

Ökobilanz von erneuerbaren Treibstoffen: Zusammenfassung verschiedener Studien

Niels Jungbluth
ESU-services GmbH, Uster, Schweiz



AKU – Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Umwelt
der Schweizerischen Evangelische Allianz, SEA
Klimaforum 2008: „Leere Bäuche – voller Tank“ vom 5. Juli 2008

Überblick

- Was sind erneuerbare Treibstoffe und wie werden sie hergestellt?
- Fragen zur Umweltbelastung
- Methodik der Ökobilanz
- Ergebnisse für verschiedene Treibstoffe
- Empfehlungen zur Mobilität

Warum der Biotreibstoffboom?

- Klimaschutz, da kohlenstoffneutral
- Umweltschutz, da natürlich und biogen
- Ressourcenschutz, da erneuerbar
- Politische Unabhängigkeit vom Erdöl
- Lokale Wertschöpfung für Landwirtschaft
- Sicherung der Geschäftsgrundlage für Autofirmen
- Anwendung von Gentechnik

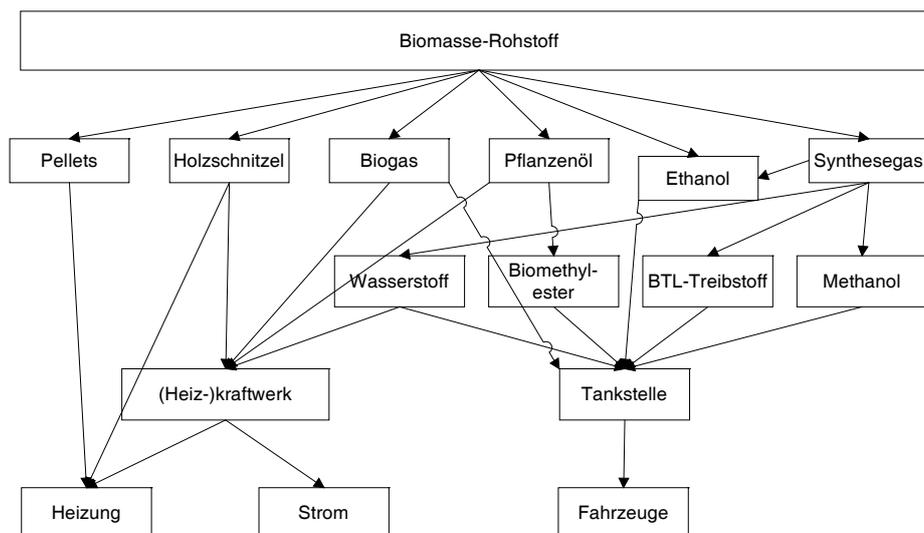
Fragen die heute beantwortet werden sollen

- Welche erneuerbaren Treibstoffe verursachen die geringsten Umweltbelastungen?
- Sind erneuerbare Treibstoffe umweltfreundlicher als fossile Treibstoffe?
- Welche erneuerbaren Treibstoffe sollen gefördert werden?
- Was kann der Einzelne tun?

Klassifizierung von Treibstoffen

- Chemische Zusammensetzung des Energieträgers
 - Methan, Ethanol, Methanol, Wasserstoff, Öl, Methyl Ester (XME), Kohlenwasserstoffgemisch (Benzin, Diesel, XTL, Synthetisch), ETBE, MTBE
- Genutzte Ressourcen
 - Nicht erneuerbare: Erdöl, Erdgas, Kohle, Nuklear
 - Erneuerbar: Nahrungsmittel, Energiepflanzen, Algen, Wald- bzw. Plantagenholz, Abfälle, Sonne, Wind
- Verarbeitungsprozess
 - Mechanisch, Chemische Reaktion, Thermische Behandlung, Fermentation, Vergärung, Vergasung, Fischer-Tropsch Synthese, Biotechnologie, Biomass-to-Liquid
- Marketing:
 - Sunfuel, Sundiesel, Ökodiesel, Biodiesel, Naturgas, 1st, 2nd, 3rd Generation

Nutzungspfade von Biomasse



Untersuchte Treibstoffe und Rohstoffe

XME	BTL / Methanol	Fossil
Pflanzliches Altöl	Miscanthus	Diesel
Raps CH/RER	Plantagenholz	Benzin
Sojaöl US / BR	Stroh	Erdgas
Palmöl MY	Waldholz	
Ethanol 99.7%	Restholz	
Holz	Industrieholz	
Gras	Methan 96%	
Kartoffeln	Gülle	
Zuckerrüben	Grüngut	
Molke	Klärschlamm	
Zuckerrohr BR	Molke	
Mais	Gras	
Roggen DE / RER	Holz	

Ausgewählte Methodische Grundlagen der Sachbilanz

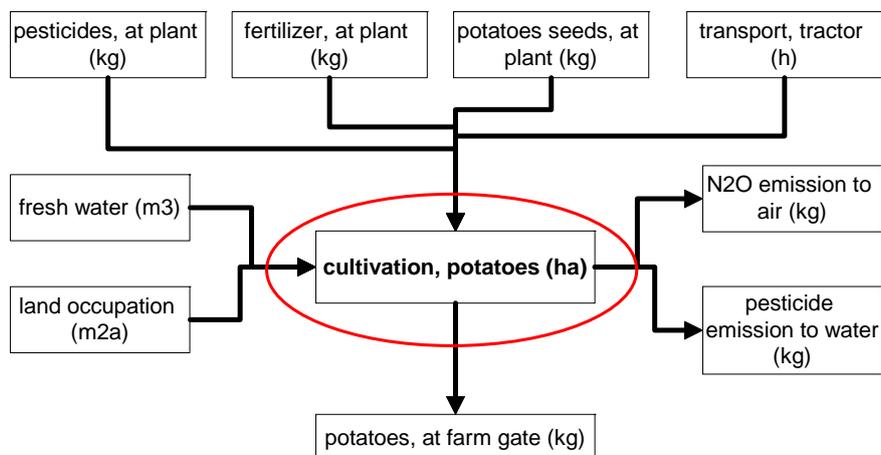
Untersuchung mit der Ökobilanz



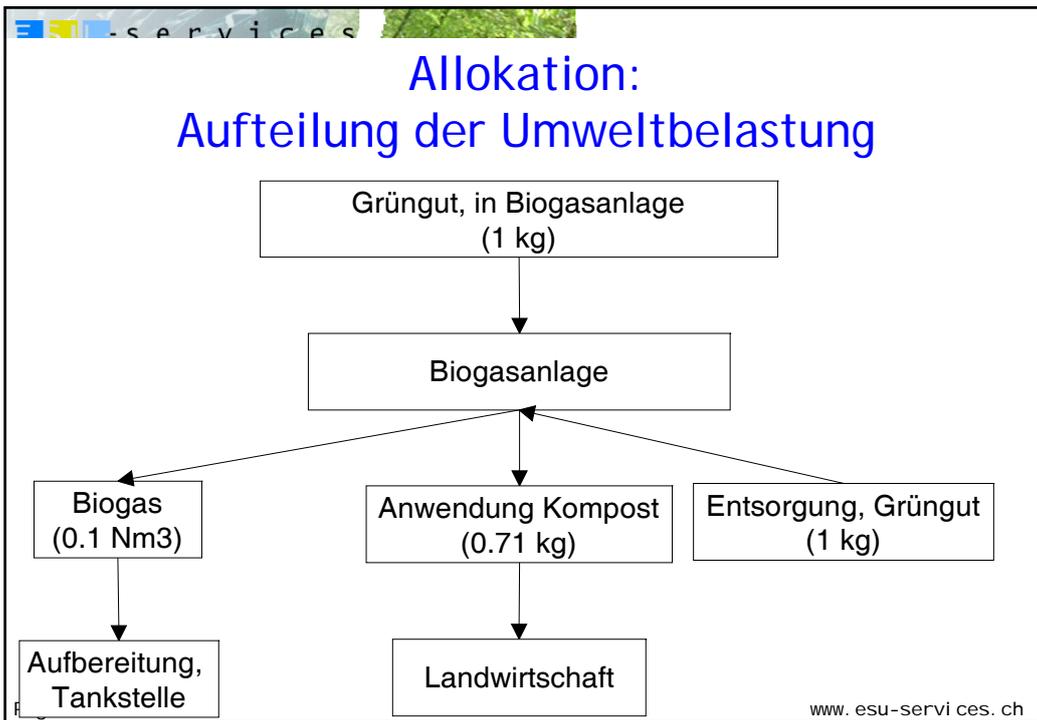
© LCA network food, final document

- Ökobilanz Untersuchung von der Wiege bis zum Grab
- Beurteilung aller Emissionen in Luft, Boden und Wasser
- Ermittlung der Ressourcenverbräuche wie Energie, Land und Mineralien

Sachbilanz der Energie und Materialflüsse



- Alle Inputs und Outputs werden für den untersuchten Prozess erfasst



ESU-services
fair consulting in sustainability

Allokation

- Allokationsprobleme sind oftmals entscheidend für die Beurteilung von Bioprodukten
- In diesem Projekt für jeden einzelnen In-/Output Allokation nach physikalischen oder monetären Gesetzmässigkeiten
- Berücksichtigung aller Produkte und Dienstleistungen, die Ertrag ergeben: Energieträger, Entsorgung, Kompost, Strom, Wärme, etc.
- Eindeutige Allokationsentscheidungen sind nicht möglich

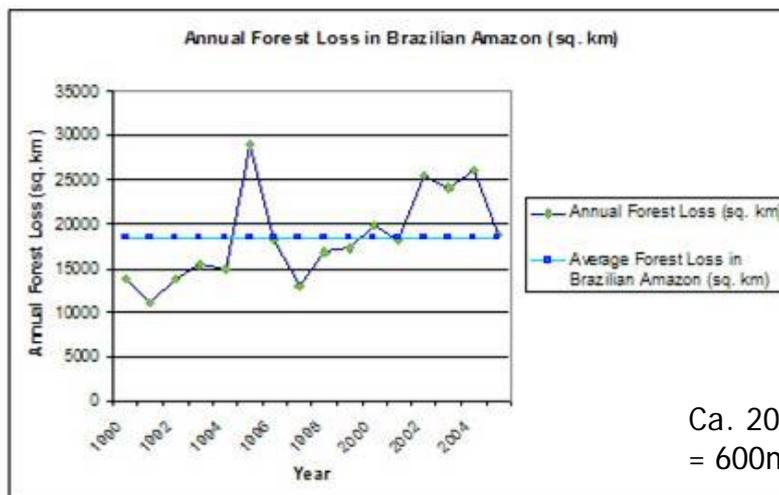
Page 12 www.esu-services.ch

Vergrößerung der Anbaufläche für Soja



This area was cleared by soybean farmers in Novo Progreso. Brazilian Government figures show that the rate of clearing has increased.

Jährlicher Verlust von Regenwald in Brasilien



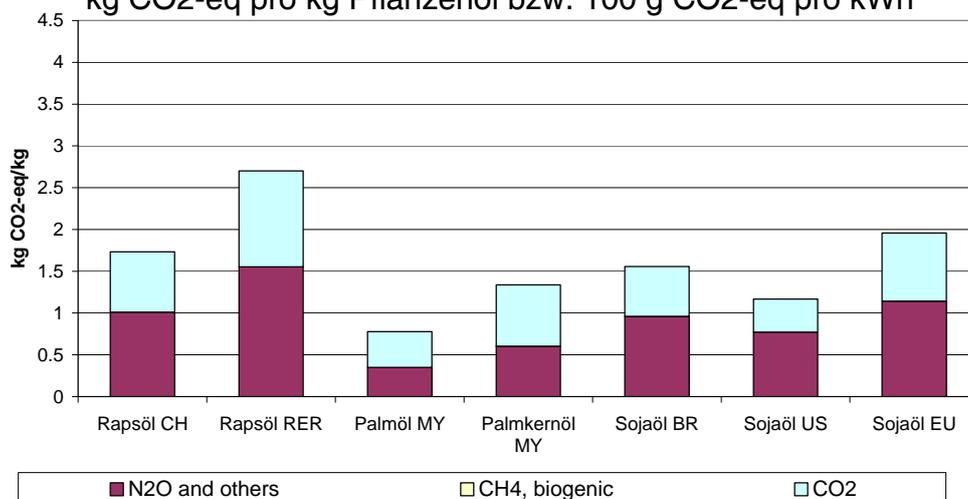
Ca. 20'000km²/a
= 600m² pro Sekunde

Abholzung von Primärwäldern

- Landwirtschaftliche Flächen werden auf Kosten von Primärwäldern ausgeweitet
- Die Landumwandlung führt zur Freisetzung von CO₂
- Verlust an Biodiversität
- Feinstaub aus der Biomasse Verbrennung gravierendes Umweltproblem in Süd-Ost Asien

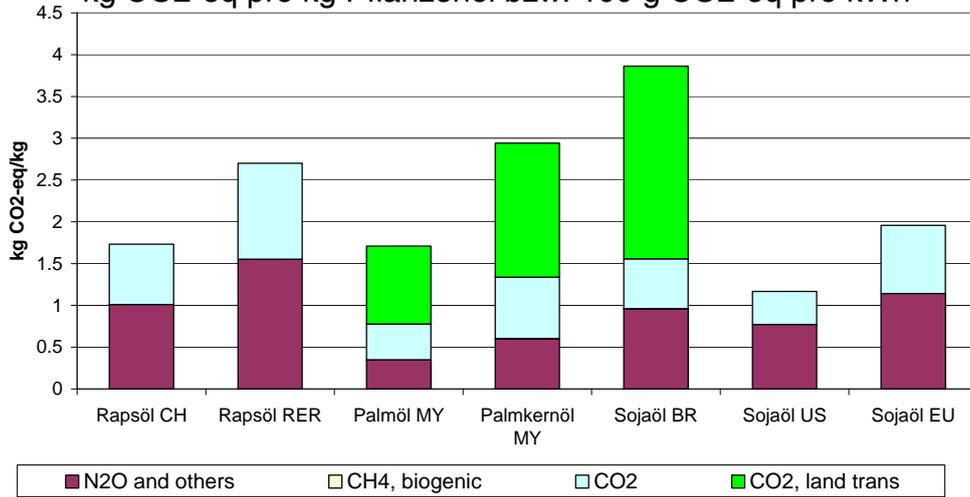
Treibhausgasemission von Pflanzenölen

kg CO₂-eq pro kg Pflanzenöl bzw. 100 g CO₂-eq pro kWh

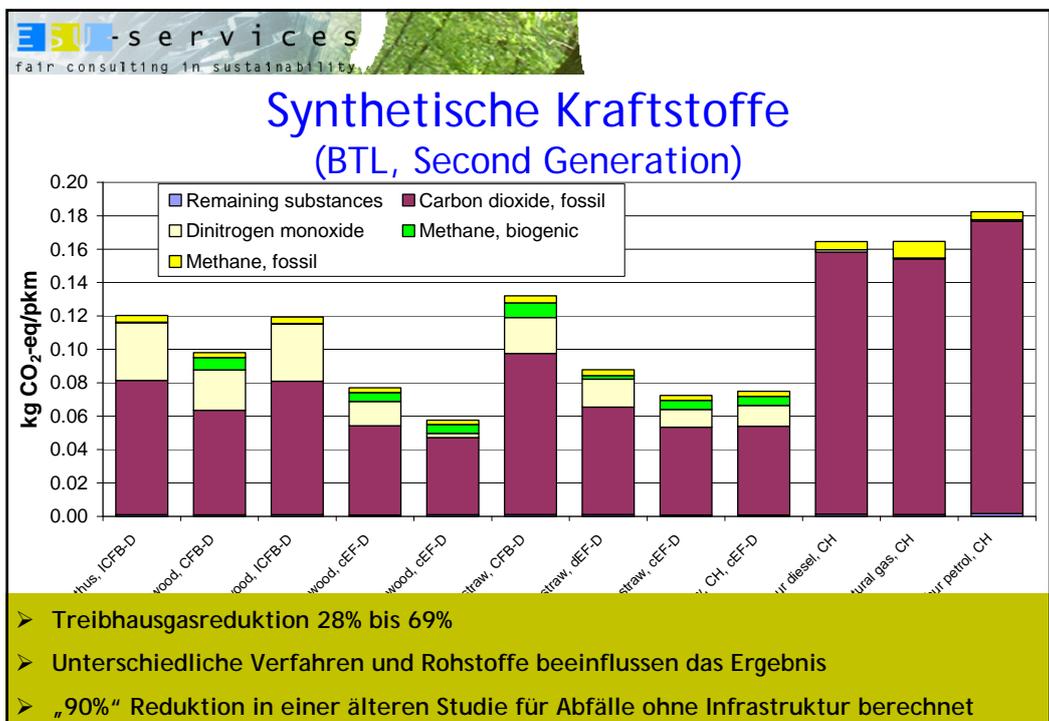
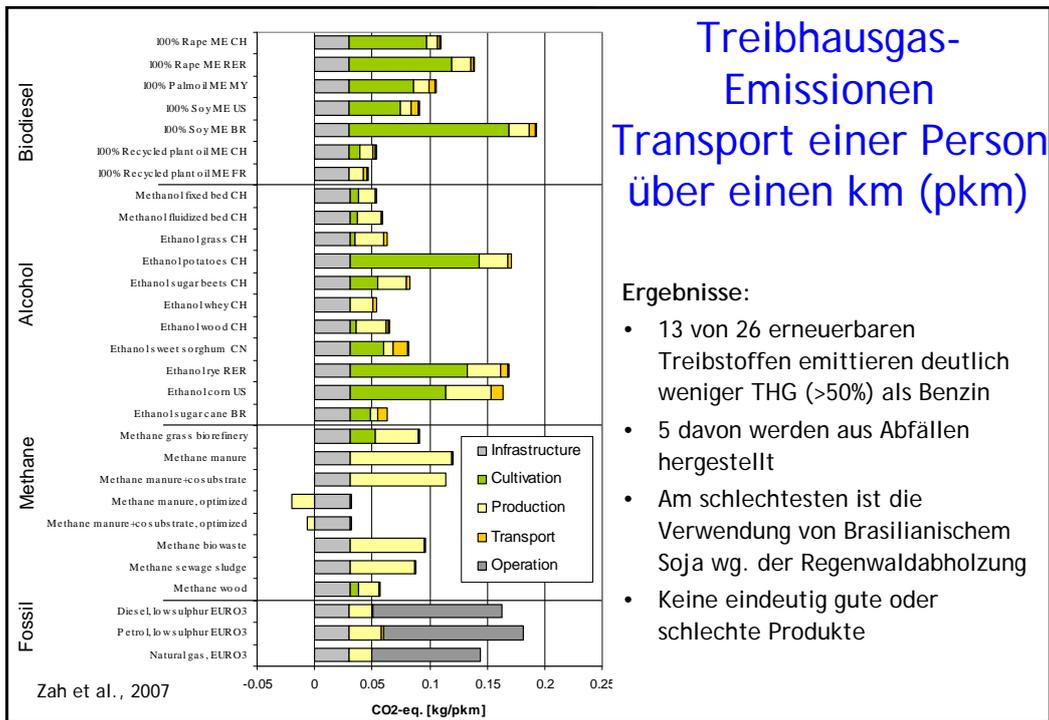


Treibhausgasemission von Pflanzenölen

kg CO₂-eq pro kg Pflanzenöl bzw. 100 g CO₂-eq pro kWh



Ökobilanzen von erneuerbaren Treibstoffen



Klimaschutz ist ein Problem...

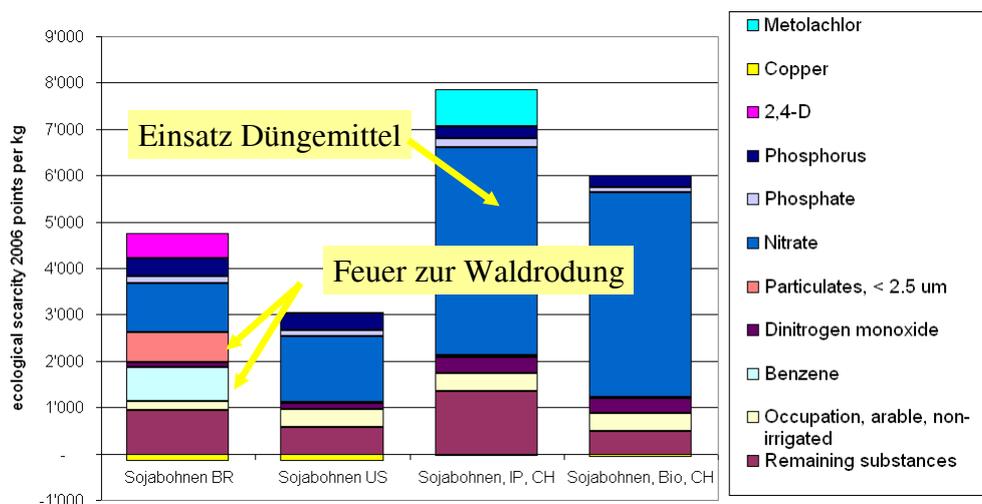
... aber es gibt andere Umweltprobleme:

- Ozonsmog
- Waldsterben
- Überdüngung
- Ozonabbau
- Toxizität
- Landnutzung
- Ressourcenverbrauch

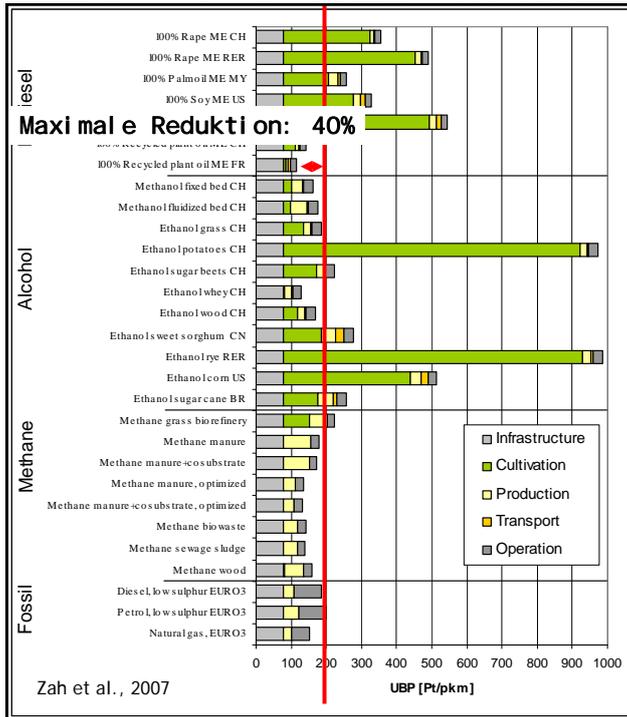
Alle Belastungen können
zusammengefasst werden:

- UBP'06
(Umweltbelastungspunkte)
- Eco-indicator 99 (H,A) Punkte

Umweltbelastung von Soja



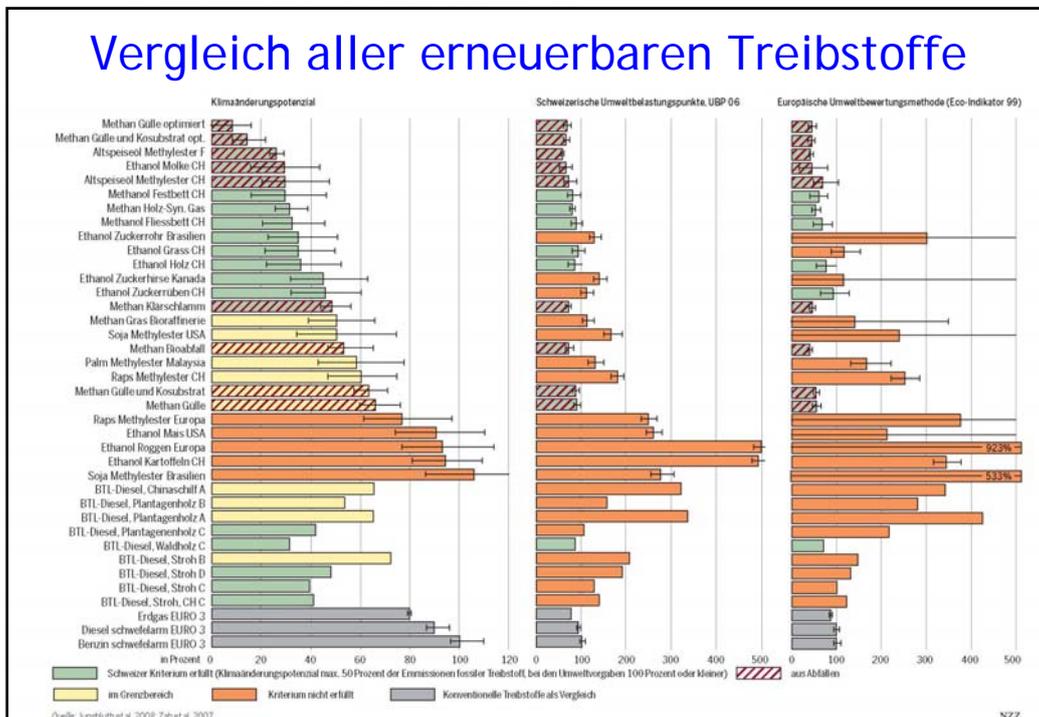
➤ Landwirtschaft in verschiedenen Ländern zeigt unterschiedliche Belastungen

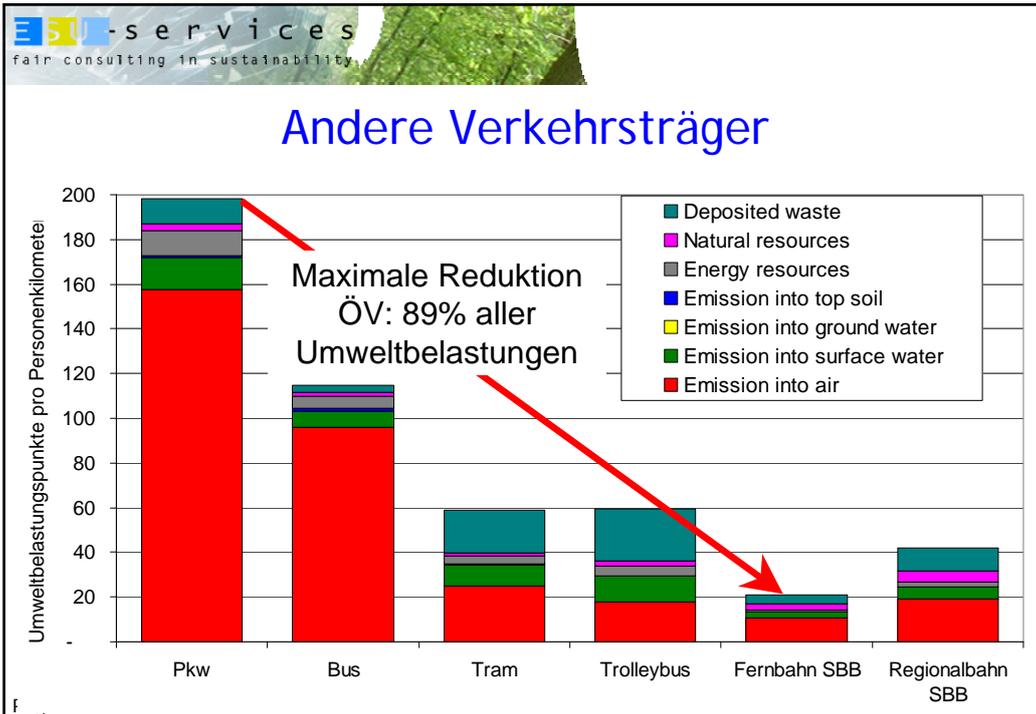


Gesamtbilanz (UBP 06)

Schlussfolgerungen:

- Landwirtschaft ist wichtig
- Etwa 40% der Umweltbelastungen durch den Verkehr stammen aus der Infrastruktur
- Maximale Reduktion durch XME aus Altöl: 40%
- Viele Agrotreibstoffe umweltbelastender als Benzin und Diesel





ESU-services
fair consulting in sustainability

Grenzen der Ökobilanz-Methodik

- Momentaufnahme für 2005
- Unterschiedliche Entwicklungsstufen bei den Technologien
- Keine Modellierung indirekter Auswirkungen (z.B. zusätzlicher Import bzw. Verteuerung von Nahrungsmitteln, Abholzung für Nahrungsmittelproduktion)
- Keine ökonomische und soziale Beurteilung
- Keine Potentialabschätzung

Page 26

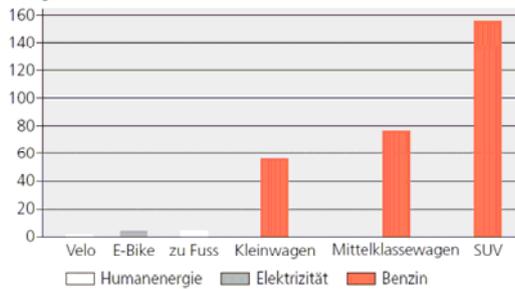
www.esu-services.ch

Wie weit komme ich damit?



Energiebedarf pro 100 Kilometer Fahrt

Energiebedarf in Kilowattstunden



- Je nach Auto: 5'000 – 30'000 km pro Fussballplatz
- Km pro 0.5 ha gemütlich mit dem Fahrrad:
12'500 (Kalbsfleisch), 65'000 (Wein), 400'000 (Weizen), 600'000 (Kartoffeln)

Schlussfolgerungen

- Erneuerbare Treibstoffe können das Klima schützen, sind aber nie klimaneutral
- Viele Treibstoffe aus Energiepflanzen verursachen insgesamt höhere Umweltbelastungen als Benzin
- Die Beurteilung hängt von der Art der Biomasse und weniger vom Treibstoff ab
- Die Verwendung von Abfällen ist günstig aber nur begrenzt möglich (z.B. Biogas aus Grüngut, Ethanol aus Holzabfällen)
- Erneuerbare Treibstoffe reduzieren nicht die wesentlichen anderen Auswirkungen des Autoverkehrs wie z.B. Strassen
- Positive ökologische Gesamtbilanz Voraussetzung für Steuerbefreiung in der Schweiz

Beurteilung der „zweiten Generation“ bzw. synthetischer Treibstoffe

- Treibhausgasreduktion 28% bis 69%
- Möglichkeit zur Verwendung von Abfällen z.B. Restholz
- Höhere Umweltbelastungen bei Verwendung landwirtschaftlicher Produkte
- Grosse Umwandlungsverluste trotz Nutzung der ganzen Pflanze
- Flächenkonkurrenz zum Nahrungsmittelanbau bleibt bestehen
- Nicht klar besser als bisherige Agrotreibstoffe

Empfehlungen zur Mobilität

1. Fahrrad oder öffentlichen Verkehr benutzen
2. Immer passendes Auto bezüglich Sitzplätzen und Zuladung leihen (→ Carsharing)
3. Das sparsamste Auto kaufen (VCS-Liste)
4. Treibstoffe aus Abfällen tanken
5. Andere erneuerbare Treibstoffe mit Herkunftsnachweis und evtl. Label tanken
6. Den „besten“ Treibstoff gibt es nicht, da es immer auf den Herstellungspfad drauf ankommt

Umweltliste für Autos

Die Top Ten der Naturgas- und Ethanol-Fahrzeuge

Rang	Marke	Modell	Klasse	Hubraum in cm³	Leistung in kW und PS	Getriebe	Treibstoffart	Gesamt- punkte	Bewertung	Gesamt- punkte	Bewertung
1	Ford	Focus / Kombi 1.8i FlexiFuel	Van	1798	92 / 125	m5	E85	88.9	★★★★★		
1	Renault	Mégane Grandtour 1.6	Untere Mittelklasse	1598	82 / 112	m5	E85	88.9	★★★★★		
1	Ford	Focus C-Max 1.8i FlexiFuel	Van	1798	92 / 125	m5	E85	88.9	★★★★★	83.5	★★★★★
4	Volvo	S40 / V50 1.8 Flexifuel	Mittelklasse	1798	92 / 125	m5	E85	88.8	★★★★★	83.0	★★★★★
5	Ford	Focus C-Max 1.8i CNG	Van	1798	91 / 124	m5	G	88.5	★★★★★	82.5	★★★★★
6	Ford	Fiesta 1.4 CNG	Kleinwagen	1388	58 / 79	m5	G	87.7	★★★★★	82.2	★★★★★
7	Ford	Ka 1.3i CNG	Kleinwagen	1299	51 / 69	m5	G	87.5	★★★★★	80.7	★★★★★
7	Ford	Focus 1.6i Kombi CNG	Untere Mittelklasse	1596	84 / 114	m5	G	87.5	★★★★★	79.5	★★★★★
7	Ford	Fusion 1.6	Van	1596	73 / 99	m5	G	87.5	★★★★★	79.5	★★★★★
10	Volvo	C30 1.8 Flexifuel	Untere Mittelklasse	1798	92 / 125	m5	E85	86.8	★★★★★	79.3	★★★★★
										78.8	★★★★★

▲ Mit Naturgas und Ethanol 85 betriebene Fahrzeuge erreichen die höchsten Punktezahlen. Der Treibstoff ist aber nicht in der ganzen Schweiz erhältlich. it unter die Top Ten
genannt. Grundsätzlich erreichen aber (er-)gasbetriebene Wagen die besten Ränge, mit unterschied zum Naturgas (Tabelle unten) enthält das Gemisch einen geringeren Anteil an Biogas.

Publikationen

- Vollständige Ökobilanz von erneuerbaren Treibstoffen für die Schweiz (<http://www.esu-services.ch/bioenergy.htm>)
- Ökobilanz der Herstellung von BTL-Treibstoffen (www.esu-services.ch/renew.htm)
- Ökobilanz der Nutzung von synthetischen Kraftstoffen (www.esu-services.ch/btl)

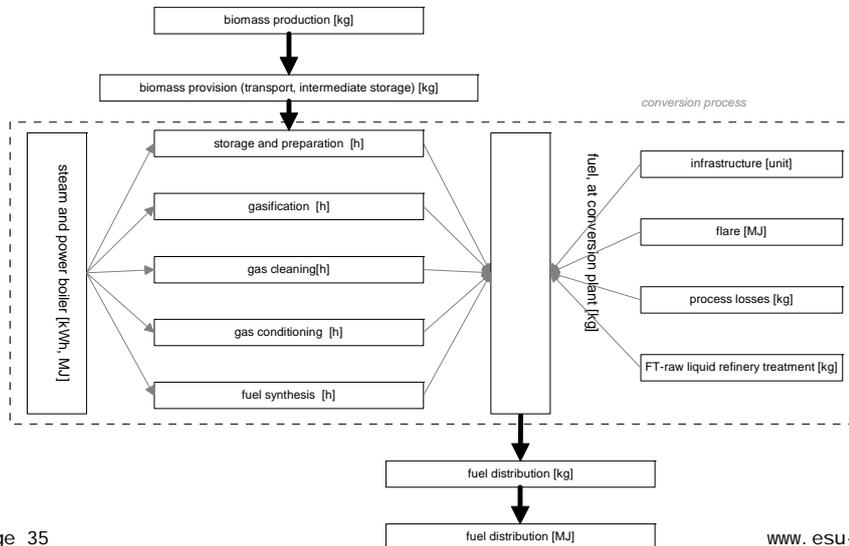
Annexe BTL

Life Cycle Assessment of BTL-fuel production

Questions addressed in the RENEW project

- Which production route developed within the RENEW project is the one with the lowest environmental impacts for a certain impact category ?
- Improvement options of production routes, e.g. biomass inputs
- Priorities for process development
- Scenarios for technology development for BtL-production plants and influence on results

Total system boundaries



System boundaries

- No modelling of intermediate flows between conversion stages
- Inventory of process stages per hour
- Emissions of power plant are allocated to heat and electricity based on exergy production
- No allocation of biomass input to by-products, like electricity

ESU-services
fair consulting in sustainability

Data quality description

Concept	Centralized Entrained Flow Gasification	Centralized Autothermal Circulating Fluidized Bed Gasification	Decentralized Entrained Flow Gasification	Allothermal Circulating Fluidized Bed Gasification	Entrained Flow Gasification of Black-Liquor for DME-production
Abbreviation	cEF-D	CFB-D	dEF-D	ICFB-D	BLEF-DME
Developer	UET	OUTEC	FZK	TUV	CHEMREC
Biomass input	Amount and type	Amount and type	Amount and type	Amount and type	Amount and type
Biomass type	Wood, straw	Wood, straw	Straw	Wood, miscanthus	Wood, black-liquor
Heat and electricity use	Provided	Provided	Provided and own-assumptions	Provided	Provided
Auxiliary materials	Hydrogen, Fe(OH) ₂	Filter-ceramic, RME, silica sand, quicklime, iron-chelated	Nitrogen, silica sand	Nitrogen, RME, quicklime, silica sand	None
Catalysts	Literature	Literature	Literature	Amount of zinc-catalyst	Literature
Concentration air emissions	CO	No data	H ₂ S	CO, CH ₄ , NMVOC	CO, H ₂ S, CH ₄
Other air emissions	Literature for gas-firing	Literature for gas-firing	Literature for gas-firing and own-calculations	Literature for gas-firing	Literature for wood-firing
Amount of air emissions	Calculated with emission-profile and CO ₂ emissions	Calculated with emission-profile and CO ₂ emissions	Calculated with emission-profile and own-assumptions on CO ₂	Calculated with emission-profile and CO ₂ emissions	Calculated with emission-profile and CO ₂ emissions
Effluents	Amount and concentration	Only amount. Rough-assumption on pollutants	Only amount. Rough-assumption on pollutants	Only amount. Rough-assumption on pollutants	Only amount. Rough-assumption on pollutants
Wastes	Amount and composition	Only amount	Only amount	Only amount	Only amount
Fuel-upgrading	Included in process-data	Standard RENEW model for upgrading	Standard RENEW model for upgrading	Standard RENEW model for upgrading	not necessary
Products	BTL-FT, electricity	FT-raw-product, electricity	FT-raw-product, electricity	FT-raw-product, electricity	BTL-DME

ESU-services
fair consulting in sustainability

General assumptions necessary

- Data provided had to be completed with general assumptions
- Emission profile based mainly on gas or wood power plants
- Waste and effluent composition available only from model calculation
- Catalyst use assessed based on literature

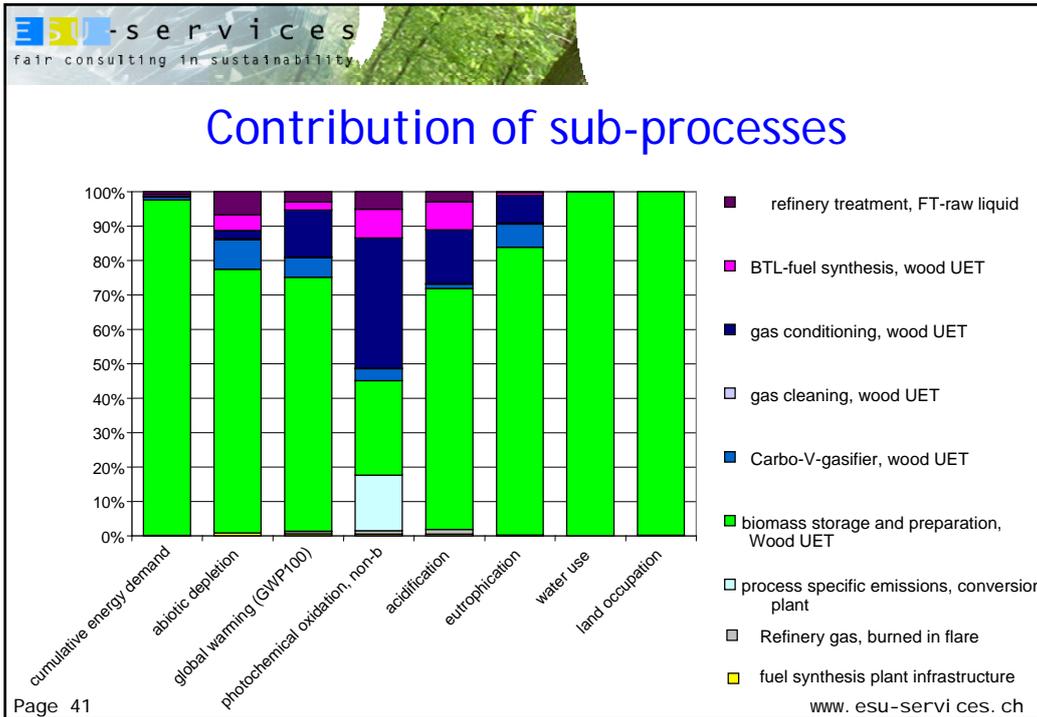
Page 38 www.esu-services.ch

Interpretation Biomass

- Main factors are fertilizer and diesel use and emissions due to use of fertilizers
- Small variations in scenarios
- General uncertainty in agricultural data is higher than the differences between scenarios
- Straw has lower impacts due to economic allocation, wood has higher or about the same impacts as miscanthus except for eutrophication

Key data starting point

Biomass	Product	Code	Developer	conversion rate (biomass to all liquids) energy	capacity biomass input (MW) energy	all liquid products (diesel, naphtha, DME) toe/h
Wood	BTL-FT	cEF-D	UET	53%	499	22.5
Straw	BTL-FT	cEF-D	UET	57%	462	22.3
Wood	BTL-FT	CFB-D	CUTEC	40%	485	16.6
Straw	BTL-FT	CFB-D	CUTEC	38%	463	15.0
Straw	BTL-FT	dEF-D	FZK	45%	455	17.5
Wood	BTL-FT	ICFB-D	TUV	26%	52	1.1
Miscanthus	BTL-FT	ICFB-D	TUV	26%	50	1.1
Wood	BTL-DME	BLEF-DME	CHEMREC	69%	500	29.0



ESU-services
fair consulting in sustainability

Well to tank comparison Starting Point

Biomass	Miscanthus	Straw	Straw	Straw	Wood	Wood	Wood	Wood
	Allothermal Circulating Fluidized Bed Gasification	Centralized Autothermal Circulating Fluidized Bed Gasification	Decentralized Entrained Flow Gasification	Centralized Entrained Flow Gasification	Centralized Autothermal Circulating Fluidized Bed Gasification	Allothermal Circulating Fluidized Bed Gasification	Centralized Entrained Flow Gasification	Entrained Flow Gasification of Black Liquor for DME-production
Process								
Code	ICFB-D	CFB-D	dEF-D	cEF-D	CFB-D	ICFB-D	cEF-D	BLEF-DME
Company	TUV	CUTECC	FZK	UET	CUTECC	TUV	UET	CHEMREC
Product	BTL-FT	BTL-FT	BTL-FT	BTL-FT	BTL-FT	BTL-FT	BTL-FT	BTL-DME
Category indicator								
cumulative energy demand	MJ-Eq 252%	186%	147%	115%	169%	263%	128%	100%
abiotic depletion	kg Sb eq 255%	260%	155%	121%	165%	257%	128%	100%
global warming (GWP100)	kg CO2 eq 226%	252%	128%	104%	171%	224%	116%	100%
photochemical oxidation, non-b	kg C2H4 244%	361%	258%	100%	292%	245%	104%	141%
acidification	kg SO2 eq 256%	192%	190%	100%	181%	289%	130%	133%
eutrophication	kg PO4-- eq 453%	207%	162%	106%	176%	300%	117%	100%
water use	m3 780%	151%	127%	100%	672%	1034%	508%	396%
land competition	m2a 631%	155%	139%	100%	610%	959%	458%	358%
	Min	Max						
Lowest impacts	100%	115%						
Low impact	116%	150%						
High impact	151%	250%						
Highest impacts	251%							

Page 42 www.esu-services.ch

Interpretation - Wood

- BLEF-DME lower than cEF-D for CED, abiotic depletion, global warming, eutrophication, acidification, water and land use
- BLEF-DME higher impacts than cEF-D for photochemical oxidation
- CFB-D 3rd rank for all category indicators
- ICFB-D has highest impacts in all categories because of low conversion efficiency to fuel (but by-product electricity)

Interpretation - Straw

- cEF-D lowest impacts for the conversion of straw followed by the dEF-D and the CFB-D process
- No clear recommendation comparing wood and straw
- Only one conversion process using miscanthus (ICFB-D)

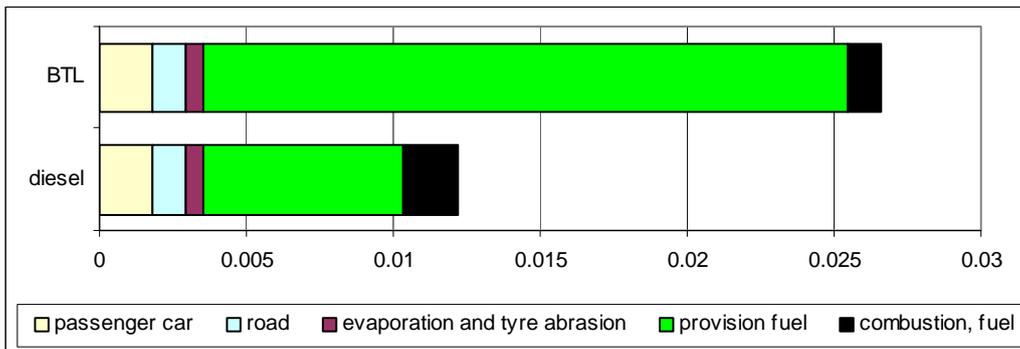
General improvement options

- Increase of FT-fuel yield
- Reduce emissions (CH₄, NMVOC, NO_x, particles) with off-gases and from the power plant
- Improve biomass provision and production
- Recycling of nutrients in slag and ashes

Limitations of the LCA study of BTL production

- Pesticides, heavy metals and impacts of land occupation for biomass production not considered in the assessment
- No agreement on reliability of assessment methodologies of toxicity impacts

Importance of process stages (Eco-indicator 99)



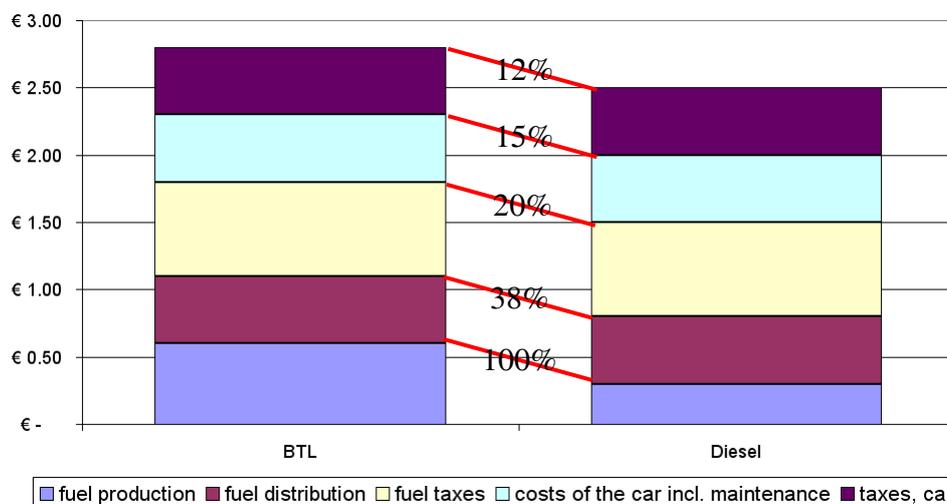
- The environmental impacts of roads and cars are assumed to be the same for all fuels

Reduction potential

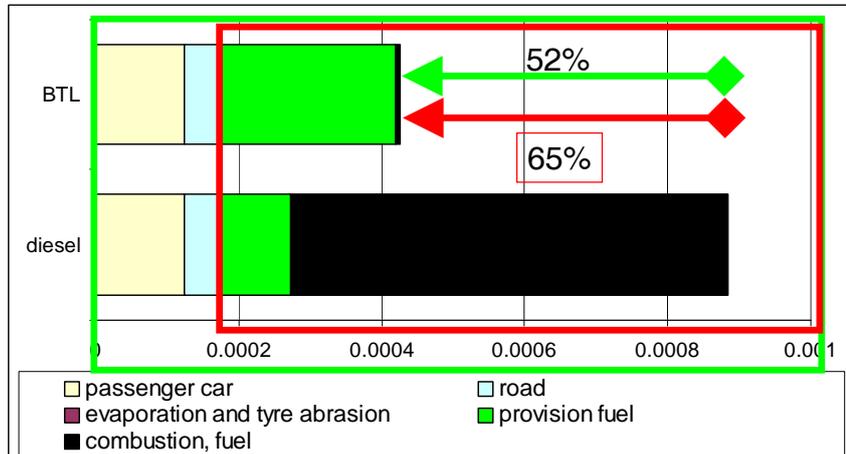
Questions to be answered

- Using BTL reduces the GWP by X% compared to fossil fuel
- Using a specific amount (e.g. 1 MJ or 1 kg) of BTL reduces the GWP by Y kg (or another appropriate unit) compared to fossil fuel

Calculations of potential reduction



Example GWP of BTL-Diesel



➤ Neglecting parts of the life cycle leads to different conclusions concerning reduction potentials expressed as a percentage

And again: How much better are biofuels?

- If we want an answer like „the use of biofuel has ???% lower GWP than fossil fuels“ than we have to include the all parts of the life cycle, e.g. for transports also cars and streets
- Neglecting certain parts of the life cycle, even if the same for both options, will bias the results
- System boundaries must be stated correctly if comparing reduction figures, e.g. well-to-wheel should include the wheel
- See www.esu-services.ch/btl/ for background paper

Annexe Bioenergy Project

Ökobilanz von Energieprodukten

Harmonization of data collection

- Clear definition of product properties
- Guidelines for allocation
- Standard assumptions for prices in allocation
- Standard distances for biomass transports
- Standard data for regional storage
- Carbon balance for biogenic fuels has been corrected in allocation according to product properties

ESU-services
fair consulting in sustainability

Beispiel für Sachbilanzdaten

Explanations	Name	Location	Unit	potatoes IP,	Standard deviation%	GeneralComment
				at farm		
	Location InfrastructureProcess Unit			CH 0 kg		
Technosphere	ammonium nitrate, as N, at regional storehouse	RER	kg	4.35E-4	1.07	(2,1,1,1,1,na) statistical data
	[sulfonyl]urea-compounds, at regional storehouse	CH	kg	2.69E-7	1.13	(2,2,3,1,1,na) statistical data
	potato seed IP, at regional storehouse	CH	kg	6.78E-2	1.07	(2,1,1,1,1,na) statistical data
	fertilising, by broadcaster	CH	ha	8.08E-5	1.07	(2,1,1,1,1,na) statistical data
	harvesting, by complete harvester, potatoes	CH	ha	2.69E-5	1.07	(2,1,1,1,1,na) statistical data
	transport, lorry 28t	CH	tkm	1.57E-3	2.71	(4,5,na,na,na,na) standard assumption
resource, in air	Carbon dioxide, in air		kg	3.42E-1	1.07	(2,2,1,1,1,na) calculation
resource, biotic	Energy, gross calorific value, in biomass		MJ	3.87E+0	1.07	(2,2,1,1,1,na) measurement
resource, land	Occupation, arable, non-irrigated		m2a	1.27E-1	1.77	(2,1,1,1,1,na) statistical data
	Transformation, from arable, non-irrigated		m2	2.69E-1	2.67	(2,1,1,1,1,na) statistical data
	Transformation, to arable, non-irrigated		m2	2.69E-1	2.67	(2,1,1,1,1,na) statistical data
air, low population density	Ammonia		kg	4.36E-4	1.30	(2,2,1,1,1,na) modell calculation
	Dinitrogen monoxide		kg	1.29E-4	1.61	(2,2,1,1,1,na) modell calculation
soil, agricultural	Cadmium		kg	2.62E-8	1.77	(2,2,1,1,1,na) modell calculation
	Chlorothalonil		kg	8.83E-5	1.32	(2,2,1,1,1,na) modell calculation
water, ground-	Nitrate		kg	9.36E-3	1.77	(2,2,1,1,1,na) modell calculation
	Phosphate		kg	3.06E-6	1.77	(2,2,1,1,1,na) modell calculation
water, river	Phosphate		kg	1.06E-5	1.77	(2,2,1,1,1,na) modell calculation
Outputs	potatoes IP, at farm	CH	kg	1.00E+0		

Page 55 www.esu-services.ch

ESU-services
fair consulting in sustainability

Bilanzierungsprinzip Landumwandlung

- Wie viel m² Fläche wurden für die Produktion im Jahr 2005 im Vergleich zu 2004 hinzugewonnen?
- Wie hoch sind die Luftemissionen pro m² abgeholzter Fläche?
- Allokation der Luftemissionen auf die Fläche und nicht auf das produzierte Holz
- Neu Kategorie CO₂, land transformation entsprechend den IPCC Bilanzen

Page 56 www.esu-services.ch

Berechnung Transformation

Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	soybeans, at farm
	BR			0 kg
Occupation, arable, non-irrigated			m2a	1.97E+0
Transformation, to arable, non-irrigated			m2	3.93E+0
Transformation, from forest, intensive, clear-cutting			m2	6.22E-2
Transformation, from arable, non-irrigated			m2	3.77E+0
Transformation, from shrub land, sclerophyllous provision, stubbed land	BR		m2	6.22E-2

Berechnung Abholzung

Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	round wood, clear-cutting, primary forest	round wood, primary forest, clear-cutting, at forest road	provision, stubbed land
	BR			0 ha	0 m3	0 m2
round wood, primary forest, clear-cutting, at forest road	BR	0	m3	5.21E+1	100	-
provision, stubbed land	BR	0	m2	1.00E+4	-	100
Wood, primary forest, standing	-	-	m3	1.82E+2	29	71
Transformation, from tropical rain forest	-	-	m2	1.00E+4	-	100
Transformation, to forest, intensive, clear-cutting	-	-	m2	1.00E+4	-	100
power sawing, without catalytic converter	RER	0	h	1.24E+1	100	-
Carbon dioxide, land transformation	-	-	kg	1.20E+5	-	100
Carbon monoxide, fossil	-	-	kg	7.84E+3	-	100
Methane, fossil	-	-	kg	5.14E+2	-	100

Structuring of life cycles stages

- Mix of different inputs, e.g.
 - Rape seeds IP and organic used in oil pressing
 - Different biogas processes used as input to grid
 - Mix of different ethanol pathways used as filling for car
- Modelling of average cases
- Data can be easily disaggregated if single pathways are of interest
- Change of market situation must be considered in each study using the data

Transport services investigated in this project

- Passenger cars
 - Compressed natural gas
 - Methane 96%
 - Ethanol 5%
 - Methanol 100%
 - Plant oil methyl ester 5%
 - ETBE 15%
 - EURO 3, 4, 5 for petrol and diesel
- Trucks
 - Rape seed methyl ester 100%

ESU-services
fair consulting in sustainability

Inventory Clear Cutting

Name	Location	Infrastructure reProcess	Unit	clear-cutting, primary forest	round wood, primary forest, clear-cutting, at forest road	provision, stubbed land
Location InfrastructureProcess Unit				BR 0 ha	BR 0 m3	BR 0 m2
round wood, primary forest, clear-cutting, at forest road	BR	0	m3	5.21E+1	100	-
provision, stubbed land	BR	0	m2	1.00E+4	-	100
Wood, primary forest, standing	-	-	m3	1.82E+2	29	71
Transformation, from tropical rain forest	-	-	m2	1.00E+4	-	100
Transformation, to forest, intensive, clear-cutting	-	-	m2	1.00E+4	-	100
power sawing, without catalytic converter	RER	0	h	1.24E+1	100	-
Carbon dioxide, land transformation	-	-	kg	1.20E+5	-	100
Carbon monoxide, fossil	-	-	kg	7.84E+3	-	100
Methane, fossil	-	-	kg	5.14E+2	-	100

Page 61 www.esu-services.ch

ESU-services
fair consulting in sustainability

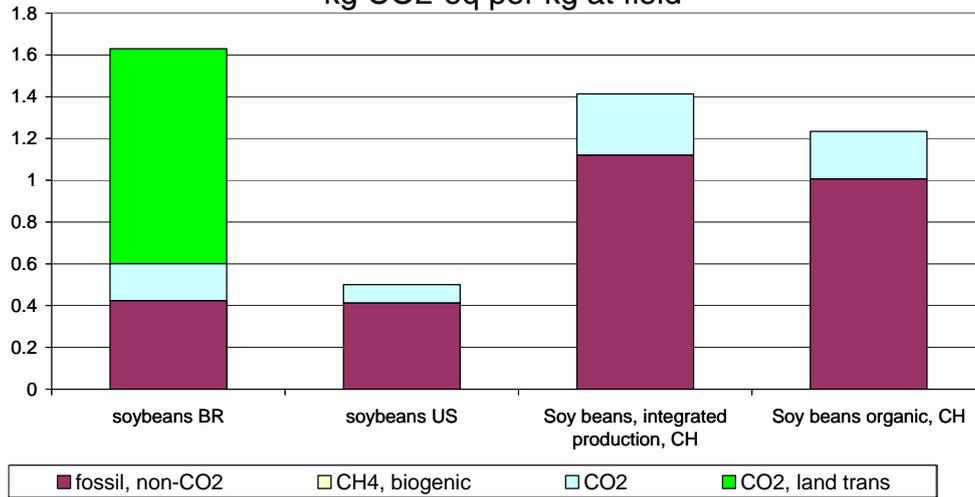
Inventory agricultural product

Name	Location	Unit	soybeans, at farm
Location InfrastructureProcess Unit			BR 0 kg
Occupation, arable, non-irrigated		m2a	1.97E+0
Transformation, to arable, non-irrigated		m2	3.93E+0
Transformation, from forest, intensive, clear-cutting		m2	6.22E-2
Transformation, from arable, non-irrigated		m2	3.77E+0
Transformation, from shrub land, sclerophyllous		m2	1.03E-1
provision, stubbed land	BR	m2	6.22E-2

Page 62 www.esu-services.ch

Soybean greenhouse gases

kg CO₂-eq per kg at field



Produktion von Zuckerrohr

Landwirtschaft



Ernte per Hand bzw. maschinell

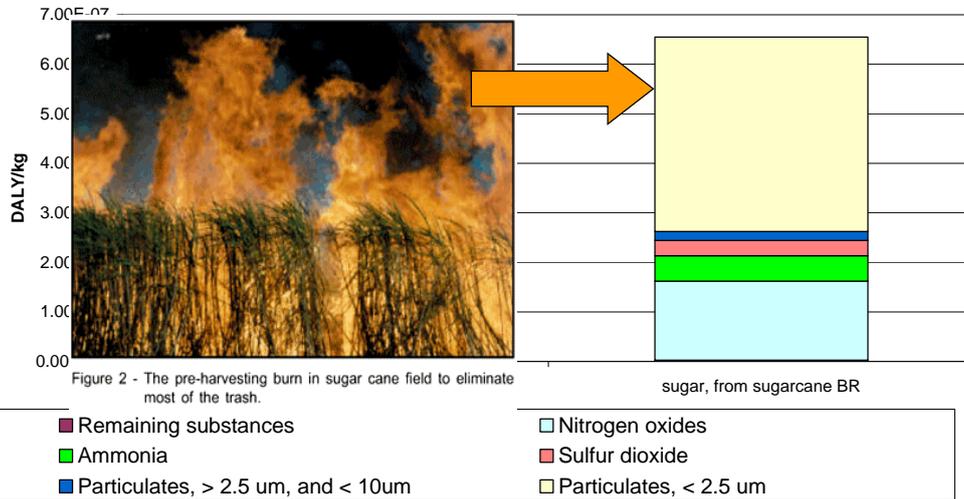


Zucker /Ethanol Produktion



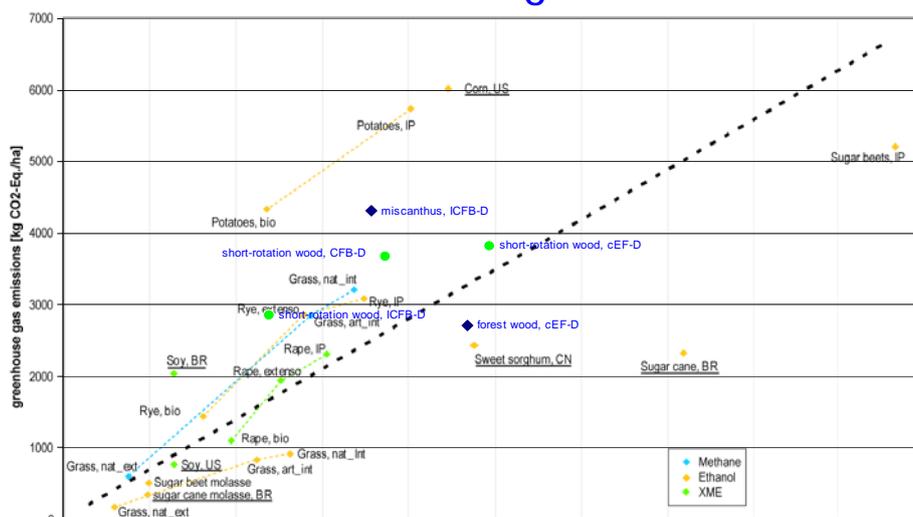
➤ Atemwegseffekte durch Rauch aus der Verbrennung von Ernteresten

Zuckerproduktion



➤ Atemwegseffekte, inorganic, Eco-indicator 99 (H,A), Verbrennung von Ernteresten

Fahrkilometer mit Ertrag aus einem Hektar



➤ Grosse Unterschiede in Abhängigkeit von Rohstofftertrag und Nebenprodukten