

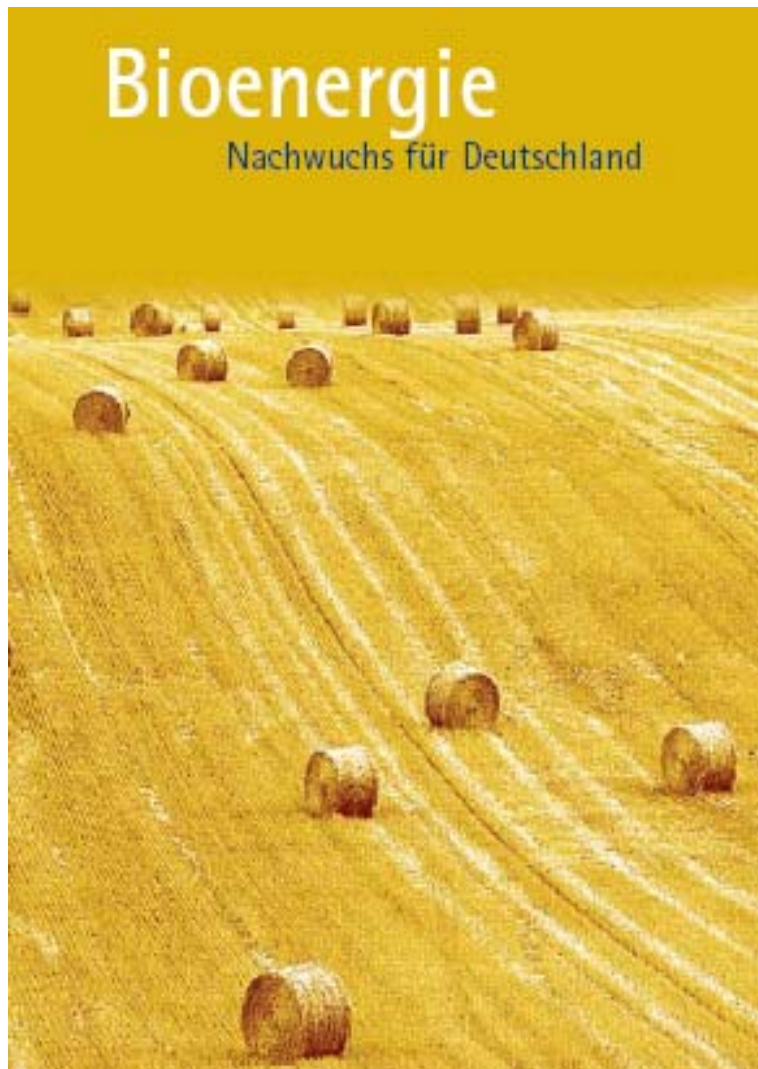
# **Kriterien zur Bewertung von Biokraftstoffen aus Entwicklungsländern unter ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten**

**- Ergebnisse einer Kurzstudie für das BMZ -**

**Kirsten Wiegmann / Uwe R. Fritsche  
Öko-Institut, Bereich Energie & Klimaschutz**

Juni 2005

- renewables2004:
  - Rolle traditional biomass (background paper)
  - China: 8 ExaJoule Biomasse bis 2020
  - Brasilien: Bioethanol (Mercosur/EU)
- Ausbau der regenerativen Energien in Deutschland  
„Stoffstromanalyse nachhaltige Biomasse“  
gefördert von BMU
- EU:
  - DG-TREN RE-Ziel bis 2020, Kraftstoffstrategie
  - biomass action plan“, EU-25/27-Potentiale
  - GAP-Reform
- global:  
IEA Bioenergy Task 40 (Sustainable Bioenergy Trade)



## Ergebnisse für Deutschland:

1. **Potenziale**
2. **Technologiebewertung**
3. **Szenarien für verschiedene Nutzungen**

**Broschüre, Infoblätter, Endbericht und Software  
im Internet unter [www.oeko.de/service/bio](http://www.oeko.de/service/bio)**



**Fraunhofer Institut UMSICHT**



**Institut für Energetik und Umwelt**



**Institut für Energie- und Umweltforschung**



**Institut für ZukunftsEnergieSysteme**



**Technische Universität Braunschweig**



**Technische Universität München**



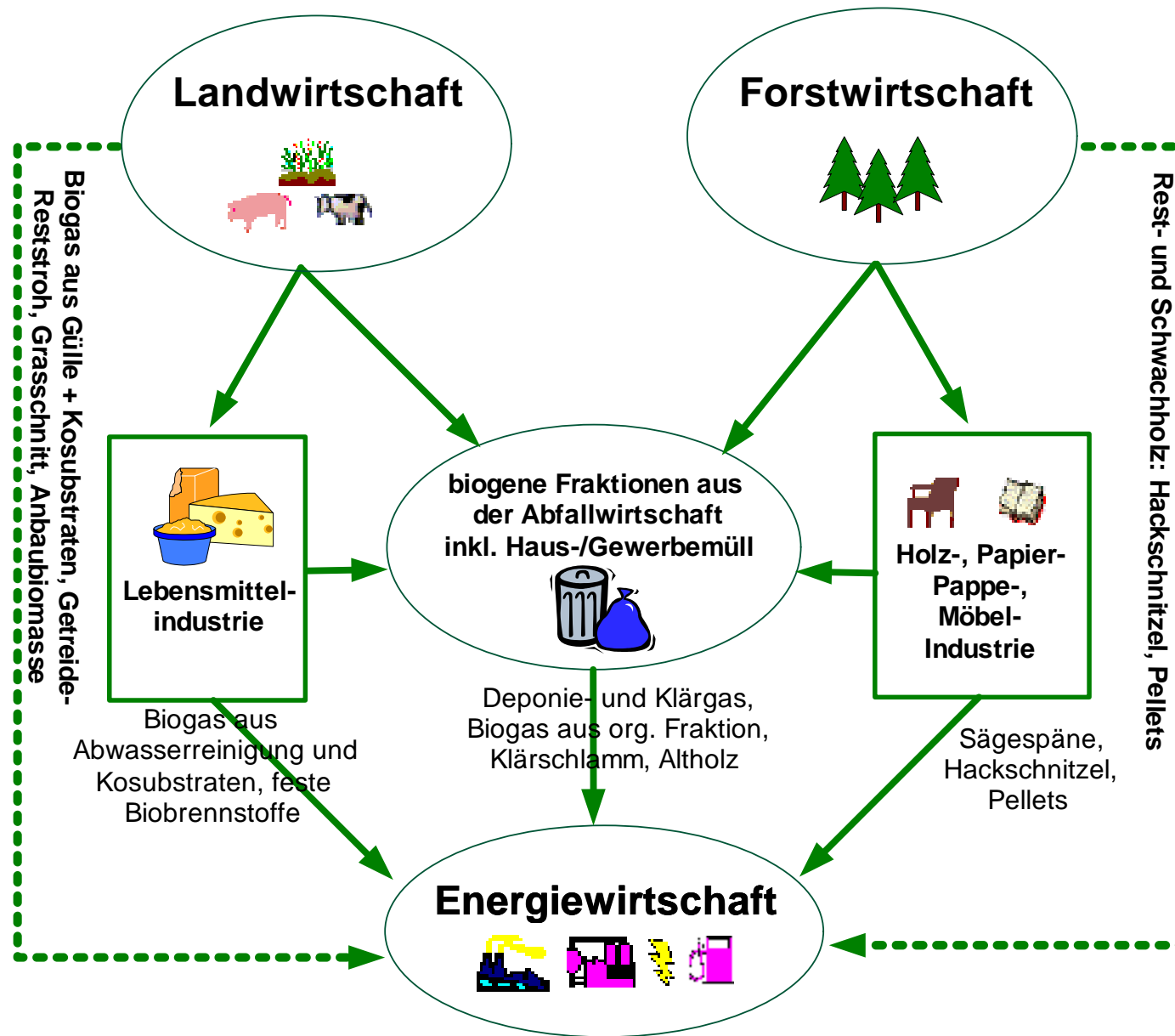
**Gutachten Naturschutz**



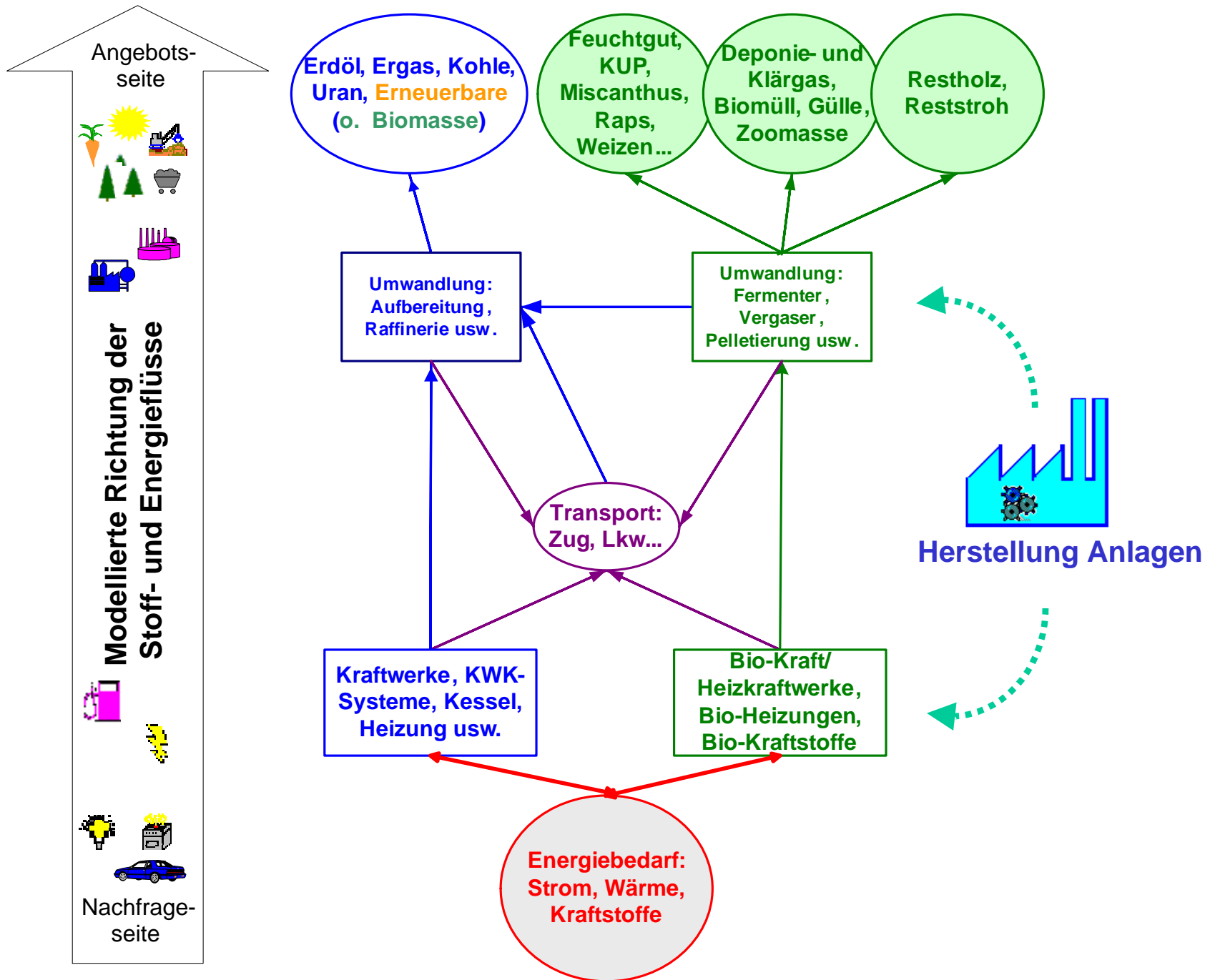
**Gutachten Kostendaten**

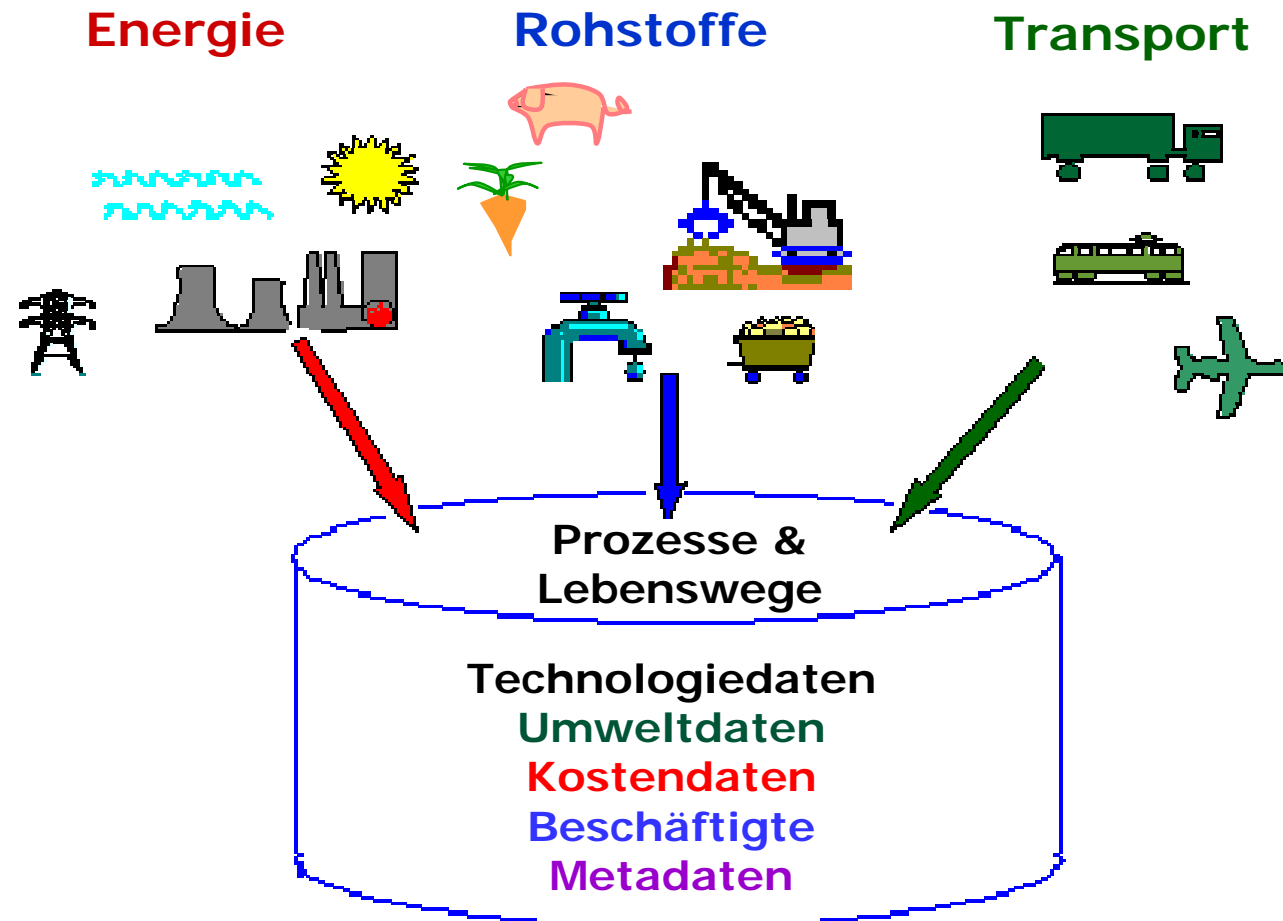
gefördert vom 

**Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit**

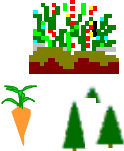


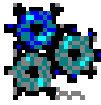


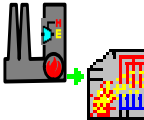



- - - > aufbereitete Bioenergie-Stoffströme     
 — > energetisch nutzbare biogene Stoffströme





**Technologievergleiche**  
Auswahl Zukunftstechnologien für Szenarien

|   | Prozess                       | direkt  | indirekt* |
|---|-------------------------------|---|-----------|
|    | Anbau/Ernte                   |    | €         |
|    | Transport                     |   |           |
|   | Aufbereitung,<br>Verarbeitung |   | €         |
|  | Transport                     |   |           |
|  | Nutzung                       |  | €         |



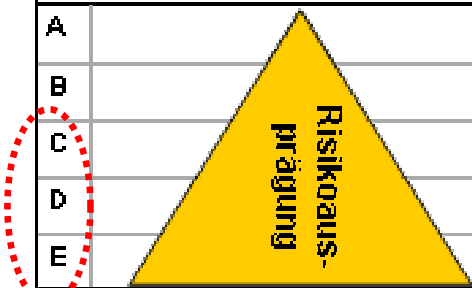
\* = über Investitionskosten; Betriebskosten vernachlässigt

| Risiko für Natur/ Landschaft                | Weizen             | Triticale | Raps | Sonnenblume | Mais | Zucker-<br>rübe |
|---|--------------------|-----------|------|-------------|------|-----------------|
| Erosion                                     | A                  | A         | B    | C           | D    | E               |
| Schadverdichtungen                          | A                  | A         | A    | A           | C    | E               |
| Eutrophierung                               | A                  | A         | B    | B           | C    | B               |
| Belastung mit PSM                           | A                  | A         | C    | A           | C    | A               |
| Belastung Grundwasser                       | A                  | A         | B    | B           | C    | B               |
| Belastung Oberflächengewässer               | A                  | A         | B    | C           | C    | C               |
| Verlust von Lebensräumen bzw. Artenvielfalt | B                  | B         | A    | A           | B    | B               |
| Quantifizierte Umweltaspekte                | Relative Bewertung |           |      |             |      |                 |
| CO <sub>2</sub> -Äquivalent-Emissionen      | -                  | -         | +    | +/-         | -    | +/-             |
| SO <sub>2</sub> -Äquivalent-Emissionen      | -                  | -         | +    | +/-         | -    | +               |
| Flächenbedarf                               | -                  | -         | +/-  | +           | -    | +/-             |
|   | Relative Bewertung |           |      |             |      |                 |
| Natur + Umwelt gesamt                       | 1                  | 1         | 2    | 2           | 2-3  | 3               |

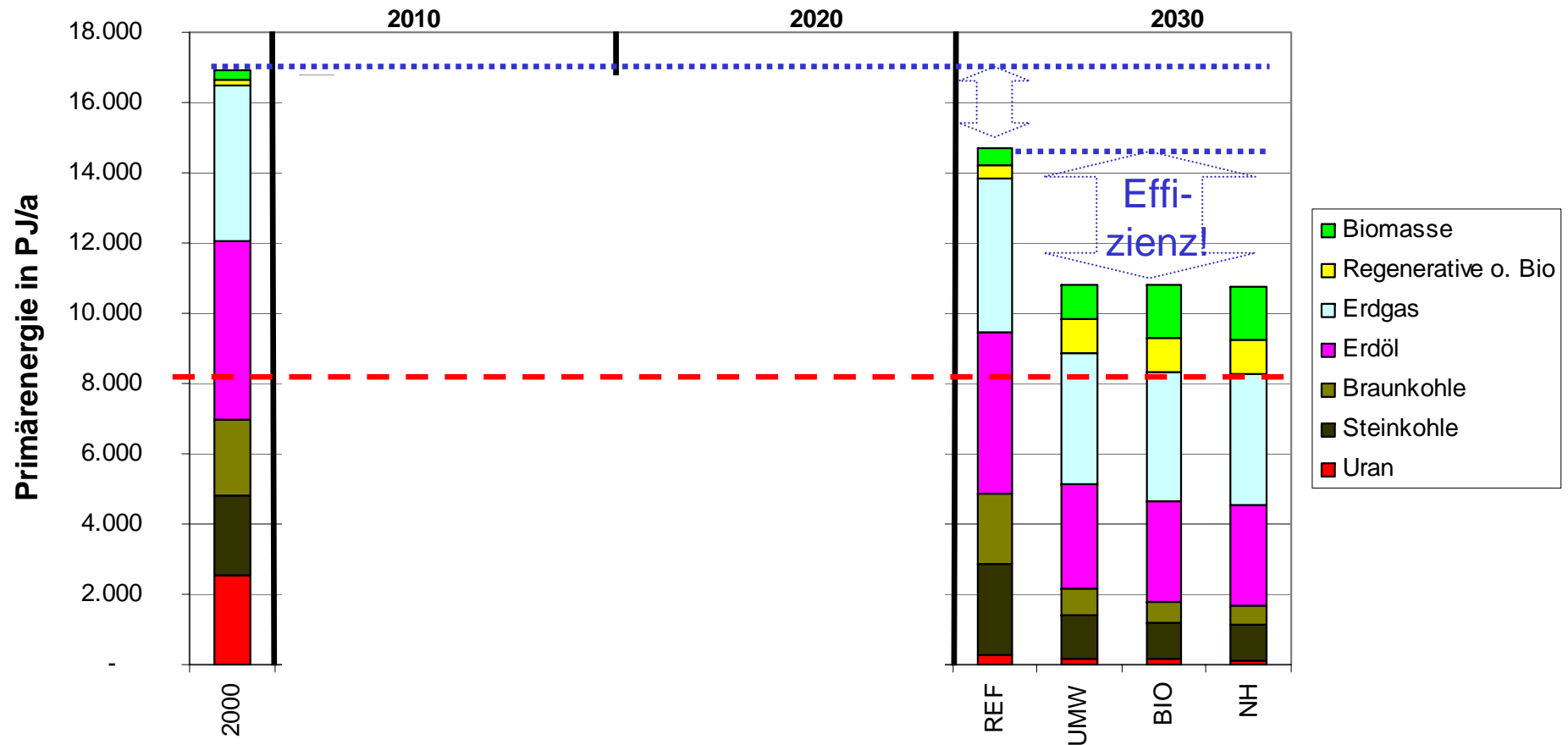
Die Besten sind hier nicht enthalten:  
 „Feuchtgutlinie“ (Zwei-Kulturen-System)  
 sowie Mehrjährige (KUP, Miscanthus...)

Erläuterungen:

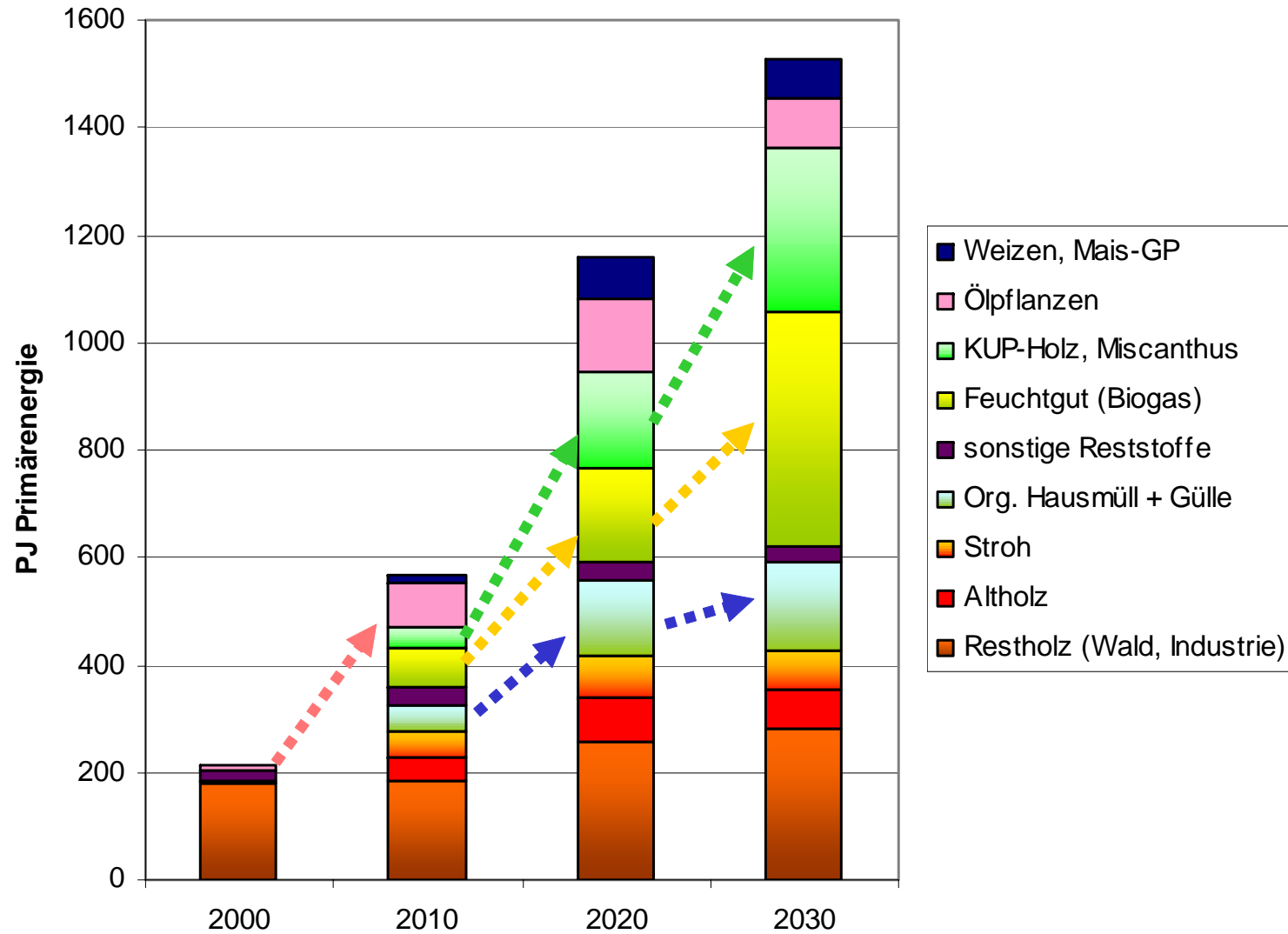
| Kategorien für Natur und Landschaft | Symbole für Umweltaspekte   | Gesamtbewertung |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| A                                   | - = gering                  | 1 = günstig     |
| B                                   | +/- = moderat               | 2 = mittel      |
| C                                   | + = hoch                    | 3 = ungünstig   |
| D                                   |                             |                 |
| E                                   | (jeweils relativ in Zeilen) |                 |



- Energieeffizienzsteigerung um ca. ein Drittel
- 30% Ökoanbau für Lebensmittel bis 2030
- Entwicklung bei Bevölkerung, Nahrungsmittelverbrauch, Landwirtschaft
- Selbstversorgungsgrade max. 100%, keine subventionierten Exporte
- Flächenverzehr durch Siedlung + Verkehr
- Flächen für Naturschutz + ökologische Restriktionen
- Technologiespezifische Lernkurven
- Stoffliche Nutzung wie heute



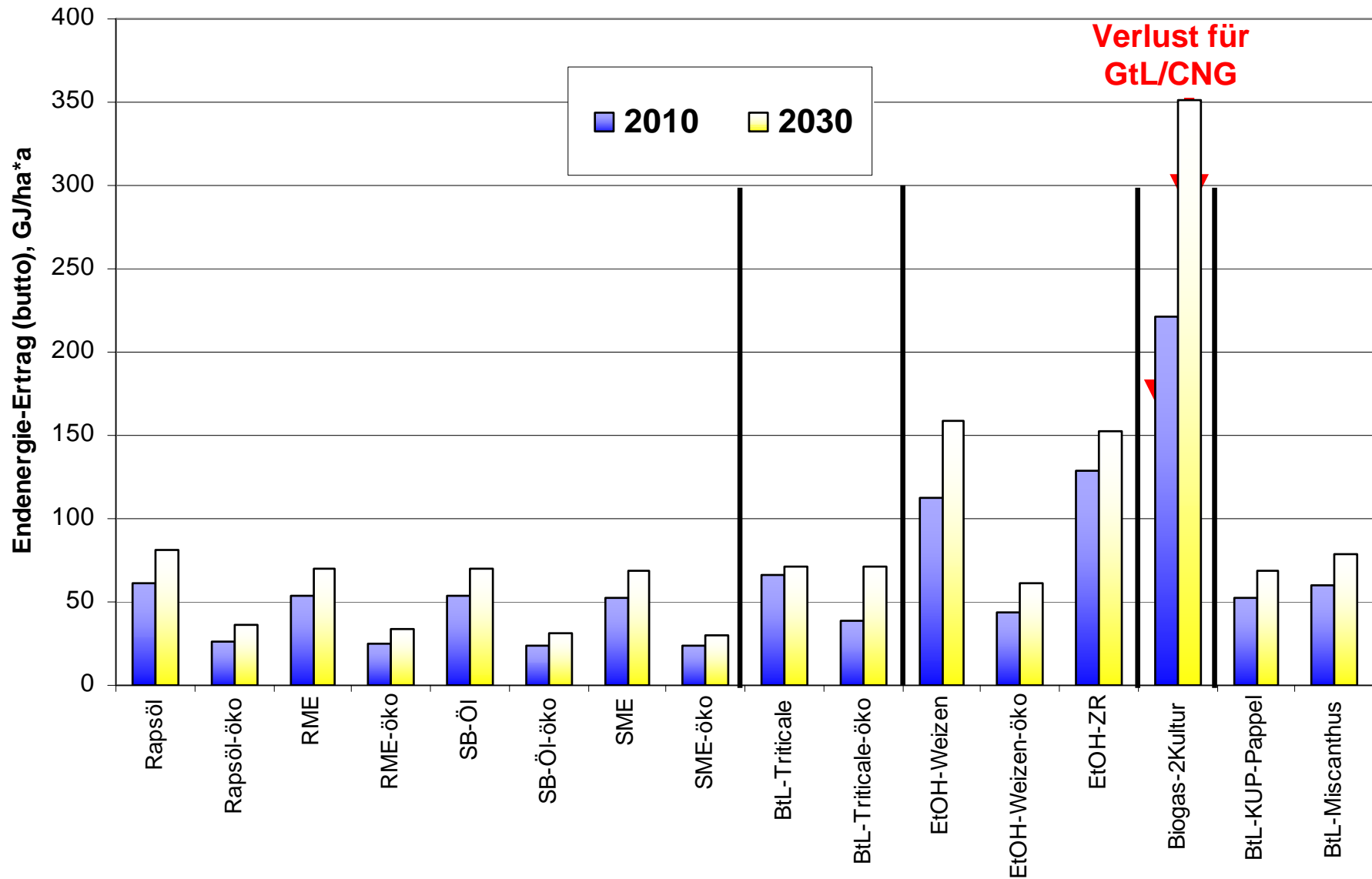
Angaben inkl. Auslandsanteile (Vorketten)  
 Primärenergie von RE über Wirkungsgradansatz



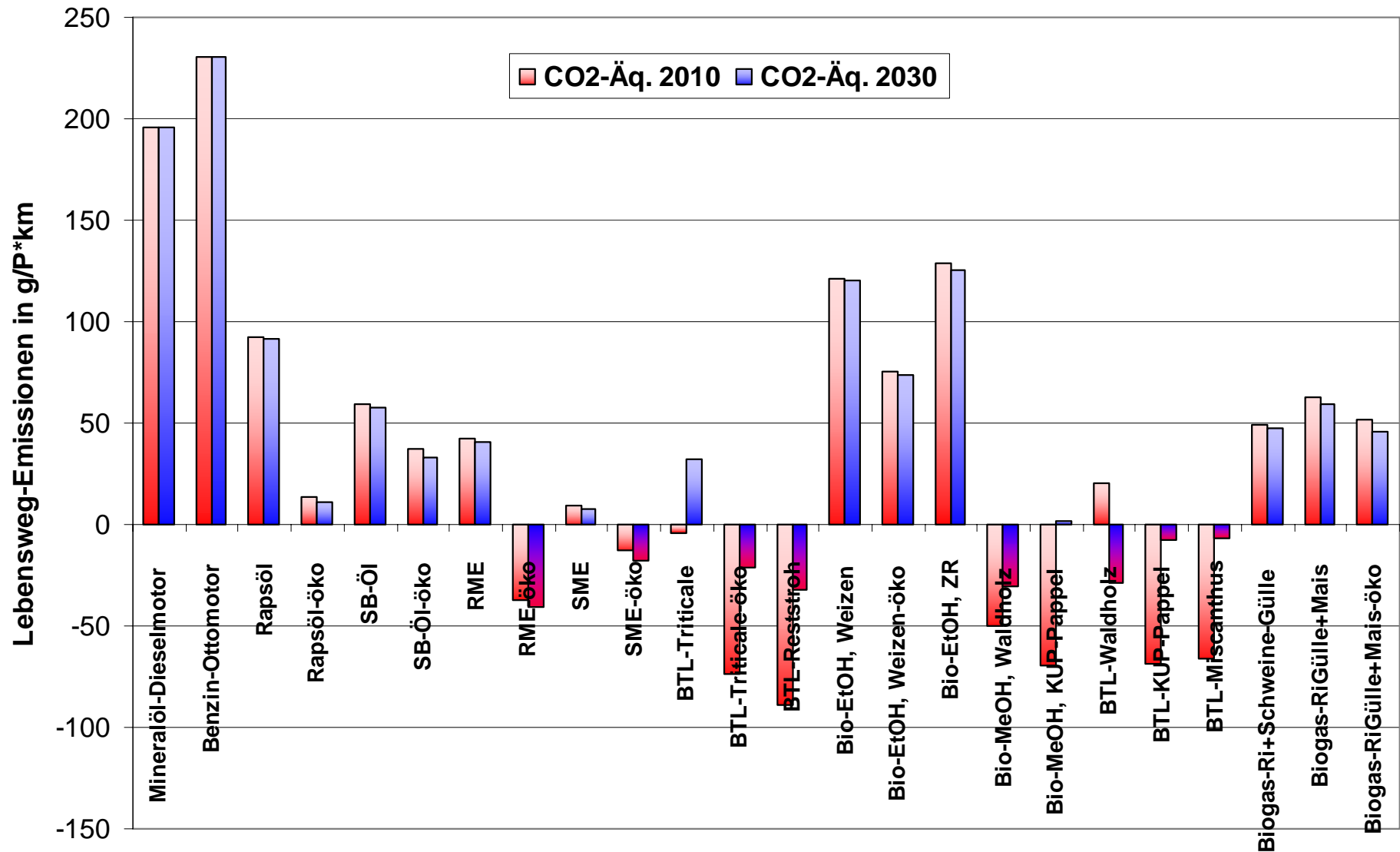
**rund 40% aus Reststoffen und 60% aus Energiepflanzen**

|                          |                      | Kosten-2010<br>c/P*km | 2030<br>c/P*km | Beschäftigte<br>Pers./Mrd. P*km | CO <sub>2</sub> -Äq.<br>g/P*km | SO <sub>2</sub> -Äq.<br>g/P*km |
|--------------------------|----------------------|-----------------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Personentransport</b> |                      |                       |                |                                 |                                |                                |
| <b>DIESEL-PKW</b>        | Diesel inkl. Steuern | 5,4                   | 6,2            | 5                               | 195,9                          | 0,4                            |
|                          | Diesel ohne Steuern  | 1,6                   | 2,5            |                                 |                                |                                |
|                          | Rapsöl               | 2,5                   | 2,8            | 186                             | 92,6                           | 0,7                            |
|                          | Rapsöl-öko           | 3,3                   | 3,8            | 544                             | 14,0                           | 0,1                            |
|                          | SB-Öl                | 2,5                   | 3,8            | 225                             | 59,5                           | 0,5                            |
|                          | SB-Öl-öko            | 3,3                   | 3,8            | 623                             | 37,5                           | 0,3                            |
|                          | RME                  | 4,8                   | 5,5            | 193                             | 42,4                           | 0,7                            |
|                          | RME-öko              | 6,4                   | 5,5            | 554                             | -37,1                          | 0,0                            |
|                          | SME                  | 4,8                   | 5,5            | 216                             | 9,6                            | 0,4                            |
|                          | SME-öko              | 6,4                   | 7,3            | 617                             | -12,6                          | 0,2                            |
|                          | BtL-Triticale        | 10,5                  | 8,5            | 603                             | -4,0                           | 0,7                            |
|                          | BtL-Triticale-öko    | 12,4                  | 10,2           | 801                             | -73,8                          | 0,2                            |
|                          | <b>BENZIN-PKW</b>    | Benzin inkl. Steuern  | 7,9            | 9,1                             | 6                              | 230,4                          |
| Benzin ohne Steuern      |                      | 2,4                   | 3,7            |                                 |                                |                                |
| Bio-EtOH, Weizen         |                      | 13,7                  | 14,3           | 161                             | 121,6                          | 0,9                            |
| Bio-EtOH, Weizen-öko     |                      | 15,3                  | 16,1           | 371                             | 75,2                           | 0,6                            |
| Bio-EtOH, ZR             |                      | 13,8                  | 14,6           | 161                             | 128,8                          | 1,0                            |
| BtL-KUP-Pappel           |                      | 9,0                   | 7,6            | 1.554                           | -69,0                          | 0,2                            |
| BtL-Miscanthus           |                      | 9,1                   | 7,7            | 277                             | -66,0                          | 0,2                            |
| BtL-Waldrestholz         |                      | 7,1                   | 4,9            | 219                             | 20,7                           | 0,2                            |
| Biogas-Ri+Schweine-Gülle |                      | 1,9                   | 1,6            | 239                             | 49,5                           | 0,3                            |
| Biogas-RiGülle+Mais      |                      | 4,8                   | 4,5            | 205                             | 62,5                           | 0,4                            |
| Biogas-RiGülle+Mais-öko  | 6,1                  | 5,9                   | 302            | 51,4                            | 0,3                            |                                |

SB= Sonnenblume; RME= Rapsölmethylester; SME= Sonnenblumenmethylester;  
 öko= aus ökolog. Anbau; EtOH= Ethanol; ZR= Zuckerrübe; Ri= Rinder  
**Nur Kraftstoffkosten; Bio-Vorketten mit Gutschriften für Nebenprodukte (Strom, Stoffe)**



**Biokraftstoff-Vorketten ohne Bonus für Nebenprodukte (Strom, Stoffe), also „brutto“, aber inkl. Lernkurven-Effekte bis 2030**



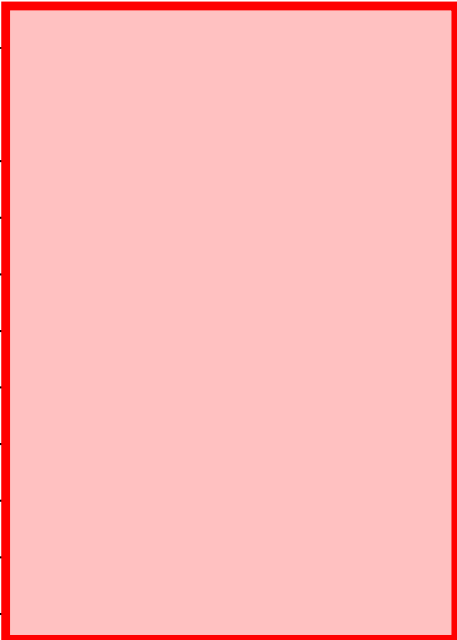
**Biokraftstoff-Vorketten mit Bonus für Nebenprodukte (Strom, Stoffe),  
 Daten ohne Herstellung der Pkw, und ohne Änderung der Fahrzeugeffizienz !**

1. Anteil Kraftstoffe derzeit ca. 33% am PE  
Trend steigend
2. max. 4 Mio ha Ackerland:  
10% des Kraftstoffbedarfs im Jahr 2030
3. EU ca. 10-15% der Landwirtschaftsfläche nötig  
um Ziel zu erreichen  
doch nur ca. 7,5% sind möglich  
→ d.h. 50% der Biokraftstoffe importieren

Biokraftstoffe bringen zwar keine höhere CO<sub>2</sub>-Einsparung als KWK und Wärmenutzung, aber bei Kraftstoffen ist „Energiehunger“ am größten

- erneuerbare Treibstoffe nötig um ein proportionale CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel zu erreichen
- Versorgungsbasis verbreitern  
– mittelfristig kaum Alternativen

| Angaben in EJ/a | gesamte Primärenergie | Regenerative gesamt | davon Biomasse |
|-----------------|-----------------------|---------------------|----------------|
| Afrika          | 21,5                  | 10,8                | 10,5           |
| Lateinamerika   | 18,8                  | 5,3                 | 3,3            |
| Asien           | 48,2                  | 16,1                | 15,0           |
| China           | 48,4                  | 10,0                | 9,0            |
| Naher Osten     | 16,3                  | 0,1                 | 0,0            |
| GUS + MOE       | 43,7                  | 1,7                 | 0,6            |
| OECD            | 223,3                 | 12,7                | 6,8            |
| <b>Welt</b>     | <b>420,3</b>          | <b>56,7</b>         | <b>45,2</b>    |



Biomasse an PE in EL bei durchschnittlich 35%  
 In einzelnen Ländern Afrikas sogar bis zu 90%  
**In diversen Regionen bereits Übernutzung**

| Potenzial (EJ/a)                | Nordamerika | Lateinamerika, Karibik | Asien       | Afrika      | Europa     | GUS + Naher Osten | Summe        |
|---------------------------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|------------|-------------------|--------------|
| - Holz                          | 12,8        | 5,9                    | 7,7         | 5,4         | 4          | 5,8               | 41,6         |
| - Halmgut                       | 2,2         | 1,7                    | 9,9         | 0,9         | 1,6        | 0,9               | 17,2         |
| - Dung                          | 0,8         | 1,8                    | 2,7         | 1,2         | 0,7        | 0,4               | 7,6          |
| <b>Summe biogene Reststoffe</b> | <b>15,8</b> | <b>9,4</b>             | <b>20,3</b> | <b>7,5</b>  | <b>6,3</b> | <b>7,1</b>        | <b>66,4</b>  |
| <b>Energiepflanzen</b>          | <b>4,1</b>  | <b>12,1</b>            | <b>1,1</b>  | <b>13,9</b> | <b>2,6</b> | <b>3,6</b>        | <b>37,4</b>  |
| <b>Gesamtsumme</b>              | <b>19,9</b> | <b>21,5</b>            | <b>21,4</b> | <b>21,4</b> | <b>8,9</b> | <b>10,7</b>       | <b>103,8</b> |
| Anteil Energiepflanzen          | 21%         |                        | 5%          |             | 29%        |                   | 36%          |

(Quelle: eigene Darstellung nach IE (WBGU Annex), 2003)

**Energiepflanzen auf jeden Fall Kraftstoff geeignet, lignozellulosehaltige Reststoffe zukünftig auch.**

| Region             | Potenzielle Fläche |            | WBGU-Leitplanke |          |             |
|--------------------|--------------------|------------|-----------------|----------|-------------|
|                    | [Mio.ha]           | [%]        | [Mio.ha]        | [%]      | [EJ/a]      |
| Europa             | 22                 | 4,5        | 22              | 4,5      | 2,5         |
| Asien + Australien | 37                 | 0,7        | 26              | 0,5      | 3           |
| Afrika             | 111                | 3,8        | 111             | 3,8      | 12,7        |
| Lateinamerika      | 323                | 16         | 165             | 8        | 18,8        |
| Nordamerika        | 101                | 5,9        | 67              | 3,6      | 7,7         |
| <b>Welt</b>        | <b>595</b>         | <b>4,6</b> | <b>391</b>      | <b>3</b> | <b>44,7</b> |

(Quelle: WBGU, 2003)



Reduktion um 1/3

## Leitplanken:

ökologische & sozio-ökonomische **Minimalanforderungen**  
zur Sicherung einer Nachhaltigen Entwicklung

| Author(s)                   | Time Frame of estimates | Raw biomass potential (EJ/a) |               |             | Liquid biofuels after conversion (EJ/a) |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------|-------------|---|
|                             |                         | Crops                        | Biomass waste | Total       |   |
| IPCC TAR: Mitigation (2001) | 2050                    | 440                          | N/A           | <b>440</b>  | 154                                     |
|                             | 2100                    | 310                          |               | <b>310</b>  | 109                                     |
| IIASA 2001                  | 2050, Low               | 240                          | 130           | <b>370</b>  | 130                                     |
|                             | 2050, High              | 320                          | 130           | <b>450</b>  | 158                                     |
|                             | 2050                    | A/NR                         | A/NR          | <b>150</b>  | 53                                      |
| Yamamoto et al. 2001        | 2050                    | 110                          | 72            | <b>182</b>  | 64                                      |
|                             | 2100                    | 22                           | 114           | <b>136</b>  | 48                                      |
| Moreira 2002                | 2100                    | 1301                         | N/A           | <b>1301</b> | 455                                     |
| Lightfoot/Greene 2002       | 2100                    | 268                          | N/A           | <b>268</b>  | 94                                      |
| Hoogwijk et al 2003         | 2050, Low               | 0                            | 33            | <b>33</b>   | 12                                      |
|                             | 2050, High              | 1054                         | 76            | <b>1130</b> | 396                                     |

(Quelle: Moreira, 2004)

**Schwankungen um Faktor 10 !**  
**z.B. Bedarf-2000 von USA und EU-25: 30 EJ/a**

- Das **nachhaltige Potenzial** einzelner Weltregionen ist bisher unklar
  - Prinzipiell endogene Nutzung attraktiver:
    - Versorgungsdefizite, Nachfragewachstum
    - Pufferung der Weltmarktpreise, insbes. Öl
  - mittelfristig mögliche Biokraftstoffexporte aus EL:
    - BioEtOH (Zuckerrohr, Getreide-GP und **Stroh**)
    - Biodiesel/PME (diverse Ölpflanzen)
    - Biogas (diverse) - nur für Erdgasexporteure
  - CO<sub>2</sub> und Energiebilanz diktiert nicht alles:  
Naturschutz, Emissionen und sozio-ökonomische Faktoren berücksichtigen
- Input, Output und Anbau möglichst diversifizieren, alle Pfade und Nebenprodukte mit einbeziehen!

## **Biodiesel:**

- höheres Beschäftigungspotenzial als EtOH
- breiteres Artenspektrum beim Anbau
- dezentralere Produktion und Weiterverarbeitung
- leichtere (rohstoffliche) Nutzung von Nebenprodukten
- direkte Konkurrenz „rohstoffliche“ Nutzung als Chemiegrundstoff

## **Bioethanol aus Lignozellulose**

- Nutzung von Stroh möglich

- Erhalt natürlicher Ökosysteme – keine Rodung von Primärwäldern für den Anbau von Energiepflanzen
- >10% der Landesfläche für Naturschutz (Biotopverbund und geschützte Biotope)
- Umweltfreundliche Anbausysteme:
  - Genetische und strukturelle Diversität
  - Nahrungskreisläufe schließen
  - extensive Anbausysteme, geringe Inputs
  - geringe Bewässerungsintensität
- Bodenerosion und Degradation verhindern
- Nutzung/Aufwertung degradierter Flächen
- (Kulturlandschaft: Landschaftspflegereste nutzen)

- Partizipation der lokalen Bevölkerung an den politischen und wirtschaftlichen Entscheidungen
- Wertschöpfung durch Anbau *und* lokale Weiterverarbeitung
- Schaffung und Verbreitung ökonomischer Vorteile aus der Bioenergie für die regionale/lokale Bevölkerung
- Wirtschaftliche Integration von Familien und Genossenschaften sowie der landlosen Bevölkerung in das Bioenergiesystem
- Einkommensbilanzen für potenzielle Exporte vs. vermiedener Importe erstellen
- Indirekte Folgen durch Infrastruktur betrachten (Transporte, massiver Ausbau von Verkehrssystemen)

Biokraftstoffexporte aus den EL *nur wenn*

- Ernährungssicherheit gegeben ist  
*und wenn*
- Biokraftstoffexporte zu ökologischen und sozio-ökonomischen Vorteilen führt, verglichen mit alternativen Nutzungen.

**Situation ist also analog zu anderen Cash-crops**

Gerade für die zweite Bedingung liegen derzeit keine Analysen für EL vor. Operationalisierbare Konzepte für Nachhaltigkeit in EL fehlen.

- Sehen lokalen und nationale Stakeholder Möglichkeit, „Nachhaltigkeit“ qualitativ zu bewerten, zu Prozess bereit, ausreichend Ressourcen?
- Bieten sich lokal und regional Chancen zur Einkommensverbesserung durch Umorientierung der Produktion?
- Arbeiten zur integrierten Analyse der Nachhaltigkeit energetischer Biomassenutzung in IL auf spezifische Bedingungen in EL anpassen + durch *Kooperationen mit lokalem Wissen und Partnern ergänzen*
- Zertifizierung (Teilmarkt) oder allgemeine Konditionalitäten im Außenhandel  
→ Kriterien, auch für EU-Produktion!

- Good practice Beispiele in Kooperation mit Forschungsinstitutionen in EL initiieren; inklusive Bioenergie Unternehmen aus Deutschland/Europa
- Bereitstellen von Ressourcen für lokale/nationale Stakeholders für die Bewertung der Kosten, sozialen und ökologischen Folgen von Bioenergie zu bewerten  
→ IEA, MDB, bilaterale Geber
- Erforschung von umweltfreundlichen Energiepflanzen und Anbaumethoden, insbesondere für EL