

# Alternative Energien: eine kritische Betrachtung

**Sebastian Hess**

**Universität Göttingen  
Institut für Agrarökonomie**

Unter Mitwirkung von  
**Dr. Holger Bergmann und Lüder Sudmann**



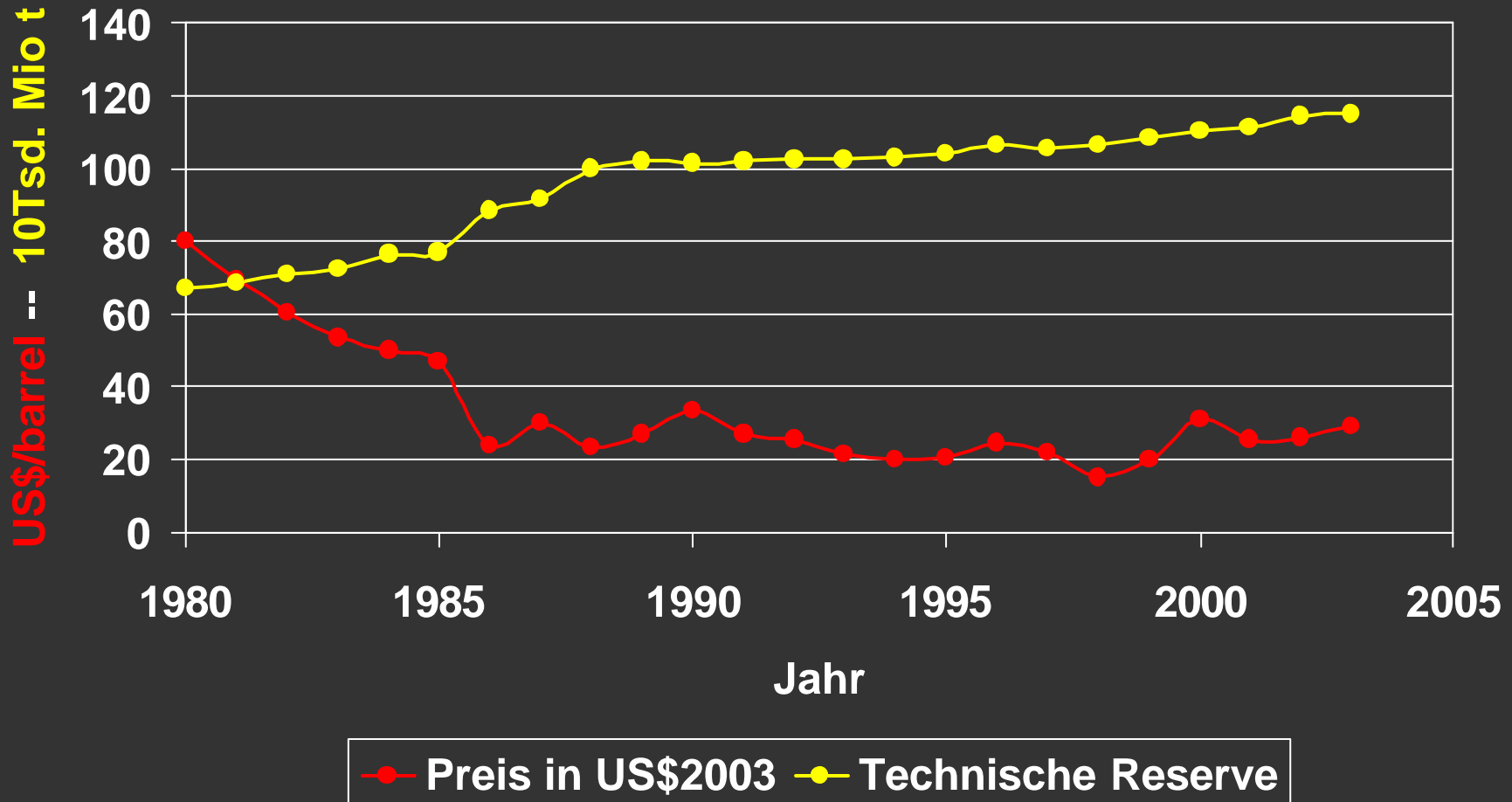
# Gliederung:

- Energie: Ein globales Problem
- Lösungsansatz: Alternative Energiequellen
- Alternative Energien in Deutschland und EU
- Alternative Politikmaßnahmen

# “Wie lange reicht unser Erdöl?”

- Fossile Energieträger endlich.
- Aber:
  - „Alle Ressourcen sind knapp und wetteifern um ihre rentabelste Verwendung!“
  - Marktmechanismus koordiniert effizienteren Einsatz.
  - Preis ist Signal für Knappheit!

# „Wie knapp ist Erdöl schon heute?“



# Zum Begriff der Reserve:

- Theoretische Reserve = nachgewiesene Lagerstätten, z.B. auch unter Tiefseeboden.
- Technische Reserve = mit gegenwärtigen Fördermethoden abbaubar.
- Wirtschaftliche Reserve = bei gegenwärtigen Preisen zumindest kostendeckend förderbar

# „Wann wird Öl knapp?“

- Physische Knappheit nicht relevant.
- In Zukunft: Ökonomische Knappheit kann sich verschärfen- **Preise können steigen!**

China, Indien, GUS, ...

- Nur Schätzungen möglich  
(Öl ~ 2050 nicht mehr rentabel**?!).**

# Was beeinflusst die Nachfrage?

- Bisher langsame Entwicklung der Nachfrage  
**Entwicklungspotentiale!**
- Fossile Energieträger regional konzentriert:  
politische Instabilität möglich.
- **Marktmacht.**
- Globale Folgen eines **Klimawandels** sind nicht absehbar (Kyoto- Verpflichtungen).

# Energie: ein globales Problem

*„Welche Energiebedürfnisse, Präferenzen und Möglichkeiten werden Bestandteil eines globalen Energiesystems sein, das innerhalb der nächsten 50 Jahre den Anstieg der CO<sub>2</sub> Emissionen reduzieren kann [...] ohne die ökonomische Entwicklung in Frage zu stellen?“* (Shell International, 2001)



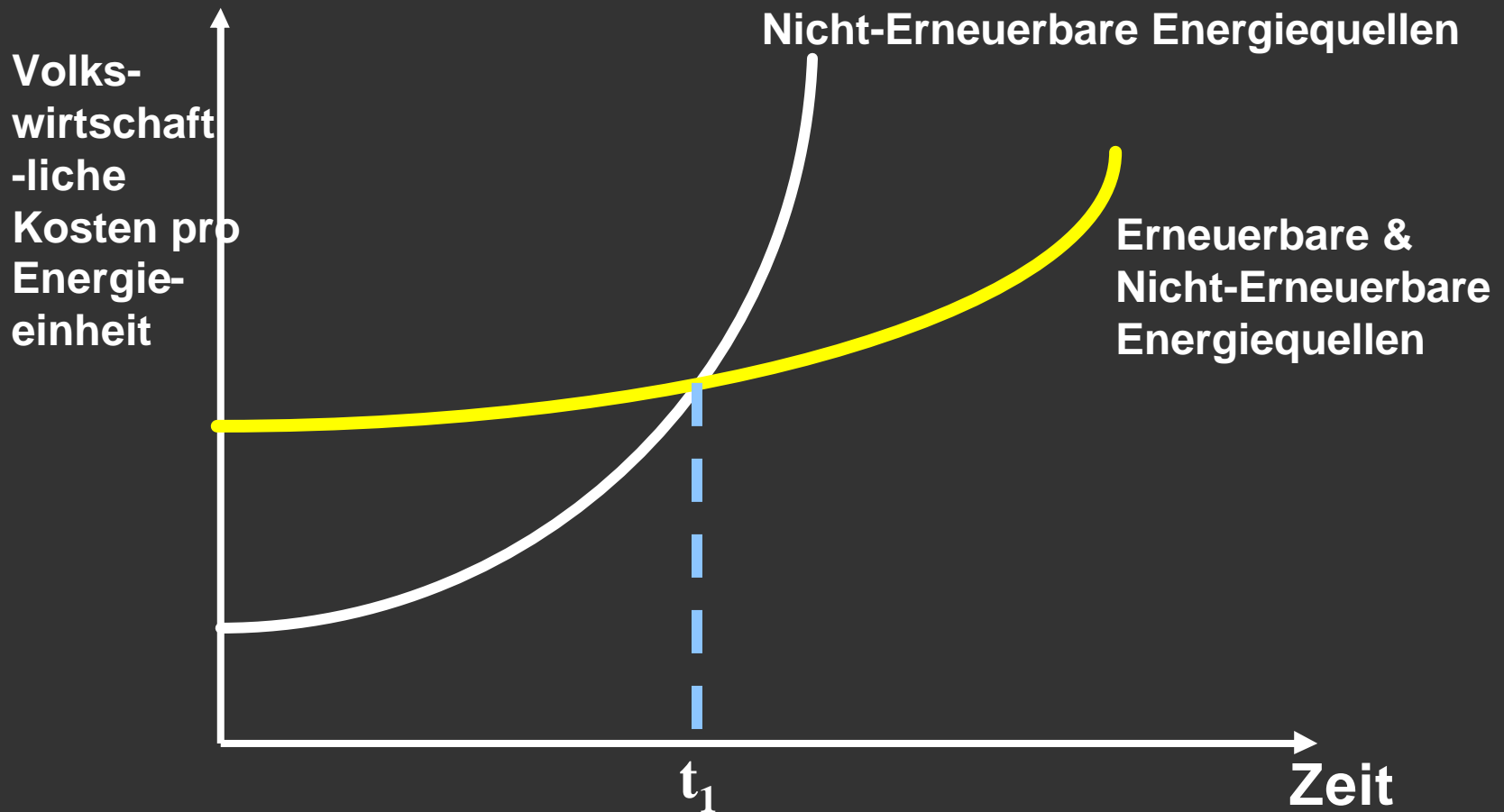
# Gliederung:

- Energie: Ein globales Problem
- **Lösungsansatz: Alternative Energiequellen**
- Alternative Energien in Deutschland und EU
- Alternative Politikmaßnahmen

# Theorie: Optimale Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen

- Wird keine Substitutionsmöglichkeit unterstellt: pessimistische Szenarien -> „Club of Rome“.
- Substitution möglich: essentielle erschöpfliche und nicht essentielle erschöpfliche Ressourcen.
- Fossile Energieträger werden bei hohem Preis substituiert.

# Optimale Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen



# Begrifflichkeiten:

**Fossile =  
konventionelle =  
nicht regenerative  
Energiequellen**

**Alternative  
Energiequellen**

**Regenerative =  
erneuerbare  
Energiequellen**

# Alternative: erneuerbare Energien

- In 2 Tagen strahlt mehr Energie zur Erde als in allen fossilen Lagerstätten gespeichert ist.
- Verschiedene Technologien zur **Nutzbarmachung von Sonneneinstrahlung.**
- Weitere **Alternativen ohne direkten Bezug zur Sonne.**

# Erneuerbare Energien: Nutzung der Sonneneinstrahlung

- Direkt durch...

Photothermie, Photovoltaik, Passiv-Häuser, ...

- Indirekt durch...

Biomasse, Windenergie, Wasserkraft, H<sub>2</sub>  
Gewinnung für Brennstoffzellen, ...

# Alternative Energien ohne direkten Bezug zur Sonne:

- Energieeinsparung/Effizienzsteigerung.
- Brennstoffzellentechnologien.  
(„Galvanisches Element“)
- Geoenergie (Forschung!)
- Methanhydrat auf Tiefseeboden?
- Kernfusion?

# Gliederung:

- Energie: Ein globales Problem
- Lösungsansatz: Alternative Energiequellen
- Alternative Energien in Deutschland und EU
- Alternative Politikmaßnahmen



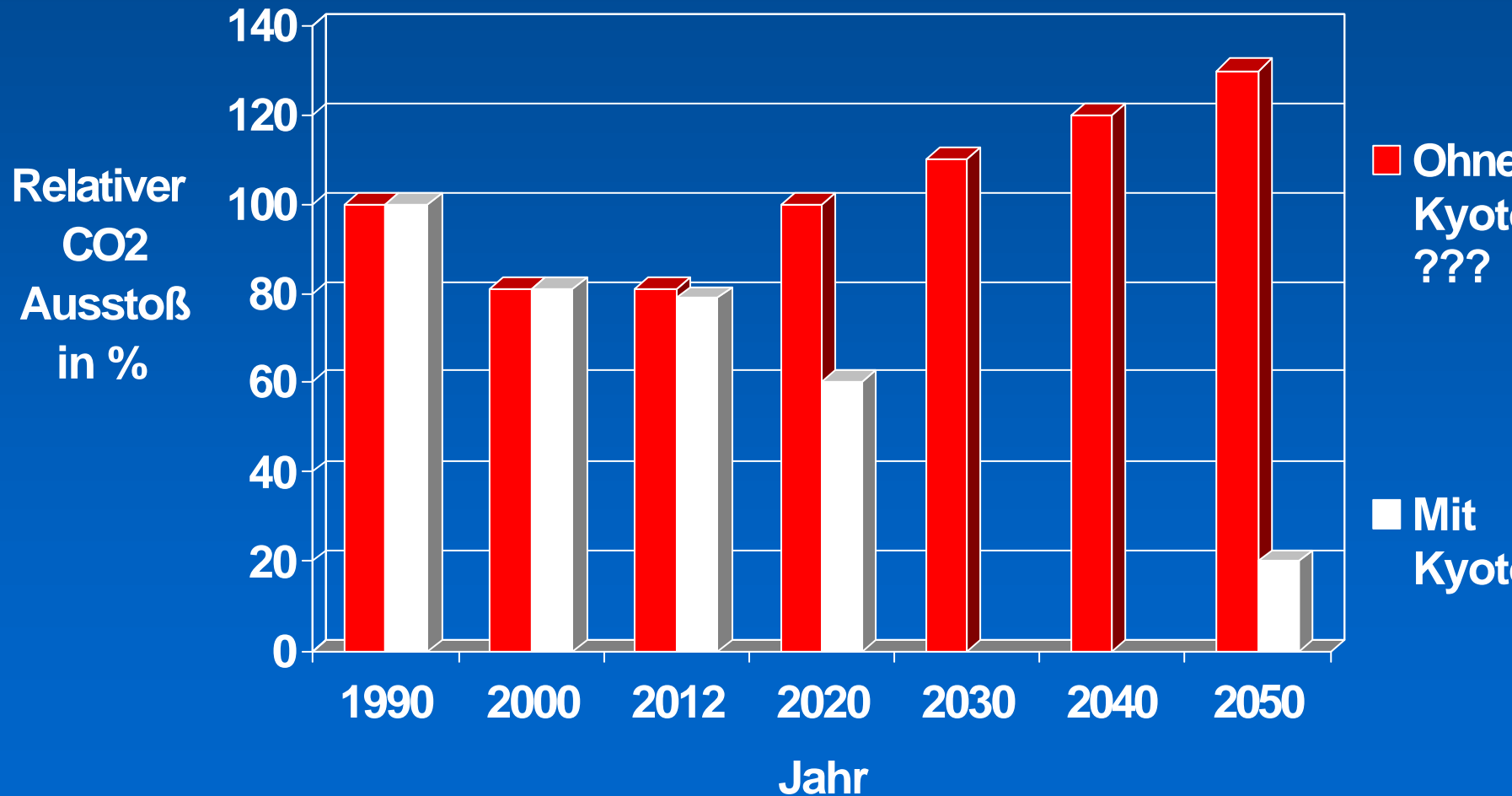
# Alternative Energien in Deutschland

Ausgangssituation:

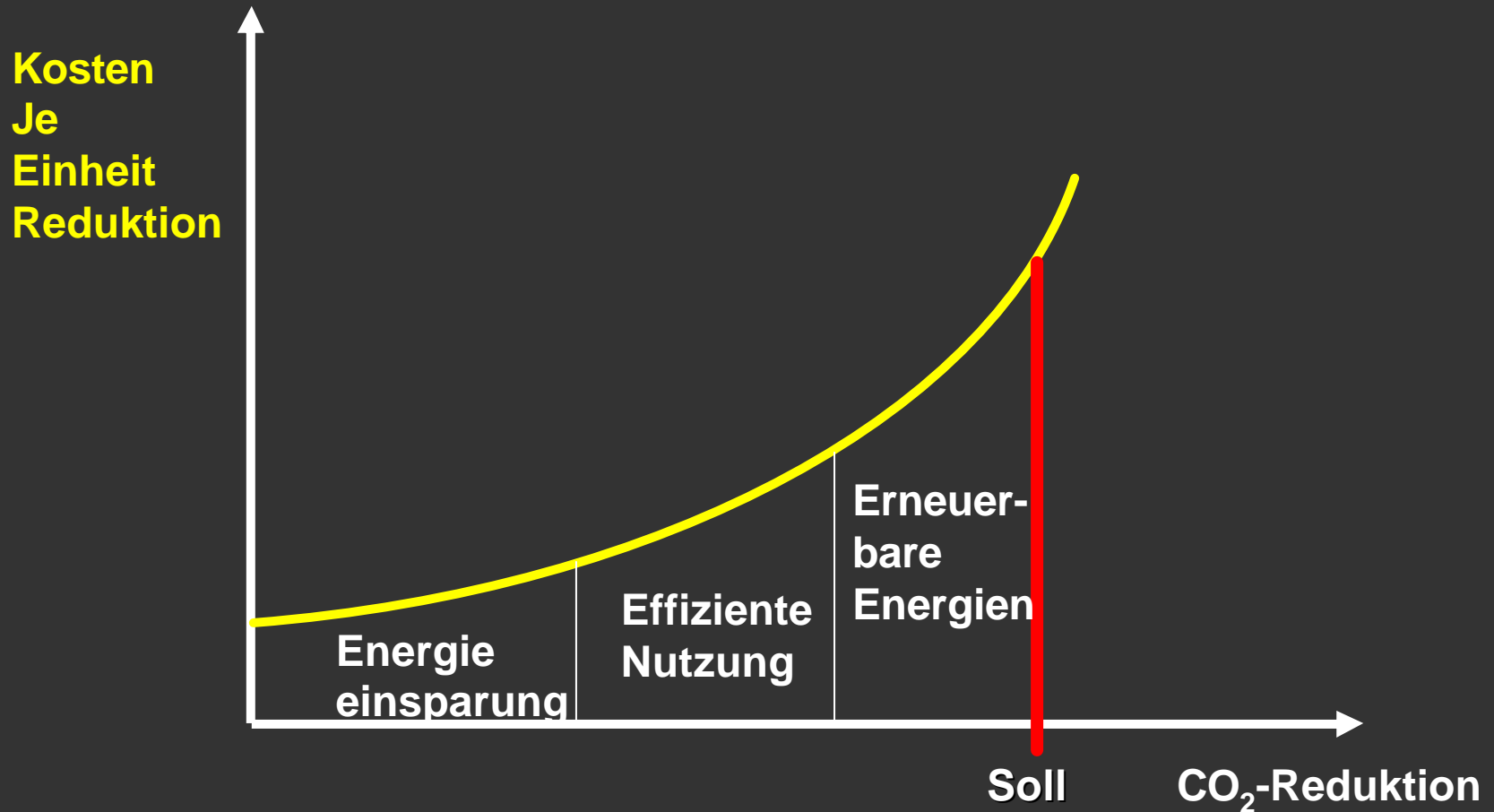
**Deutschland wie Europa haben...**

- **hohen Verbrauch,**
- **kaum Reserven,**
- **Kyoto ratifiziert.**

# Kyoto: Ziele und Verpflichtungen



# Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>Reduktion:

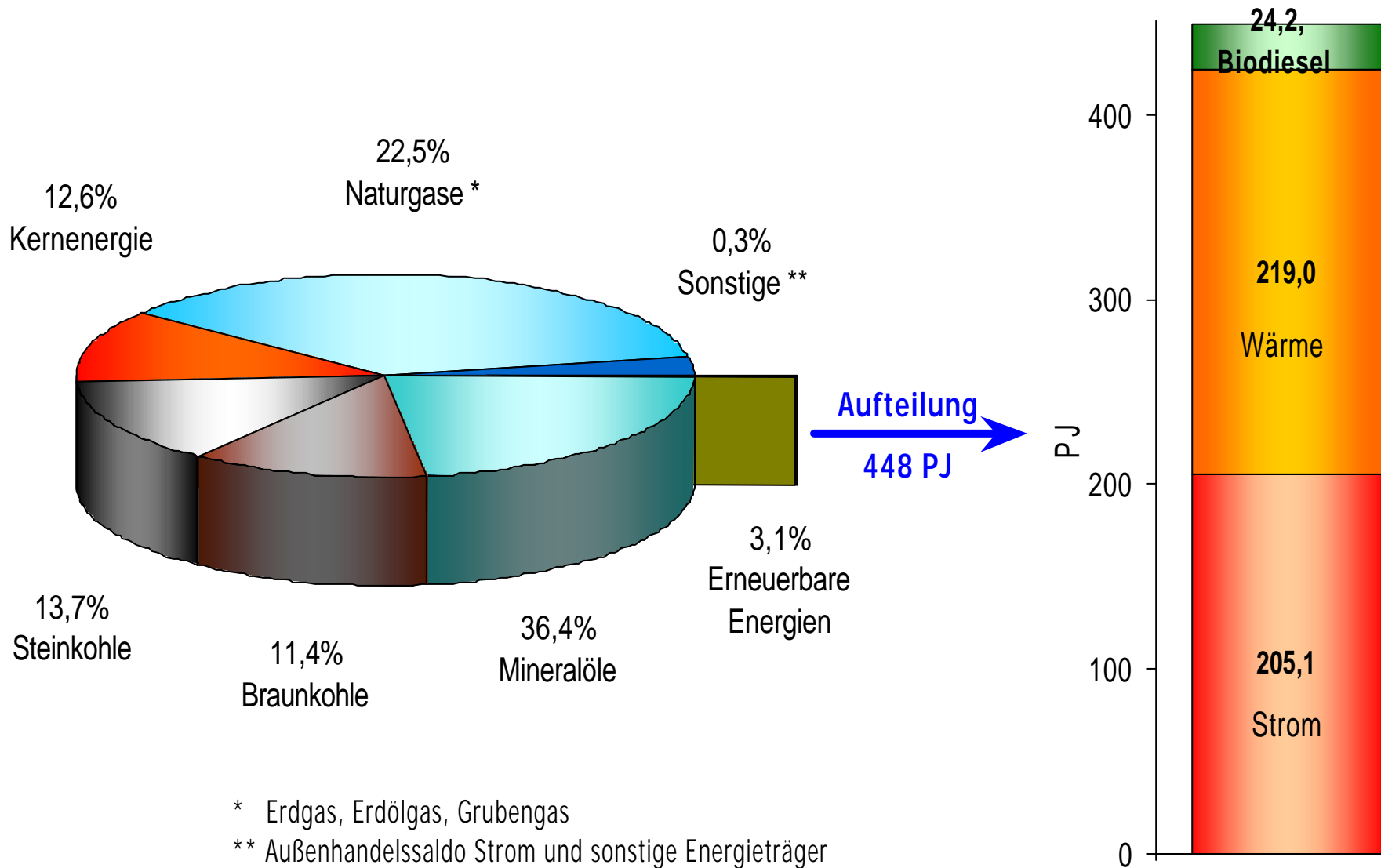


# Herausforderungen:

- CO<sub>2</sub> Emissionen senken,
- Wirtschaftswachstum steigern,
- Steigende Energiepreise antizipieren !

# Struktur des Primärenergieverbrauchs

Gesamt 14.334 PJ (2003)



# Nicht erneuerbare Energiequellen:

- Auch mittelfristig Energiegrundlage.  
Effizienzsteigerung!
- Kernkraftwerke laufen aus...
- Erdgas nur mittelfristige Lösung:  
Übergang zu erneuerbaren Treibstoffen,  
Abhängigkeit!
- Alternativen erschließen!

# Alternativen: Die deutsche Förderlandschaft

- **Abnahmegarantien (EEG)**
- Je nach Rentabilität:  
**Strompreisaufschläge**; techn. Fortschritt wird berücksichtigt.
- **Investitionsförderung**: klein > mittel > groß (MAP, KWK, KfW)
- EU setzt zusätzlich auf Sanierung, Antriebstechnik, **Wissenstransfer in EL,...**

# Fördersätze

- **Strom aus...**

Wasserkraft: 7,67 – 6,65 Cent pro kWh

Biomasse: 10,10 – 8,60 Cent pro kWh  
(Degression 1,5 % p.a.)

Geothermie: 8,95 – 7,16 Cent pro kWh

Windkraft: 9,00 – 6,10 Cent pro kWh  
(Degression 1,5 % p.a.)

Solarstrom: 48,10 Cent pro kWh  
(Degression 5,0 % p.a.)



# Erneuerbare Energien: Wind

- Stärkster Zuwachs an Kapazität.
- ca. 3% des Strombedarfs werden gedeckt.
- Ausgleichskapazitäten erforderlich.
- Trend zur Aufrüstung bestehender Anlagen (Naturschutz!).
- Kapazitäten im Offshore Bereich.

# Erneuerbare Energien: Sonne

- Theoretisches Potenzial sehr hoch.
- Gegenwärtige Wirtschaftlichkeit sehr gering: Hohe Förderung notwendig.
- Ungleichmäßiger Stromanfall macht Ausgleichskapazitäten notwendig.
- Photovoltaik auch langfristig teuer.

# Erneuerbare Energien: Wasserkraft

- Der größte Beitrag aus Großanlagen (10% = 90%)
- Neue Staudammprojekte nicht zu erwarten.
- Effizienzsteigerung bestehender Anlagen birgt erhebliches Potenzial.
- Kleinanlagen wieder rentabel, aber nicht effizient.
- Gezeiten/Wellenkraftwerke im Versuchsstadium.

# Biomasse

- **Differenzierung des Marktes** notwendig  
in
  - **Kraftstoffe** (Biodiesel, Bioethanol, Biogas, ...)
  - **Strom** (Biogas)
  - **Wärme** (Biogas, Holz)

# Biomasse

- Bedeutender Energieträger für Primärenergie (Brennholz).
- Biogas: Zur Stromerzeugung bisher nur geringe Bedeutung.
- Transportproblem!  
(Transport/Speicherenergie)
- Flüssige Biomasse (Pflanzenöle) eventuell bedeutend zur **Treibstoffherzeugung**.

# Gliederung:

- Energie: Ein globales Problem
- Lösungsansatz: Alternative Energiequellen
- Alternative Energien in Deutschland und EU
- Alternative Politikmaßnahmen

# Nachteile gegenwärtiger Politik:

- **Ungleichmäßige Stromanlieferung** erfordert Investitionen in Regeltechnik und Netzkapazität.
- Administrativer Aufwand erschwert diese Investition (12 Jahre Planungszeit).
- Ökostromspitzen: Großkraftwerke müssen gedrosselt werden.
- **Fehlende Marktorientierung fördert ineffiziente Strukturen, schafft Besitzstände.**

# Vorschläge:

- Biomasse: wenig effiziente Kleinanlagen nicht mehr bevorzugt fördern (Ökobilanz?).
- Wind: Zeitweilige Abschaltung intelligent organisieren, um Regelkapazität zu sparen.
- Solarenergie: Netzkopplung gegenwärtig sinnvoll?
- **Zielausrichtung** bei der Förderung!



# Zielausrichtung:

*„Anteil regenerativer Energien steigern?“*

...oder...

*„Energie alternativ, zukunftsfähig und effizient erzeugen?“*

# Effizientere Alternativen:

- Energiesparkontrakte, Energiesparkonzepte.
- Informationsverbesserung, **Transparenz!**
- EU- weite Harmonisierung und Wettbewerb im Energiesektor: **Liberalisierung.**
- Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)  
weiterentwickeln: **Marktprinzip!**

# Vom EEG zum “EEGmarkt”?

- EU, Schweden, DK, UK, ... ,favorisieren  
“Renewable Energy Certificate System”
  - Netzbetreiber: Mindestanteil „Ökostrom“.
  - Standardorient. Ansatz mit Zertifikaten; Markt für  
„Erneuerbarkeit“. Effizienzgewinne!
  - Ökostromerzeuger: Zertifikat über 1MWh  
Ökostrom.
  - Netzbetreiber kaufen Zertifikate!
  - Probleme! Diskussionsbedarf!

# Zusammenfassung:

- Wünschenswertes Wirtschaftswachstum verschärft globales Energieproblem.
- Kyoto: Europa hat sich an drastische CO<sub>2</sub> Verringerung gebunden.
- Sicherheitspolitik: Abhängigkeit verringern.

# Zusammenfassung:

- Energiealternativen: Herausforderung für Wissenschaft.
- Technische Entwicklung muss forciert werden.
- Breite Markteinführung höchstens unter CO<sub>2</sub> Reduktionsaspekten sinnvoll.
- EEG muss effizienter werden.

# Fazit:

Deutschland sollte globale Herausforderungen adressieren durch:

- Mehr Forschung, weniger Umverteilung.
- Ideologiefreie Zielausrichtung im europ. Kontext (Kernkraft?).
- Orientierung am Marktprinzip (RECS).

Vielen Dank für die  
Aufmerksamkeit!



Ab hier folgen unsortierte Folien  
mit Zusatzinformationen



# Kyoto: Ziele und Verpflichtungen

Einige Kernpunkte des Kyoto-Protokolls:

- Verbesserung der Energieeffizienz
- Schutz und Verstärkung von Senken und Speichern
- Nutzung regenerativer Energien und weitere Forschung in dem Bereich
- Ermutigung zu Reformen in der Politik
- ...

# Erdölverbrauch und Erdölreserven weltweit

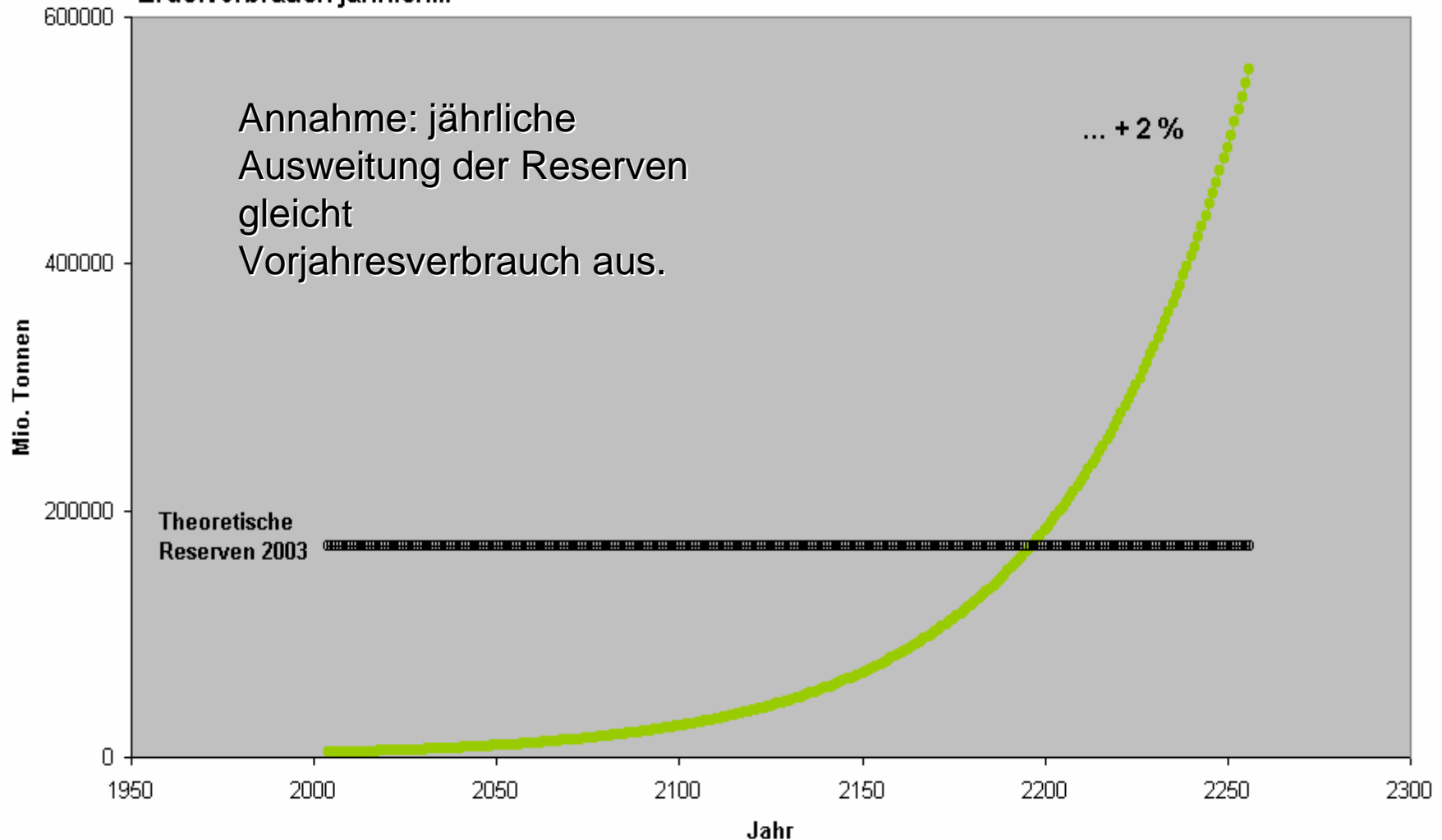
(Quelle: Eigene Ber. Basierend auf Exxon 2004)

Erdölverbrauch jährlich...

Annahme: jährliche  
Ausweitung der Reserven  
gleich  
Vorjahresverbrauch aus.

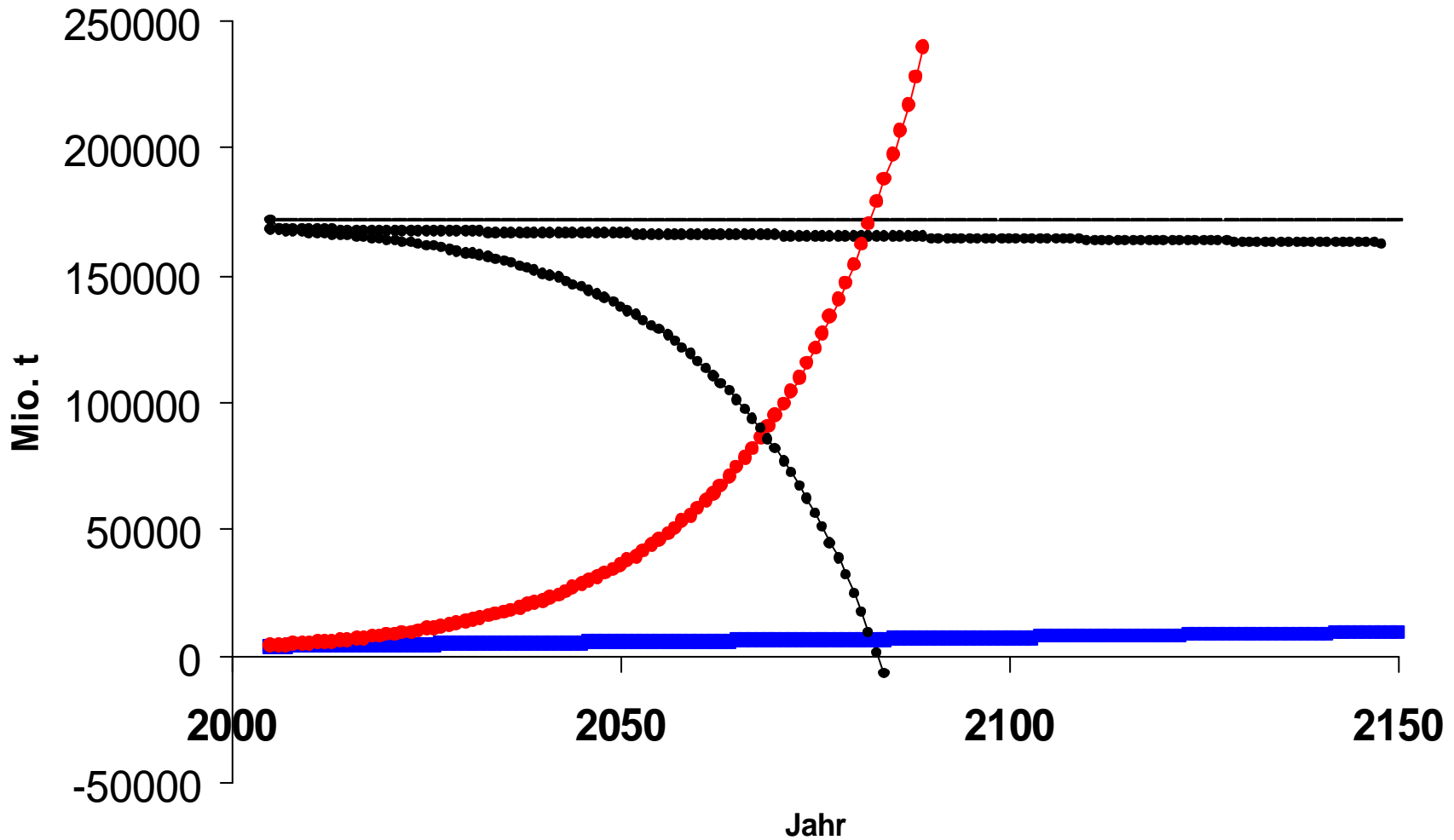
... + 2 %

Theoretische  
Reserven 2003



—●— Prognose Verbrauch ("Wachstum plus 2%") —□— Reserven 2003 fix

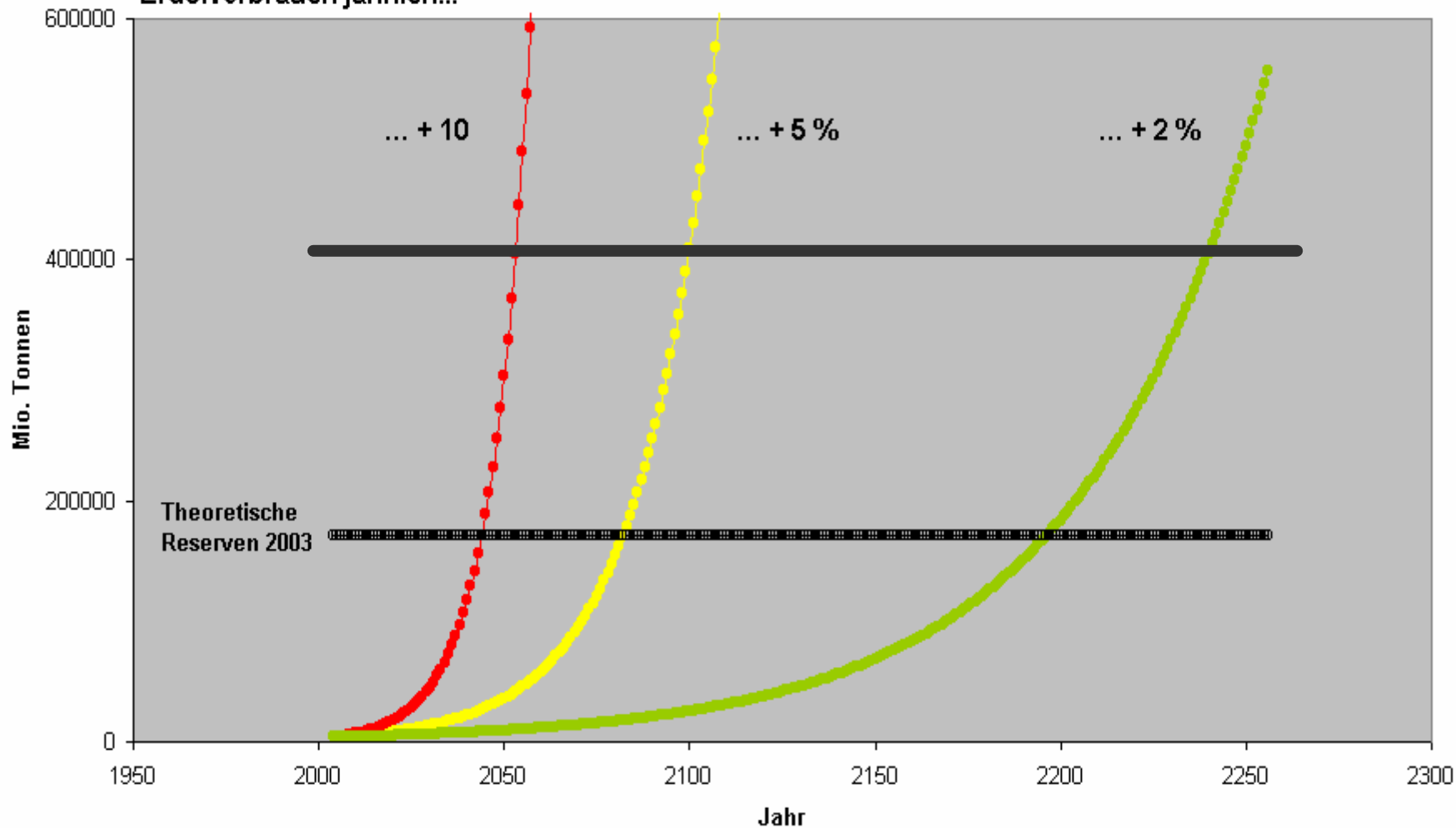
# Erdölreserven und Erdölverbrauch...



# Erdölverbrauch und Erdölreserven weltweit

(Quelle: Eigene Ber. Basierend auf Exxon 2004)

Erdölverbrauch jährlich...



- Prognose Verbrauch ("Wachstum plus 5%")
- Prognose Verbrauch ("Wachstum plus 10%")
- Prognose Verbrauch ("Wachstum plus 2%")
- Reserven 2003 fix

# Verbrauchsentwicklung ist ungewiss. aber...

Bislang moderates Wachstum weltweit, da...

- Kaum Handelsliberalisierung!
- Kaum Armutsreduktion,
- Viele Konflikte,
- Millenium- Entwicklungsziele in weiter Ferne!

**Beschleunigte Entwicklung**

**= knappere Energie**

# Potentiale zur Effizienzsteigerung: Energiewandlungskette

## Primärenergie

(z. B. Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas, Uran, Wasserkraft, Solarstrahlung, Rohbiomasse)

- Umwandlungsverluste
- Verteilungsverluste
- Eigenbedarf
- nicht-energetischer Verbrauch

## Sekundärenergie

(z. B. Koks, Briketts, Benzin, Biodiesel, Heizöl, Strom, Stückholz, Fernwärme)

- Umwandlungsverluste
- Verteilungsverluste
- Eigenbedarf
- nicht-energetischer Verbrauch

## Endenergie

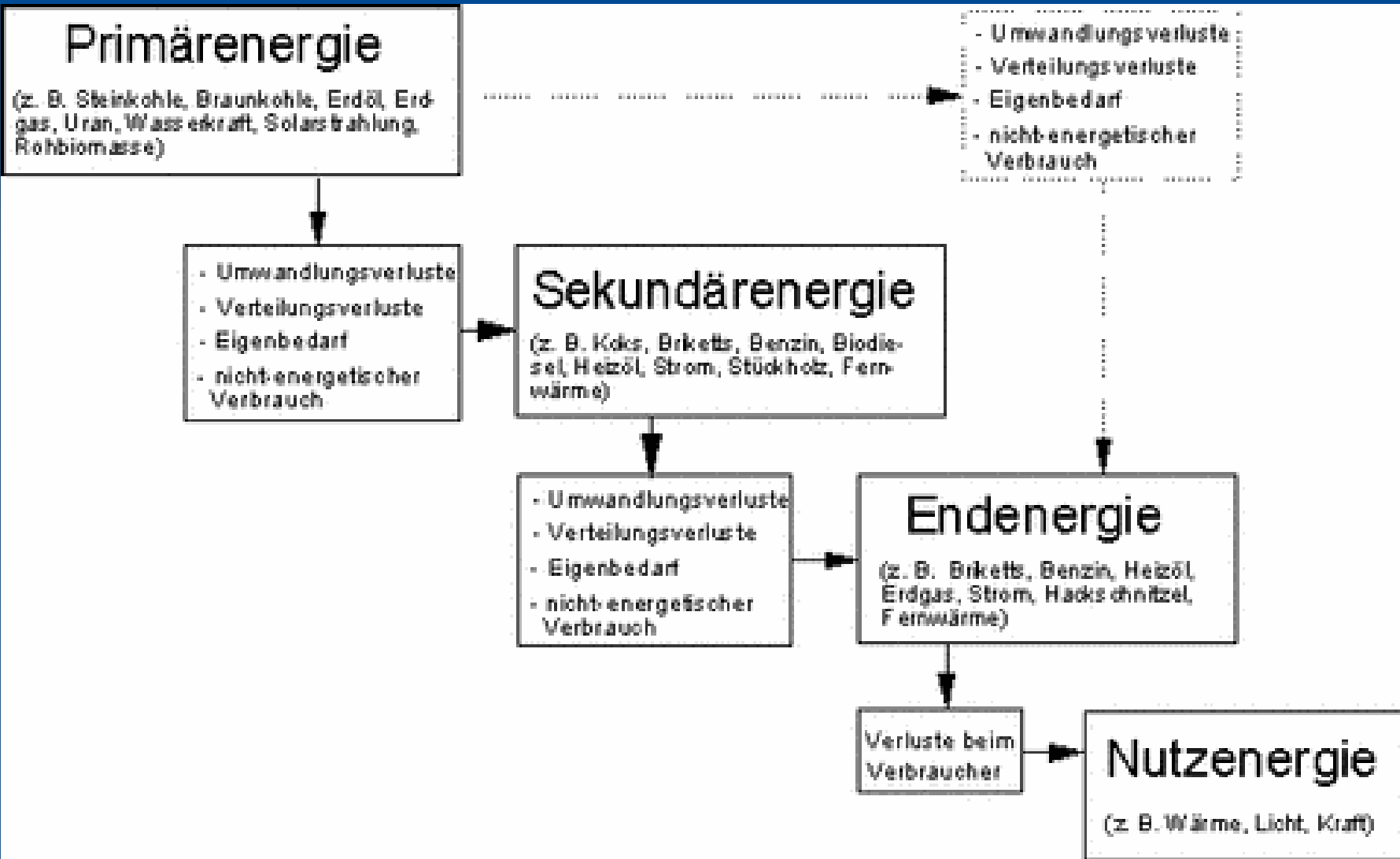
(z. B. Briketts, Benzin, Heizöl, Erdgas, Strom, Hackdrehzettel, Fernwärme)

Verluste beim Verbraucher

## Nutzenergie

(z. B. Wärme, Licht, Kraft)

- Umwandlungsverluste
- Verteilungsverluste
- Eigenbedarf
- nicht-energetischer Verbrauch



# Brennstoffzellen

- Prinzip “Galvanisches Element”
- Viele Brennstoffzellen benötigen  $H_2$
- $H_2$  Gewinnung erfordert Energie, fossil oder regenerativ.
- Biogas kann durch BZ effektiver verwertet werden.
- Langfristig wichtigste alt. Energiequelle für viele Anwendungen (Laptops, Autos)

# Geothermie („Erdwärme“)

- Als Wärmequelle großes Entwicklungspotenzial.
- Als Stromquelle bisher nur Versuchsstadium.
- Hohe Investitionskosten und Risiken.
- Deutschland = wenig Thermalenergie.
- Neue Verfahren in Erprobung.
- Forschung dringend notwendig!

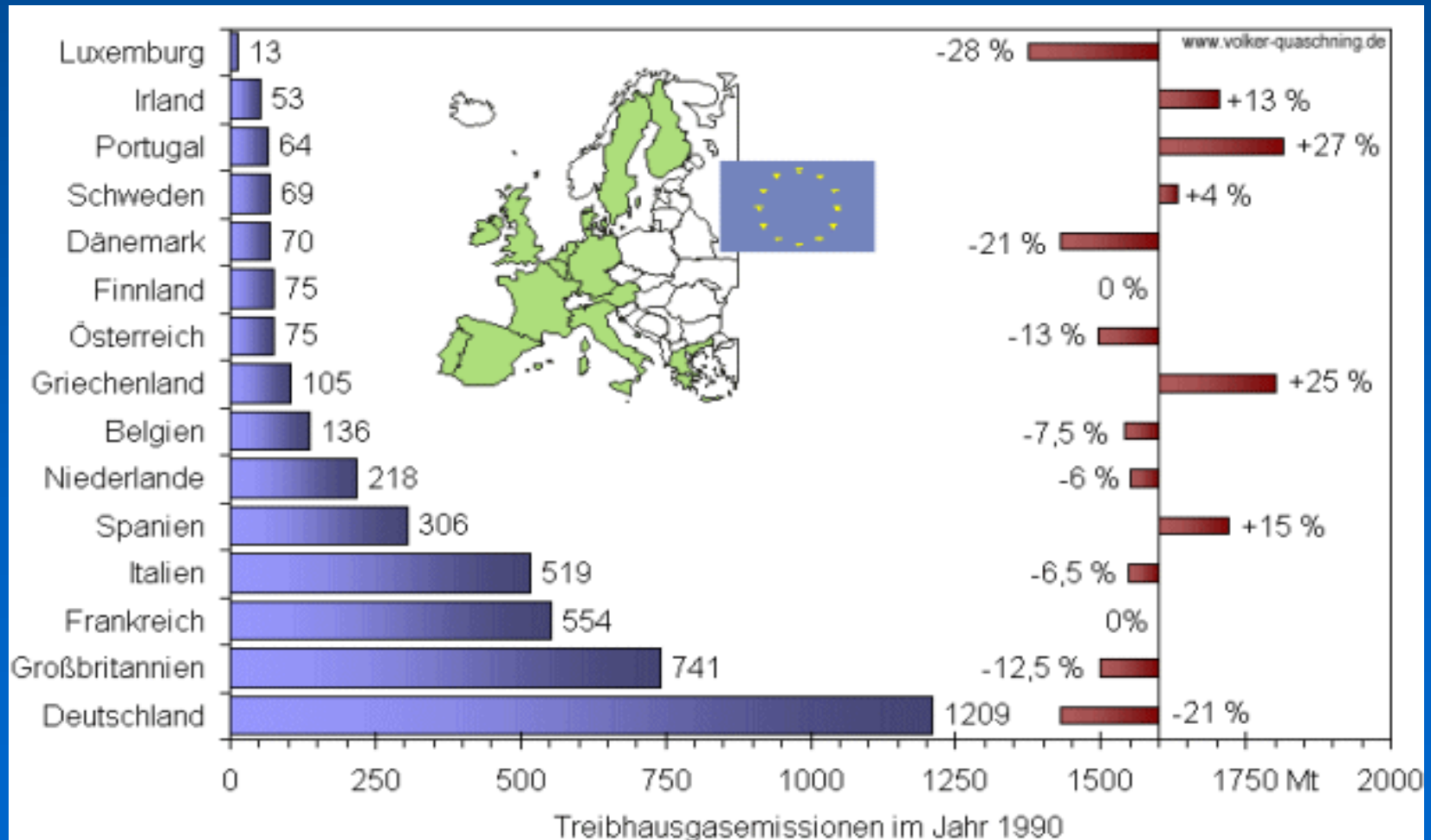


# Entstehung des Kyoto-Protokolls

- Weltgipfel für Umwelt und Entwicklung(1992 brachte die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen heraus.
- Konvention trat 1994 in Kraft – wurde von den meisten Staaten ratifiziert.
- Einmal im Jahr Konferenz der Vertragsstaaten ( COP).
- Wichtigstes Gremium der Klimarahmenkonvention.

# Kyoto: Ziele und Verpflichtungen

## Gesamtemissionen und Reduzierungsverpflichtung der Eu-Staaten



# Kosten der photovoltaischen Stromerzeugung

- Bei 11 – 14% Wirkungsgrad:
    - bei kleinen Anlagen: 0,58 – 0,61 €/kWh
    - bei sehr großen Anlagen: 0,35 – 0,45 €/kWh
  - Zum Vergleich: Kosten bei Kohle- oder Gasverbrennung: 0,04 €/kWh
  - Aber: derzeit 15% Wirkungsgrad und 30% im Labor  
? weitere Steigerung sehr wahrscheinlich
- dennoch: Photovoltaik auch langfristig teurer, wenn positive externe Effekte nicht eingerechnet werden

# Alternative Energien und die deutsche Politik

- Maßnahmen seit 1998:
- Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)
- Solarstromprogramm („100.000 Dächer“)
- Verschiedene Förderprogramme, Bsp: KfW, Agrarinvest.förd.prog. (NaWaRo)
- Marktanzreizprogramm (MAP), KWK- Prog.
- Förderprogrammen der Bundesländer
- Förderprogramme der EU
- Forschungsförderung des Bundes

# Biomasse – Treibstoff der Zukunft?

- Konkurrenz- und Angebotsvoraussetzungen:

## Biodiesel (RME)

- Aus Fruchtfolgegründen begrenzt ...

## Bioethanol

- Rohstoffe billiger in Entwicklungsländern?

## Biomass-to-Liquid (BtL)

- Aufwendiges Verfahren, noch in der Entwicklung befindlich.

## Biogas: Erdgasauto? Methan- Brennstoffzelle?

# Fazit Biomasse:

Biotreibstoff für EU und D mäßig interessant  
(Brennstoffzelle!)

Erfolgversprechendste Märkte der Zukunft:

- Strom & Wärme (Holz, Gras).
- Reduktion der Klimagasemissionen ohne Energiepflanzen kaum zu erreichen.
- EU sieht enormes Potential.
- Neue Wege gehen: Algenfarmen?

# Kyoto: Ziele und Verpflichtungen

- Nationale Ziele:
  - **Reduktion der Klimagasemissionen (jeweils bez. auf 1990)**
    - Bis 2012 um 21% (bis 2003 19% erfüllt)
    - Bis 2020 um 40%
    - Bis 2050 um 80% (Empfehlungen, u.a. Enquete-Kommissionen des Bundestages)
  - Ohne Nutzung erneuerbarer Energien nicht (sinnvoll) erreichbar.