



Fachtagung



„Regionale Bioalkoholherstellung aus biogenen Reststoffen“

Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion unter
Einbeziehung biogener Reststoffe

Dr. Beate Zimmermann

Universität Hohenheim

Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

Zielsetzung



- Analyse der Wirtschaftlichkeit der Bioethanol-
erzeugung unter Einbeziehung lignocellulose-
haltiger Rohstoffe:
 - am Beispiel der Maissilage
- Kombination von Ethanol- und Biogas-
erzeugung (dezentral und nachhaltig)
- Anlagengröße 2 Mio. l Ethanol



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

- Stoffflüsse aus dem Forschungsprojekt
Re2Alko

- Kalkulationsdaten, Anlagenbauer, Anlagen-
betreiber, Literatur

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

Szenarien



Cellulose-Anlage:

- Ethanol: Triticale + **Maissilage**
- Biogas: Schlempe + 1/3 Triticalestroh

Vergleichsszenario:

Triticale-Anlage:

- Ethanol: Triticale
- Biogas: Schlempe, Maissilage + 1/3 Triticalestroh

Anlagenbeschreibung



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

		Triticale- Anlage	Cellulose- Anlage
Rohstoffbasis	Brennerei	Triticale	Triticale Maissilage
	Biogas	Maissilage Schlempe Stroh	Schlempe Stroh
Anlagenkapazität	Brennerei		
	Ethanol (Mio. l)	2,0	2,0
	Biogas		
Strom (GWh)	9,735	5,192	
BHKW (kW _{el})	1200	650	
Investitionskosten	Brennerei (Mio. €)	1,4	1,8
	(€/hl A.)	70	90
	Biogas (Mio. €)	3,6	2,4
(€/kW _{el})	3000	3692	
	Summe	5,0	4,2

Rohstoffflächenbedarf



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

	Triticale- Anlage	Cellulose- Anlage
Anbaufläche (ha)		
Triticale	720	550
Silomais	350	150
Triticalestroh	240	183
Summe	1070	700
Ethanolерzeugung (l/ha)	2778	2824
(kWh/ha*)	16389	16663
Brutto-Energieerzeugung		
Ethanol (kWh/ha)	11028	16663
Methan :		
- Stromerzeugung (kWh/ha)	9098	7418
- Wärme hoch (kWh/ha)	6033	6861
- Wärme niedrig (kWh/ha)	4022	3894
Methan gesamt (kWh/ha)	19154	18173
Gesamtenergie (kWh/ha)	30182	34835

*) Rohstofffläche

Rohstoffpreise



Preisszenarien:

- Herstellungskosten („Preis-Untergrenze“)
- Aktuelle Marktpreise („Preis-Obergrenze“)

	Herstellungskosten			Marktpreise €/t
	Erzeugung €/t	Transport (25 km) €/t	Gesamtkosten €/t	
Maissilage	25	10	35	45
Triticale	125	5	130	220
Stroh	23	27	50	100



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

Stromvergütung (2013)



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

Cent/kWh	Triticale- Anlage	Cellulose- Anlage
Grundvergütung	11,62	12,35
Zusatzvergütung		
- Vergütungsklasse I (Mais)	4,13	
- Vergütungsklasse II (Stroh)	0,91	1,31
Gesamtvergütung	16,65	13,65

Produktionskosten für Ethanol



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

	Triticale-Anlage			Cellulose-Anlage		
	Getrennt	Kombination		Getrennt	Kombination	
	Markt- preise €/1000 l	Markt- preise €/1000 l	Herstellungs- kosten €/1000 l	Markt- preise €/1000 l	Markt- preise €/1000 l	Herstellungs- kosten €/1000 l
Rohstoffe	1007	1007	656	675	675	424
Energie	244	242	242	327	294	294
Arbeit	108	108	108	106	106	106
Kapital	236	236	236	191	191	191
sonstiges	273	273	273	255	250	250
Summe Kosten	1868	1866	1515	1553	1516	1265
Energieerträge	810	923	923	359	509	509
Nährstofferrträge	164	164	164	103	103	103
Summe Leistungen	975	1088	1088	461	612	612
Prod.kosten für Ethanol	893	779	428	1092	904	653
<i>Nicht bewertete nutz. Wärme (kWh)</i>	3228	1708	1708	2429	351	351
<i>Wärmewert</i>	129	68	68	97	14	14
Kosten mit Wärmenutzung	764	710	359	994	890	639

Produktionskosten für Ethanol



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

	Triticale-Anlage			Cellulose-Anlage		
	Getrennt	Kombination		Getrennt	Kombination	
	Markt- preise €/l	Markt- preise €/l	Herstellungs- kosten €/l	Markt- preise €/l	Markt- preise €/l	Herstellungs- kosten €/l
Rohstoffe	0,55	0,55	0,33	0,61	0,61	0,39
Energie	0,14	0,13	0,13	0,28	0,25	0,25
Arbeit	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08
Kapital	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07
Betriebskosten	0,03	0,03	0,03	0,07	0,07	0,07
Unterhalt/Vers.	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Summe Kosten	0,85	0,85	0,63	1,15	1,11	0,90
Nebenprodukte	0,18	0,18	0,18	0,21	0,21	0,21
Prod.kosten Brennerei	0,68	0,67	0,45	0,94	0,90	0,69
Ergebnis Biogas	-0,22	-0,10	0,02	-0,15	0,00	0,03
Prod.kosten Gesamt	0,89	0,78	0,43	1,09	0,90	0,65

Entwicklung der Rohölpreise



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

Preisentwicklung Rohöl (Brent Crude, Nordseeöl) in Euro Preis in Euro pro Barrel Rohöl

Tief: **51,20 €** Hoch: **96,51 €**

05. Feb 2010 - 04. Feb 2013



Rohölpreise aktuell



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

2010-2013	Rohölpreise (Brent Crude)	
	€/Barrel	€/l
Min	51	0,32
Max	97	0,61
04.02.2013	85	0,53



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

Kraftstoffkosten und Umwelteffekte

		Benzin	Ethanol	
			min	max
Kosten	€/l	0,53	0,65	0,90
	€/kWh	0,06	0,11	0,15
Kostendifferenz	€/l		0,12	0,37
	€/kWh		0,05	0,09
CO₂-Emmissionen	g CO ₂ -äq./MJ	84	20	
	kg CO ₂ -äq./kWh	0,302	0,072	
CO₂-Vermeidung				
- Ethanol	kg CO ₂ -äq./kWh		0,231	
	kg CO₂-äq./ha		3848	
- Gesamtanlage	kg CO ₂ -äq./kWh		0,534	
	kg CO₂-äq./ha		8895	
CO₂-Vermeidungskosten				
- Ethanol	€/t CO ₂ -äq.		210	394
	- Gesamtanlage	€/t CO ₂ -äq.	91	170
Externe Kosten*) (Klimafolgeschäden)				
min	€/t CO ₂ -äq.		20	
Mittel	€/t CO ₂ -äq.		70	
max	€/t CO ₂ -äq.		280	

*) Umweltbundesamt 2007: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

Kraftstoffkosten und Umwelteffekte

		Benzin	Ethanol	
			min	max
Kosten	€/l	0,65	0,65	0,90
	€/kWh	0,08	0,11	0,15
Kostendifferenz	€/l		0,00	0,25
	€/kWh		0,03	0,08
CO₂-Emissionen	g CO _{2-äq.} /MJ	84	20	
	kg CO _{2-äq.} /kWh	0,302	0,072	
CO₂-Vermeidung				
- Ethanol	kg CO _{2-äq.} /kWh	0,231		
	kg CO _{2-äq.} /ha	3848		
- Gesamtanlage	kg CO _{2-äq.} /kWh	0,534		
	kg CO _{2-äq.} /ha	8895		
CO₂-Vermeidungskosten				
- Ethanol	€/t CO _{2-äq.}	150		
- Gesamtanlage	€/t CO _{2-äq.}	65		
Externe Kosten*) (Klimafolgeschäden)				
min	€/t CO _{2-äq.}	20		
Mittel	€/t CO _{2-äq.}	70		
max	€/t CO _{2-äq.}	280		

*) Umweltbundesamt 2007: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden

Kosten von Klimafolgeschäden



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

		Benzin	Ethanol
CO₂-Emissionen	kg/l	2,604	0,424
	kg/kWh	0,303	0,072
Umweltkosten*)			
min	€/l	0,05	0,01
mittel	€/l	0,18	0,03
max	€/l	0,73	0,12
min	€/kWh	0,006	0,001
mittel	€/kWh	0,021	0,005
max	€/kWh	0,085	0,020

*) Umweltbundesamt 2007: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann

Berücksichtigung von Umweltkosten



		Benzin			Ethanol	
					min	max
Preise/Kosten	€/l	0,40	0,50	0,60	0,65	0,90
Kosten incl. Umweltkosten*)						
min	€/l	0,45	0,55	0,65	0,66	0,91
mittel	€/l	0,58	0,68	0,78	0,68	0,94
max	€/l	1,13	1,23	1,33	0,77	1,02
Preise/Kosten	€/kWh	0,05	0,06	0,07	0,11	0,15
Kosten incl. Umweltkosten*)						
min	€/kWh	0,05	0,06	0,08	0,11	0,15
mittel	€/kWh	0,07	0,08	0,09	0,12	0,16
max	€/kWh	0,13	0,14	0,15	0,13	0,17

*) Umweltbundesamt 2007: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden



Fachtagung

„Regionale

Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

- Kosten der Sicherung ölpolitischer Interessen
- Volkswirtschaftliche Effekte von Importeinsparungen
- Tank-to-wheel-Effekt (Kraftstoffeffizienz)
- Bewertung der Endlichkeit natürlicher Ressourcen

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

Hemmnisse:

- hohe Rohstoffpreise
- unsichere Ethanolpreise
- hoher Investitionsbedarf
- hohes Risiko

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

Chancen:

- Nachfrage nach Bioethanol vorhanden (Beimischungsquote, Importbedarf)
- vorhandene Produktionskapazitäten
- bei günstigen Rohstoffbeschaffungsmöglichkeiten (Reststoffe/Abfälle)
- bei planbaren Ethanolpreisen (Politik)
- bei Förderung der Bioenergie der zweiten Generation

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann



Fachtagung

„Regionale
Bioalkoholherstellung
aus biogenen
Reststoffen“

5. Februar 2013

Hohenheim

- Bioethanolerzeugung ist energieeffizient und mit hohen CO₂-Einsparungen darstellbar
- Wettbewerbsfähigkeit am Markt ist unter gegenwärtigen Rahmenbedingungen (ohne Berücksichtigung verschiedener externer Effekte) nur bedingt gegeben

„Wirtschaftlichkeit der
Bioethanolproduktion
unter Einbeziehung
biogener Reststoffe“

Universität Hohenheim
Institut für
landwirtschaftliche
Betriebslehre 410B

Dr. Beate Zimmermann