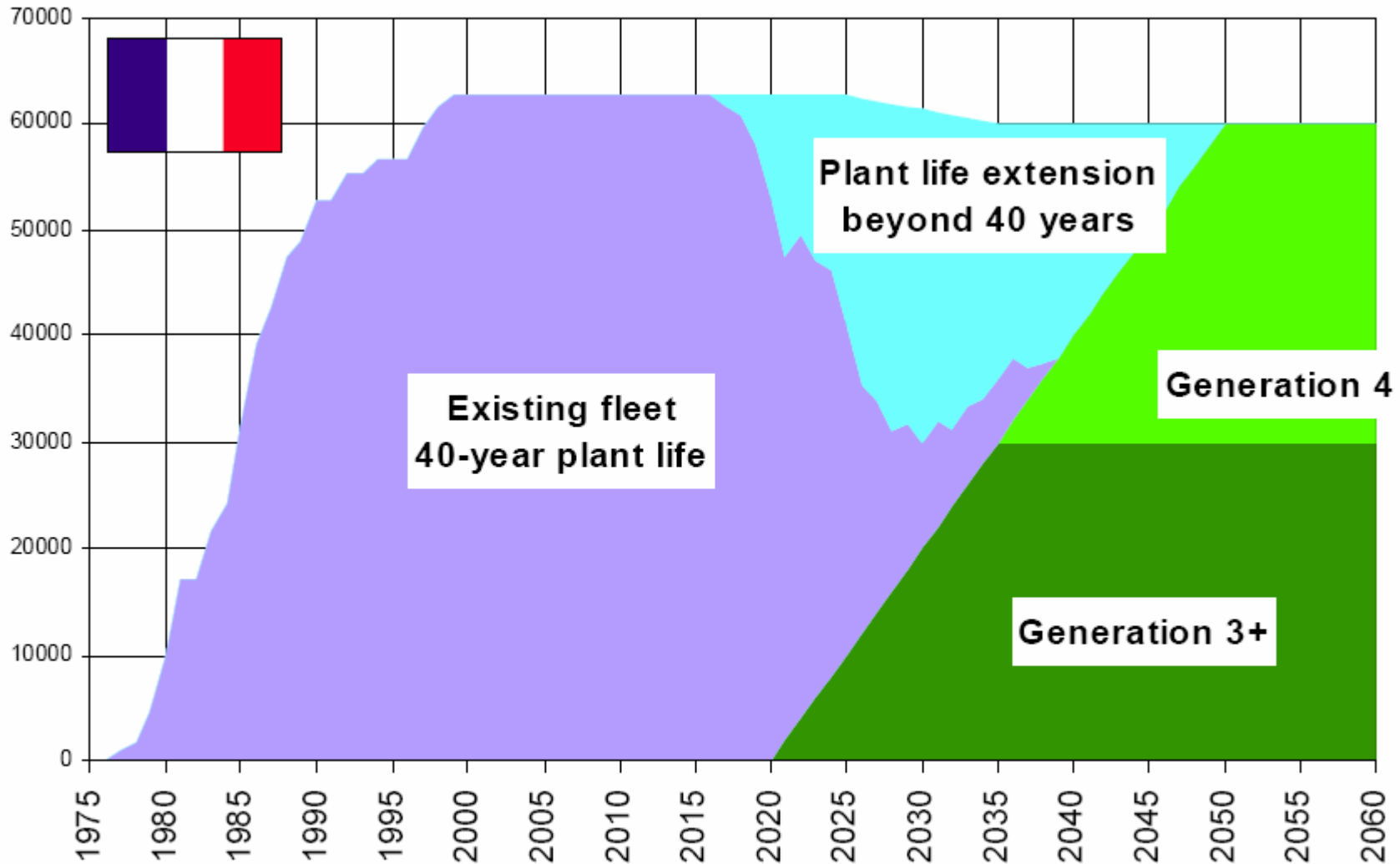
MA=Minore Actiniden, siehe Einschub



Zusammensetzung der Transurane von LWRs



Französische Vision



From: CEA

Average plant life : 48 years



Zusammenfassung

1. Stürmische **Entwicklungsländer**, knappe **Reserven**, manifester **Climate Change**

Wir dürfen weder Zeit noch Mittel vergeuden

2. Deutschland hat sein CO₂ –**Einsparziel** -25% in 2005 **deutlich verfehlt**.
Trotz aller **Bemühungen**, viel **Geld** und viel **Schulden**.

3. Es müssen trendbrechende zusätzliche CO₂ Einsparungen erfolgen:

<u>Moderne</u> fossile Kraftwerke und „ Erdgas statt Kohle “	(- CO ₂)
Biomasse, insbesondere Biokraftstoffe	(-)
Offshore Wind	(-)
<u>Wesentlich</u> mehr Energie einsparen	(-)

4. Die geplante **vorzeitige AKW-Stillegung** kostet mindestens (+) **100 Mt CO₂/a** und konterkariert alle CO₂-Einsparbemühungen.

5. **Strategischer Einstieg : Solarkraftwerke im Süden** (- CO₂)
CO₂ –Sequester (-)