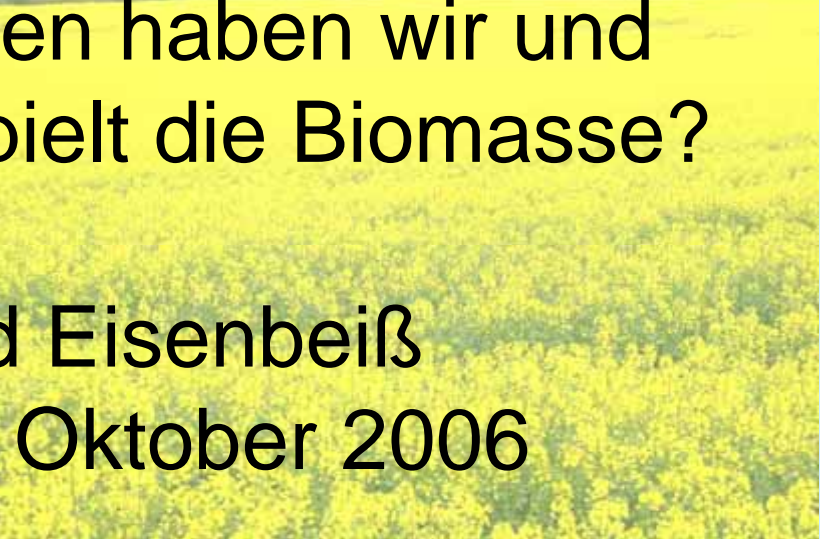




Sichere Energieversorgung für Europa?

Welche Optionen haben wir und
Welche Rolle spielt die Biomasse?



Dr. Gerd Eisenbeiß
Zürich, 20. Oktober 2006

zur Person

Studium der Physik, Promotion Dr.-Ing. Uni Karlsruhe

Wissenschaftler am Forschungszentrum Karlsruhe

Referent im Kanzleramt, Bonn

Referatsleiter im Forschungsministerium, politisch und fachlich u.a. in Energieforschung, Informationstechnik

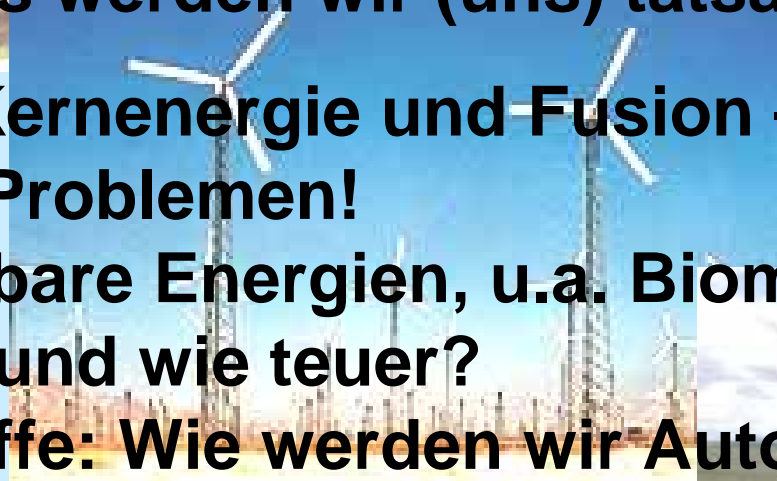
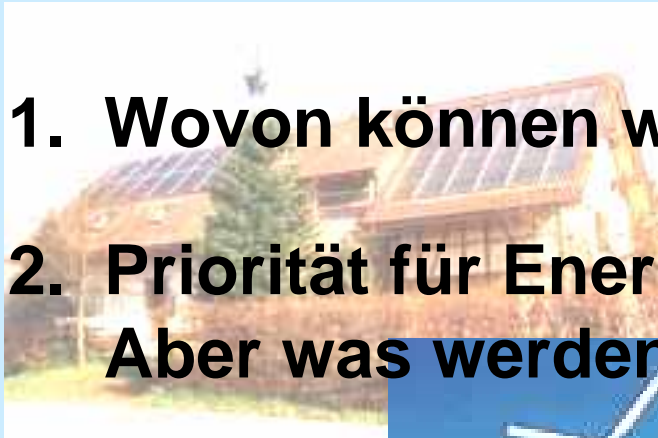
Programmdirektor Energie- und Verkehrsforschung, DLR

Vorstand Energie- und Materialforschung,
Forschungszentrum Jülich

Koordinator der Helmholtz-Energieforschung

Berater der EU-Kommission in Energieforschungsfragen

1. **Wovon können wir ausgehen?**
2. **Priorität für Energieeinsparung und Effizienz!
Aber was werden wir (uns) tatsächlich leisten?**
3. **Kohle, Kernenergie und Fusion – Optionen mit großen Problemen!**
4. **Erneuerbare Energien, u.a. Biomasse – ja, aber wie viel und wie teuer?**
5. **Kraftstoffe: Wie werden wir Auto fahren und fliegen?**
6. **Ausblick
(leider nicht sehr positiv)**



Fazit I

- Die Herausforderung an den Energiesektor ist gigantisch.
- Die Energieeinsparung als wichtigste Teilstrategie kommt nicht voran; die bescheidenen Effizienzgewinne werden von Wachstumseffekten überkompensiert. Gebäude!
- Nachhaltige erneuerbare Energiequellen sind zwar technisch sichtbar, aber nur teilweise und nur mit bescheidenen Beiträgen zu vertretbaren, d.h. gesellschaftlich akzeptierbaren Kosten nutzbar, insbesondere Biomasse, Wind und Solarkraftwerke!

Fazit II

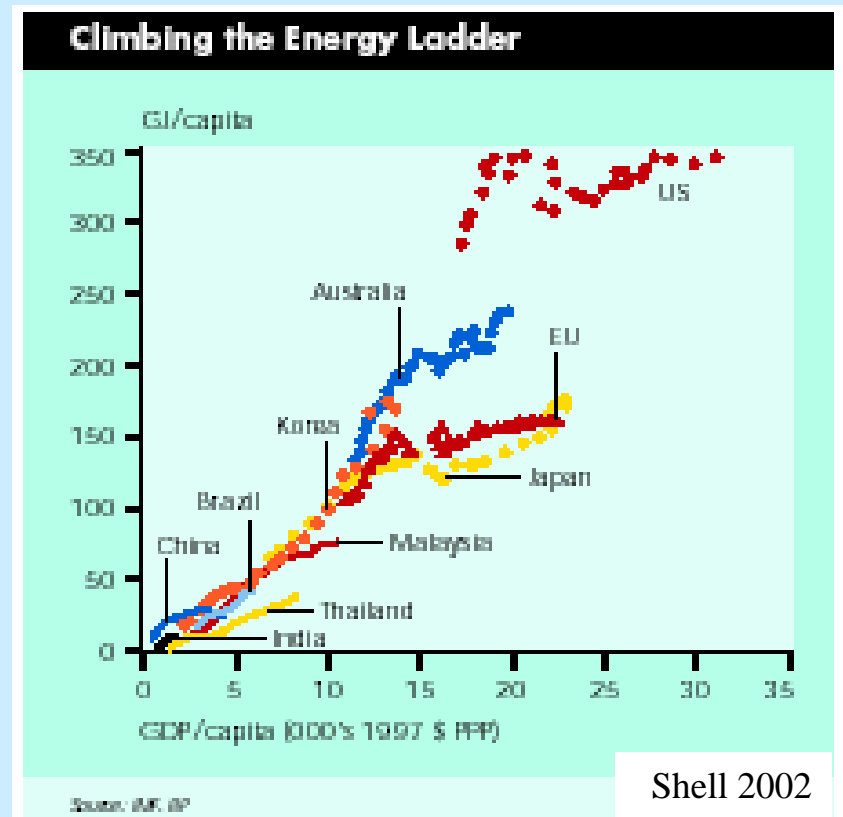
- Biomasse unterliegt einer noch nicht beurteilbaren Nutzungskonkurrenz: Nahrungsmittel, rohstofflich, Heizen, Strom und Kraftstoff.
- Nukleare Energiequellen werden nur beschränkt akzeptiert; die Fusion steht über die nächsten 50 Jahre nicht zur Verfügung.
- Die Kyoto-Ziele sind nicht mehr erreichbar; darüber hinaus wird es noch schwieriger.

Fazit III

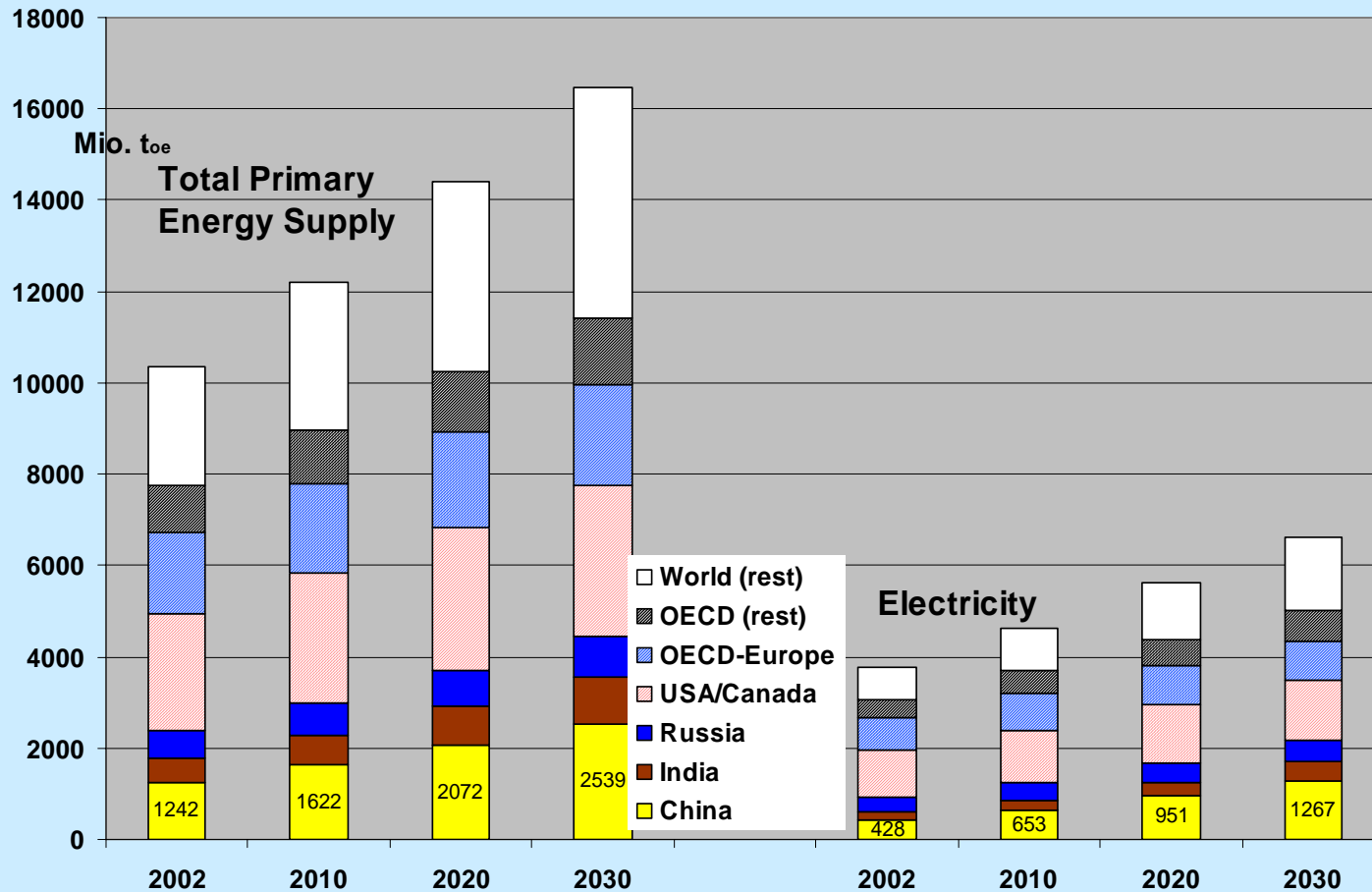
- Die Menschheit wird also unweigerlich mit einem Gutteil der Probleme des Klimawandels leben müssen, wenn sie sich nicht grundlegend ändert, also entgegen ihrer Natur auf kurzfristige Vorteile zugunsten späterer Generationen und Krisenvermeidung in der Zukunft verzichtet.
- Der einzige Weg zur Aufhellung dieses düsteren Ausblicks ist der Weg von Forschung, Entwicklung und Innovation, also Energieforschung im weitesten Sinne. Und die braucht mehr Geld!

Energie für etwa 9 Mrd. Menschen und für größeren Wohlstand weltweit.

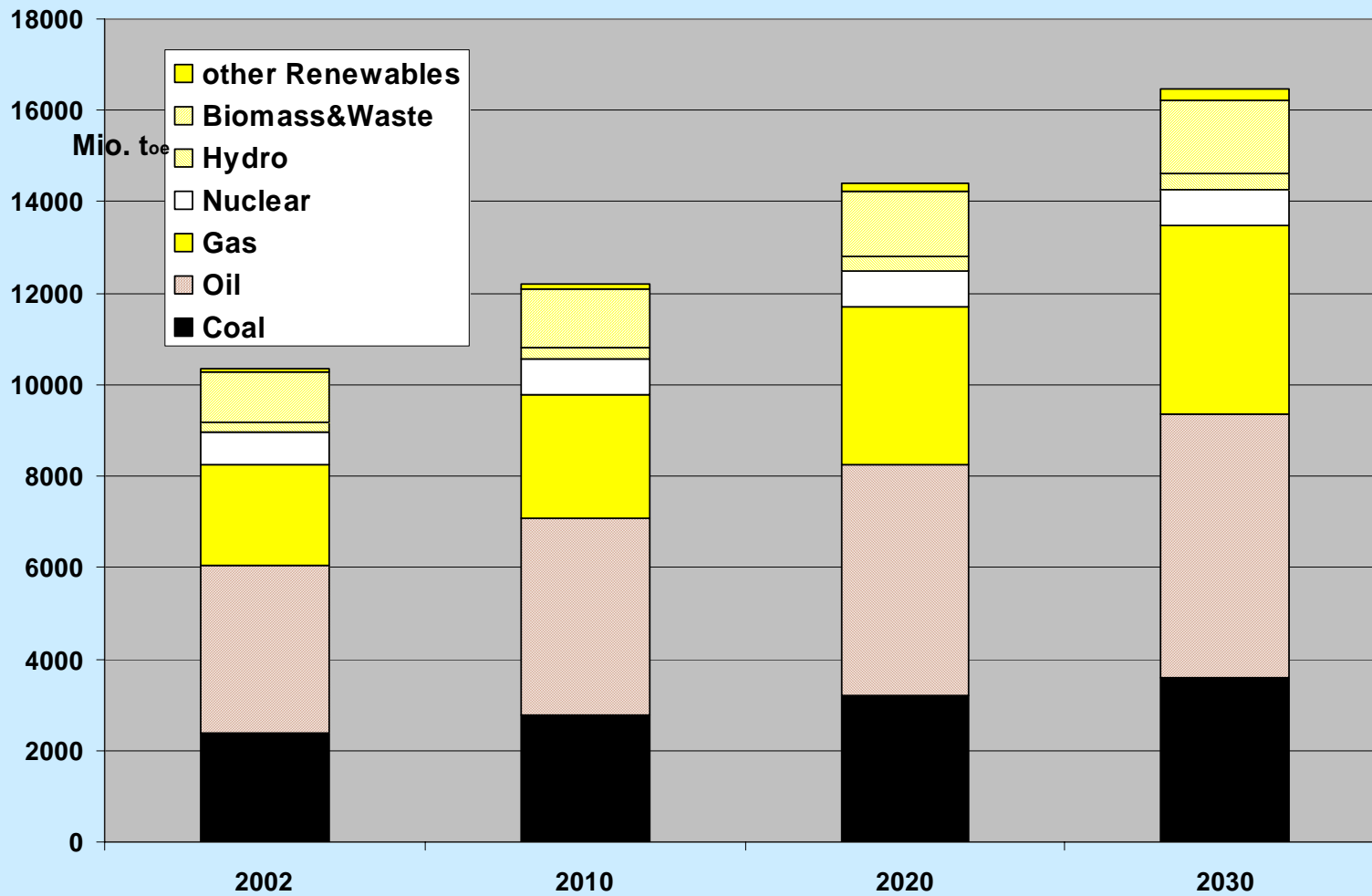
- Mehr Energiedienstleistungen
- höhere Energiekosten und -preise
- bis 2050 keine revolutionären neuen Optionen
- Unsicherheit der Zukunft des Kyoto-Prozesses



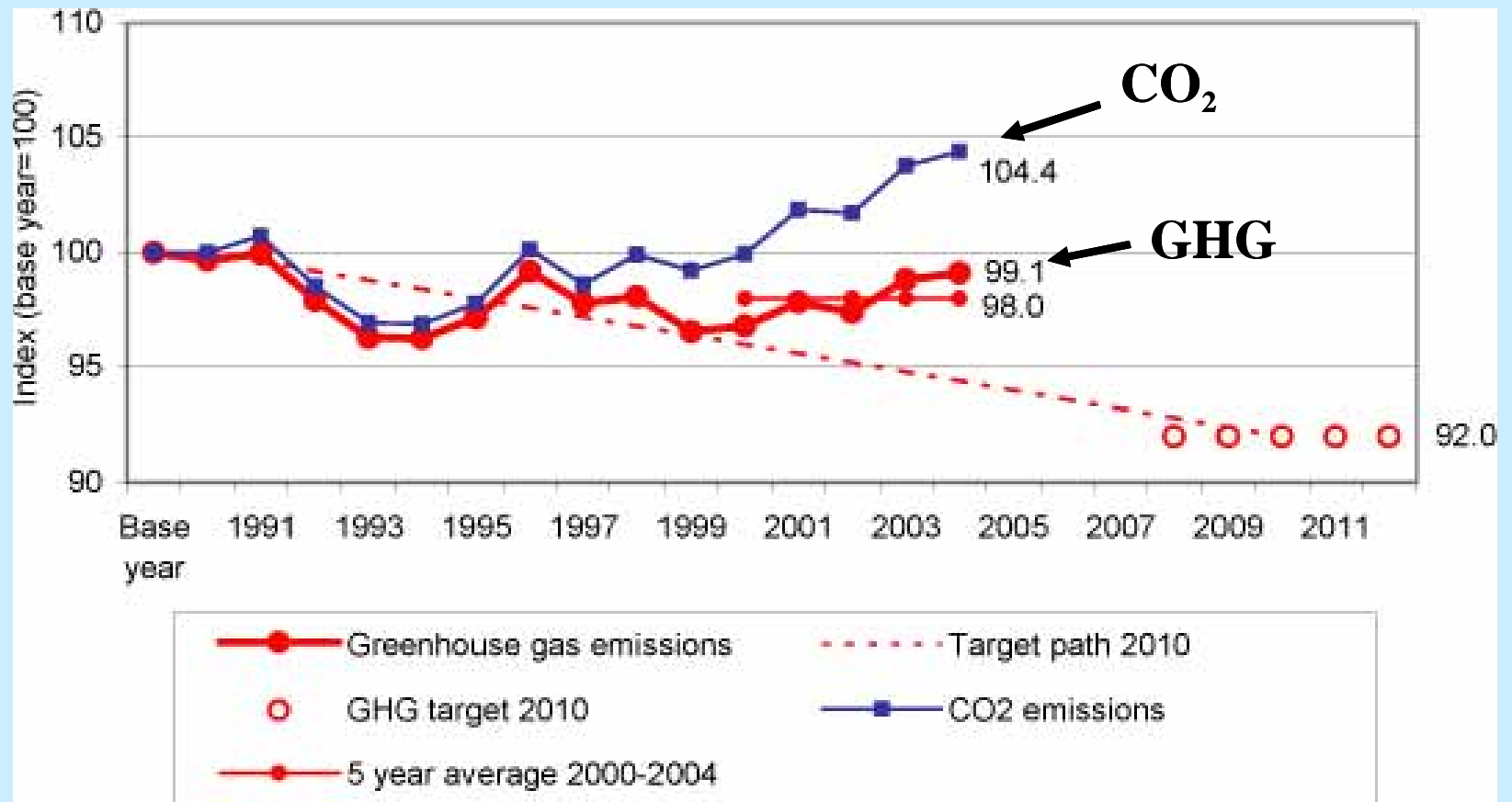
World Total Primary Energy and Electricity Supply



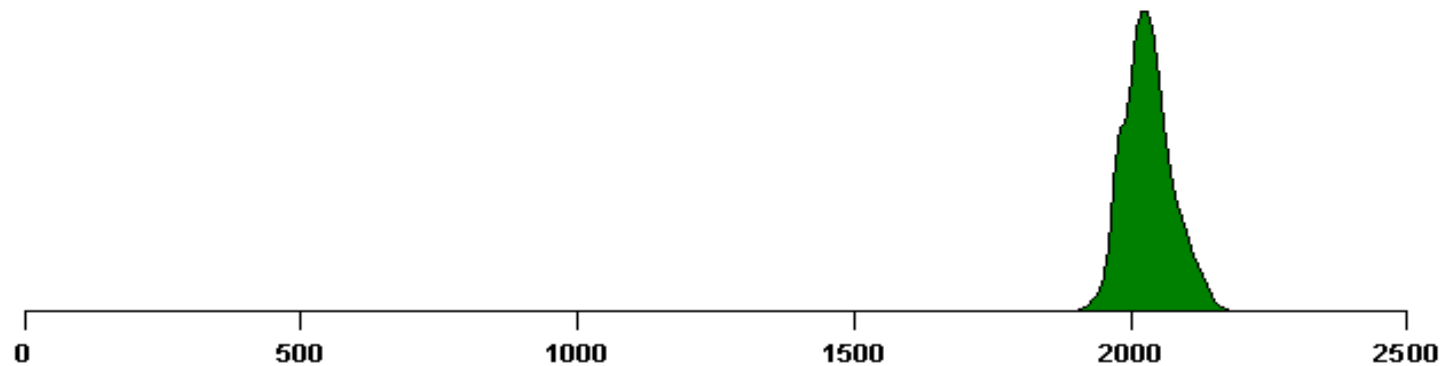
World Energy Supply – Energy Sources



Scheitert der Klimaschutz sogar in Europa?



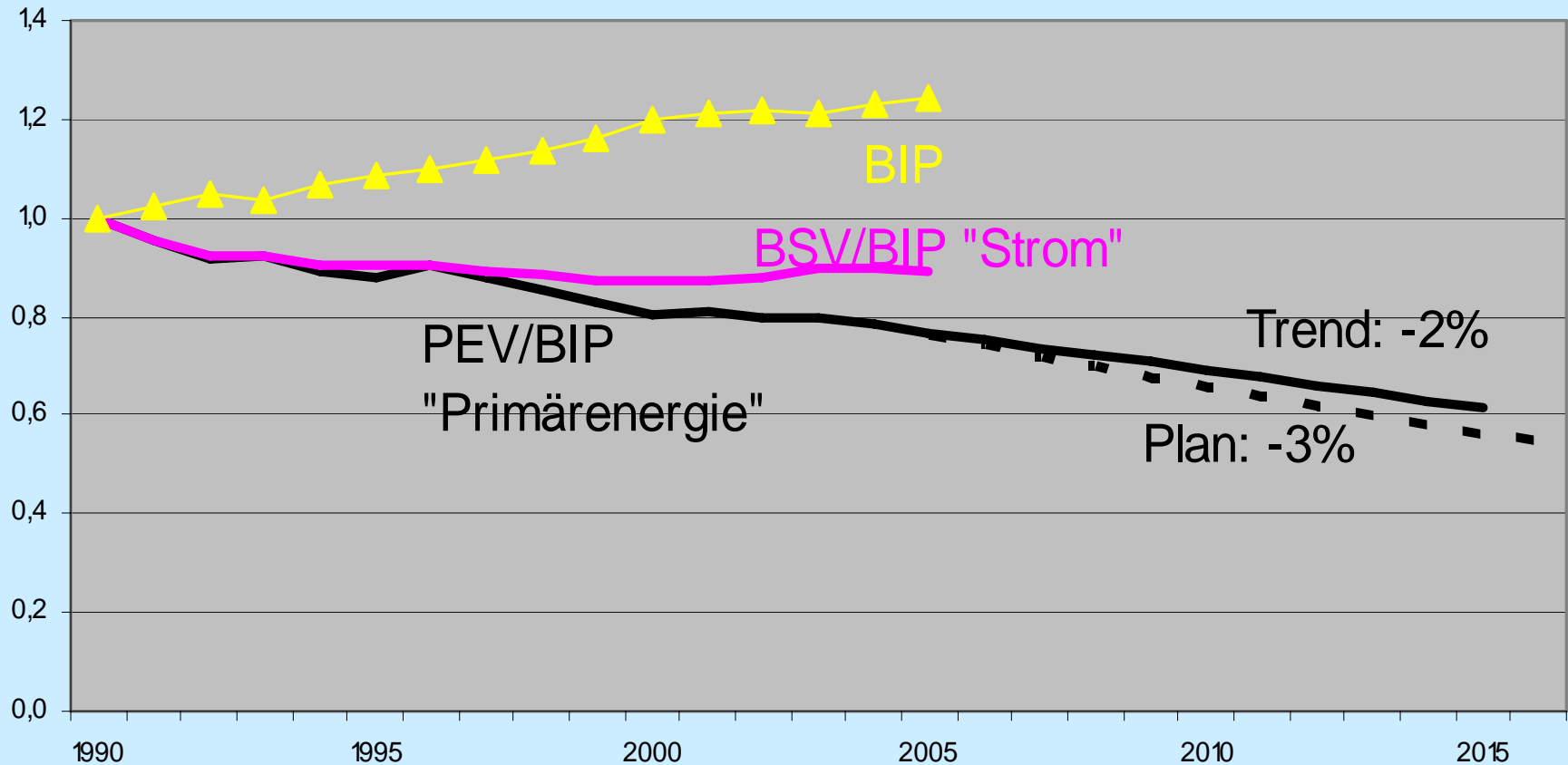
Das Zeitalter der Kohlenwasserstoffe:



Nicht zu vergessen: die Ära der fossilen Energien ist nur eine kurze Periode in der Menschheitsgeschichte

Aber: auch Ackerfläche wird immer knapper, Heute um 0,22 ha/Kopf!

Priorität, aber:



Deutsches Beispiel und weltweite Erfahrung:
1,5%/a spezifische Energiereduktion sind
schwer zu überbieten!

Im Gegenteil:

Der volkswirtschaftliche Effizienzgewinn ist in den letzten 16 Jahren gesunken:

- im Mittel Annex II-Länder nur noch 1% pro Jahr (Beispiele: UK und D +1,8%, USA +1,6%, F +0,6%, I +0,3%, CH +0,3%, Japan 0%, E -0,3%)

Jetzt ist die Frage, ob und wie stark die gestiegenen Energiepreise zusammen mit einer besseren Weltkonjunktur den Trend verbessern; erste Anzeichen sprechen dafür.

Deutsches Beispiel und weltweite Erfahrung:
1,5%/a spezifische Energiereduktion sind
schwer zu überbieten!

Woran scheitern wir?

Notwendig wäre eine systematische Einsparung von Kohlenwasserstoffen im Gebäudebereich und beim Auto fahren, denn die Technologien sind da!

Es fehlt am Effizienz-orientierten Verhalten, sowohl beim alltäglichen Energieverbrauch wie auch bei Investitionen! Wichtigste Hindernisse sind Gewohnheit und Bequemlichkeit sowie Mehrkosten, z.B. bei der Altbausanierung.

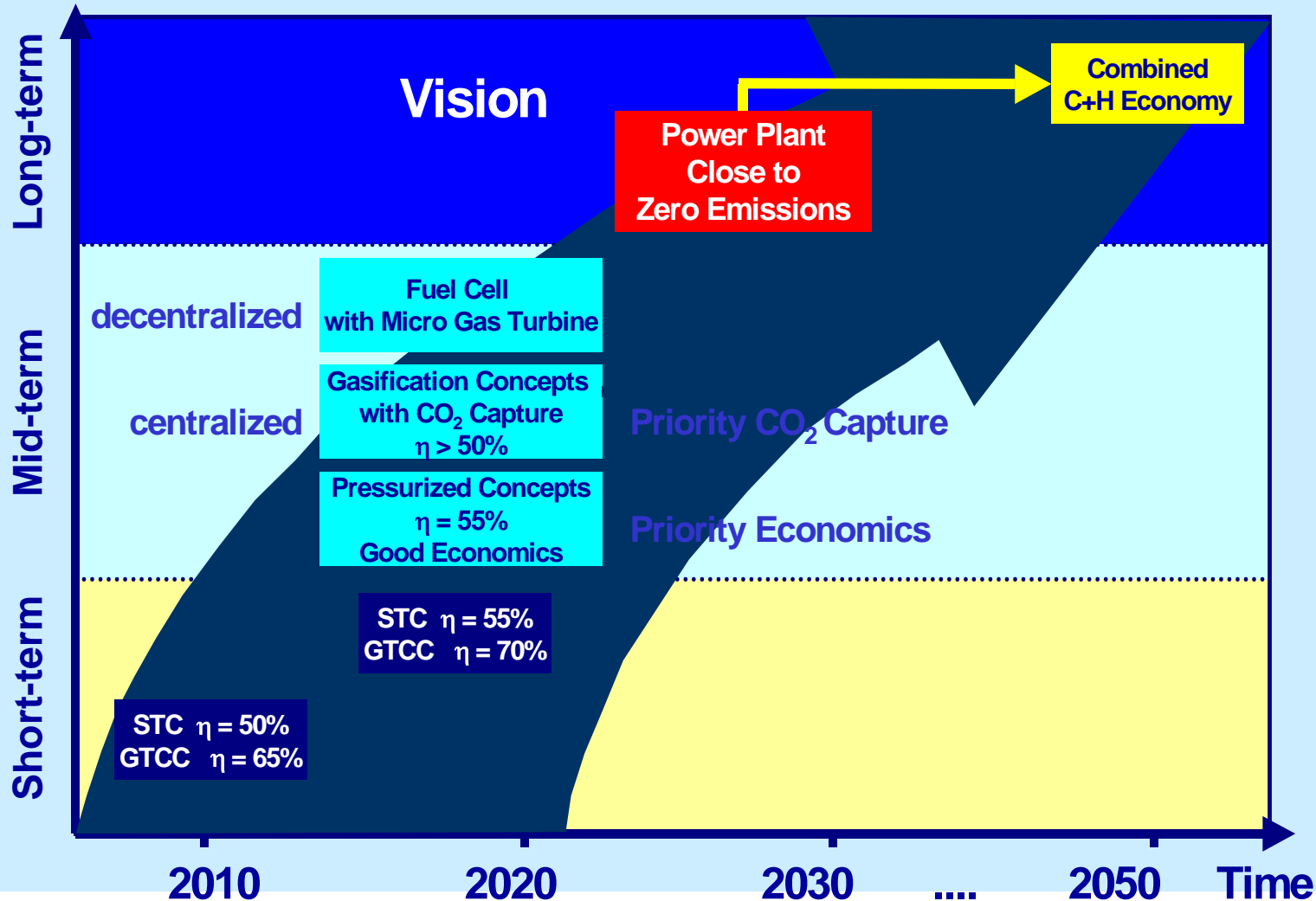
Es gibt eben auch ein Akzeptanzproblem der Energieeinsparung!

Kohle ist reichlich vorhanden, billig und versorgungspolitisch relativ sicher.

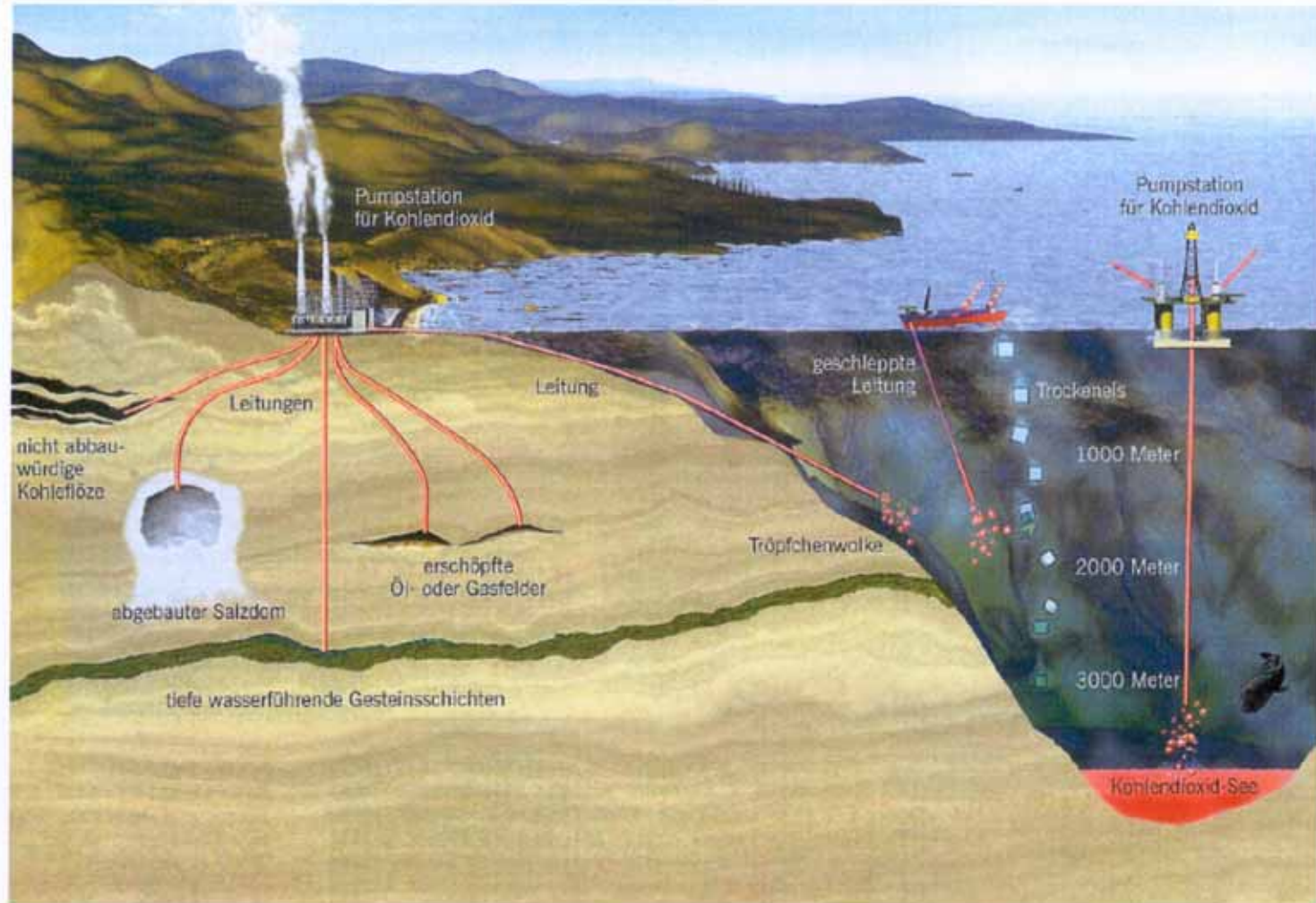


Heute vor allem Elektrizität aus Kohle. Auch eine Perspektive für Kraftstoffe?

COORETEC Strategie: steht am Ende die CO₂-Freiheit?



Nachhaltigkeitshoffnung: CO₂-Sequestration



Quelle: Spektrum der Wissenschaft - Mai 2000

Kann die Sequestration des CO₂ gelingen?

- Technisch ja aber :

In welchem Umfang ist unklar (wohin damit?!)

Mit welchen Effizienzeinbußen?

Zu welchen Mehrkosten?

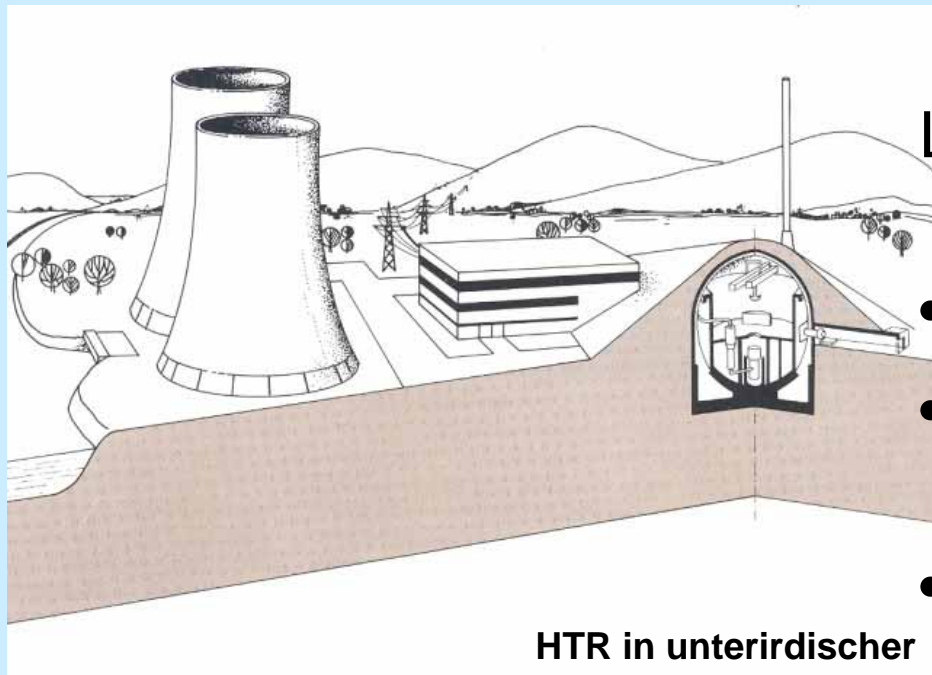
Durchsetzung im globalen Wettbewerb um

Standortvorteile und unterschiedlicher

Opferbereitschaft für den Klimaschutz

Fazit: schwer vorstellbar!

und Kernenergie ..?



HTR in unterirdischer Bauweise

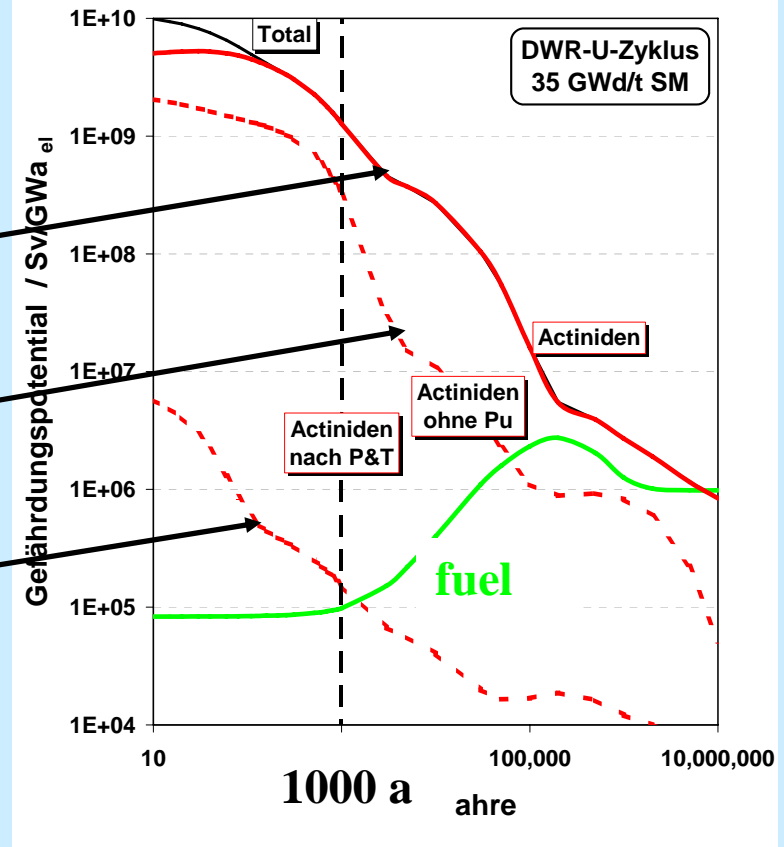
- LWR, EPR, AP1000 oder warten auf 4. Generation mit
- inhärenter Sicherheit
- Sicherheit gegen Terrorismus
- Lösung des Entsorgungs- und Proliferationsproblems

Nukleare Entsorgung

Radiotoxizität ohne p&t

Radiotoxizität ohne Pu

Radiotoxizität nach p&t



Vision: p&t, also Abtrennung und Transmutation der langlebigen radiotoxischen Isotope (Am, Cm, Pu)

Das Versprechen der Kernfusion:
keine Rohstoffengpässe,
keine katastrophalen Risiken.

Kernfusion:
Rohstoffe für den
jährlichen
Elektrizitätsverbrauch
einer Familie
(ca. 0.5 kW im Mittel)

75 mg D

113 mg T oder

225 mg Li⁶

zu finden in
2 Liter Wasser
und
250 g Gestein

entspr. 1000 Liter Öl



Das Versprechen der Kernfusion:
Keine Rohstoffengpässe.
Keine katastrophalen Risiken.

Das Risiko der Entwicklung:
technisch-wirtschaftlicher Erfolg offen.
Immense Entwicklungskosten bis zur
Kommerzialisierung um 2050.

Deshalb ist die globale Kooperation,
Risiko- und Lastenteilung von entschei-
dender Bedeutung – wie bei ITER:

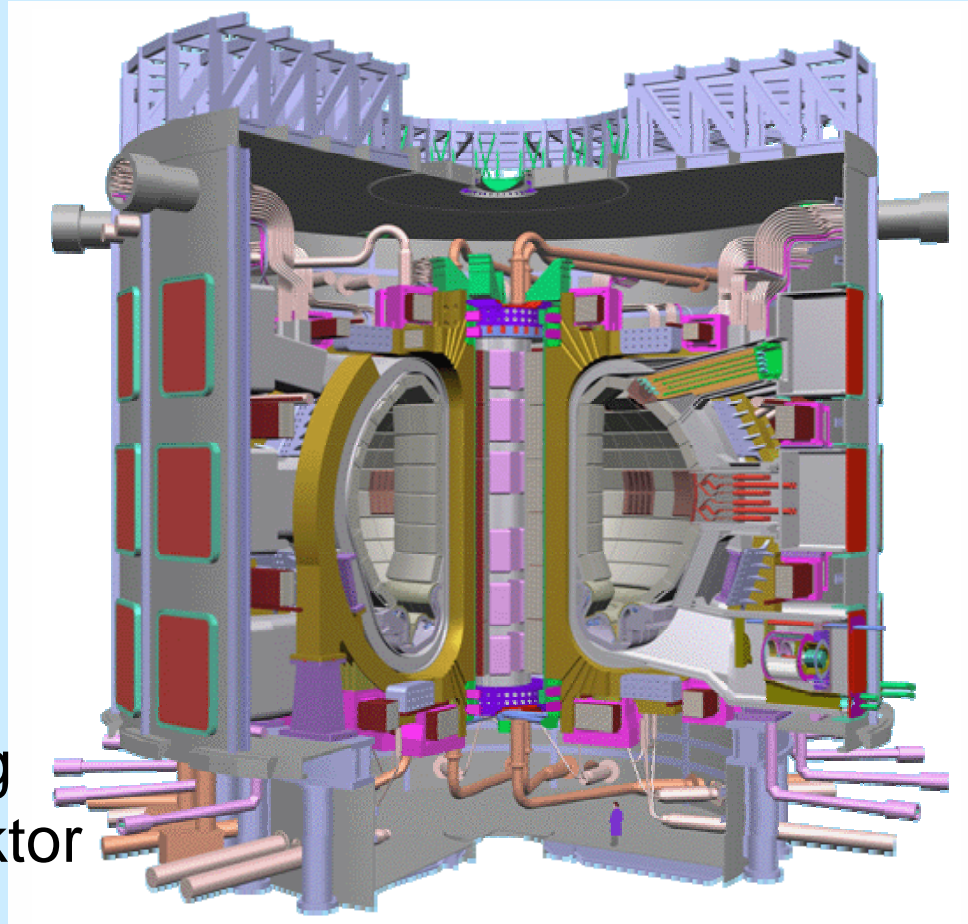
Langfrist-Hoffnung Fusion

Große Fortschritte in
den letzten 15 Jahren

Nächster Schritt:
Testreaktor ITER

(500 MW, 8 min
brennendes Plasma,
6 bis 7 Mrd. €)

Vor Kommerzialisierung
ein Demonstrationsreaktor
erforderlich!



Grundsätzliches zu erneuerbaren Energien

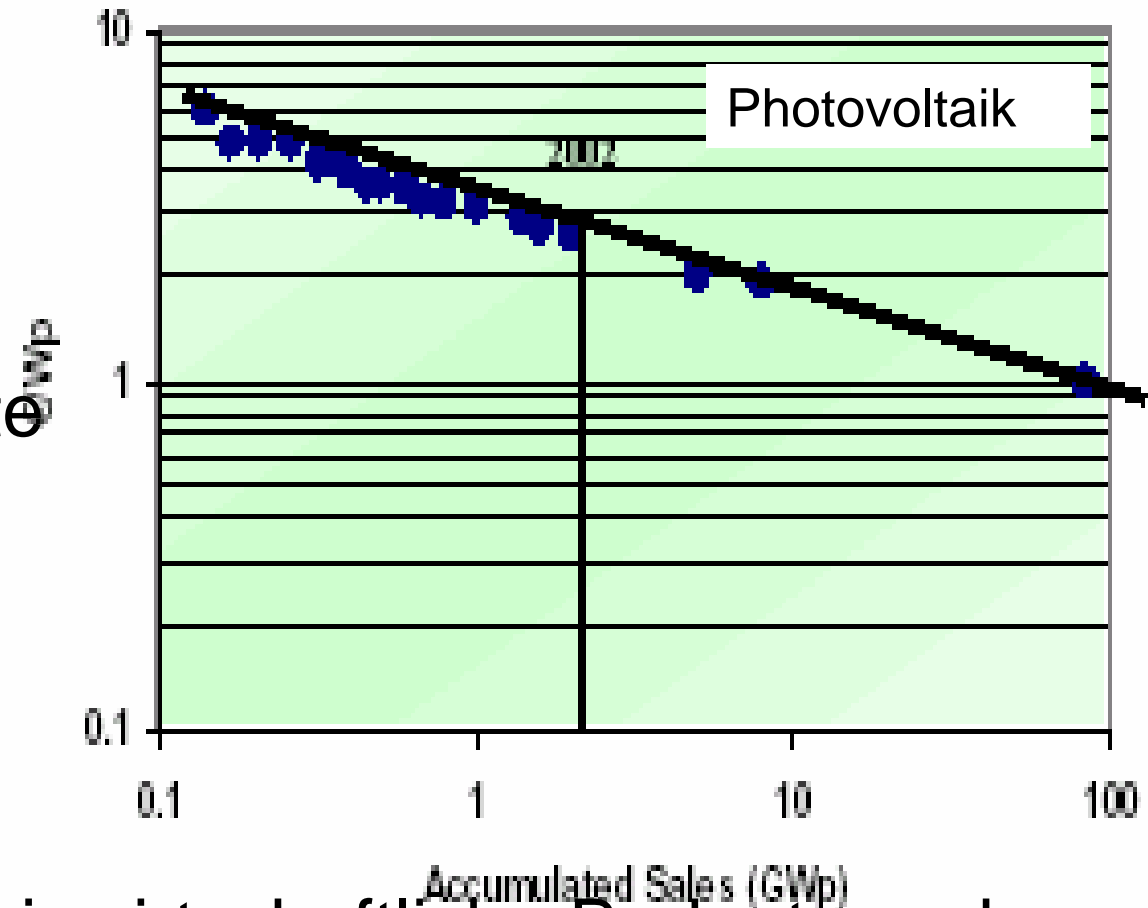
Alle Energiequellen sind kostenlos vorhanden; die Kosten entstehen beim „Bergen“, d.h. beim Abbau der Kohle, beim Ernten von Energiepflanzen, beim Einsammeln von Restholz oder der Konzentration von Wind und Solarstrahlung auf die Energiedichte elektrischen Stroms.

Hinzu kommt die unzuverlässige Leistungsverfügbarkeit von Sonne und Wind (nicht bei Biomasse und Geothermie!), die Speicher oder Reserve-Kapazitäten erfordert.

Diese beiden Eigenschaften machen erneuerbare Energien prinzipiell teuer und nur bei sehr hohen Energiepreisen oder Subventionen marktfähig.

Sehr populär: Photovoltaik

Die Lernkurve zeigt eine Erfolgsgeschichte und gute Perspektiven, aber nicht im Netzverbund!



Die energiewirtschaftliche Bedeutung der Photovoltaik wird wohl sehr beschränkt bleiben.

Energiewirtschaftlich besser: solarthermische Kraftwerke im Süden

5 X 30 MW mit
25% Gas-
Zufeuerung in
Kalifornien, wo
seit 15 Jahren
weitere 200 MW
laufen



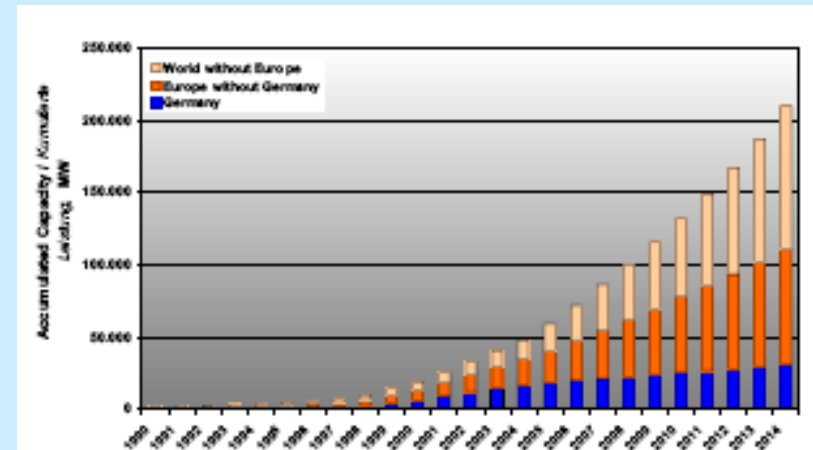
Energiewirtschaftlich besser: solarthermische Kraftwerke im Süden

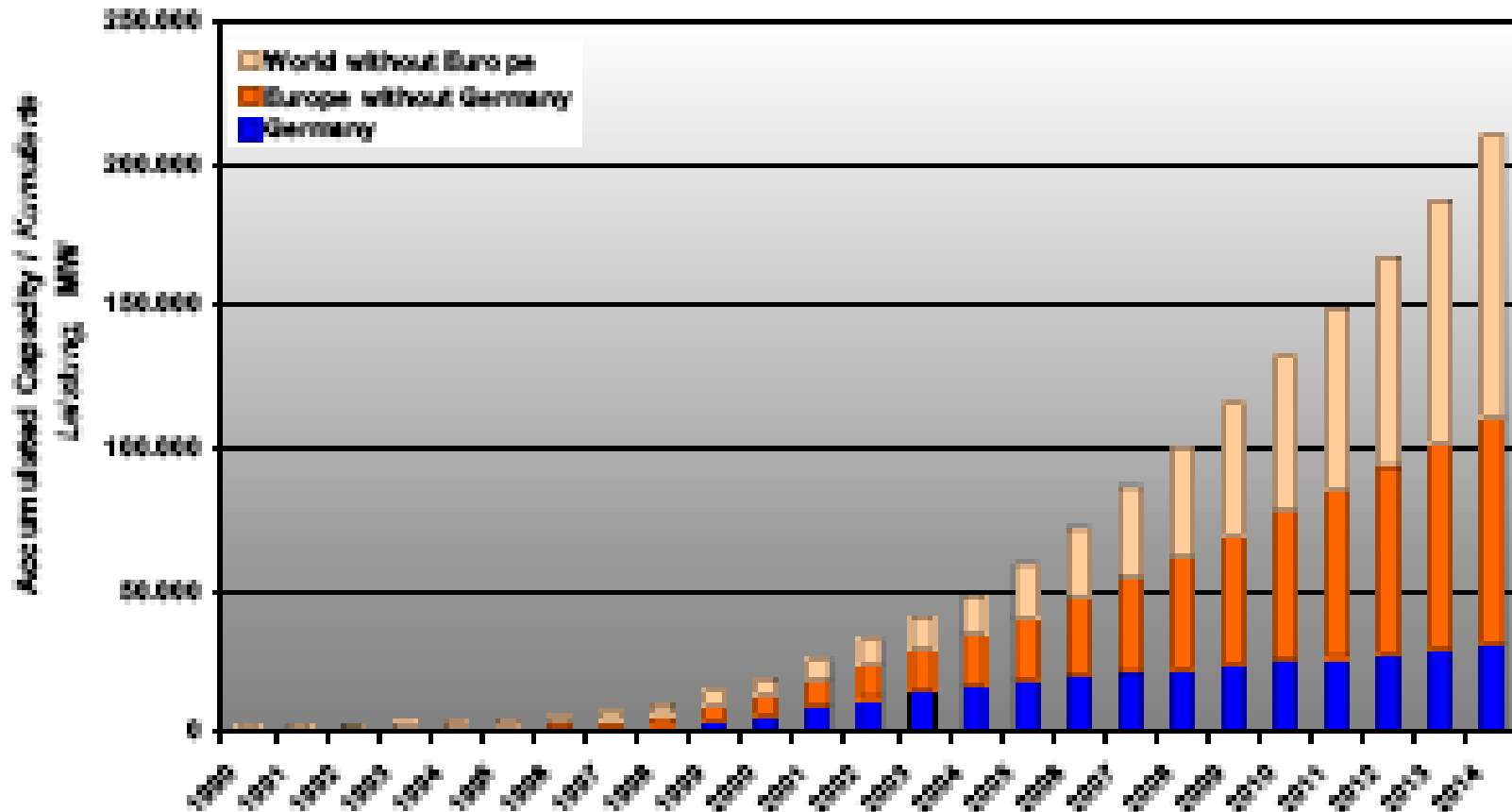
Neue Lernkurve
startet jetzt in
Spanien, z.B. mit
PS10 und
Andasol



Forschung auf
der Plataforma
Solar in Almería

Wasserkraft ist wohl in Europa kaum ausbaubar, Wind ist eine (teure) Erfolgsgeschichte





Windkraft global auf dem Weg zu 200 GW.
 In Deutschland bereits Grenzen sichtbar –
 off-shore noch unsicher.

Biomasse I

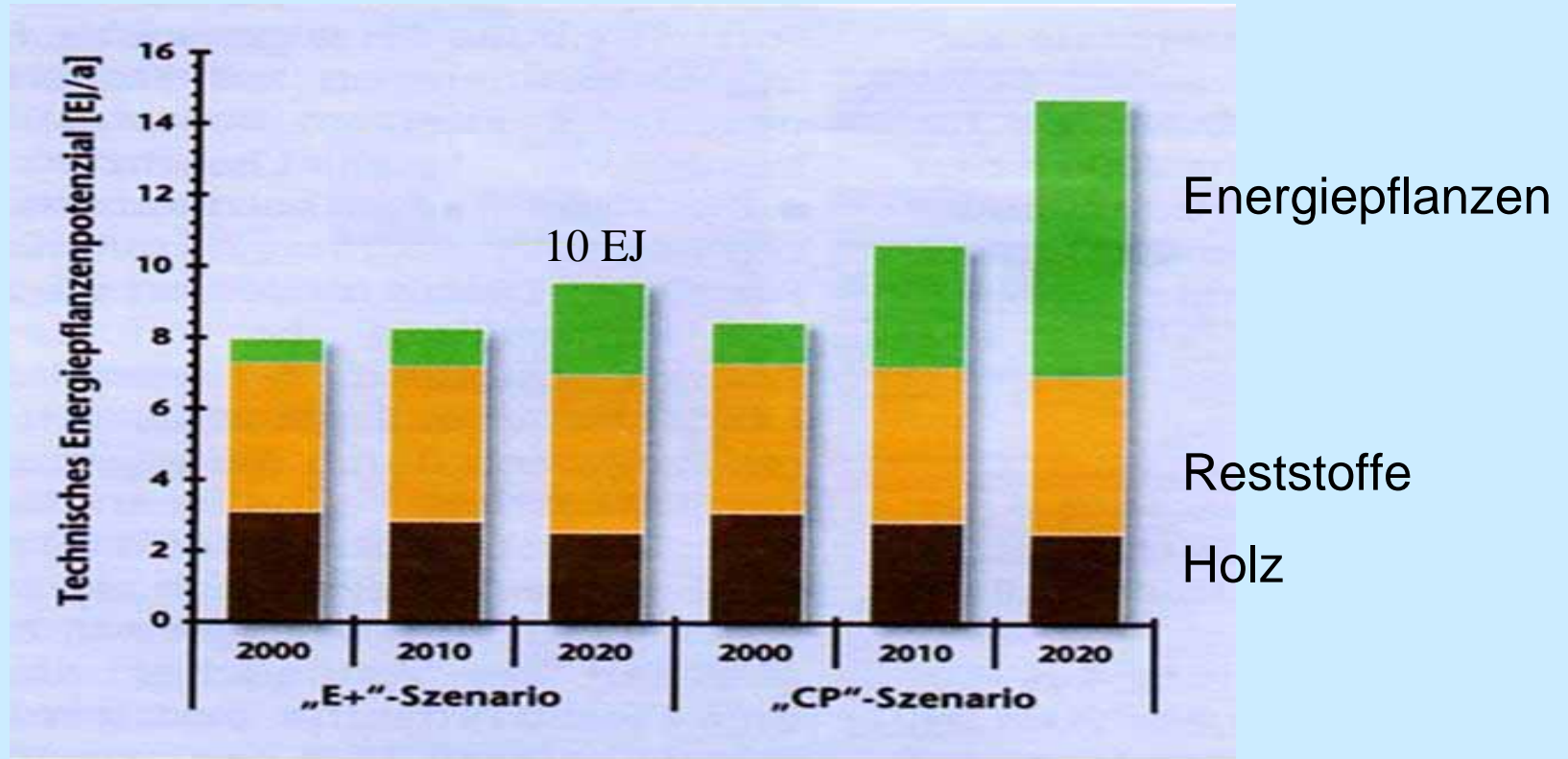
- Energiepflanzen konkurrieren mit künftiger Nahrungsmittelproduktion um bebaubares Land und Süßwasser für mehr Menschen.
- Nutzungskonkurrenz besteht auch hinsichtlich rohstofflicher („weiße Biotechnik“, Papier, Holz im Baubereich) und Energie (Heizen und Strom aus Holz oder Biogas, Kraftstoffe aus Biogas, Pflanzenöl, Zuckerrüben oder gar Holz).
- Was auch immer an Biomasse produziert wird, es wird im Wärme- und Elektrizitätssektor als Brennstoff gebraucht.

Biomasse II

- Die Weltgetreideernte liegt bei etwa 2 Mrd. t; incl. Halme und Blätter etwa bei 4 Mrd. t.
- Der Brennwert aller agrarisch erzeugten Lebensmittel-Gesamtpflanzen entspricht etwa 2 Mrd. t SKE, d.h. etwa einem 6-tel des Welt-Energieverbrauchs
- Die Äcker der Welt können das Energieproblem also nicht lösen, nur geringfügig vermindern.
- Hoffnung auf Pflanzen, die in Wüsten und auf Salzböden wachsen – z.B. Yatropha?

Biomasse III

Begrenztes Aufkommen in EU28



Quelle: Weber/Thran
Institut für Energetik und Umwelt
Leipzig, 2006

Biomasse IV: Bio-Kraftstoffe

Um 10% des Kraftstoffbedarfs mit Biofuel zu substituieren (Basis 2004) braucht die Welt 9% der für Getreide, Ölfrüchte und Zucker vorgesehenen Fläche, Brasilien mit Zuckerrohr 3%, EU15 72%, USA 30%.

Hektar pro 1000l Benzinäquivalent

Bio-Ethanol:	EU15	USA	Brasilien
Weizen	0,8	1,5	
Mais	0,46	0,45	
Zuckerrohr		0,24	
Rüben	0,25		
Bio-Diesel	1,25	2,2	2,25

Quelle: OECD

Bio-Kraftstoffe der 2. Generation, insbesondere solche aus Abfällen und Reststoffen haben wesentlich bessere CO₂-Bilanz!

Biomasse III



- Was auch immer an Biomasse produziert wird, es wird im Wärme- und Elektrizitätssektor als Brennstoff gebraucht.

Das Speicherproblem der Elektrizität

Erneuerbare stören Netz-Stabilität

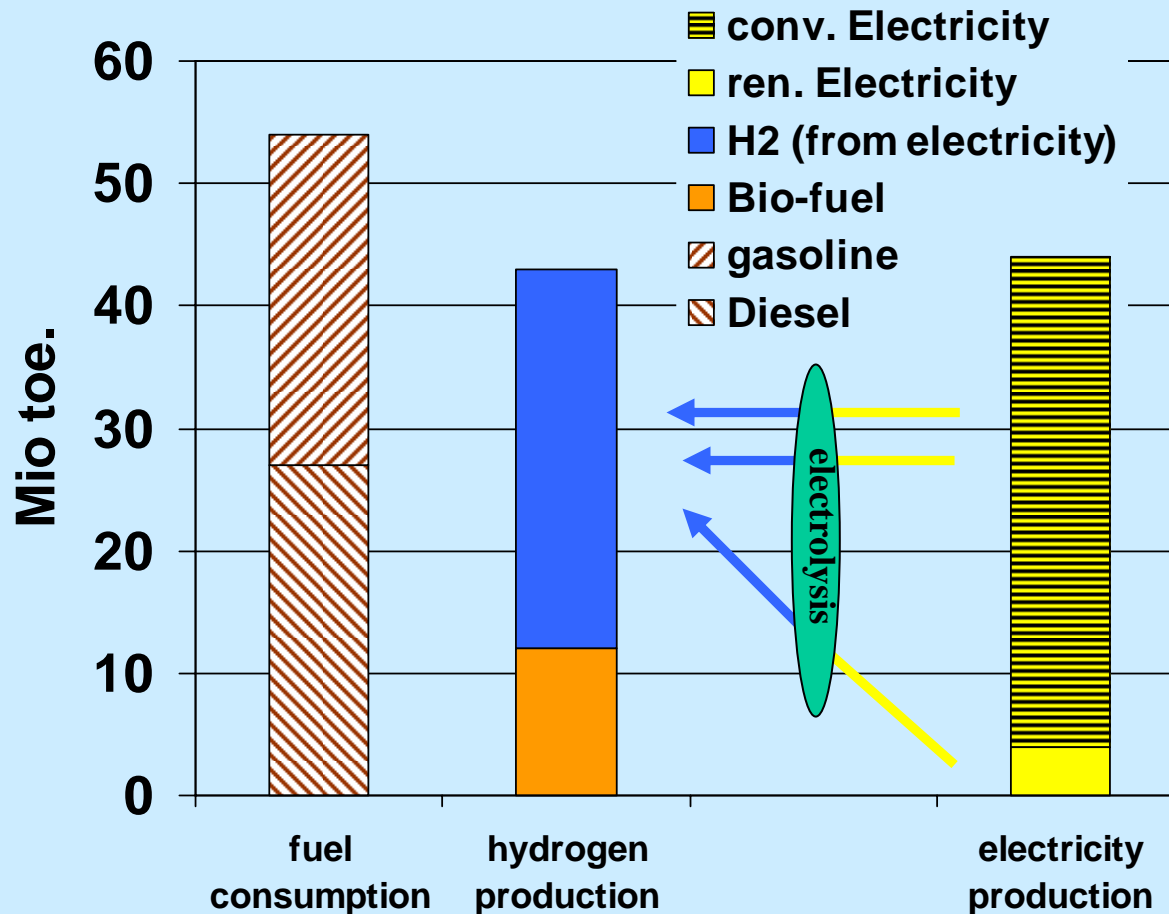
- Wärmekraftwerke können in gewissem Umfang geregelt werden
- „Demand side management“ wird bei höheren Energiepreisen helfen
- Pump- oder Druckluftspeicher können helfen
- Möglich sind auch Wasserstoff-Systeme (Elektrolyse, lokale H₂&O₂ Speicher, Gasturbinen oder Brennstoffzellen zur Rückverstromung)

Pump storage plant, Vianden

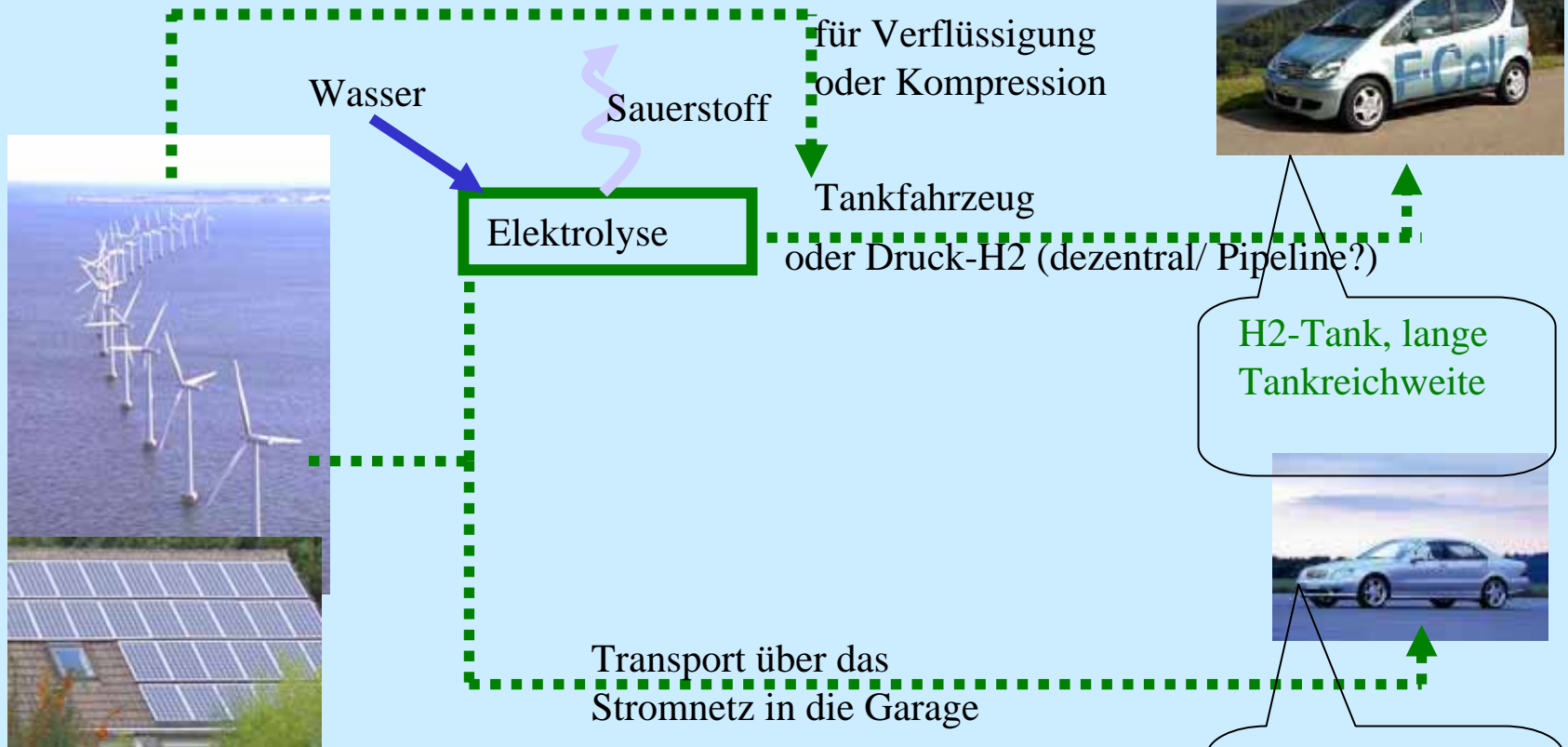
- Elektrischer öffentlicher Transport wird zunehmen (Bahnen, O-Busse, ...)
- Flugzeuge werden Wasserstoff brauchen (oder abgeleitete flüssige H₂-reiche Kraftstoffe)
- „Nachhaltiger“ Wasserstoff wird höchstwahrscheinlich aus Strom (Elektrolyse) hergestellt und wird deshalb teurer sein als dieser Strom
- Lastwagen und PKW werden ebenfalls Wasserstoff tanken, wenn die Kosten des Fahrzeugs und des Wasserstoffs angemessen sind.

German fuel consumption 2004

biofuel potential and H2 from electrolysis



Nachhaltige Mobilität: Elektrofahrzeuge – Wasserstoff gegen Batterien

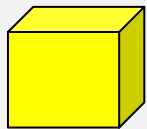


Kostenvergleich noch nicht möglich

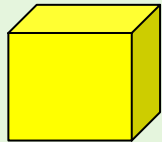
- Privatleute dürften aber auch Batteriefahrzeuge kaufen, wenn Wasserstoff und Brennstoffzellen nicht billig genug sind.
- In beiden Fällen: der PKW der Zukunft dürfte elektrisch angetrieben sein; die Frage ist „nur“ wie der Strom an Bord bereitgestellt wird (aus Batterien, H₂-Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle, Hybride?)
- Wasserstoff ist zwar besser speicherbar, z.B.
 - 660 – 1200 Wh H₂ in 1 kg Metallhydrid gegen
 - 100 – 150 Wh Elektrizität in 1 kg Li-Jonen-Akku,aber es zählt die Attraktivität des Gesamtsystems. Und dabei sind Kosten sehr wichtig!

Tankvolumen und -gewicht

Diesel



23 kg

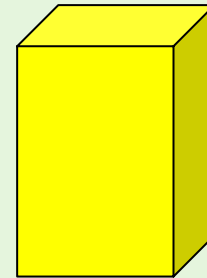


30 kg

H₂ (liquid)



4,6 kg

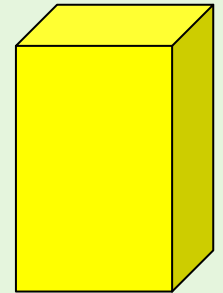


90 kg

H₂ (compressed)



4,6 kg



95 kg

jeweils 400 km Reichweite



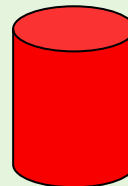
26 l



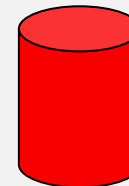
32 l



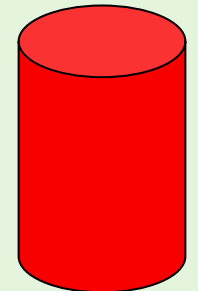
68 l



120 l



120 l



200 l

fuel pure

system

fuel pure

system

fuel pure

system

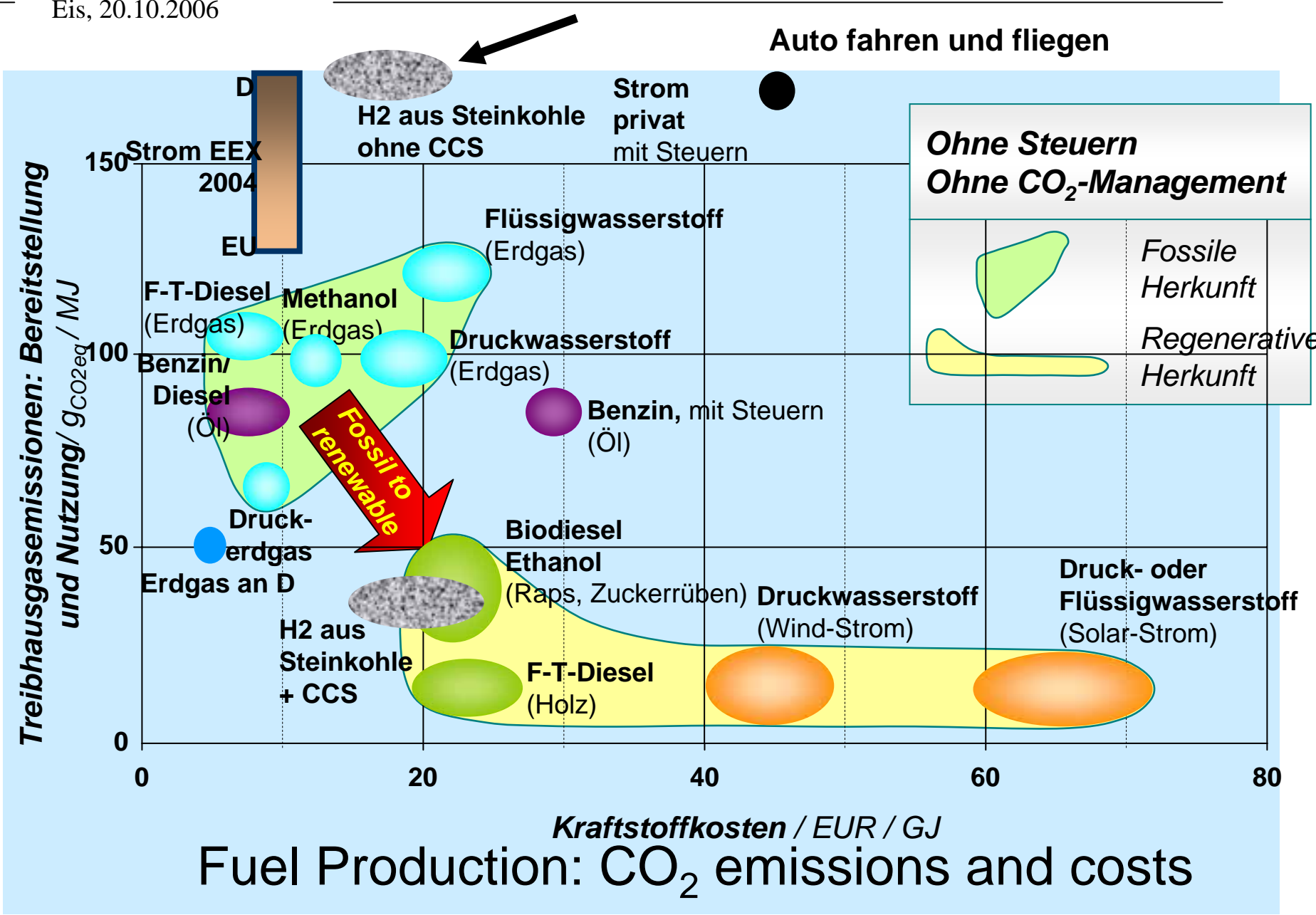
Wasserstoff

Es ist nicht sinnvoll, Wasserstoff aus Biomass oder Kohlenwasserstoffen herstellen; also bleibt nur das Wasser als Rohstoffquelle.

Wasser kann auf drei Weisen gespalten werden:

- durch Strom via Elektrolyse
- durch Reduktion mit Kohle („Kohlevergasung“)
- durch thermochemische Wasserspaltung bei sehr hohen Temperaturen

Als klimaschonend kann er nur gelten, wenn er ohne CO₂-Freisetzung erzeugt wird, also aus erneuerbaren oder nuklearen Energiequellen oder aus Kohle mit Sequestration des CO₂.



Fazit I

- Die Herausforderung an den Energiesektor ist gigantisch.
- Die Energieeinsparung als wichtigste Teilstrategie kommt nicht voran; die bescheidenen Effizienzgewinne werden von Wachstumseffekten überkompensiert. Gebäude!
- Nachhaltige erneuerbare Energiequellen sind zwar technisch sichtbar, aber nur teilweise und nur mit bescheidenen Beiträgen zu vertretbaren, d.h. gesellschaftlich akzeptierbaren Kosten nutzbar, insbesondere Biomasse, Wind und Solarkraftwerke!

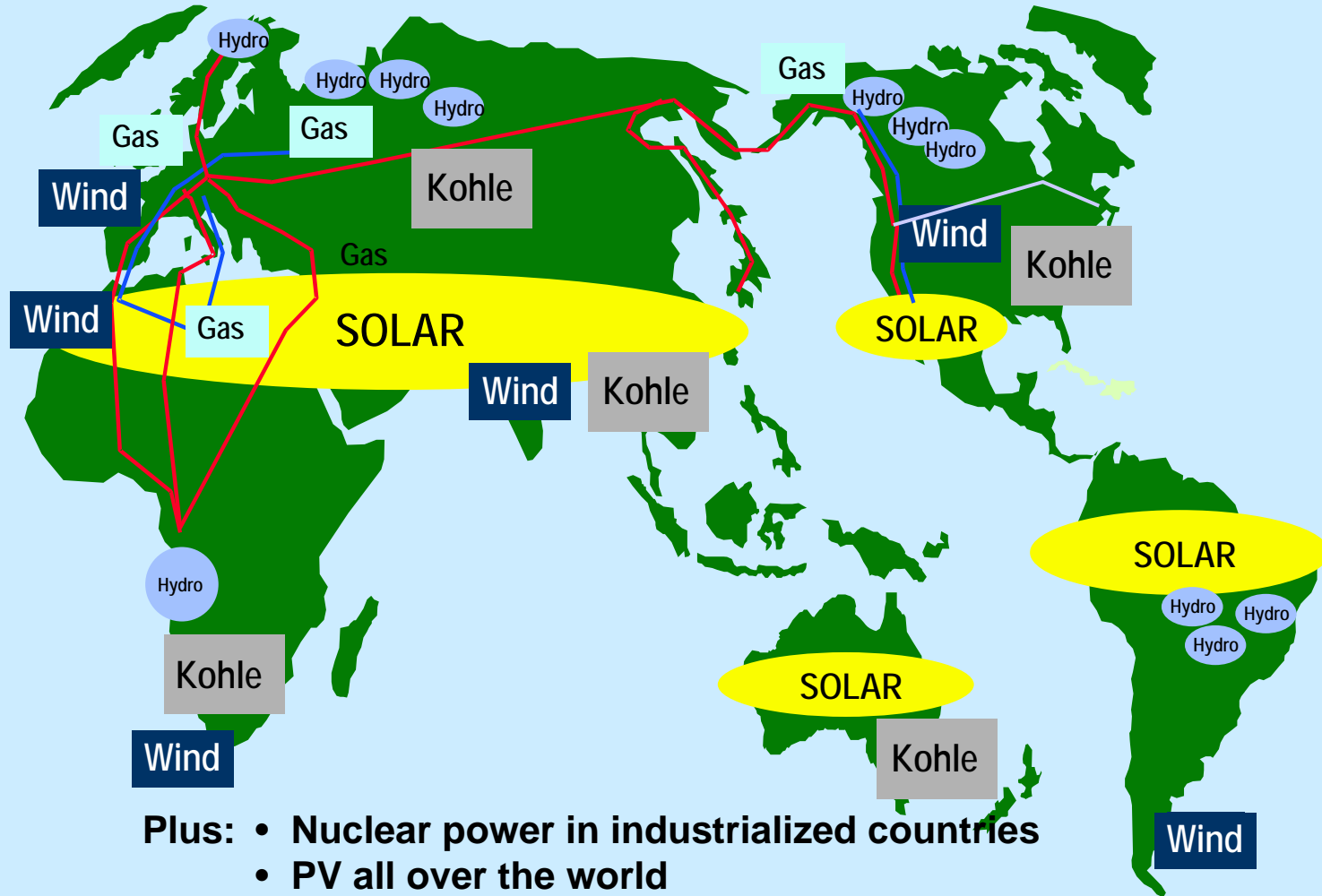
Fazit II

- Biomasse unterliegt einer noch nicht beurteilbaren Nutzungskonkurrenz: Nahrungsmittel, rohstofflich, Heizen, Strom und Kraftstoff.
- Nukleare Energiequellen werden nur beschränkt akzeptiert; die Fusion steht über die nächsten 50 Jahre nicht zur Verfügung.
- Die Kyoto-Ziele sind nicht mehr erreichbar; darüber hinaus wird es noch schwieriger.

Fazit III

- Die Menschheit wird also unweigerlich mit einem Gutteil der Probleme des Klimawandels leben müssen, wenn sie sich nicht grundlegend ändert, also entgegen ihrer Natur auf kurzfristige Vorteile zugunsten späterer Generationen und Krisenvermeidung in der Zukunft verzichtet.
- Der einzige Weg zur Aufhellung dieses düsteren Ausblicks ist der Weg von Forschung, Entwicklung und Innovation, also Energieforschung im weitesten Sinne. Und die braucht mehr Geld!

Global Link - eine Vision



- Plus:
- Nuclear power in industrialized countries
 - PV all over the world
 - Biomass and Geothermal where possible

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit**