

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

Hier: Kurzreferat für den DGS-Fachausschuss Hochschule, Uni Oldenburg, 20.2.2006
Schwerpunkte: Energiesituation, Atomausstieg

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/info/broschueren/index.html>

Etwas bunter und lebendig verlinkt:

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

Klimaschutz und Energieversorgung in Deutschland 1990 - 2020

Klimaschutz und Energieversorgung^I in Deutschland 1990 – 2020

Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (2005)

Die Gesamtstudie als [pdf-file](#).

Anhang von Christoph Bals, [GermanWatch](#), zur Realisierung solarthermischer Kraftwerke:
"[Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern bei der Errichtung solarthermischer Kraftwerke im Sonnengürtel der Erde](#)"

PRESSEMITTEILUNG: [Fortschritte im Klimaschutz zu langsam](#)

Physiker legen Studie zu Klimaschutz und Energieversorgung vor

aktuell:

Etwas bunter und lebendig verlinkt:
Über: <http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/>
und ganz oben 1 mal richtig klicken

2. Kleiner Vortrag, 20.02. 2006, Uni Oldenburg, für FA Hochschule der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS):
Dr. Gerhard Luther: [Zur Klimaschutzstudie der DPG \(pdf\)](#) (Schwerpunkte: Energiesituation, Atomausstieg)

1. Vortrag im Physikalischen Kolloquium am 15.12. 2005, Uni Saarbrücken:

Dr. Gerhard Luther: [Klimaschutz und Energieversorgung in Deutschland \(Gesamt, '.pdf\)](#)

Teil 1: [Der Problemdruck](#)- Warum müssen wir handeln ('.ppt)

Teil 2: [Wo stehen wir](#)- und was ist zu erwarten ('.ppt)

Teil 3: [Welche Mittel haben wir](#) - einige Hoffnungsträger ('.ppt)

Hier steht die Bruttoversion, also einschließlich der vielen Folien mit einem grünen Punkt, die ich im Vortrag aus Zeitgründen ausblenden musste.

Einzelne Kapitel der Studie

mit "[lebendigen links](#)" und den (farbigen) Bildern der Manuskripte:

1 Entwicklung 1990 - 2020

2 [Energieeinsparung beim Verbrauch](#)

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)

1. Der Problemdruck - Warum müssen wir handeln

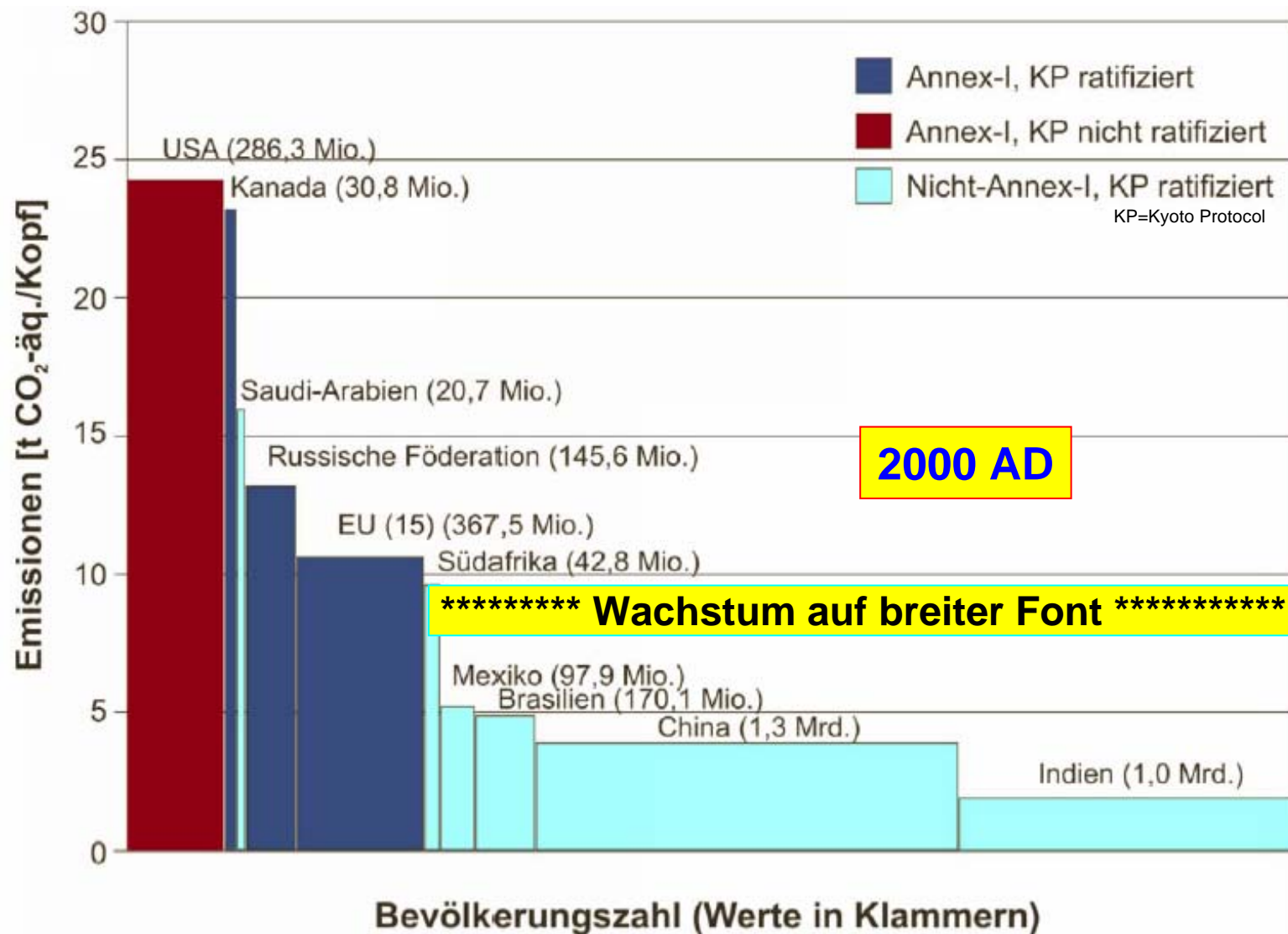
1.1 Ein Entwicklungsproblem

1.2 Ein Energieproblem (Endlichkeit der Ressourcen; Lieferengpässe : Preise)

1.3 Ein Klimaproblem

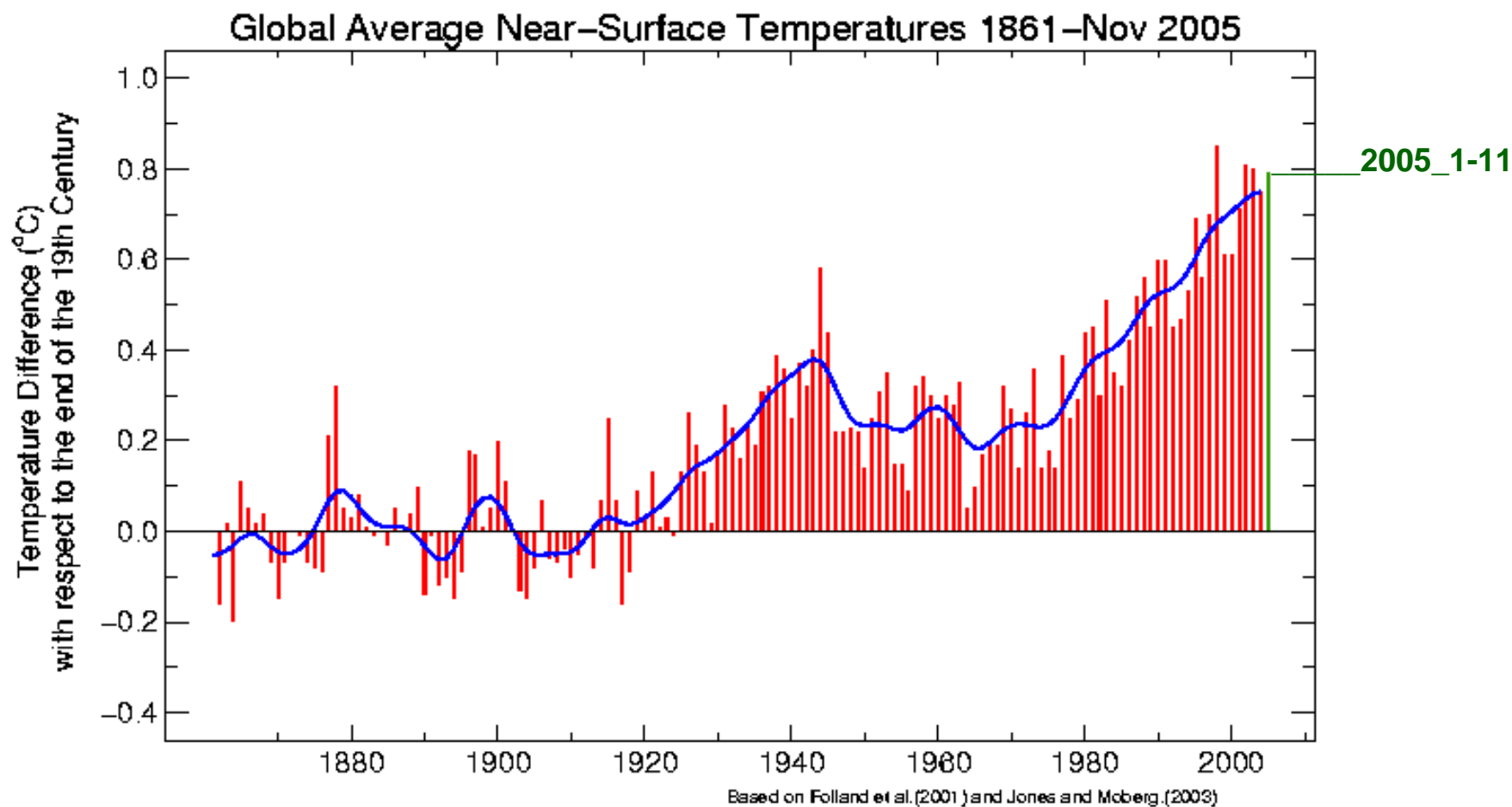
Hier: Nur ganz kurz zur Erinnerung

Treibhausgasemissionen pro Kopf und Bevölkerungszahl



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

Aktueller Stand: Oberflächennahe Erdtemperatur



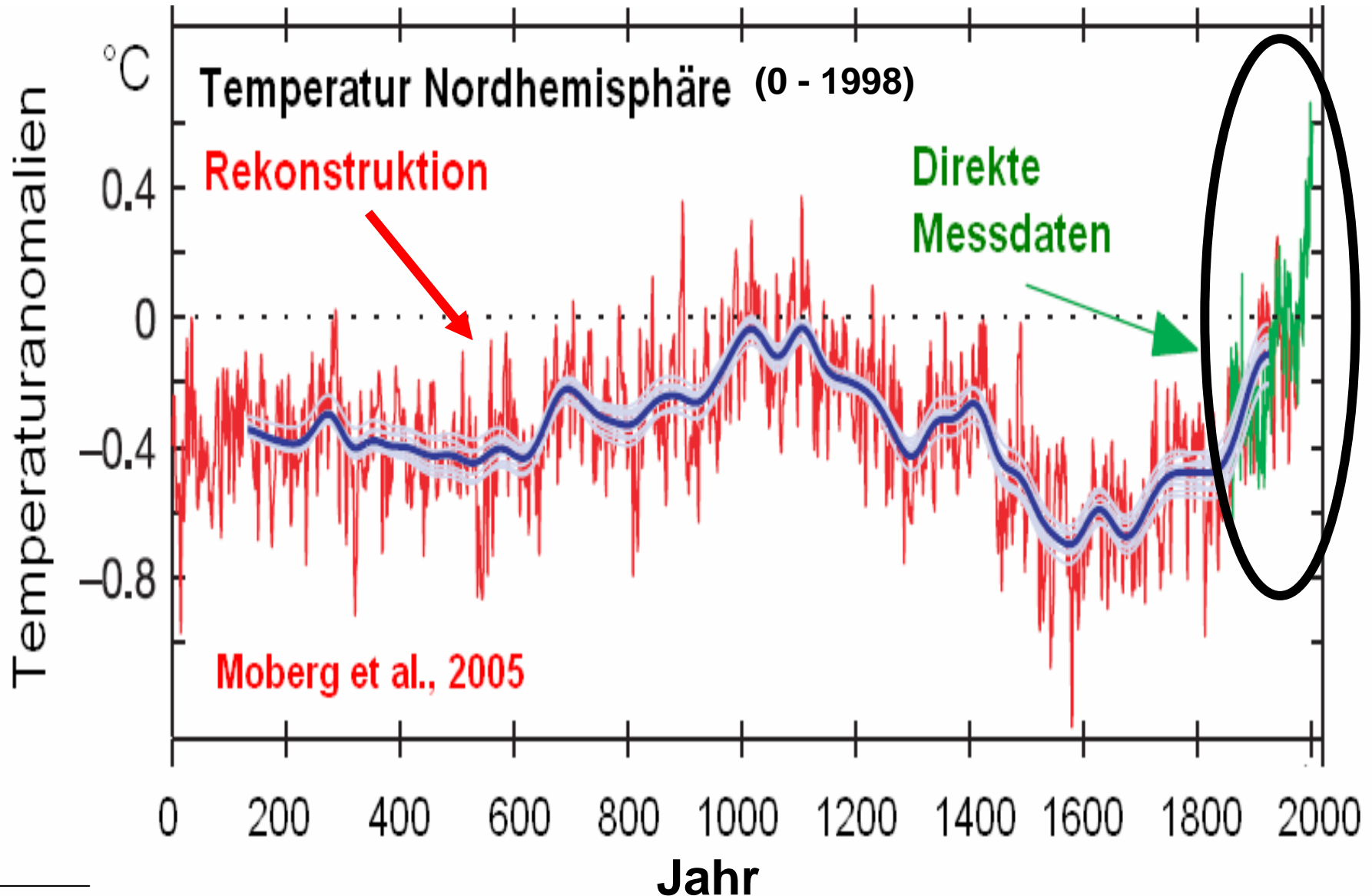
Met Office

Hadley Centre for Climate Prediction and Research

ts 13/12/2005 1157

Erhalten 2005_1221

Langfristperspektive



Besonders beeindruckend:

Rückgang der Gletscher

und der

arktischen Eisbedeckung

Gletscher-Schwund in den Alpen



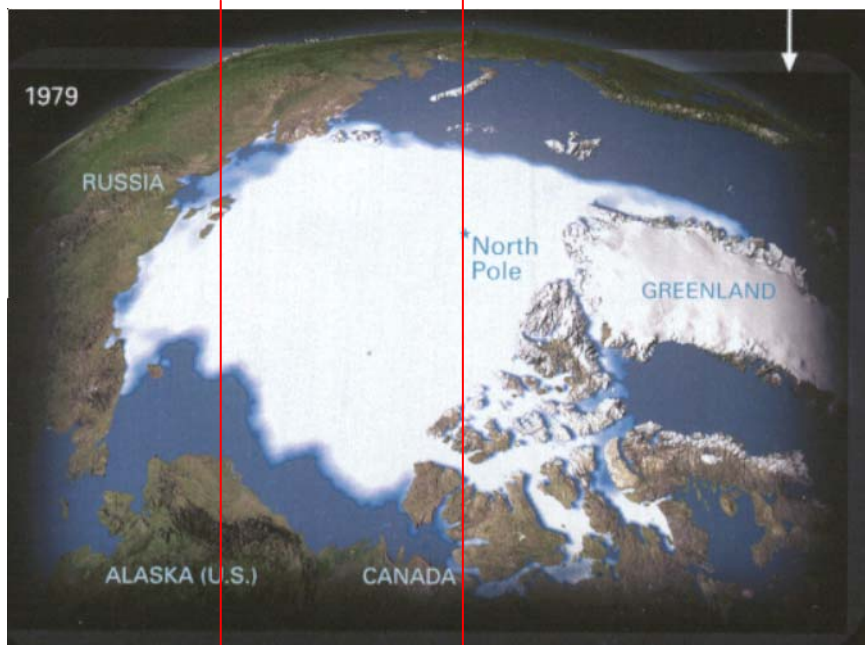
Gletscher-Schwund in den Alpen



1900 und 2000.

Aufnahme der Pasterzenzunge mit Großglockner (3798 m)

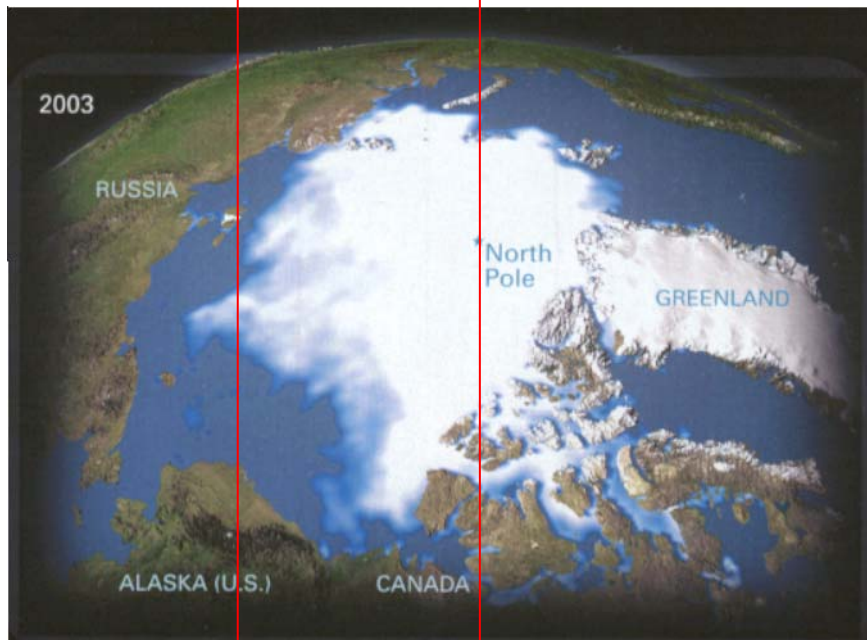
Gesellschaft für ökologische Forschung, Wolfgang Zängl, <http://www.gletscherarchiv.de>



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**



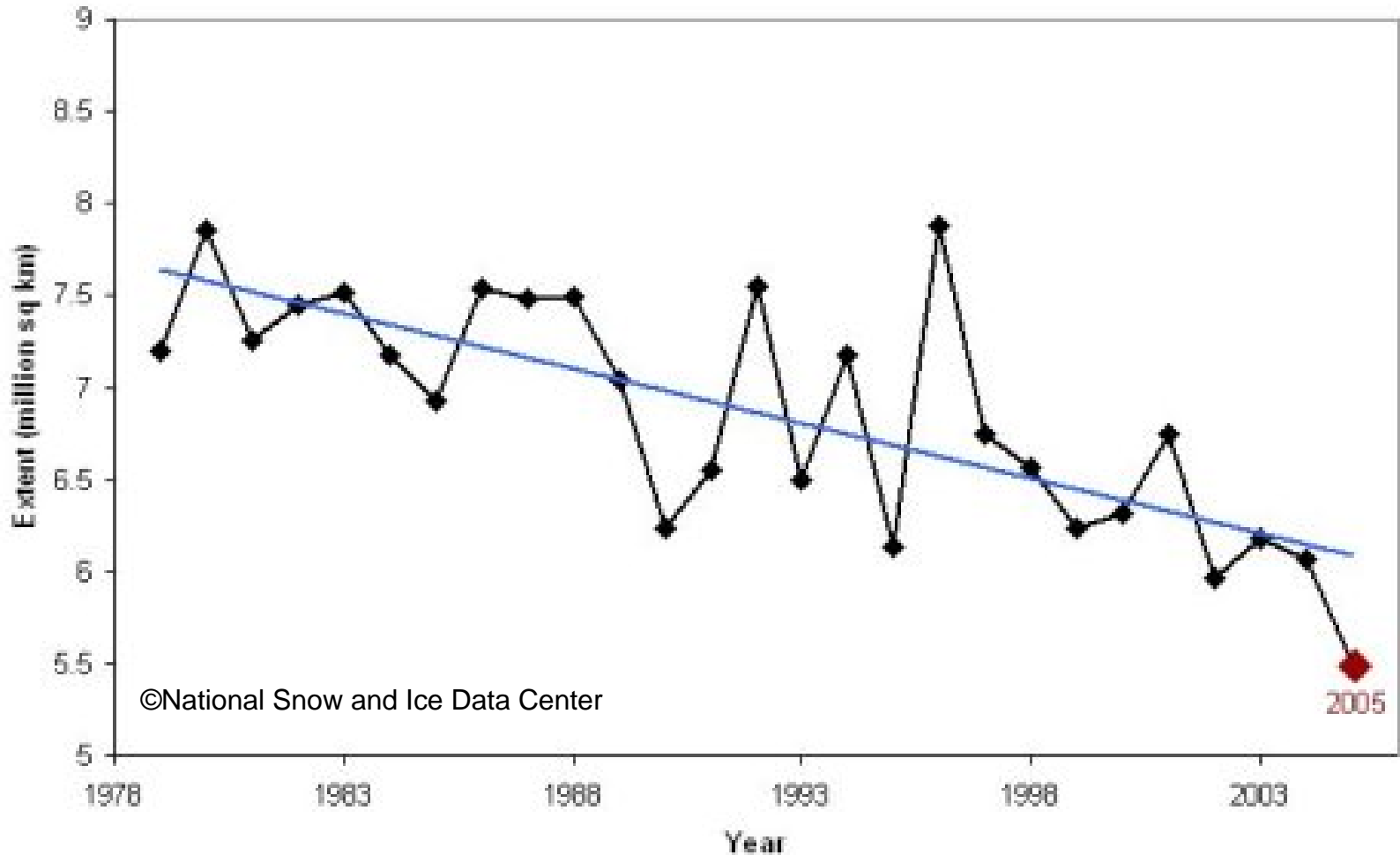
2003:

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.**

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 (-)

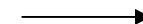
Offshore Wind (-)

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 :

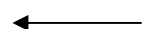
- [1] Kabinettsbeschluss 1995
- [2] Koalitionsvertrag 1998
- [3] Bundeskanzler auf der 5. Vertragsstaaten-Konferenz (COP5) in Bonn 1999
- [4] **Nationales Klimaschutzprogramm – 2000**
(Beschluss der Bundesregierung vom 18.10.2000)
- [5] Auch enthalten in der Vereinbarung vom 9.11.2000 zwischen der deutschen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

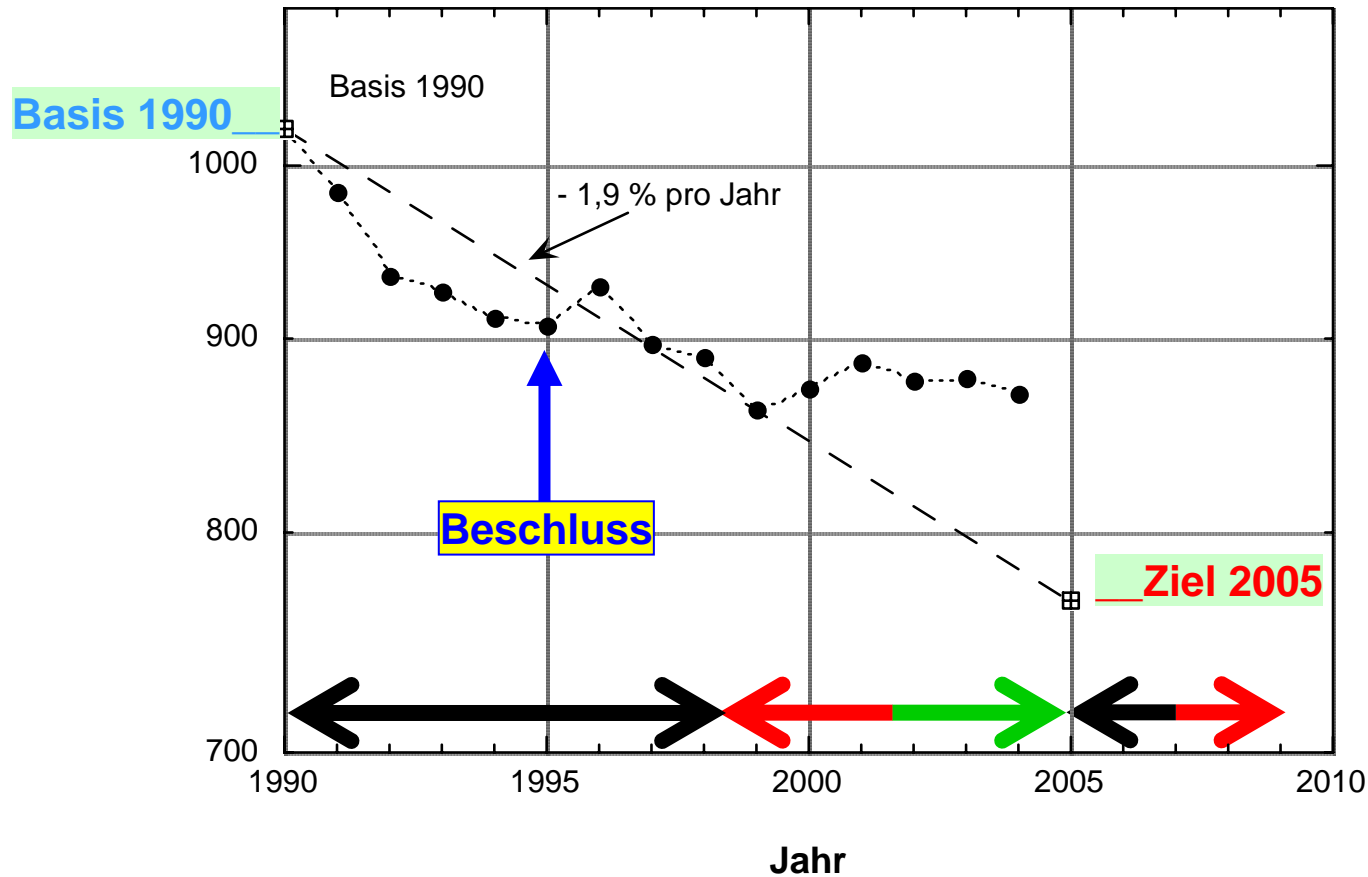
Die wichtigsten Maßnahmen des **Nationalen Klimaschutzprogramms (2000)** sowie die **erhoffte Wirkung** auf die Minderung der CO₂-Emission **bis 2005**

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)



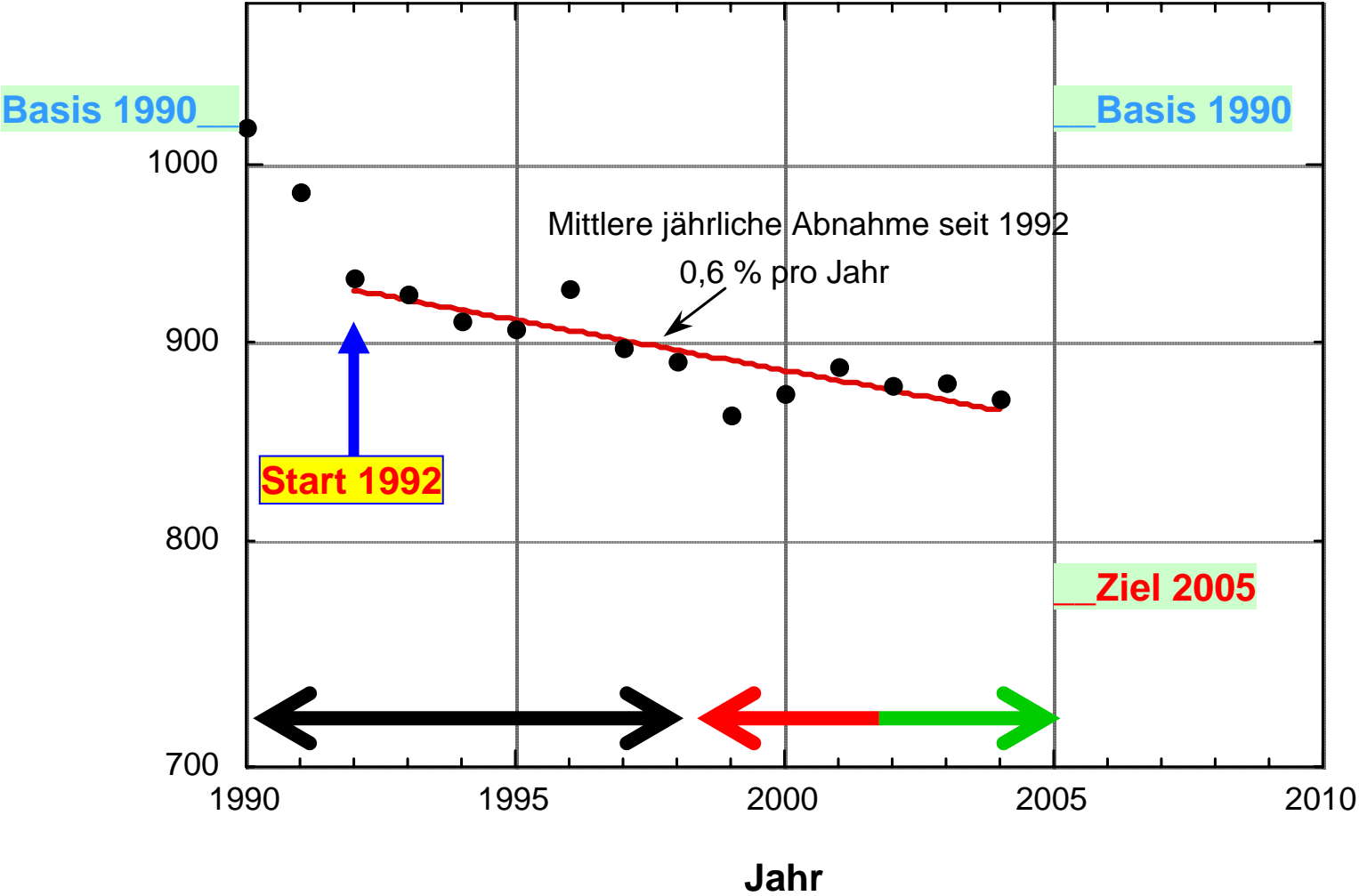


CO₂-Emissionen und mittlere jährliche prozentuale Änderung 1990–2002

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

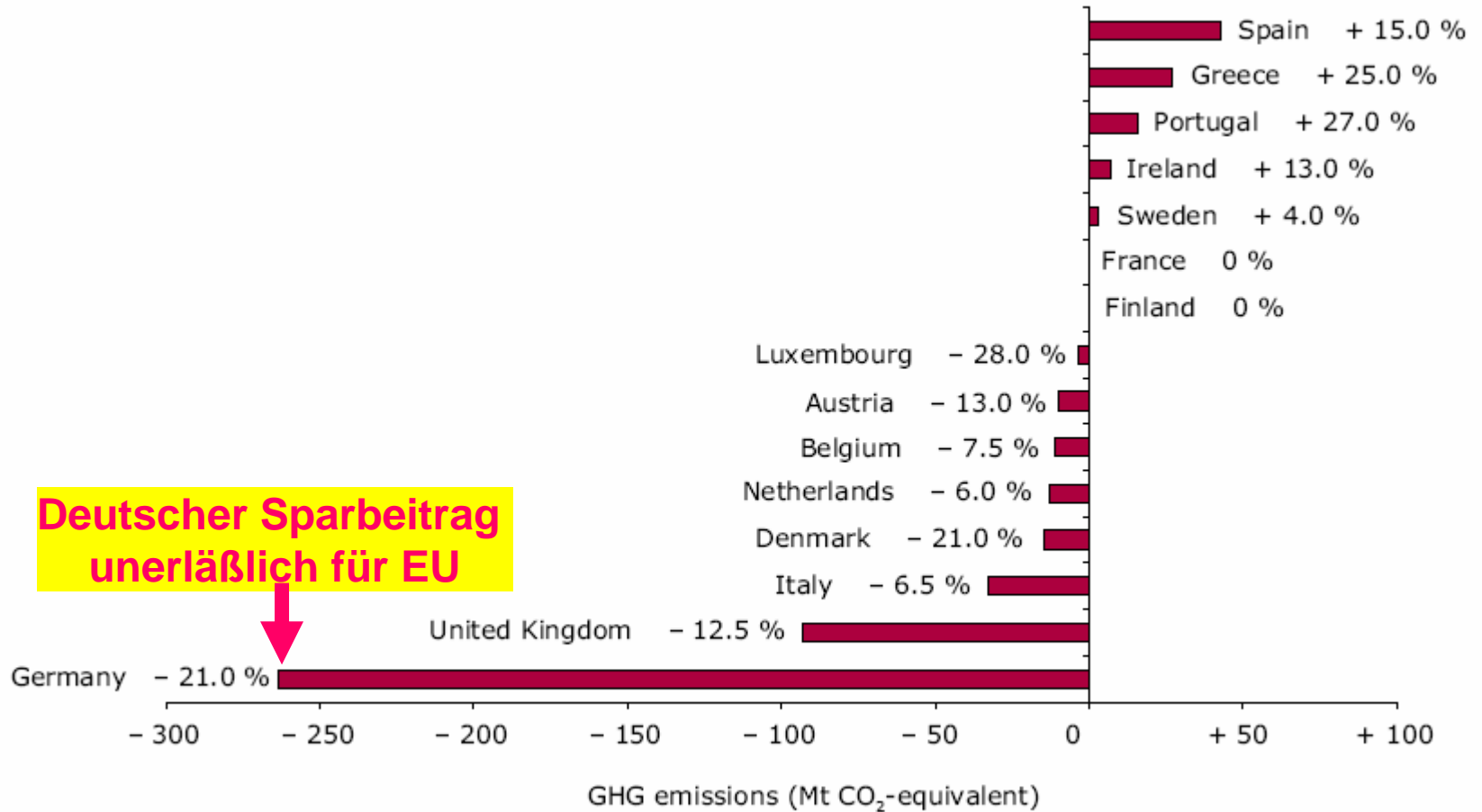
Das EU Minderungsziel nach Kyoto-Protokoll :

minus 8% Treibhausgase bis 2008/12

„Burden Sharing“ für Deutschland:

minus 21% Treibhausgas bis 2008/12

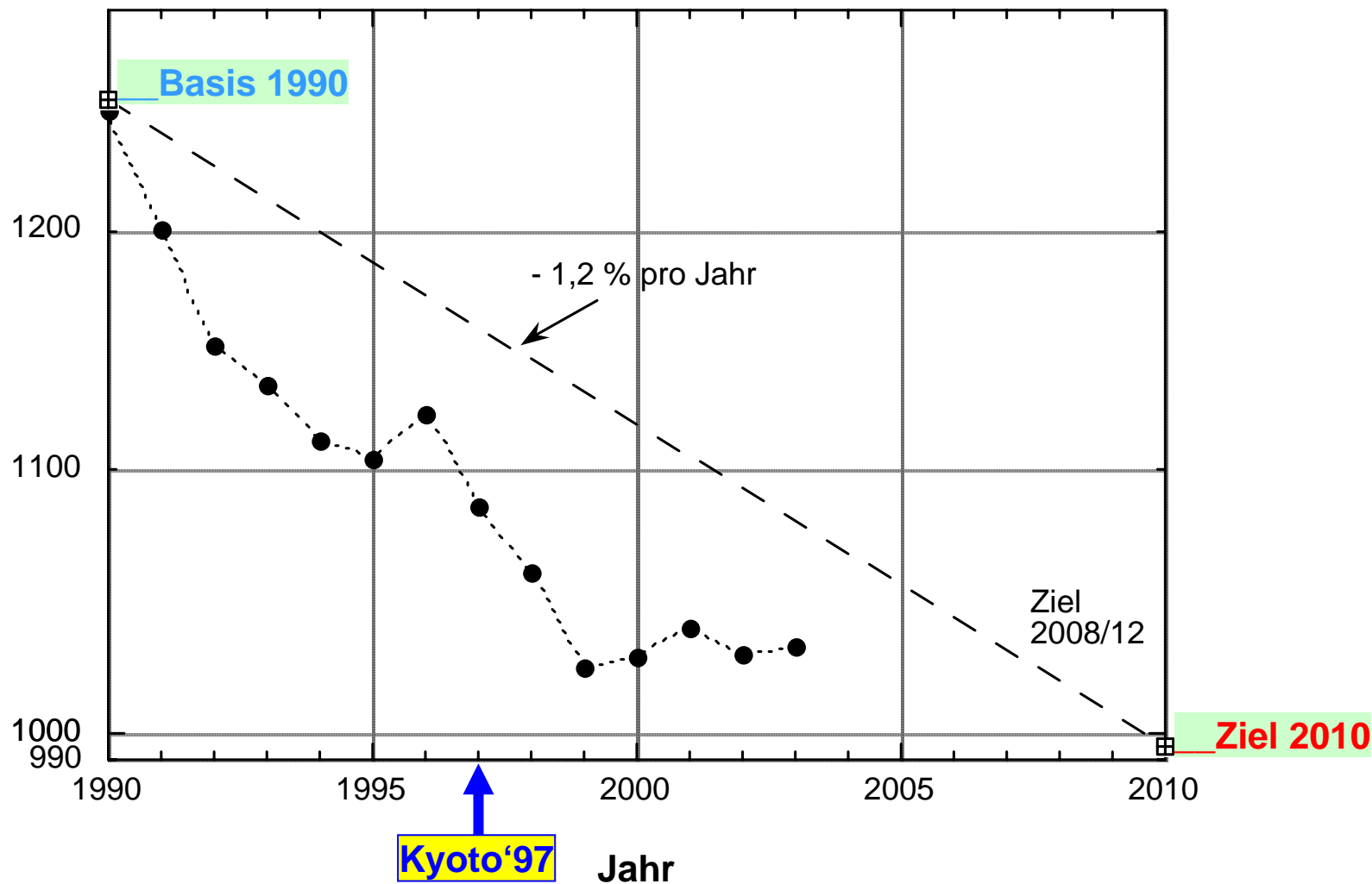
Kyoto burden-sharing targets for EU-15 countries



Source: EEA, 2004.

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

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



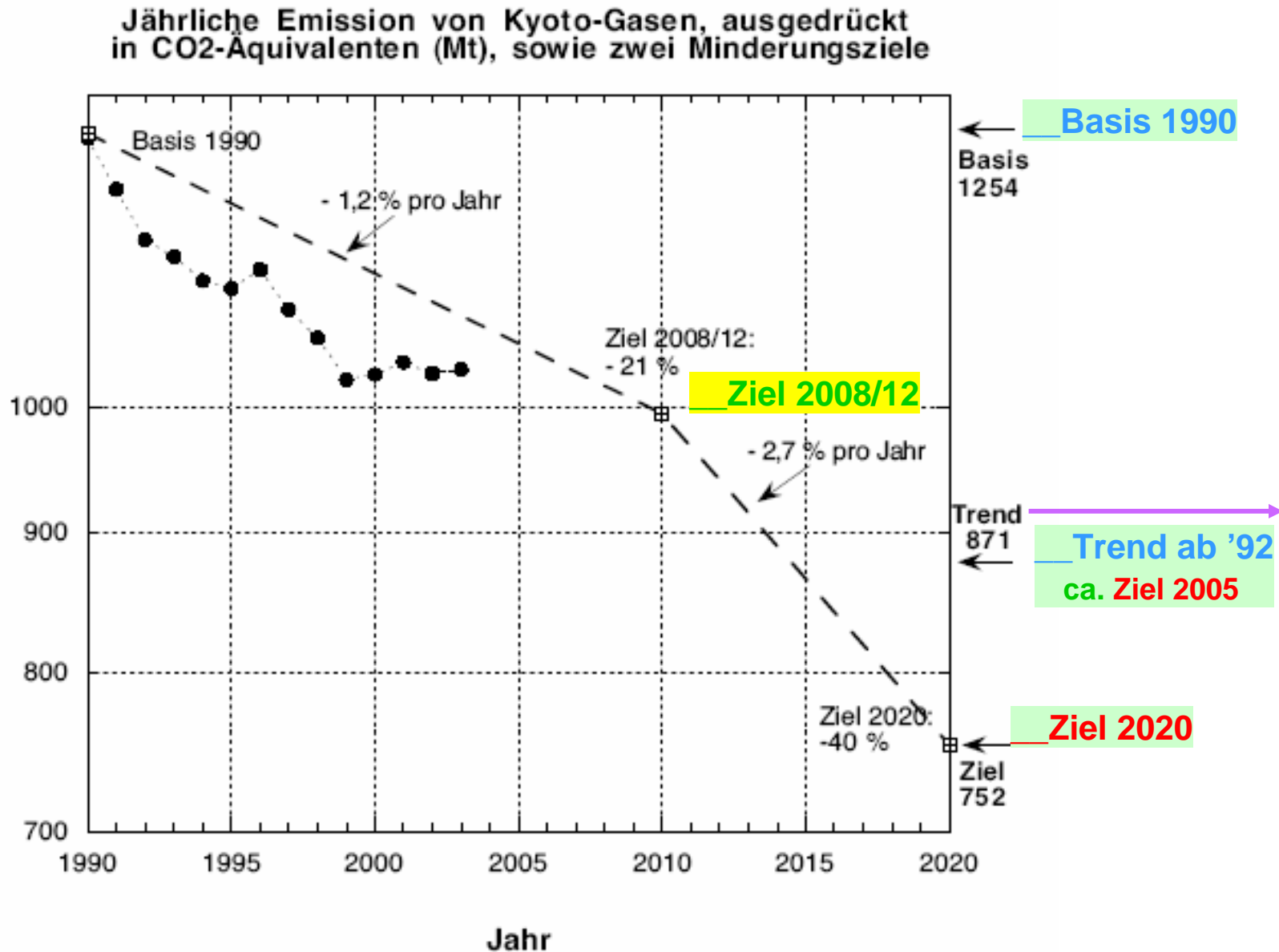
Das erhoffte EU Minderungsziel für 2020:

minus 30% Treibhausgase

Dann verspricht Deutschland:

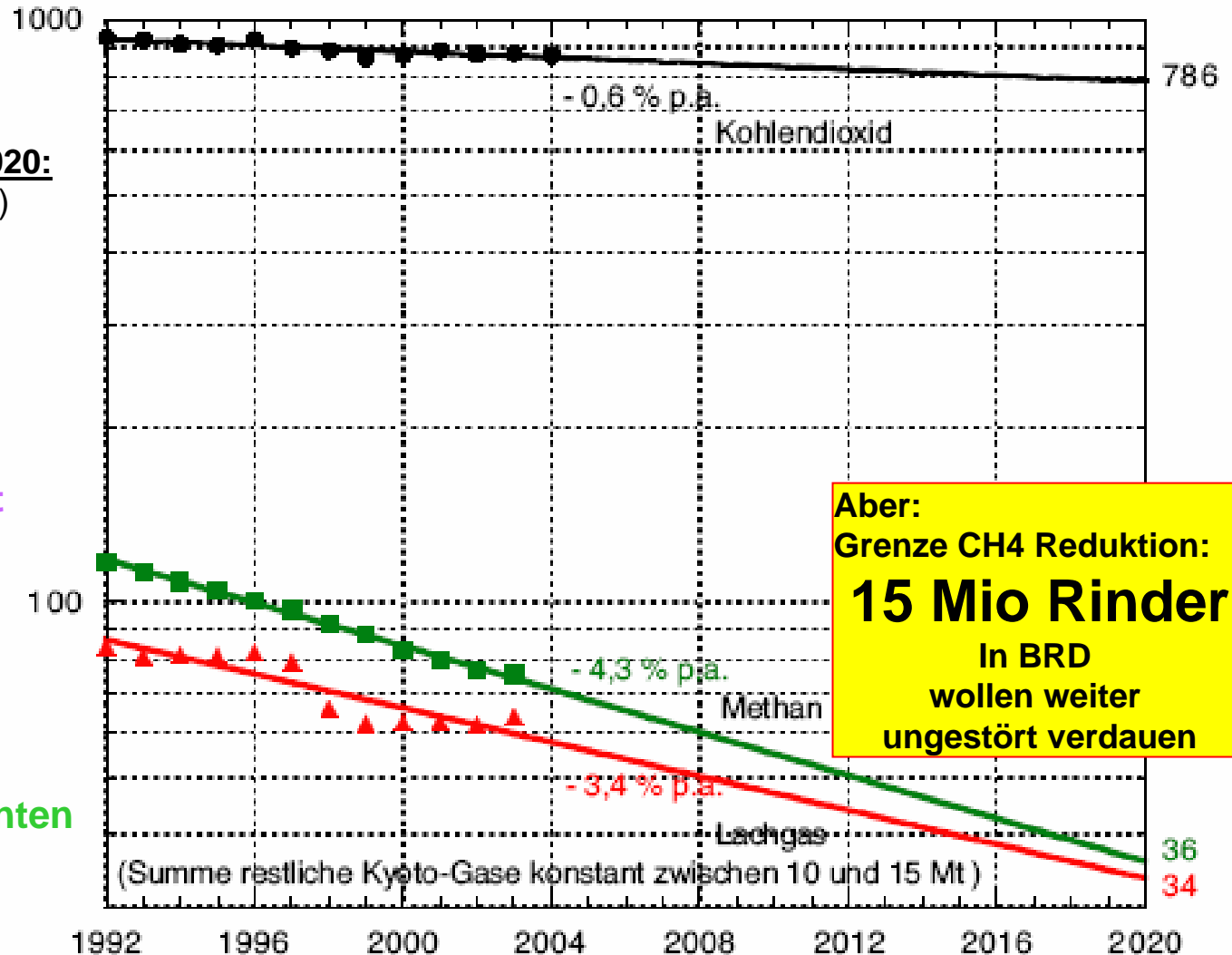
minus 40% Treibhausgas bis 2020

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



TrendVerlängerung bis 2020:
(alles in CO₂-Äquivalenten)

CO₂ ; - 0,6%/a; 786 Mt
 CH₄ ; - 4,3%/a ; 36 Mt
 N₂O; - 3,4%/a; 34 Mt

Summe in 2020
 CO₂ Äquivalente 871 Mt

1 t CH₄ entspricht
 ca. 30 t CO₂ Äquivalenten

Aber:
 Grenze CH₄ Reduktion:
15 Mio Rinder
 In BRD
 wollen weiter
 ungestört verdauen

(Summe restliche Kyoto-Gase konstant zwischen 10 und 15 Mt)

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 Mehrmission

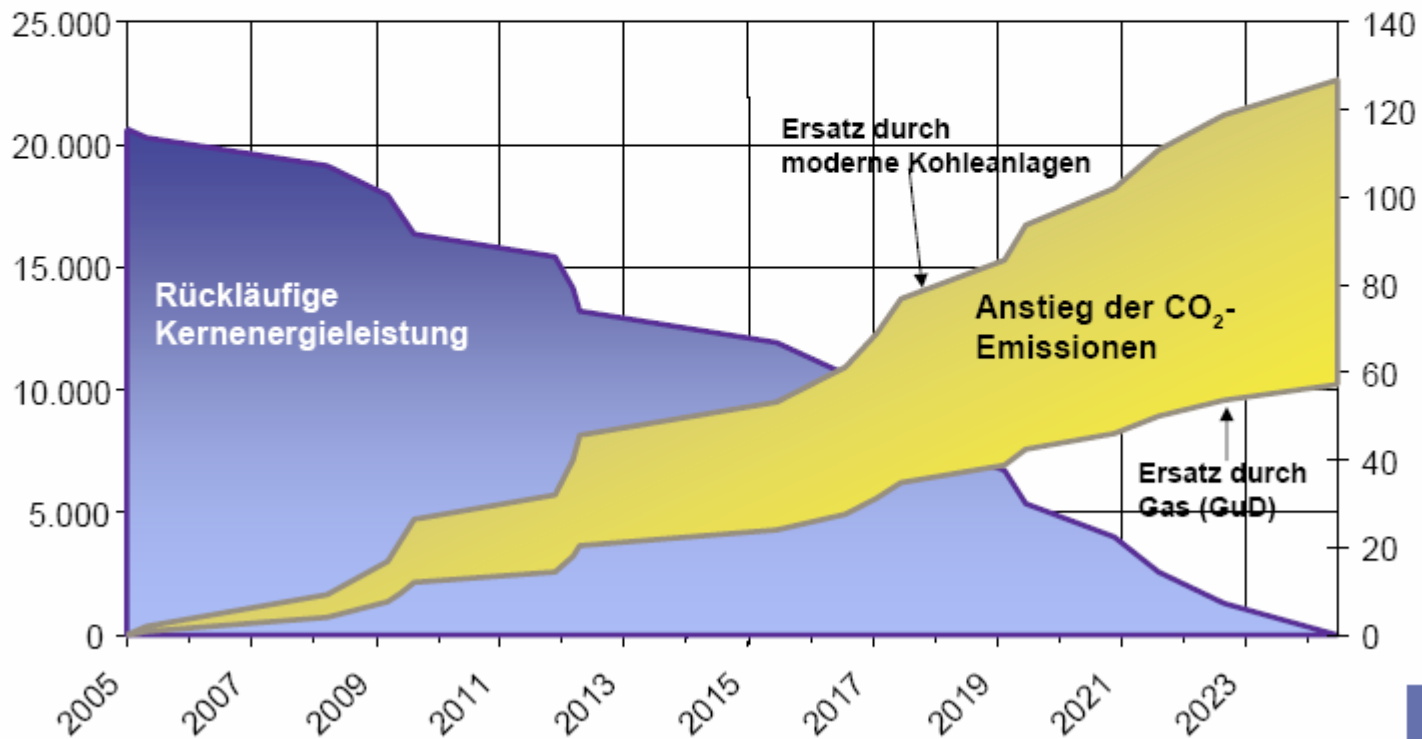
- **160 Mt/a CO2** ersparten die AKW's 2004 **im Vergleich zur „historischen Alternative“**
=„hätte man seinerzeit Kohlekraftwerke statt AkW's gebaut und damit den gleichen Strom produziert“)
- **112 Mt/a CO2** Mehrmission bei Ersatz durch StromMix mit **40%Gasanteil**

Ersatz für Kernenergieausstieg läßt CO₂-Emissionen steigen



Leistung
Kernkraftwerke [MW]

Mio. t CO₂
pro Jahr



18

CO2 –Vergleich: „Ausstieg“ gegenüber „Auslauf“

Szenario „Ausstieg (Status)“:

1. Vorzeitiger Ausstieg aus Kernenergie,
wie gesetzlich festgelegt.
2. Ausbau RE wie von Bundesregierung geplant ,
vor allem Offshore-Wind , „RE-wohlwollender Staat“
Antrieb: EEG mit Einspeiserecht und festen Tarifen für RE,
3. EVU planen Neubau + Ersatz fossiler Kraftwerke:
18 GW bis 2011 in Betrieb + weitere ca. 18 GW bis 2020.

Szenario „Auslauf“:

1. Weiterbetrieb der bestehenden AKW's
entsprechend ihrer technisch-ökonomischen Lebensdauer
2. Ausbau RE unverändert wie in Status
Antrieb: EEG unverändert
3. EVU brauchen AKW's nicht durch fossile Kraftwerke zu ersetzen.
Nur Ersatz der überalterten fossilen Kraftwerke

Was man wissen muss:

„Nach den gegenwärtigen EEG-Regeln

kann jeder Anlagenbetreiber seinen Strom
in beliebigen Mengen in das Netz **einspeisen**

und den

Netzausbau und das Versorgungsmanagement
den Netzbetreibern überlassen.“

Dieses kurz auf den Punkt gebrachte Zitat

stammt von **Hermann Scheer**, MdB, dem „Vater des EEG“.

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: **CO2 Emission je nach Struktur der fossilen Ersatzkraftwerke**
(wesentlich: Wirkungsgrad, Gasanteil)

(RE = Renewable Energy))

Also:

Ausstieg statt **Auslauf kostet** in 2020 AD
eine Mehremission an **CO2** von rund **100 Mt/a.**

Daher gilt:

- Man kann sich um einen

ökologischen Vergleich **Ausstieg** vs. **Auslauf**

nicht herumdrücken.

und:

- Jede weltweite Emission an CO2 ist klimaschädlich, daher gilt:

so wenig wie möglich CO2 emittieren

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.

Einige Hoffnungen am Horizont

- Solkraftwerke im Sonnengürtel, zunächst lokal, dann Export über HGÜ
- Durchbruch bei Offshore Wind und PV (technisch und wirtschaftlich)
- Fossile Kraftwerke mit CO₂ –Sequester (CCS =Carbon Capture and Storage)
- Wärmegeführte dezentrale StromWärmekopplung (KWK) ,
aber: preisgünstig
mit **hohem elektrischen** Wirkungsgrad ,
und Ausnutzung fast der gesamten Wärme (**Brennwert**)
- Bessere Speichertechnologien (vor allem elektrisch)
- Fluktuierender Strom für Kraftfahrzeuge (Elektro- oder Hybridautos)
- **Inhärent sichere, nachhaltige** Kernreaktoren **ohne Proliferationsrisiko**
(„**Generation IV**“)

daher:

Jetzt kein überstürzter Zubau fossiler Kraftwerke ohne CCS.

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:

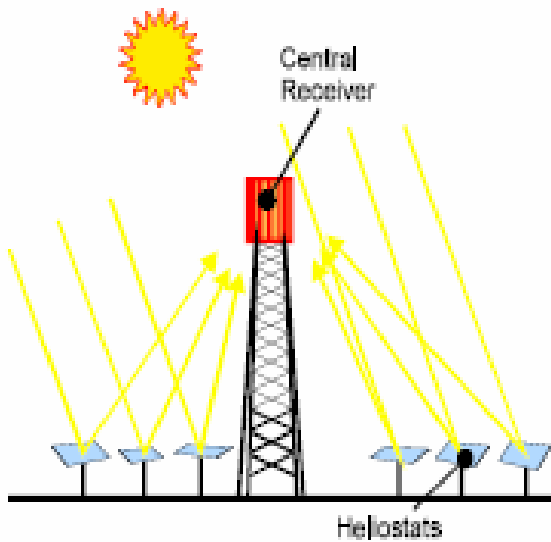
- **kurzzeitige Zwischenspeicherung von Wärme**
- **Hybridbetrieb mit fossilem Brennstoff (H₂? , Biomasse?) möglich**
(Solaranlage ist sozusagen ein alternativer Kessel)

Prinzipien der Solarkonzentration

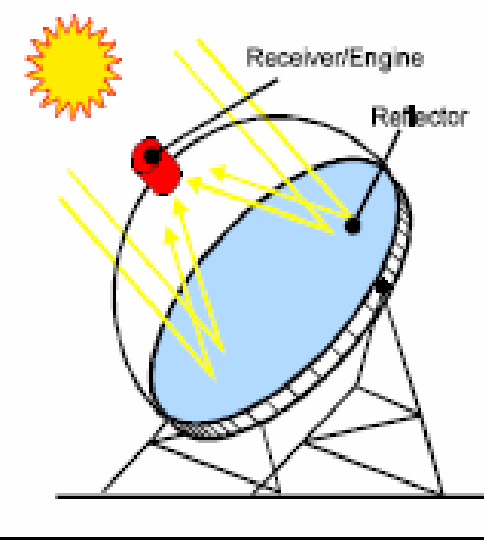
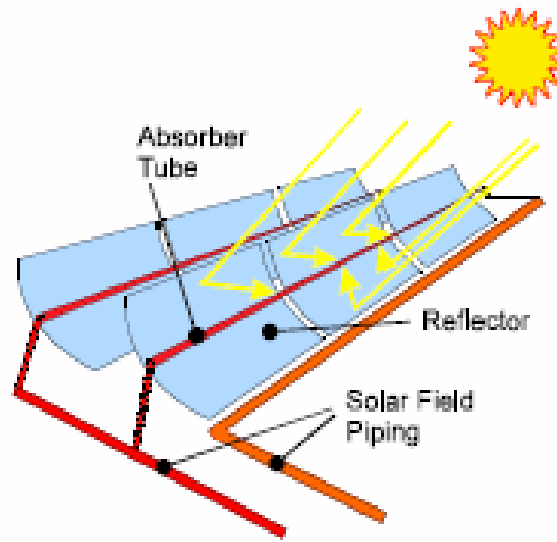
Solarturm

Parabolrinnen

Paraboloid

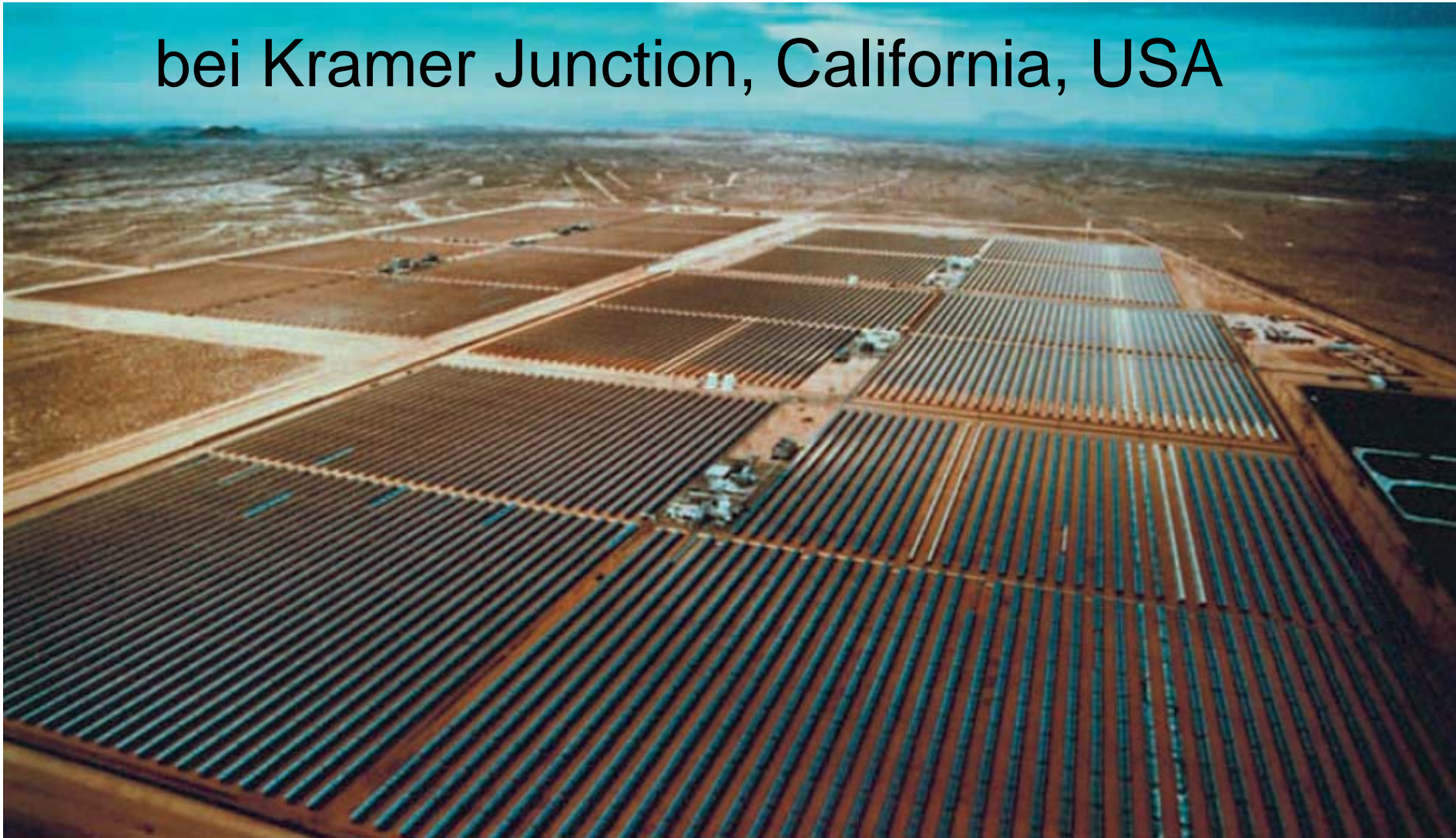


Power Towers



Die fünf 30 MW SEGS Kraftwerke

bei Kramer Junction, California, USA



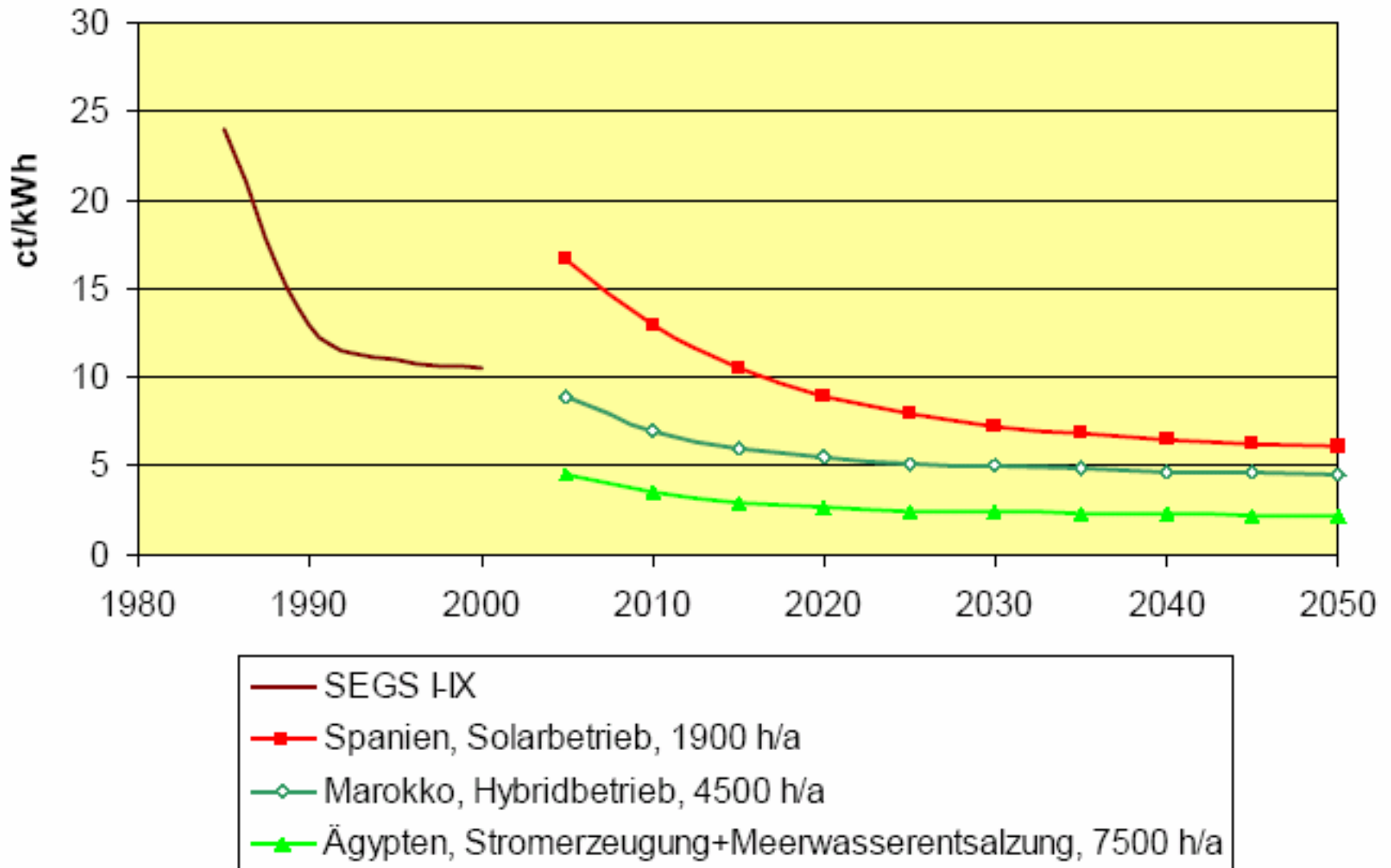
SEGS = Solar Electric Generating Systems

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 Turbinenanschluss 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





Am 11. Februar 2006

erfolgte in Boulder City, Nevada, USA,

der erste Spatenstich für das **64 MW** Solarkraftwerk „Nevada Solar One“.

Herzstück sind die **19.300 SCHOTT Solar-Receiver** aus Mainz, EU-Germany.

„Nevada Solar One“ soll im **Juni 2007 ans Netz** gehen



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 (-)

Reste



... Versuch einer Gesamtbilanz



Geschätzte Änderung des CO₂-Ausstosses bis 2020*,

