

Kraftstoffe aus Biomasse – bringt SunFuel den Durchbruch?

Philipp Grundmann, Annette Prochnow und Hans J. Hellebrand

VDI Agrartechnik Berlin-Brandenburg
23. November 2006

27 SEP 2005

Inhalt

Einführung

Biogene Kraftstoffe

Biomassekraftstoffpotenzial

Technologiekette SunFuel

Biomassetreibstoffkosten

Biomassetreibstoffchancen

Einführung: Pro Bio-Treibstoffe

Motivation:

Mineralöl und Erdgas nur noch für „Jahrzehnte“,
Kohle für „Jahrhunderte“
(Verknappung und Preisanstieg).

Freisetzung von „fossilem CO₂“
muss reduziert werden (Klima).

Einführung: Aspekte – Motoren und Treibstoffe

Motor/Antrieb an Treibstoff anpassen
(Elsbett-Motor) oder umgekehrt?
Probleme: Emissionen, Marktanteil (Stückzahl)

Elektroantrieb (Brennstoffzelle / Akkumulator)
oder
Verbrennungsantrieb ?
Probleme: H₂ & Technikstand / Elektroenergiespeicherung

Wird von Ökonomie und Ökologie
der Gesamtkette bestimmt!

Einführung: Aktuelle Situation

(Zeithorizont ca. 15 ... 30 Jahre)

Verbrennungsmotor dominiert,
Treibstoff muss Motoranforderungen erfüllen.

Konsequenz:

*Biotreibstoffe der „1. Generation“
(reines Pflanzenöl, Biodiesel, Bioethanol, [Biogas])
können nur geringen Marktanteil abdecken.*

„Biotreibstoffe“ müssen hohe Qualitätsstandards erfüllen
(hohe Motorwirkungsgrade und Nutzungsdauern,
sinkende Emissionsgrenzwerte).

Einführung: Konflikte bei Bio-Treibstoffversorgung

Biomasseangebot

Konkurrierende Nutzung bei begrenzter und schrumpfender Nutzfläche

*Nutzung – Ernährung, Energie- und Industrierohstoff;
Fläche – Versiegelung infolge Bevölkerungsentwicklung;
Fläche - globale Desertifikation (Klima?).*

Nachhaltigkeit, N-Emissionen, Biodiversität

*(Langfristige Flächenbindung, Monokulturproblem, Versauerung,
Nährstoffeinträge, Smogpotential, Ökosystemstabilität, ...)*

Sozialökonomische Problematik

*(z.B. neue Abhängigkeiten für Land- und Forstwirte,
Gewinnverteilung -
Landwirtschaft & Treibstoffherstellung, Vertrieb)*

EU-Richtlinie zu Biokraftstoffen

Die **EU-Kommission** hat mit der **Richtlinie 2003/30/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2003 zur Förderung und Verwendung von Biokraftstoffen und anderen erneuerbaren Kraftstoffen die Grundlage dafür gelegt, dass der Anteil von Biokraftstoffen am Kraftstoffabsatz steigt. Bis zum Jahr **2005** soll der **Anteil von Biokraftstoffen auf 2 Prozent** steigen, bis **2010** ist der Anteil weiter **auf 5,75 Prozent** zu erhöhen.

Entsprechend der Richtlinie **gelten nachstehende Erzeugnisse als Biokraftstoffe:**

Bioethanol

Biodiesel

Biogas

Biomethanol

Biodimethylether

Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)

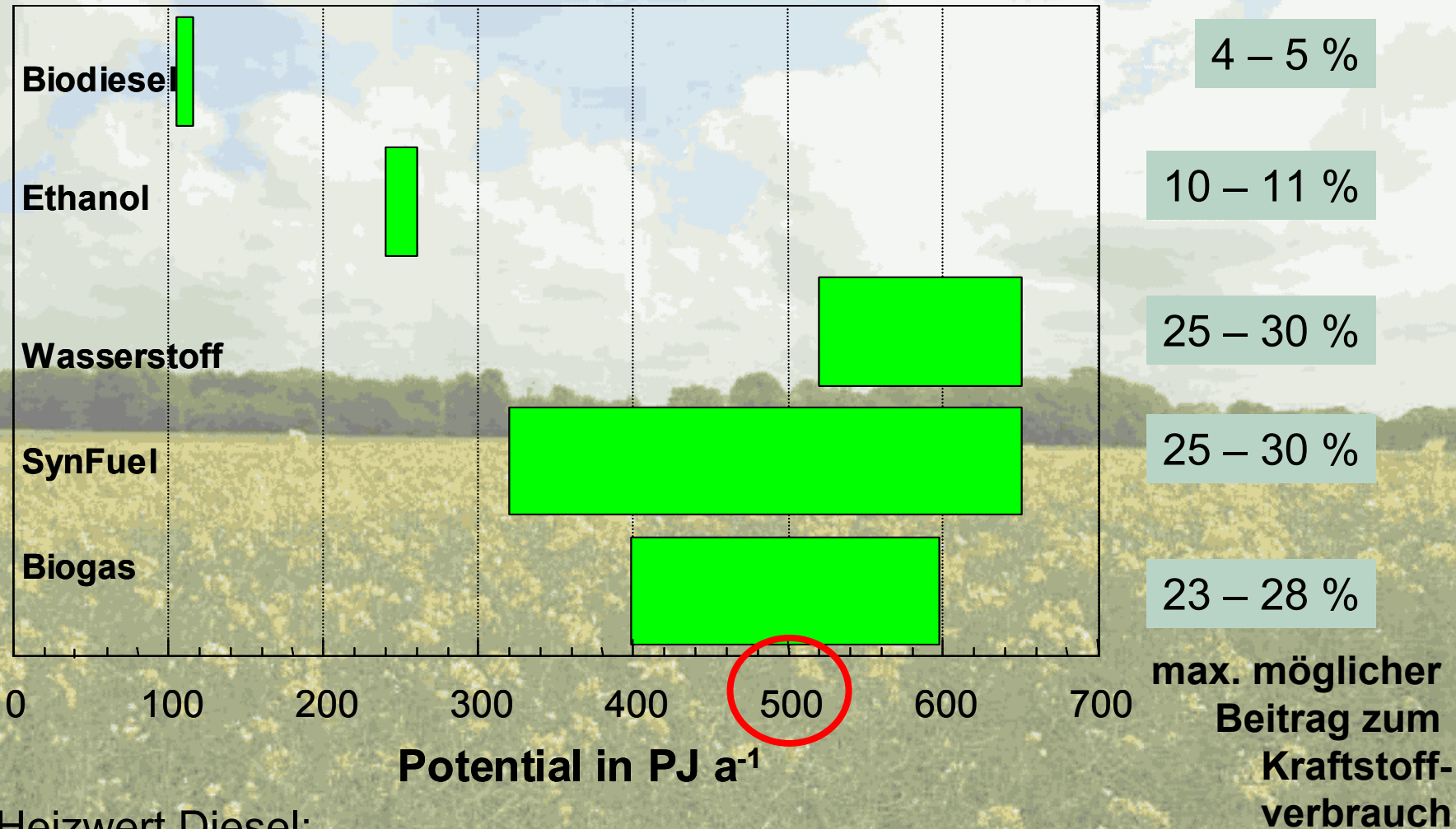
Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)

synthetische Biokraftstoffe

Biowasserstoff

reines Pflanzenöl

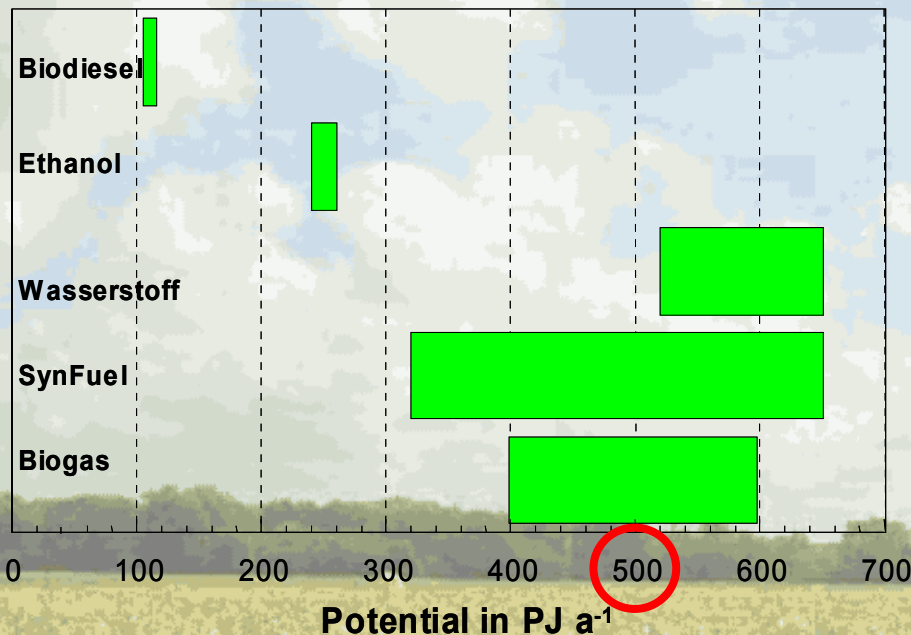
Biomassekraftstoffpotenzial Deutschland



Heizwert Diesel:

1 PJ - 23 256 t Diesel; **500 PJ entsprechen 11,6 Millionen t Diesel**

Biomassekraftstoffpotenzial Deutschland



4 – 5 %

10 – 11 %

25 – 30 %

25 – 30 %

23 – 28 %

max. möglicher
Beitrag zum
Kraftstoff-
verbrauch

500 PJ =

Heizwert von
11,6 Millionen t Diesel
bzw.

12,5 Mio. t BtL

Grafik nach: <http://www.fnr-server.de....>

Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt <http://www.energetik-leipzig.de....>

Mineralölkraftstoffverbrauch Deutschland 2005:

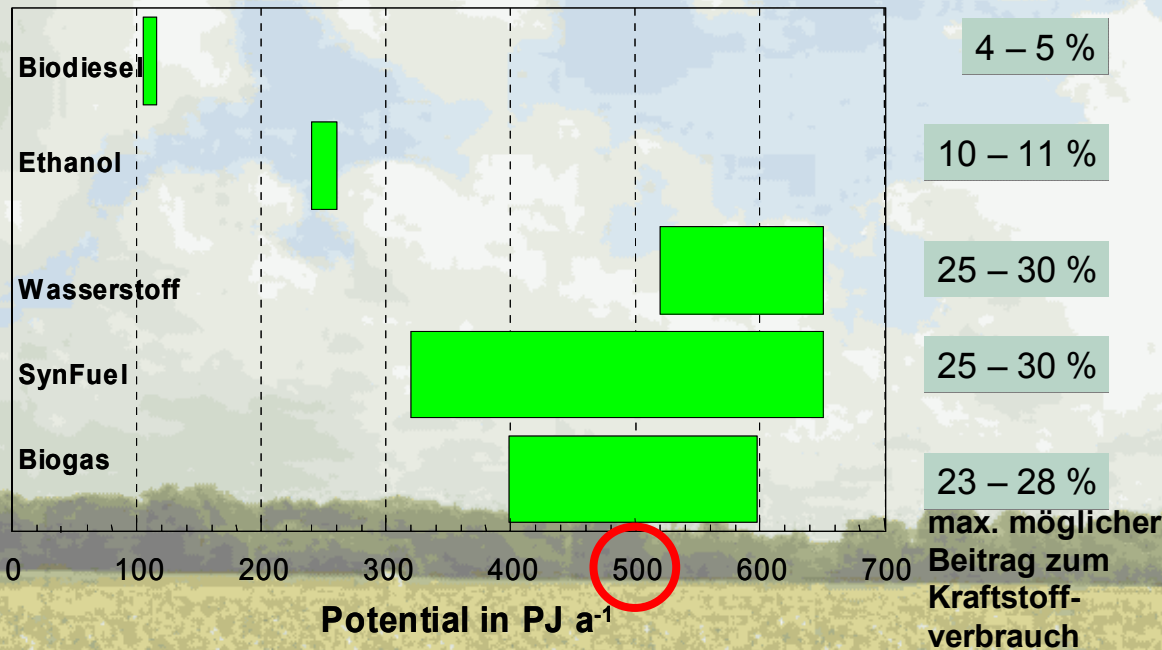
Treibstoff	Ottokraftstoff	Dieselmkraftstoff
Verbrauch	23 431 000 t	28 531 000 t
Heizwert	43,5 MJ/kg	43 MJ/kg
Energie	1 019 PJ	1 227 PJ

Kraftstoff gesamt: 2 246 PJ

MWV Jahresbericht 2005

<http://www.mwv.de/Download/jb.pdf>

Biomassekraftstoffpotenzial Deutschland



500 PJ =
 Heizwert von
 11,6 Millionen t Diesel
 bzw.
12,5 Mio. t BtL

Grafik nach: <http://www.fnr-server.de>....
 Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt <http://www.energetik-leipzig.de>....

Faustzahl: 4 kg Holz (60 MJ) ergeben 1 kg BtL (40 MJ). **Wirkungsgrad: 66,7 %**

Erforderliche Fläche:

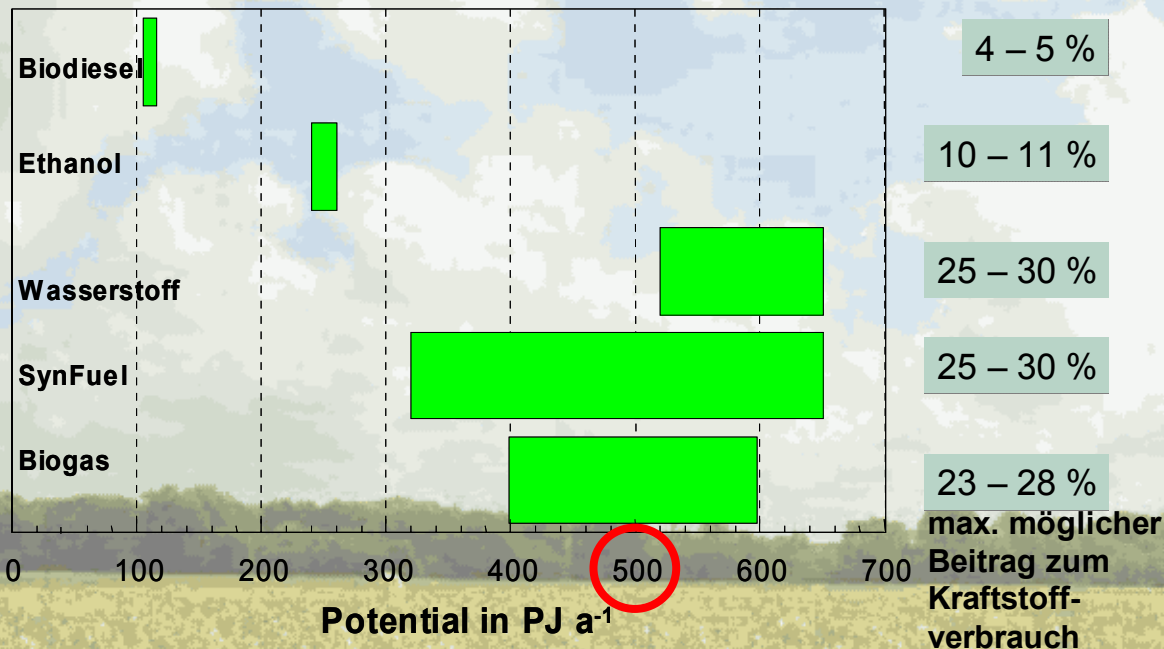
50 Mio. t Holz → 3,3 – 10 Mio. ha (Ertrag 15 – 5 t TM ha⁻¹)

Wirkungsgrad Choren Carbo-V[®] - „Beta-Anlage“ 45 MW:

0,53 (0,39 – FT-Diesel + 0,14 Naphta)

1.6.11.11

Biomassekraftstoffpotenzial Deutschland



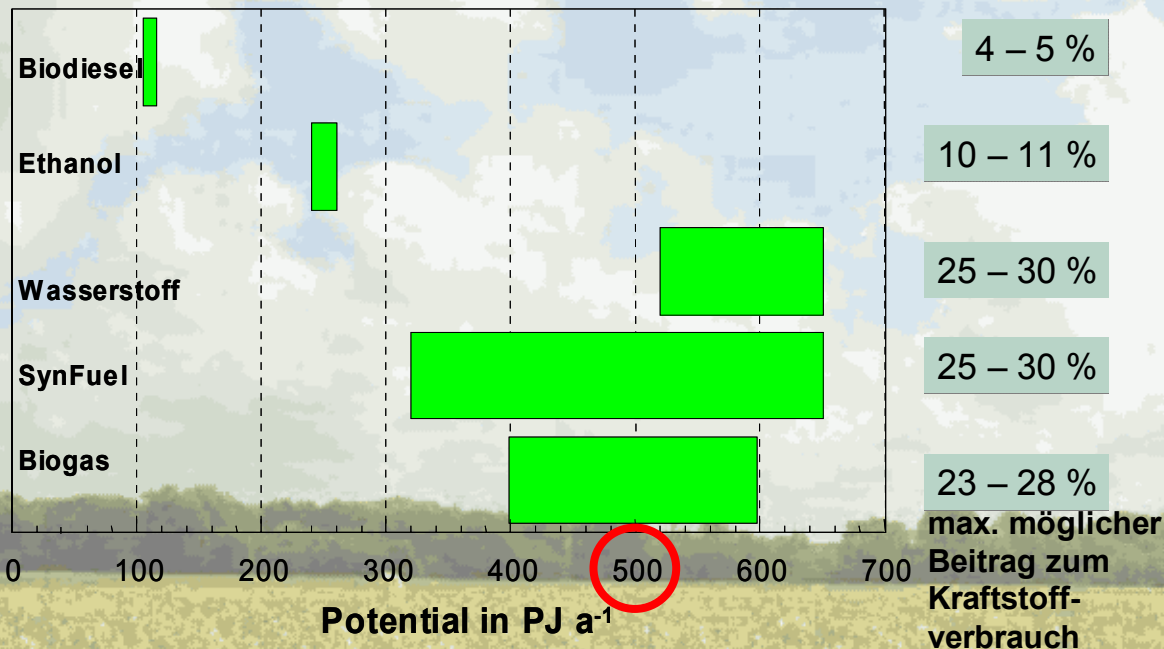
500 PJ =
 Heizwert von
 11,6 Millionen t Diesel
 bzw.
12,5 Mio. t BtL

Grafik nach: <http://www.fnr-server.de...>
 Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt <http://www.energetik-leipzig.de...>

1 kg BtL mit ca. 40 MJ kg⁻¹ entspricht dem Heizwert von 2,67 kg Biomasse „**trocken**“ (ca. 15% H₂O; 15 MJ kg⁻¹)

Erforderliche Fläche bei Biomasse mit 15 MJ kg⁻¹ („trocken“):
 33,3 Mio. t → 2,2 – 6,6 Mio. ha (Ertrag 15 – 5 t TM ha⁻¹)
 und **Wirkungsgrad von 50%: 4,4 – 12,3 Mio. ha**

Biomassekraftstoffpotenzial Deutschland



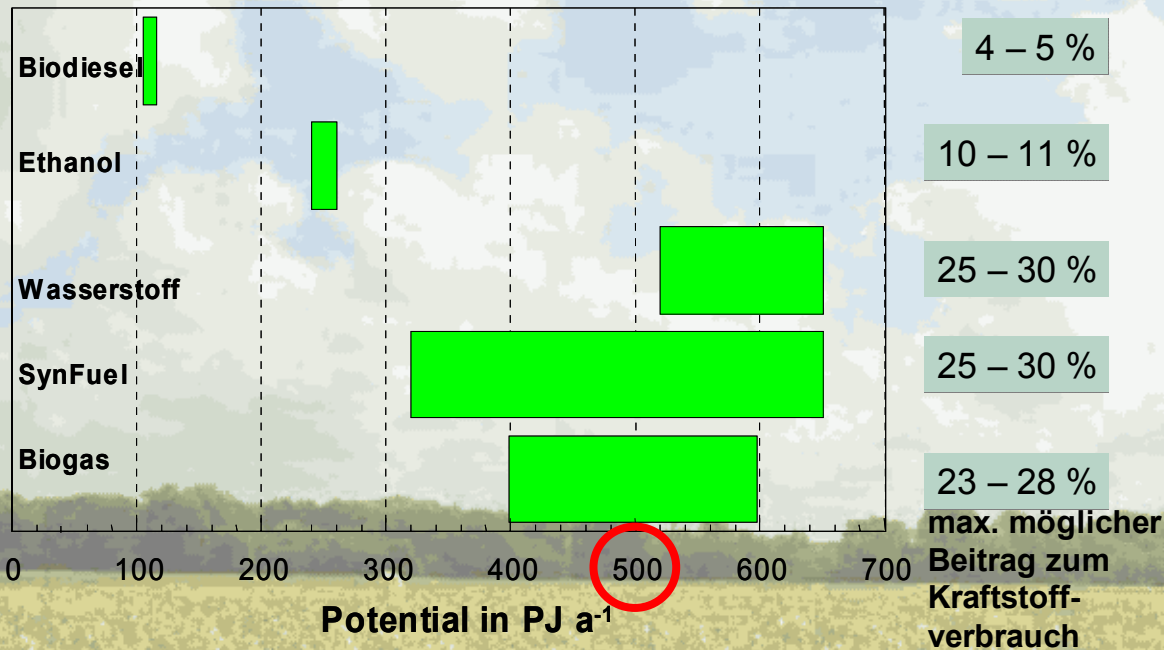
500 PJ =
 Heizwert von
 11,6 Millionen t Diesel
 bzw.
12,5 Mio. t BtL

Grafik nach: <http://www.fnr-server.de...>
 Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt <http://www.energetik-leipzig.de...>

1 kg BtL mit 40 MJ kg^{-1} entspricht dem Heizwert von 5,2 kg Biomasse mit 50 % H_2O (frisches Wald- u. Feldholz; $7,7 \text{ MJ kg}^{-1}$)

Erforderliche Fläche bei Biomasse mit $7,7 \text{ MJ kg}^{-1}$ („frisch“):
 65 Mio. t \rightarrow 4,3 – 13,0 Mio. ha (Ertrag 15 – 5 t TM ha⁻¹)
 und **Wirkungsgrad von 50 %: 8,6 – 26 Mio. ha**

Biomassekraftstoffpotenzial Deutschland



500 PJ =
Heizwert von
11,6 Millionen t Diesel
bzw.
12,5 Mio. t BtL

Grafik nach: <http://www.fnr-server.de>....
Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt <http://www.energetik-leipzig.de>....

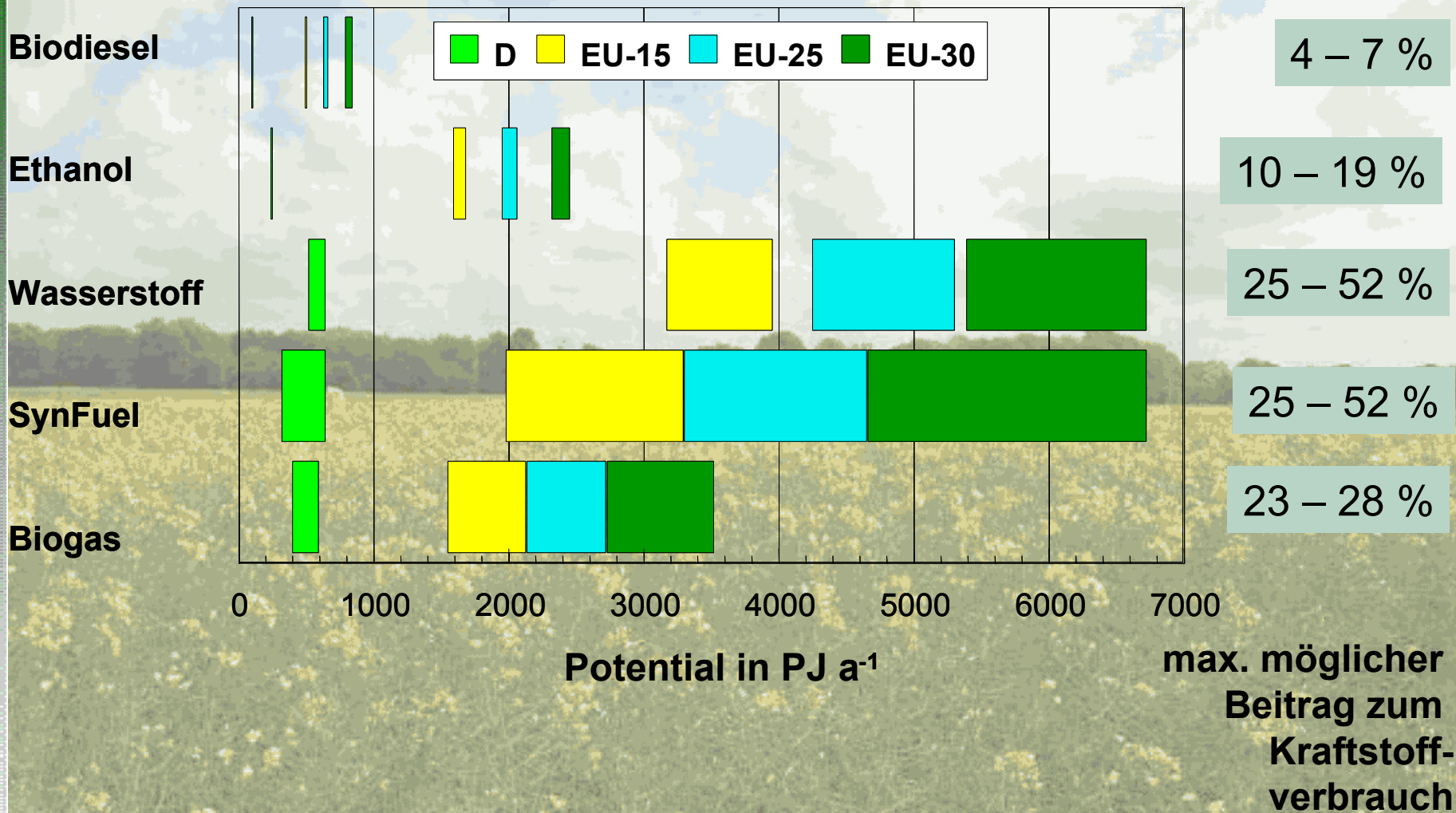
Landwirtschaftliche Nutzfläche: **18,9 Mio. ha** (davon ca. 2/3 Acker)

Waldfläche: **10,6 Mio. ha** (<http://www.destatis.de/basis/d/umw/ugrtab7.php>)

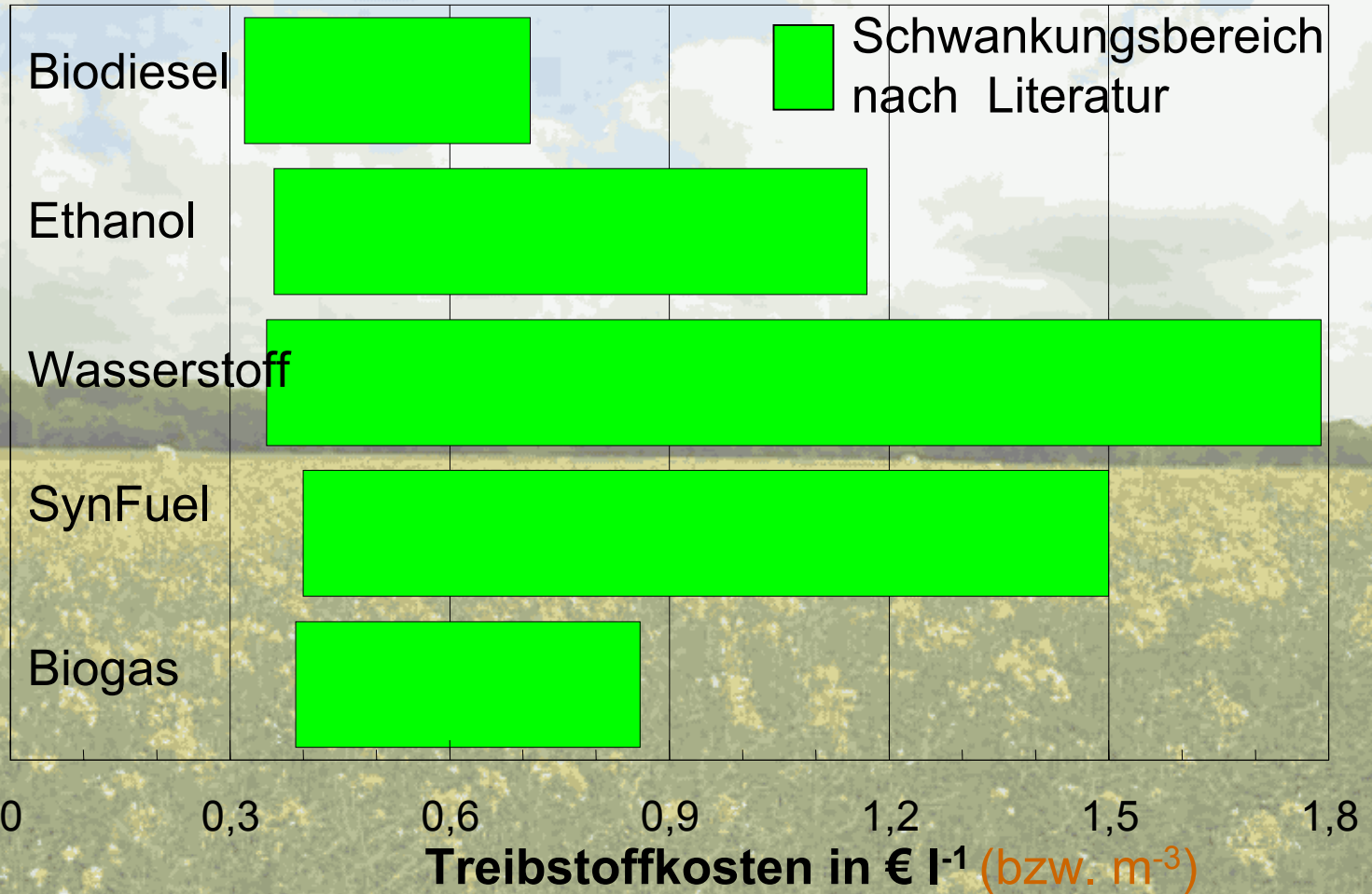
Erforderliche Fläche:

→ **8,6 – 26 Mio. ha**

Biokraftstoffpotenzial Europa



Treibstoffkosten nach Literatur



(Wasserstoff 10,7 MJ/m³ bzw. 120 MJ/kg; Biogas 26 MJ/m³ bzw. 21,6 MJ/kg)



Studie zur Errichtung einer Pilotanlage zur Trockenvergärung oder **Thermolyse von landwirtschaftlicher, forstwirtschaftlicher und gewerblicher **Biomasse** als Beispielobjekt für die **Landkreise Barnim und Uckermark****

Zeitraum: 07. – 12.2003

Ausführung: Leibniz-Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB)

Dr. Philipp Grundmann (Projektleiter)

Dr. Monika Heiermann

Prof. Dr. Hans Jürgen Hellebrand

Dipl.-Ing. Helen Jacobs

Dipl.-Ing. Christoph Luckhaus

Technologiekette BTL (SunFuel)



Biomassebereitstellung:
Ernte, Transport, Lagerung
(Energiepflanzen, Reststoffe)

Konditionieren
(verfahrensabhängig)

Pyrolyse

Vergasen

Gasaufbereitung

Fischer-Tropsch-Synthese

Anlagenkonzepte

Vergasung

Strom

Biomass-to-Liquid

Dezentral



50 MW_{th.}

-

Zentral



150 MW_{th.}

-

300 MW_{th.}

**400*10³ t
bzw. 300 MW_{th.}**

Anlagenkonzepte

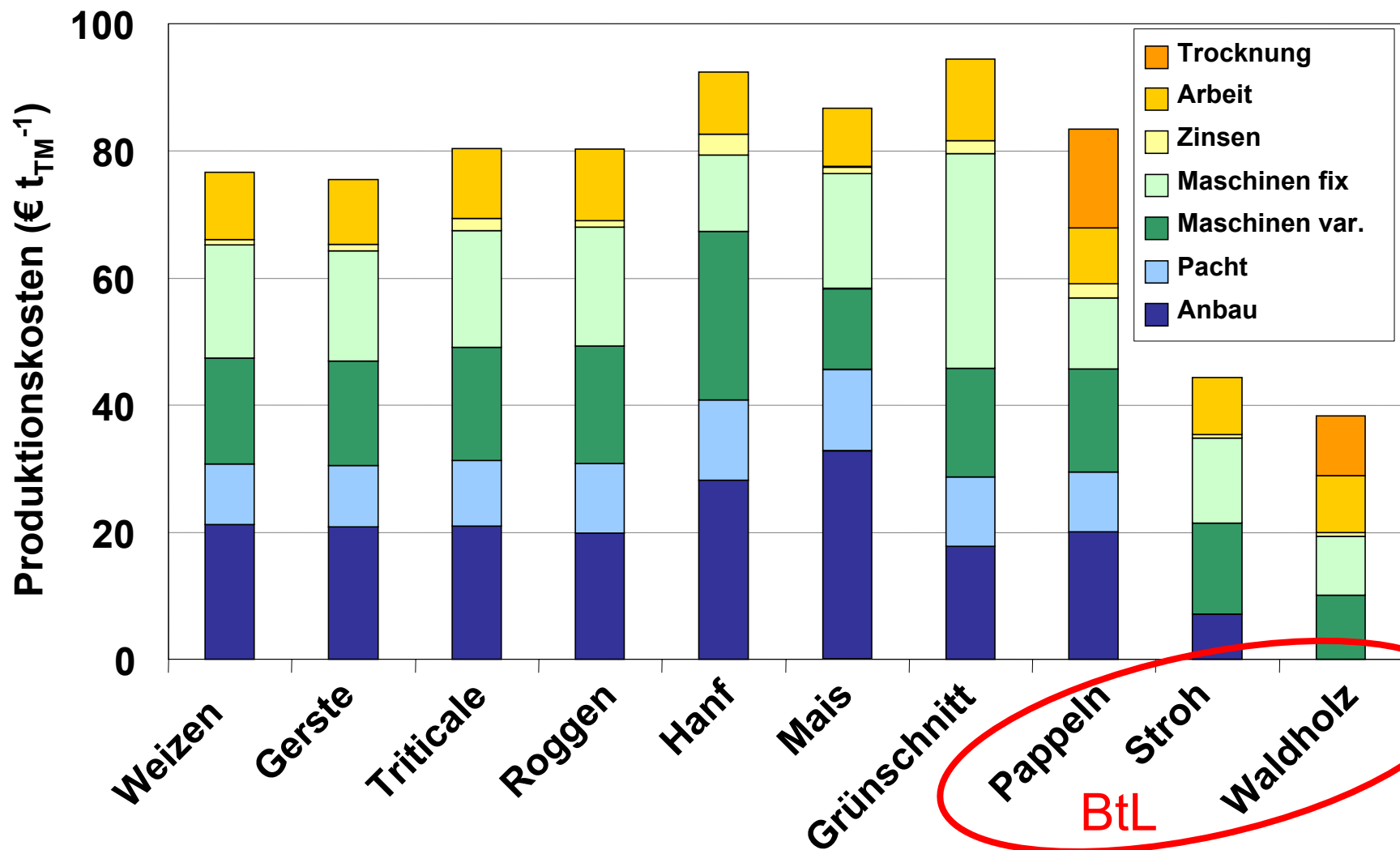
Einige Eckdaten zur BtL-Modell-Anlage:

Thermische Vergaserleistung:	300 MW (5,4 PJ/a)
Volllaststunden pro Jahr:	5000 h
Brennstoffbedarf:	390 000 t – 445 000 t mit 12,1 – 14,2 MJ/kg
Gesamtwirkungsgrad:	50,7% *

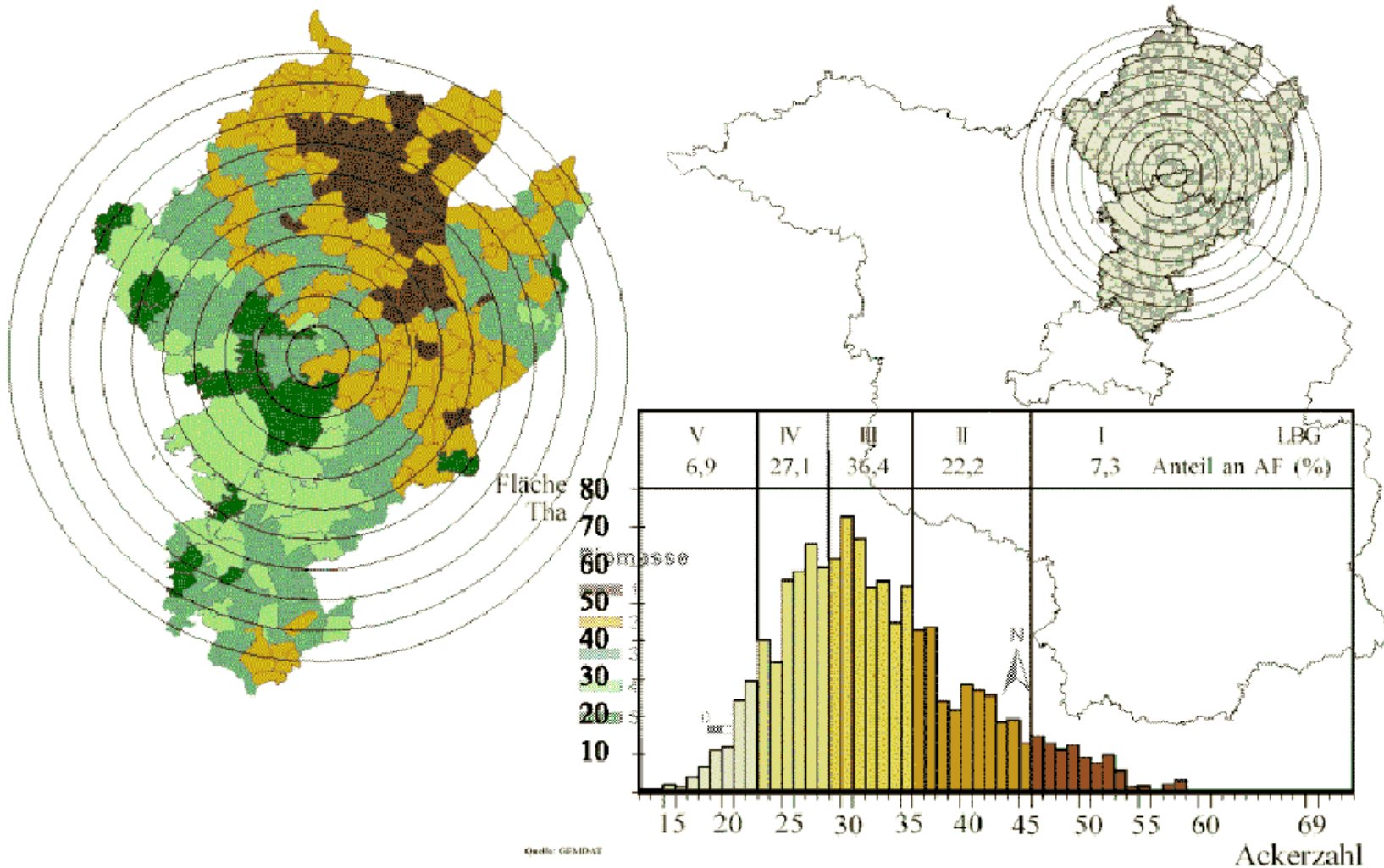
BtL-Syntheseproduktion:
71 000 – 76 000 t mit 38,5 MJ/kg
(Energie: 2,7 – 2,9 PJ/a)

* Wirkungsgrad Vergasen → Synthesegas:	0,847
Wirkungsgrad Gasreinigung:	0,967
Wirkungsgrad FT-Synthese:	0,619

Rohstoffkosten



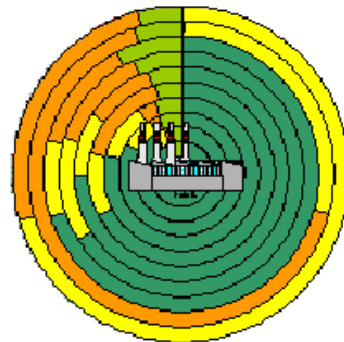
Einzugsgebiet einer BtL-Anlage mit einer Leistung von 300 MWth. bzw. $\sim 400.000 \text{ t a}^{-1}$



Verteilung der Ackerflächen in den Landbaugebieten Brandenburgs

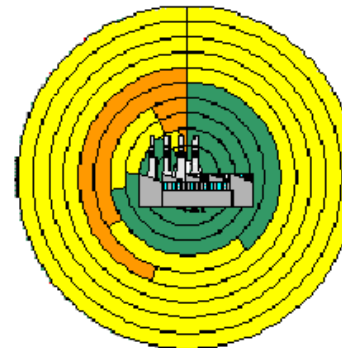
Rohstoffversorgung zur Vergasung

Szenario 1:
Energie-
pflanzenbau auf
10% der Fläche

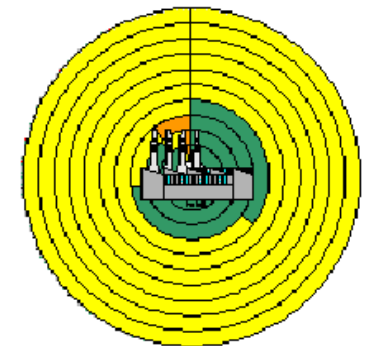


- Waldholz
- Stroh
- Energiepflanzen
- Grünschnitt

Szenario 2:
Energie-
pflanzenbau auf
20% der Fläche

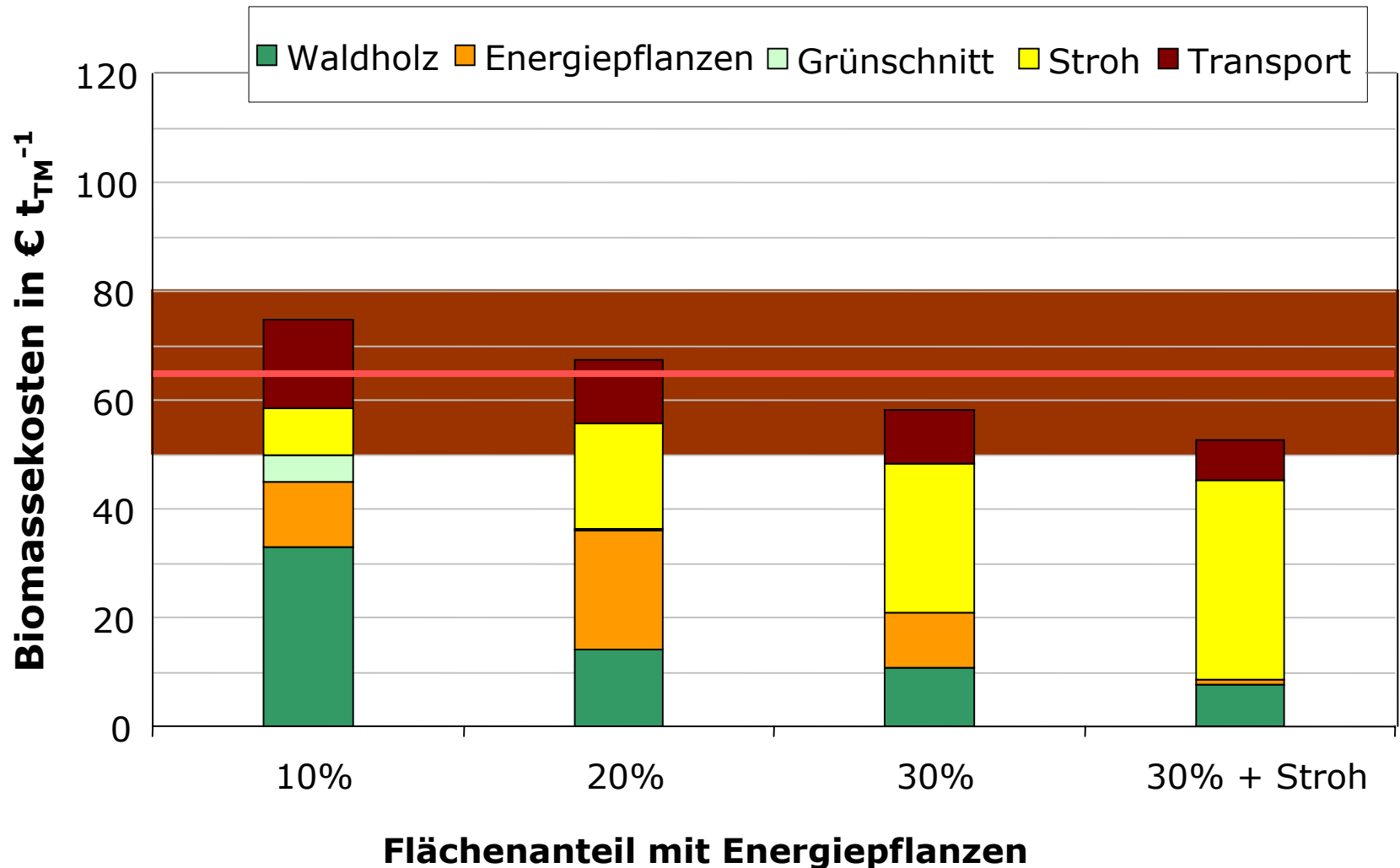


Szenario 3:
Energie-
pflanzenbau auf
30% der Fläche



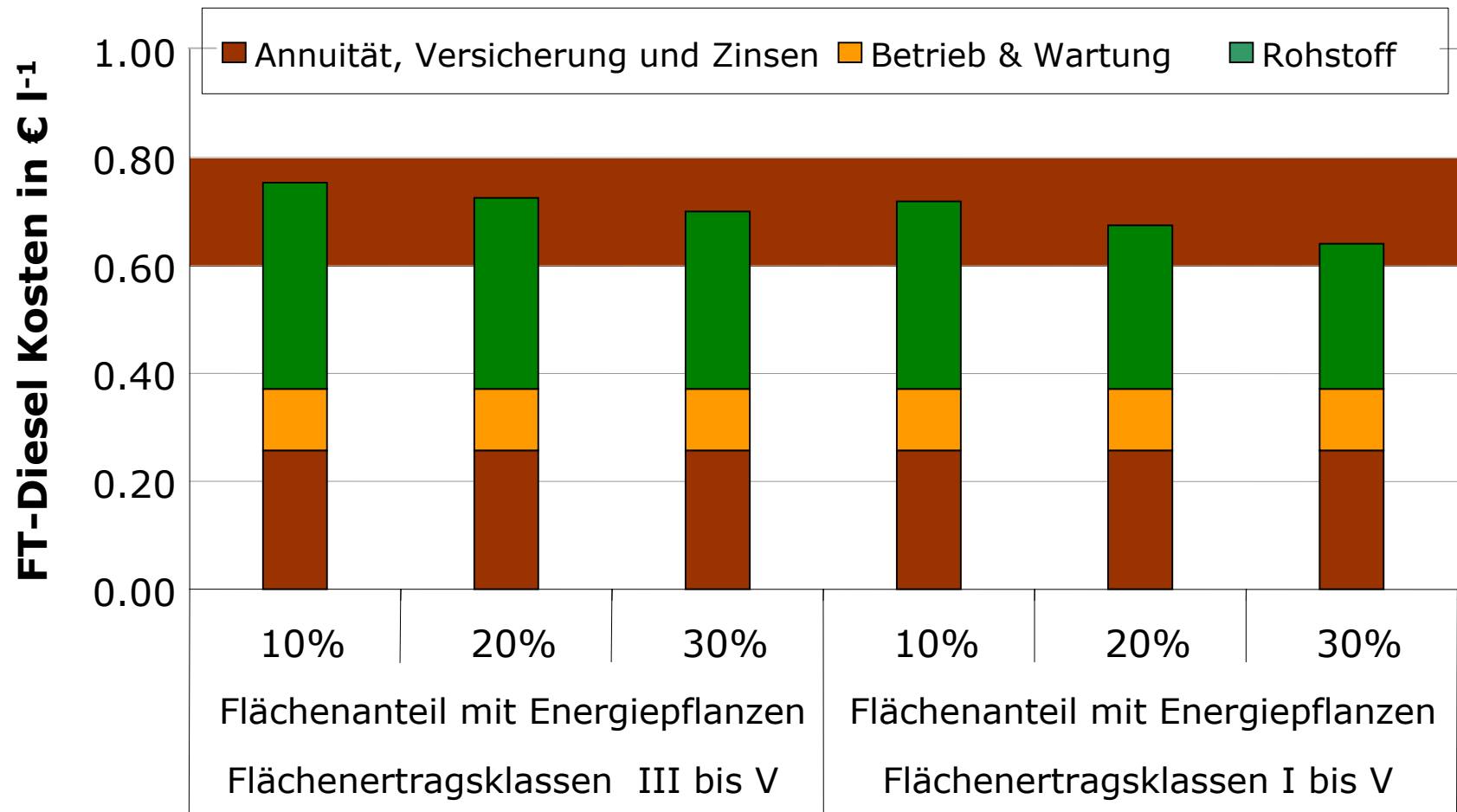
Rohstoff-Mix Ergebnisse

Rohstoffkosten für Vergasungsanlagen



Vergasung & BtL-Kraftstoff

Landnutzungsszenarien



Biomassetreibstoffchancen

- ★ Treibstoffanteil aus Bio- u. Reststoffen wird steigen.
- ★ Biomasse wird den Treibstoffbedarf nicht decken können, falls keine totale, globale „Mobilitätsänderung“ eintritt.
- ★ Synthetischen Treibstoffen aus Bio- und Reststoffen werden große Chancen eingeräumt, da emissionsarme Motoren mit verbesserten Wirkungsgraden möglich sein sollten.
- ★ Gegenwärtige Abschätzungen sprechen für eine ausreichende Wirtschaftlichkeit synthetischer Kraftstoffe.
- ★ Neben der erforderlichen Verfahrensentwicklung zur Anpassung an eine Vielfalt von Eingangsstoffen sind weitere Untersuchungen zur **Bereitstellung von Bio- u. Reststoffen** nötig. Ebenso sind die **ökologischen und sozioökonomischen Konsequenzen** und Rahmenbedingungen zu analysieren.

**BtL (SunFuel),
die Zukunft (?) (!)**

**→ z.T. !
Vielen**

**Dank
für**

Ihre

Aufmerksamkeit!

Gasförmige biogene Kraftstoffe

RICHTLINIE 2003/30/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 8. Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor

Anwendung (stationäre Gasmotoren):

Biogas (Methanogenese, auch Gärung bzw. anerobe Fermentation genannt)

Keine breite Anwendung:

Holzgas (Vergasung, Pyrolyse)

Biowasserstoff (Vergasung, Pyrolyse; Reformierung von Biogas und Bioethanol)

Biodimethylether (DME): Flüssiggas;
Herstellung über Synthesegas aus
Biomassevergasung und Biogas möglich)

Flüssige biogene Kraftstoffe

RICHTLINIE 2003/30/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES ...

Großtechnisch hergestellt:

Reines Pflanzenöl

(vorwiegend: Rapsöl in Europa und Sojaöl in den USA)

Biodiesel (Methylester* von Pflanzenöl)

Bioethanol (alkoholische Gärung – Brasilien: Zuckerrohr;
USA: Mais; Europa: Weizen, Zuckerrüben, ...)

Synthetische Biokraftstoffe - großtechnisch angewendet:

Bio-Ethyl-Tertiär-Butylether (ETBE) - Antiklopfmittel:

säurekatalysierte Umsetzung von Isobuten* mit Bio-Ethanol;
Herstellung auch über Vergasung von Biomasse
mit nachfolgender Synthese möglich)

* Mineralölbasis

Flüssige biogene Kraftstoffe

RICHTLINIE 2003/30/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES ...

Synthetische Biokraftstoffe – noch nicht verbreitet:

Biomethanol (Nebenprodukt bei Gärung;
Vergasung und Synthese von Biomasse)

Bio-Methyl-Tertiär-Butylether (MTBE): - Antiklopffmittel:
säurekatalysierte Umsetzung von Isobuten* mit Bio-Methanol;
wird bisher nur auf Mineralölbasis hergestellt)

BTL (Biomass-to-Liquid) – SunFuel

Herstellung über Vergasung von Biomasse
mit nachfolgender Synthese möglich

Weitere: **Pyrolyseöl** als Dieseleratz,

HTU-Diesel aus hydro-thermaler Umwandlung von Biomasse

HVO – Hydrated Vegetable Oil u.a.m.

* Mineralölbasis