
Beyond Oil and Gas: Vorschläge für eine künftige Energiewirtschaft

Jürgen O. Metzger ^a, Aloys Hüttermann ^b

^a *abiosus* e.V, Oldenburg

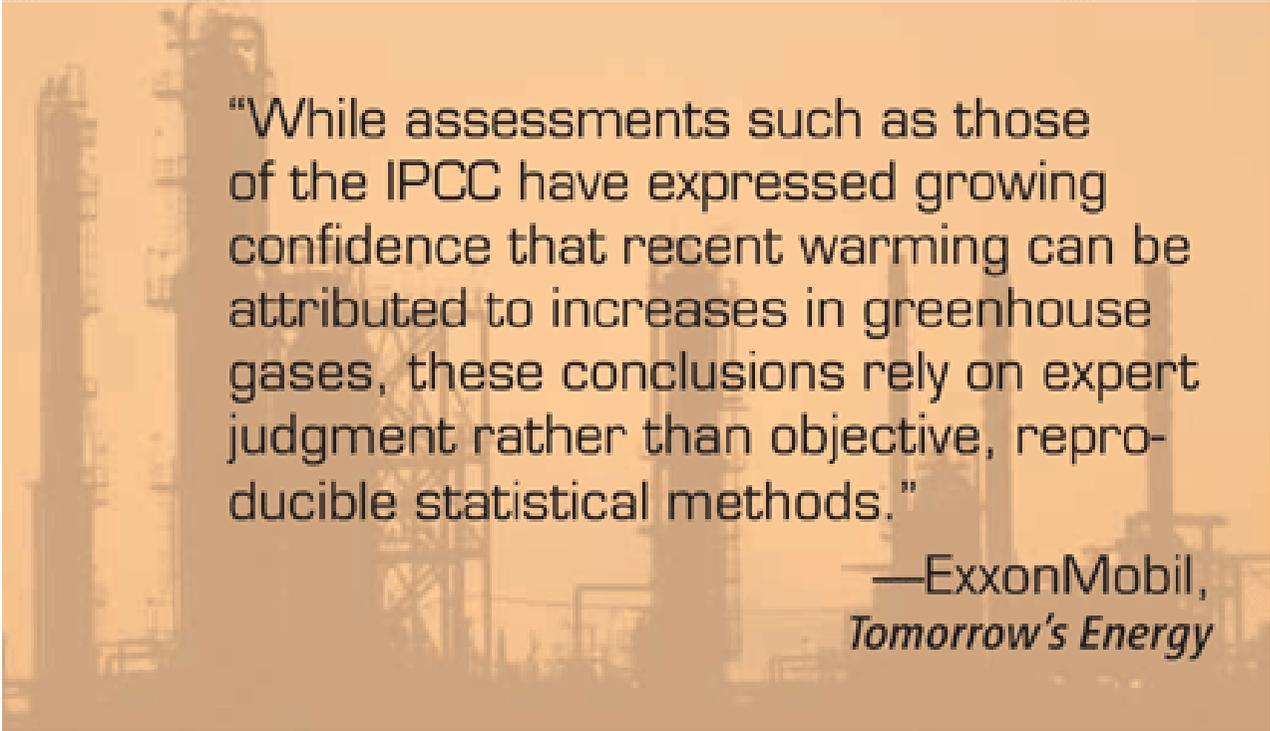
^b Institut für Forstbotanik, Universität Göttingen

Fakten

1. Die fossilen Ressourcen gehen tatsächlich zu Ende. Wir brauchen Alternativen zur Produktion der notwendigen Energie, der Treibstoffe und Chemikalien.
2. Der vom Menschen verursachte Klimawandel ist real. Die Treibhausgasemissionen müssen begrenzt und reduziert werden.
3. Es ist völlig unklar, in welcher Form wir künftig Energie, wenn wir sie denn produzieren können, lagern, transportieren und nutzen werden.
4. Letztendlich wird die effiziente und ökonomische Produktion von Treibstoffen und organischen Chemikalien aus CO₂ und Wasser notwendig.

Royal Society Takes a Shot at ExxonMobil!

SCIENCE 2006, 313, 1871



“While assessments such as those of the IPCC have expressed growing confidence that recent warming can be attributed to increases in greenhouse gases, these conclusions rely on expert judgment rather than objective, reproducible statistical methods.”

—ExxonMobil,
Tomorrow's Energy

Gesicherte fossile Energiereserven Ende 2005

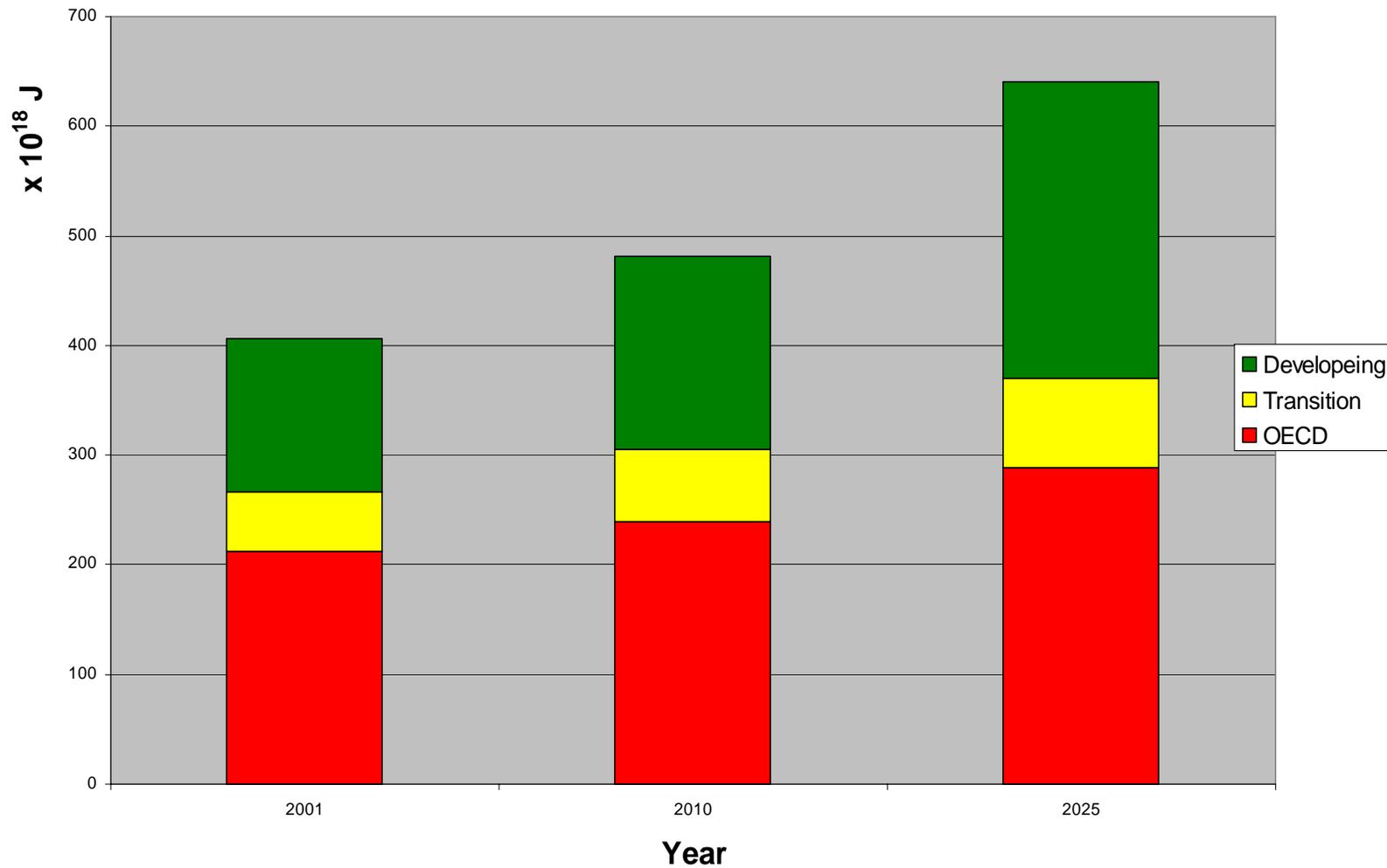
	Reichweite [Jahre]	Anteil %
Erdöl	40.6	35
Erdgas	65.1	21
Kohle	155	21

Gesamtreichweite 82 Jahre

Weltenergieverbrauch stieg 2005 um 2.7%!

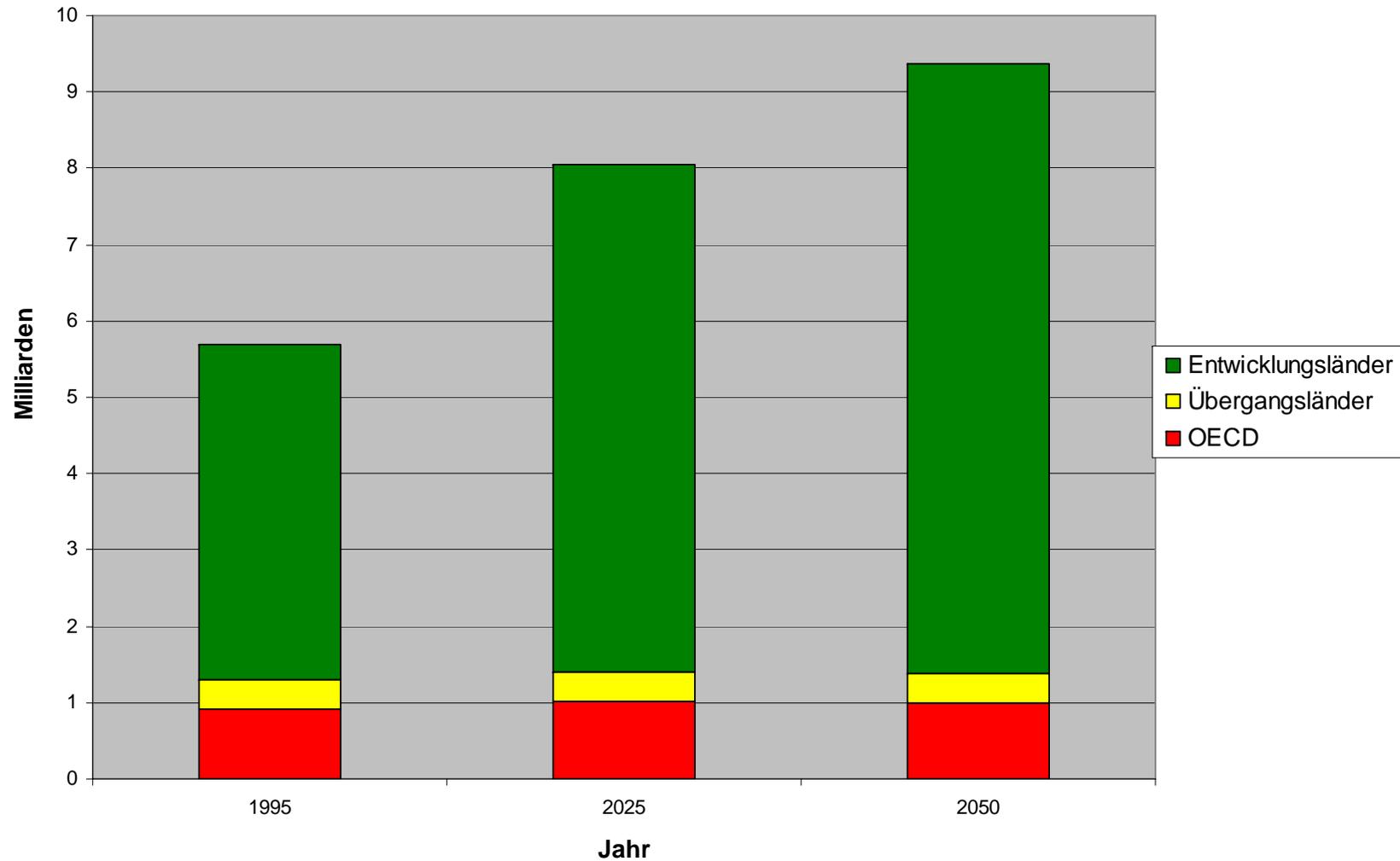
BP Statistical Review of World Energy, June 2006

Globaler Energieverbrauch



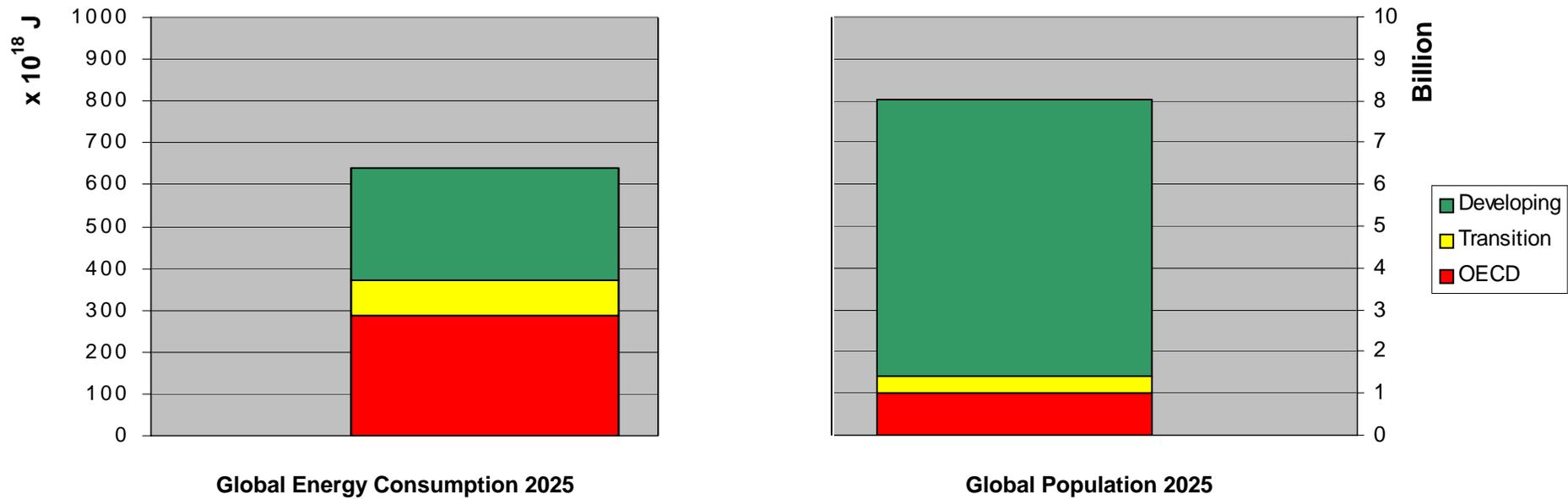
Energy Information Administration/ International Energy Outlook **2003**

Entwicklung der Weltbevölkerung bis 2050



Our Common Journey, a transition toward Sustainability, NRC, 1999

Energieverbrauch und Weltbevölkerung 2025



Decrease of oil production at the latest by 2015 –2020

Olah: Beyond Oil and Gas

1. Die notwendige Energie wird, wenn alle fossilen Energiereserven verbraucht sind, überwiegend von Kernreaktoren – einschließlich Brut- und schließlich Fusionsreaktoren – geliefert. Erneuerbare Energien wie Sonne, Wind, Geothermie und Biomasse stellen einen steigenden, aber geringen Anteil.
2. Das chemische Recycling von CO₂ ist notwendig als Alternative zur CO₂-Sequestrierung zur Lösung des CO₂-Problems und schließlich, um die Menschheit von ihrer Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu befreien.
3. Methanol ist ein weitaus geeigneterer Energiespeicher als Wasserstoff.

Quantifizierung

2004: 4×10^9 t globaler Erdölverbrauch

entspricht ca. 12×10^9 t CO_2

Erzeugung des zur Reduktion benötigten Wasserstoffs:

Elektrolyse von 15×10^9 t Wasser

Benötigte Energie von 5000 1GW-Reaktoren.

Methanolanlage mit einer Kapazität von 1×10^6 Tonnen pro Jahr

CO_2 -Anlage: 1.4×10^6 t/a

Wasserelektrolyse: 1.7×10^6 t/a

1-GW-Kern-,Fusions- oder sonstiger Reaktor.

A Road Map to U.S. Decarbonization

Alternative energy sources could replace 70% of fossil fuels in America within 30 years at a cost of \$200 billion per year... To pay \$170-200 billions with 4000 million metric tons, the tax required would be \$45-50/ton CO₂.

... We propose to switch our economy slowly (over 30 to 50 or more years) to nonfossil energy sources by using proven technologies and available, expandable distribution systems.

- 1. Concentrated solar thermal (CST) energy with storage...**An area of the desert Southwest of 15,000 square miles is sufficient to supply 50% of our total present energy requirements
- 2. Nuclear energy.** New and safer designs, 1000 gigawatts (GW).
- 3. Geothermal and hydroelectric plants.** Total output is limited.
- 4. Wind.** Limited.
- 5. Solar cells.** Can be widely distributed.
- 6. Biomass:** of the fossil fuels 28% cannot be replaced by electricity

R. Shinnar, F. Citro, Science **2006**, 313, 1243

WBGU: Weltenergiebedarf

Der WBGU schlägt vor, den Weltprimärenergiebedarf der Menschheit - im Jahr 2000 420 Exajoule (420×10^{18} Joule) – durch verschiedene alternative Energien zu erzeugen.

Windkraft ca. 140 Exajoule pro Jahr

Geothermie ca. 30 Exajoule pro Jahr

Bioenergie ca. 100 Exajoule pro Jahr.

Wasserkraft ca. 15 Exajoule pro Jahr

Summe: 295 Exajoule pro Jahr

Rest:?

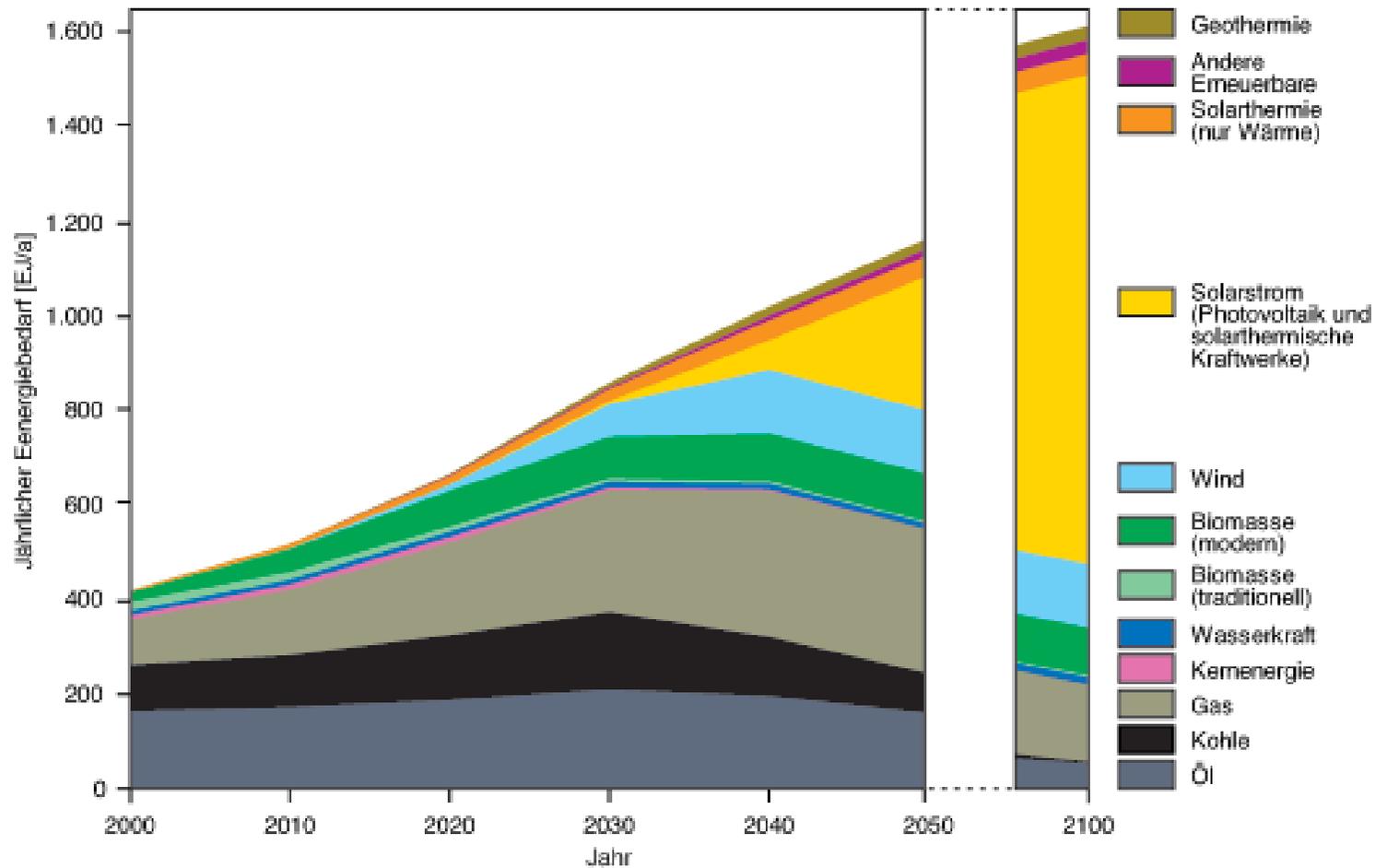
Nach heutigem Kenntnisstand wird lediglich für die Nutzung der Sonnenenergie zur Erzeugung von z. B. Strom, Wärme oder Wasserstoff in Relation zu allen Projektionen menschlichen Energieeinsatzes keine Begrenzung gesehen. Das nachhaltige Potenzial der Sonnenenergie ist somit gemessen am menschlichen Energiebedarf unbegrenzt.

- *Nachhaltige Flächennutzung*: 10–20% der weltweiten Landfläche sollten dem Naturschutz vorbehalten bleiben. **Eine Umwandlung natürlicher Ökosysteme zum Anbau von Bioenergieträgern ist grundsätzlich abzulehnen.** Bei Nutzungskonflikten muss die Sicherung der Nahrungsmittelversorgung Vorrang haben. **Daher sollten nicht mehr als 3% der weltweiten Landfläche für den Anbau von Bioenergiepflanzen und für Plantagen zur Kohlenstoffspeicherung genutzt werden.** Aus diesen Gründen kann die moderne Bioenergie nur eingeschränkt ausgebaut werden.

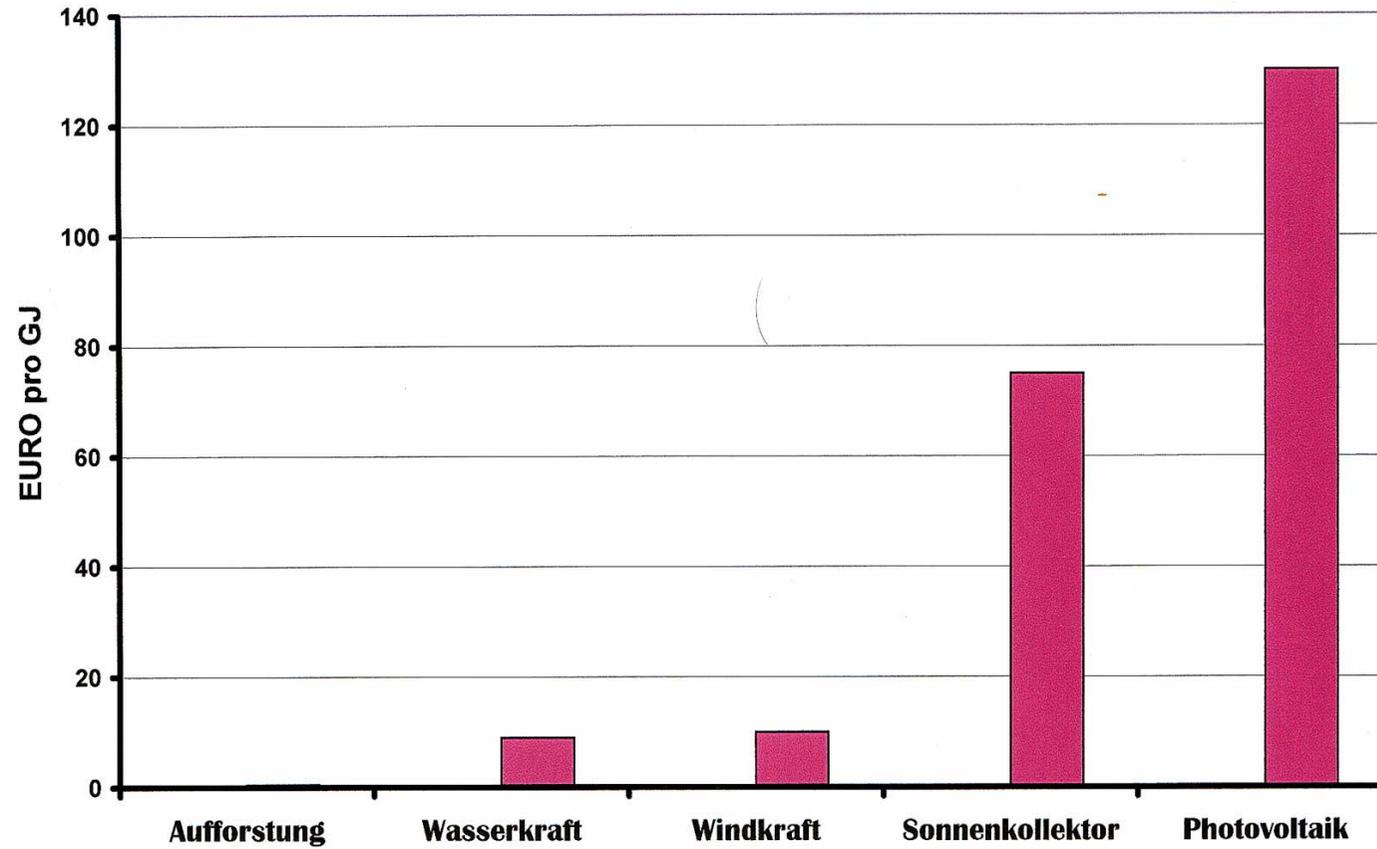
WBGU-Vorschläge 2003

- **Den engagierten Ausbau von Solarstrom und solar erzeugtem Wasserstoff mit einer globalen Kapazitätserhöhung um etwa ein Viertel pro Jahr kontinuierlich und langfristig fortführen.**
- Alle nachhaltig nutzbaren Potenziale von Windenergie, Bioenergie, Wasserkraft, Geothermie und Solarwärme mittelfristig erschließen.
- Den Umbau zu einer hoch vernetzten Strom- und Wasserstoff - wirtschaft rechtzeitig einleiten.
- Effizienz auf allen Ebenen des globalen Energiesystems verbessern.
- In der EU verbindliche Ausbauziele für erneuerbare Energien und Energieeffizienz vereinbaren.

WBGU: Die Veränderung des globalen Energiemix

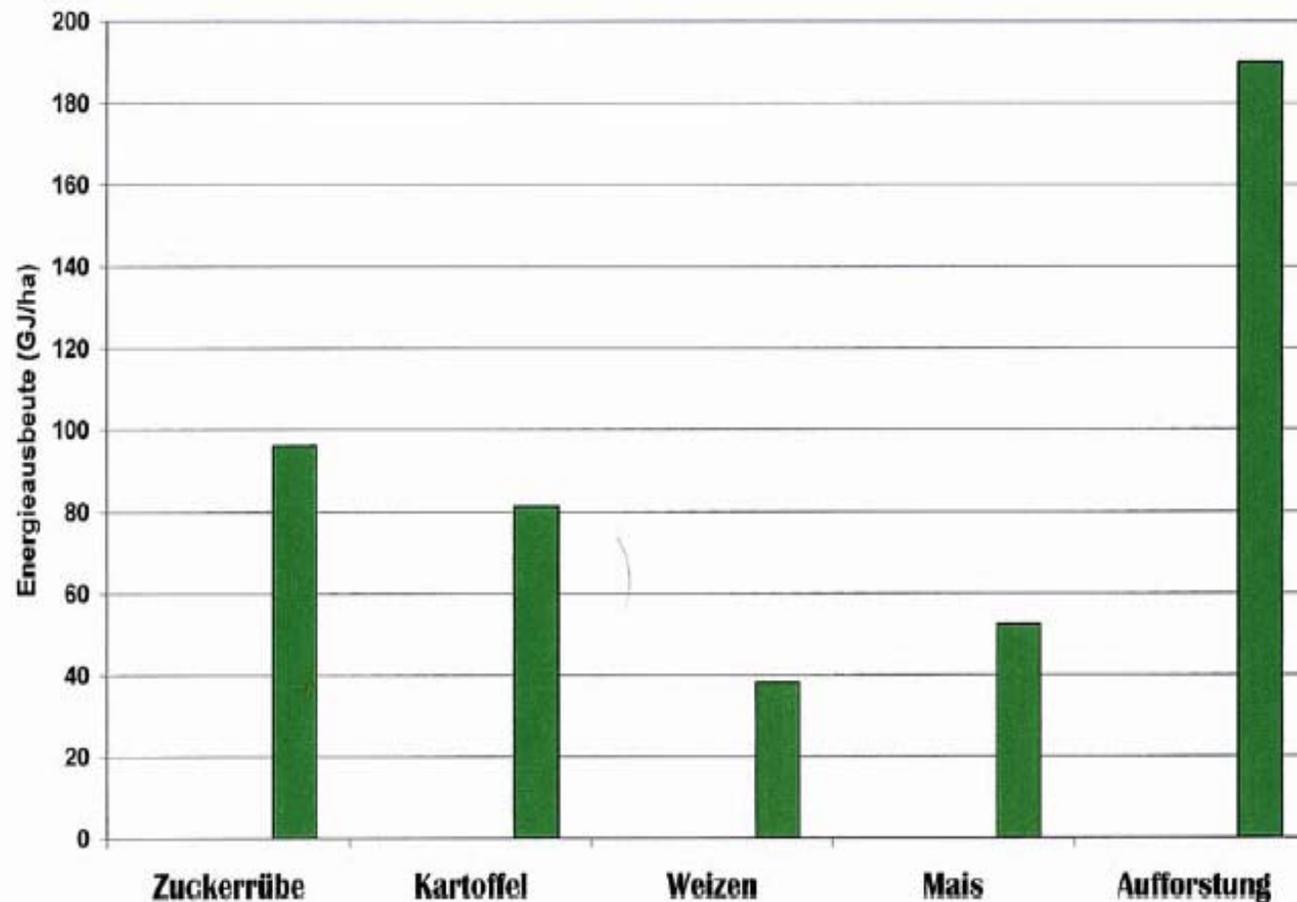


Gesamtkosten für die Erzeugung erneuerbarer Energie

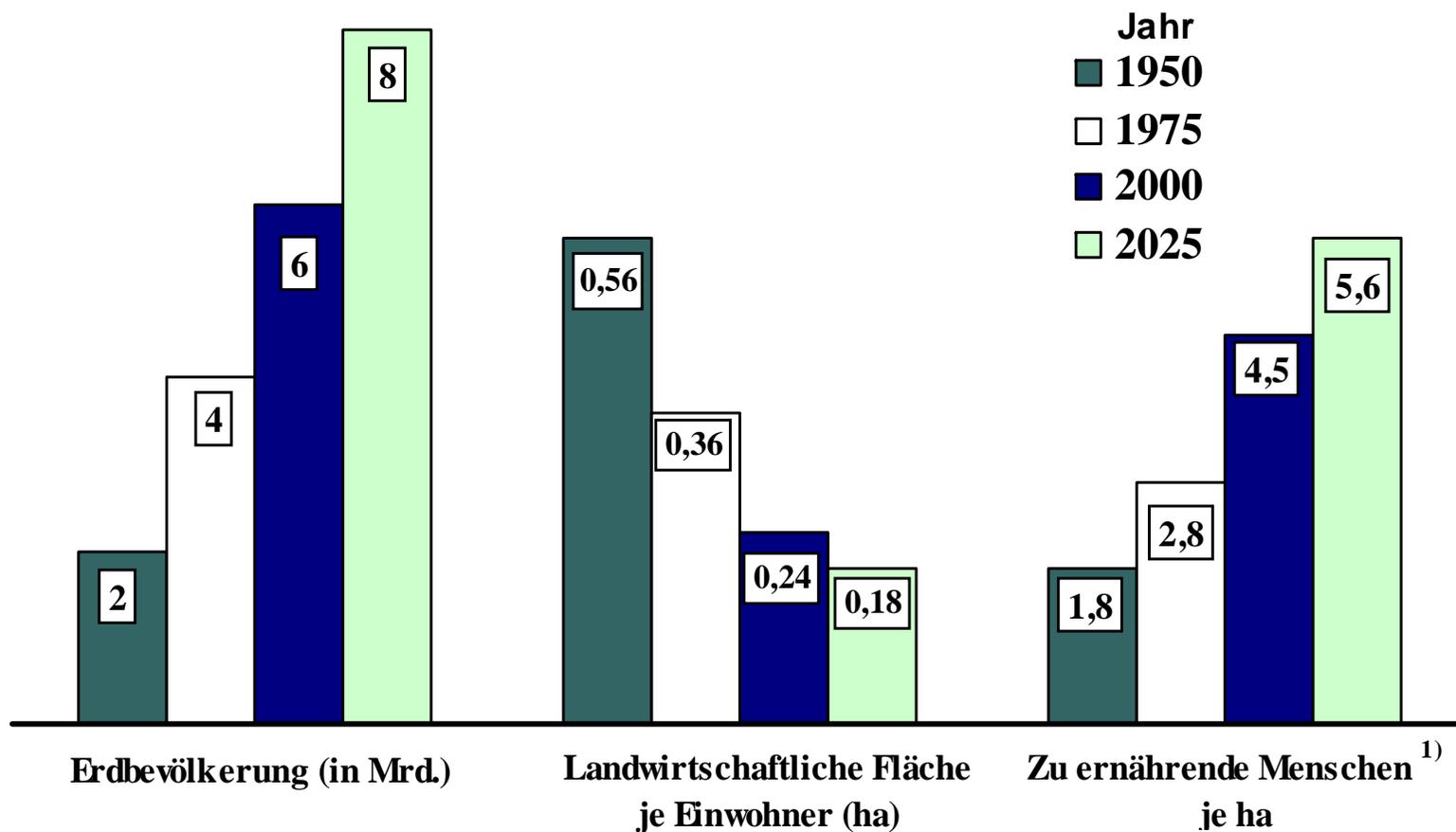


Energieausbeute verschiedener Pflanzen

Aufforstung erreicht höchste flächenbezogene Energieausbeute pro Jahr.



Entwicklung der Erdbevölkerung, zur Verfügung stehende Fläche und zu ernährende Einwohner je ha (nach FAO-Jahrbüchern)



¹⁾ Anzahl steigt, wenn Flächenbedarf für Erzeugung nachwachsender Rohstoffe zunimmt

Agenda 21 und Walderklärung

Bewirtschaftung empfindlicher Ökosysteme: Bekämpfung der Wüstenbildung und der Dürren.

Kap. 12.17c Schaffung einer dichteren Vegetationsdecke und Unterstützung der Bewirtschaftung der biotischen Ressourcen in von Wüstenbildung und Dürren betroffenen oder bedrohten Regionen, insbesondere durch Maßnahmen wie etwa Aufforstung/-Wiederaufforstungen, Agroforstwirtschaft, Kommunalwaldwirtschaft und Vegetationsschutzmaßnahmen.

Es sollen Anstrengungen zur Begrünung der Welt unternommen werden. (Walderklärung von Rio, Grundsatz 8a, 1992)

Notwendige Fläche zur Produktion des globalen Energiebedarfs

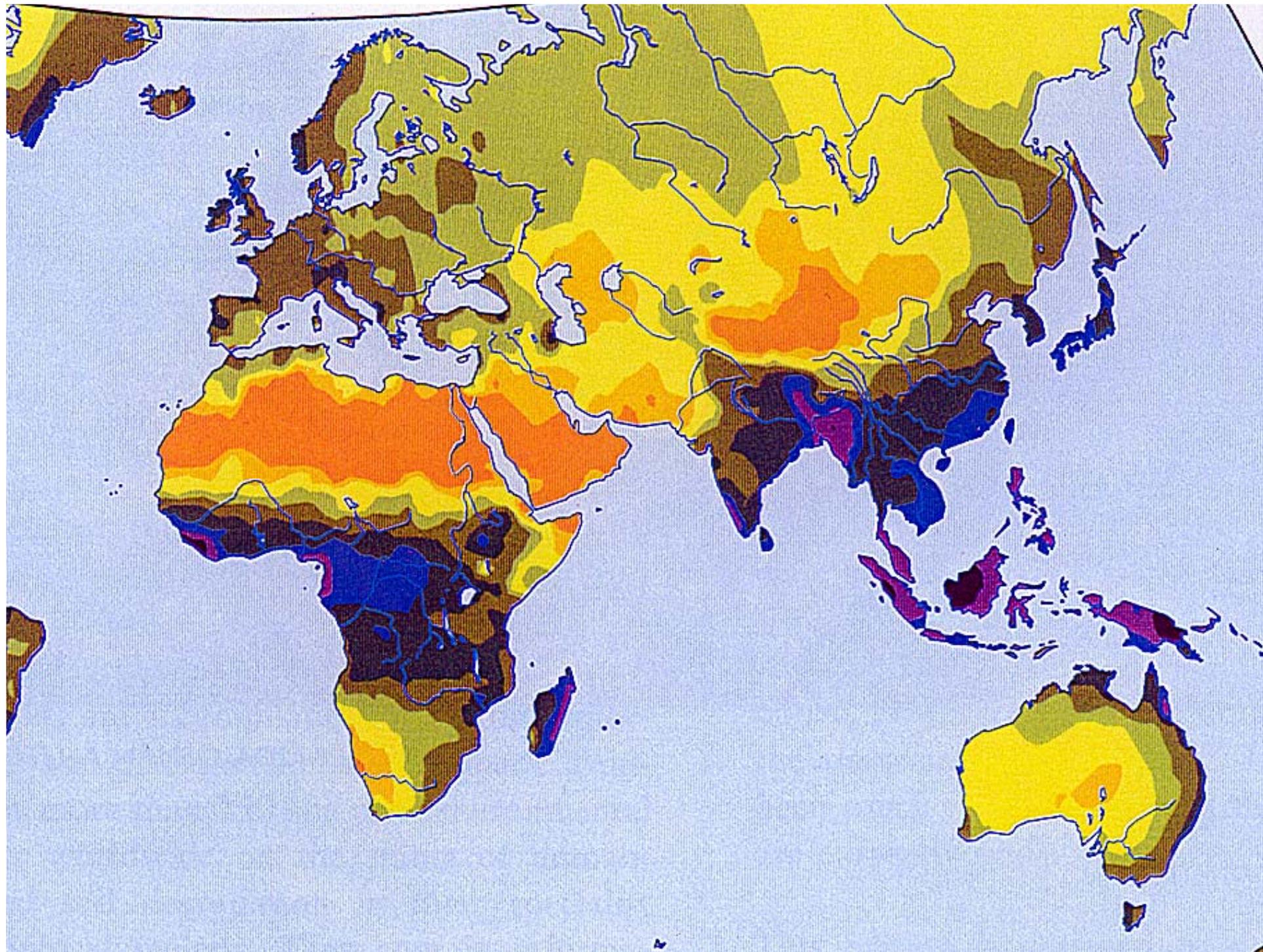
Globaler Energiebedarf 400×10^{18} J

Aufforstung von degradierten Flächen

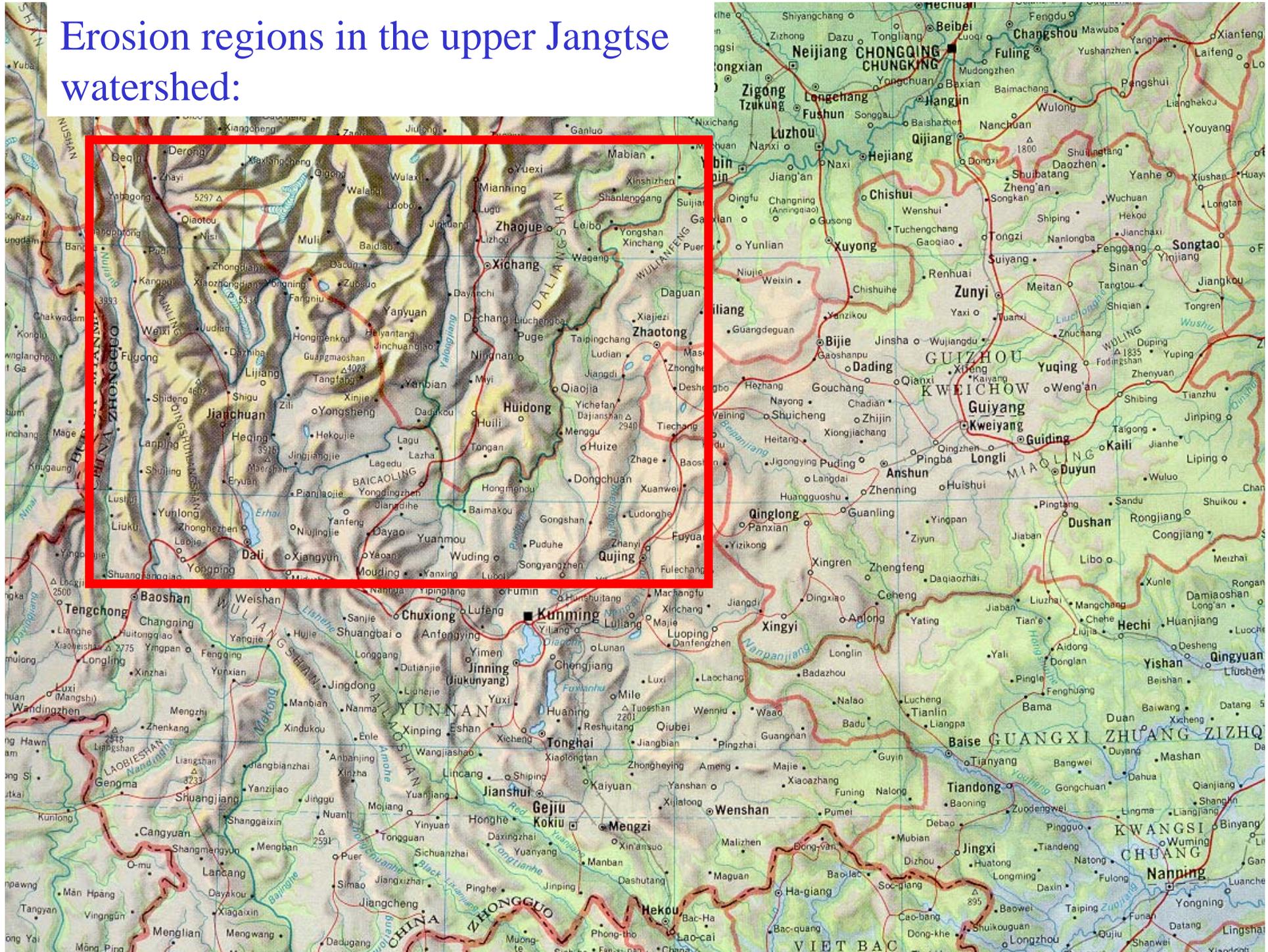
Region (Ecosystem)	Biomasse (t/ha/a)	Notwendige Fläche (Mrd. ha)
Tropischer Trockenwald	30	1.0
Gemäßigte Breiten	20	1.5

Transformation der Biomasse zu Methanol, BtL u. a.

A. Hüttermann, J. O. Metzger, *Nachr. Chem.* **2004**, 52, 1133-1138.

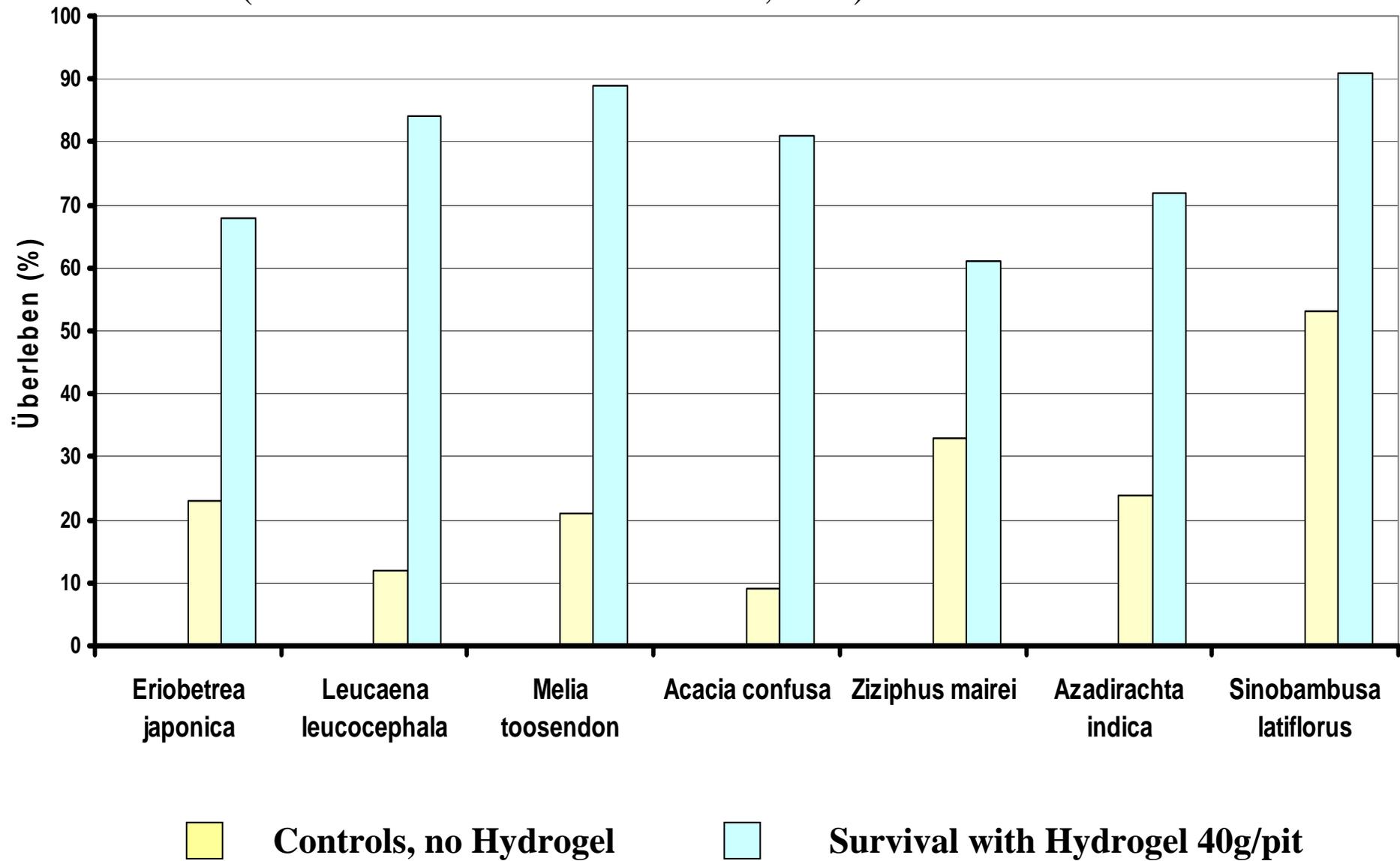


Erosion regions in the upper Jangtse watershed:

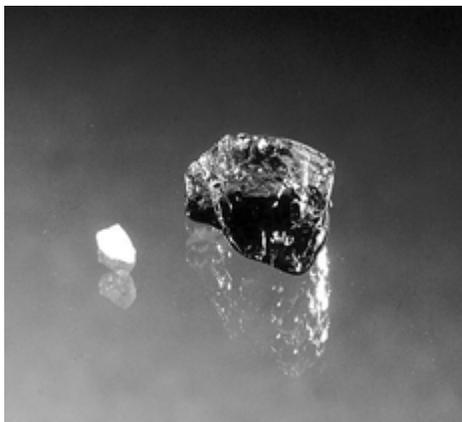
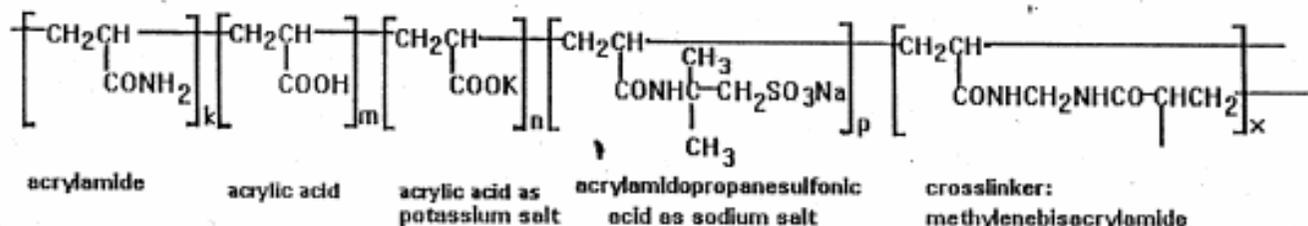


Afforestation in the Hot Dry Valleys of the Upper Jangtse Watershed

(Data from Ma and Nelles-Schwelm, 2004)



Hydrogele, Superabsorber



Superabsorbents are capable of absorbing large quantities of aqueous fluids spontaneously and rapidly. The aqueous fluid is strongly retained and is not released mechanically. While swelling they essentially keep their original shape. They only change in their dimensions and rheological behavior: a brittle solid material becomes a gel.

Aufforstungen in China

At present the planning in China is the following:

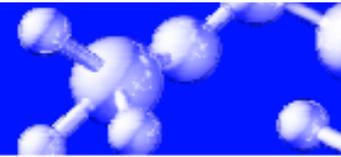
1. Whole country:

The nation-wide plannings for afforestations until 2010 include ca. 1 Million ha. of sites for afforestation with the use of hydrogels.

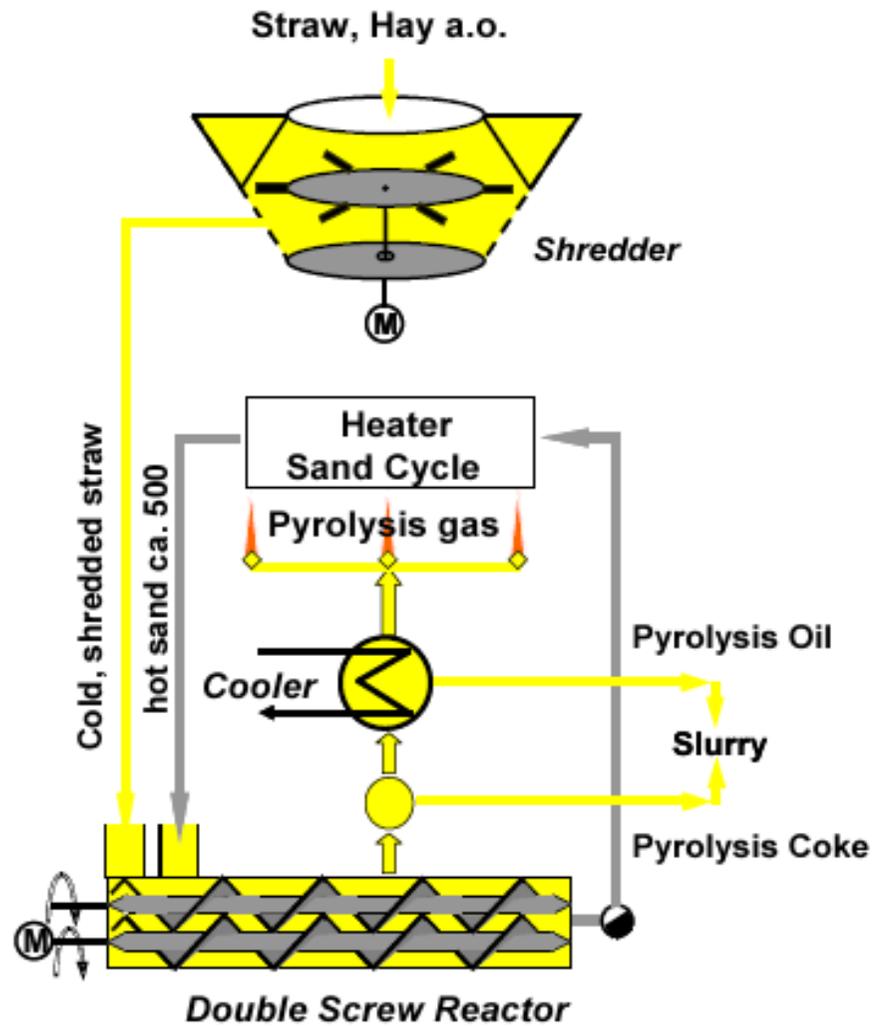
2. Yunnan Province (north of the „Golden Tirangle“):

The provincial parliament decided last month to afforest - in addition to the areas already decided on in the nationwide planning – another 1 Million ha. with energy trees. They expect the energy industry to supplement this effort by the afforestation of about 500,000 ha on their expense. For this venture they established this summer a special „Center for Woody Biomass Energy“.

Pyrolysis Process of Lurgi / FZK

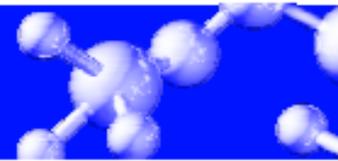


Lurgi

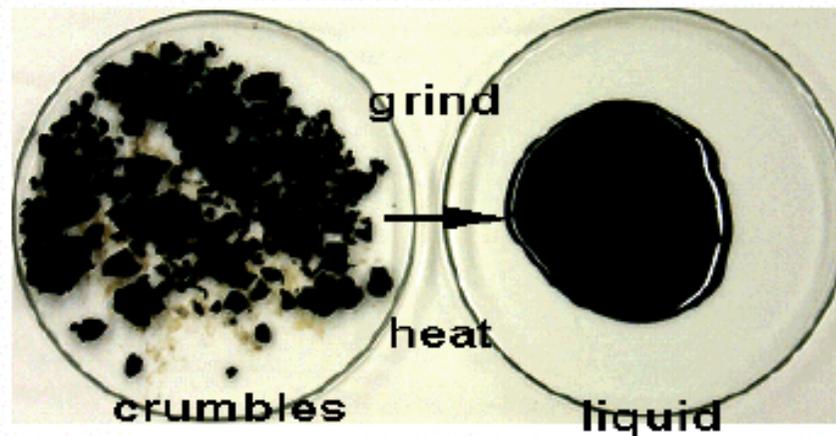


Source: FZK

Slurry mixed with Pyrolysis coke



Lurgi



- Joint grinding of pyrolysis oil and coke give pump able/ storable slurry
- Energy concentration from biomass to slurry by factor 13
- ca. 80% of the energy content of the biomass is contained in the slurry

3. Plant

130 t/h Biomass

approx. 5 decentral
LR-Pyrolysis-Plants

Bio syncurde

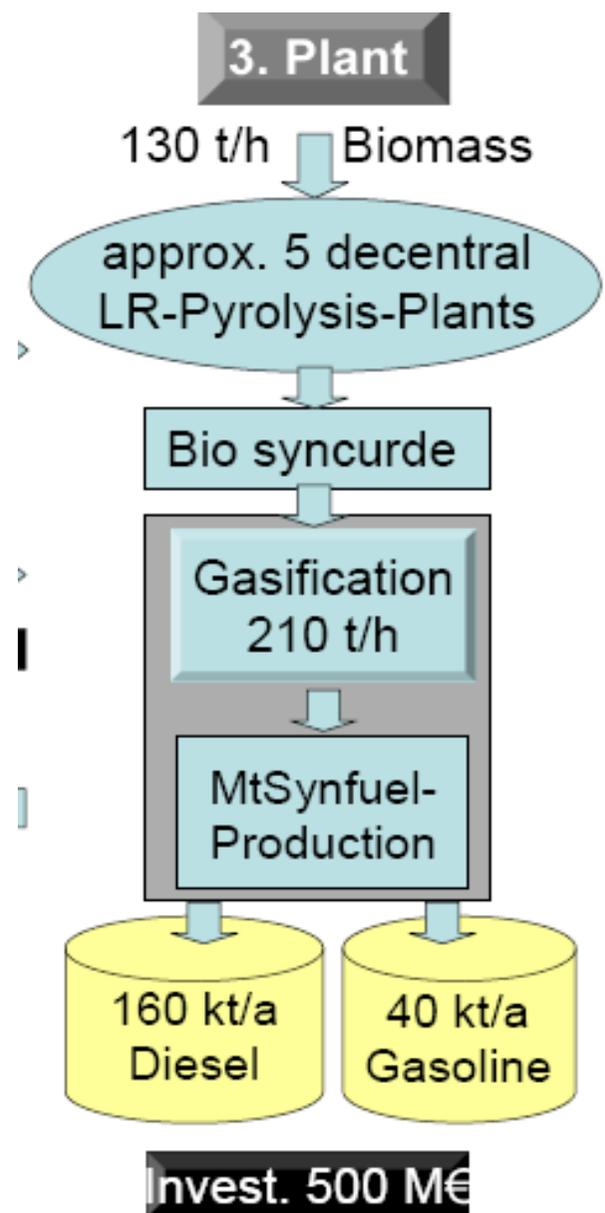
Gasification
210 t/h

MtSynfuel-
Production

160 kt/a
Diesel

40 kt/a
Gasoline

Invest. 500 M€



Projektvorschlag

- 30.000ha mit schnell wachsenden Baumarten aufforsten**
- 450.000 – 600.000 t/a Holz**
- in einer zugeordneten, zentral gelegenen chemischen Anlage zu Treibstoffen z. B. 224.000 - 300.000 t/a Methanol oder 112.000 - 150.000 t/a Diesel**
- und/oder in einem Kraftwerk in elektrische Energie zu konvertieren.**

Kosten

Kosten der Aufforstung von 1 ha: ca. 500 \$

Kosten des Hydrogels für 1 ha: ca. 500 \$

Instandhaltung: 10 \$/a

Jährlicher Zuwachs: 20 t/ha entspricht 36 t CO₂/ha

Bei einem CO₂-Emissionspreis von ca. 30 \$ positive Bilanz

Projektvorschlag

Auf diesen aufgeforsteten produktiven Flächen werden 810.000 – 1.080.000 t/a Kohlendioxid (das entspricht etwa 0,1 % der CO₂-Emissionen Deutschlands) in Form von Holz gebunden, das CO₂-neutral als Treibstoff bzw. Energie genutzt wird.

Die vorgeschlagene Einheit von „Aufforstung mit anschließender Konversion der Biomasse zu Treibstoffen“ ist als Demonstrationsmodell zu verstehen, das weltweit übernommen und exportiert werden kann.

CO₂-Sequestrierung durch Aufforstung

Im Vergleich zu allen andern gegenwärtig diskutierten und mit viel Geld geförderten Szenarien hat die Aufforstung von in historischer Zeit durch menschliche Tätigkeit degradierten und verwüsteten Flächen für eine nachhaltige Entwicklung unschätzbare und unbezahlbare Vorteile:

- Sie ist die Grundlage für eine nachhaltige Energie-, Treibstoff- und Chemikalienversorgung.**
- Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre wird reduziert.**
- Sie stabilisiert nachhaltig das globale Klima.**
- Sie regeneriert und stabilisiert nachhaltig die globalen Wasser- sowie Trinkwasserressourcen.**
- Sie ist die Grundlage für eine nachhaltige Versorgung der auf 9 Mrd. wachsenden Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln.**
- Sie kann umgehend umgesetzt werden.**



This is the only fusion reactor which is available for our future energy production!