



Sachstandsbericht

zur

Erzeugung von Bioethanol für den Kraftstoffsektor bzw. für technische Anwendungen in kleintechnischen Anlagen

Themenblatt-Nr.: 42.17.430

Langtitel: Produktion und Verwendung von Biokraftstoffen in der Landwirtschaft,
Dezentrale Ölsaatenverarbeitung

Kurztitel: Biokraftstoffe in der Landwirtschaft

Projekt: Öl-, Energie- und Industriepflanzen

Projektleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Abteilung: Pflanzenproduktion

Abteilungsleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Laufzeit: 01/2002 bis 12/2010

Auftraggeber: TMLNU, TLL

Namen der Bearbeiter: Dipl. Ing. (FH) Christina Warsitzka
Dipl. Ing. agr. Torsten Graf
Dr. habil. Armin Vetter

Jena, im März 2007

(Prof. Dr. Gerhard Breitschuh)
Präsident

(Dr. habil. Armin Vetter)
Projektleiter

1 Rahmenbedingungen

Den neuesten gesetzlichen Rahmen für die Etablierung von Biokraftstoffen auf dem deutschen Markt bilden das am 01.08.2006 in Kraft getretene Energiesteuergesetz [1] und das am 01.01.2007 in Kraft getretene Biokraftstoffquotengesetz [2]. Nach dem Energiesteuergesetz ist für Energieerzeugnisse, die Biokraft- oder Bioheizstoffe enthalten, Steuerentlastung bis 31.12.2009 gesichert. Die Steuerentlastung wird in Höhe der auf den Biokraft- oder Bioheizstoffanteil entfallenden Steuer gewährt. Ausnahmen bilden Fettsäuremethylester und Pflanzenöl, für die anteilig bis zum Jahre 2012 ansteigende Steuern erhoben werden.

Durch die Regelungen des Biokraftstoffquotengesetzes wird die Mineralölwirtschaft ab dem 01.01.2007 ordnungsrechtlich verpflichtet, einen wachsenden Mindestanteil an Biokraftstoffen bezogen auf den gesamten jährlichen Otto- und Dieselmotorkraftstoffabsatz beizumischen. Weiterhin ist ab dem Jahre 2009 eine Gesamt-Quote von zunächst 6,25 % ansteigend bis zum Jahre 2015 von 8,00 % zu realisieren (Tabelle 1). Die Quoten beziehen sich auf den Energiegehalt der Kraftstoffe. Dabei wird der Energiegehalt vom Bundesfinanzministerium für fossile Ottokraftstoffe mit 32,48 MJ/l und für Bioethanol mit 21,06 MJ/l angegeben.

Tabelle 1: Quoten für die Zumischung laut Biokraftstoffquotengesetz

Jahr	Benzin-Quote (Mindestanteil oder Unterquote) energieäquivalent	Gesamt-Quote energieäquivalent
2007	1,20 %	-
2008	2,00 %	-
2009	2,80 %	6,25 %
2010	3,60 %	6,75 %
2011	3,60 %	7,00 %
2012	3,60 %	7,25 %
2013	3,60 %	7,50 %
2014	3,60 %	7,75 %
2015	3,60 %	8,00 %

Die Gesamtquote kann sowohl durch Biodiesel, Rapsöl, Bioethanol bzw. ETBE (enthält 47 % Bioethanol) oder andere Biokraftstoffe in Reinform oder als Beimischung realisiert werden. Ab 2009 ist also zwischen einem Mindestanteil oder Unterquote und der Gesamtquote zu unterscheiden. Der Anteil an Biokraftstoffen der für die Erfüllung des Mindestanteils und für die Erfüllung der Gesamtquote eingesetzt wird, egal ob als Beimischung oder Reinkraftstoff, ist mit dem vollen Steuersatz, bei Benzin sind dies 65,45 Cent/l, zu versteuern.

Reinkraftstoffe jenseits der Quotenerfüllung, bei Bioethanol in Form von E 85 (85 % Bioethanol, 15 % Benzin), Biokraftstoffe der 2. Generation (BtL und Bioethanol aus Lignocellulose) sowie Biogas sind bis Ende 2015 zu 100 % steuerbegünstigt. Dabei ist jährlich der Nachweis zu erbringen, dass diese Steuerbegünstigung nicht zu einer Überkompensation der Mehrkosten bei der Erzeugung dieser Biokraftstoffe führt.

Legt man die neuesten Prognosen des Mineralölwirtschaftsverbandes (MWW-Prognose 2025 vom 27.06.2006), die 2007 von einem Otto-Kraftstoffverbrauch von 22,0 Mio. t ausgehen, zugrund, beträgt der Bedarf an Bioethanol 390.000 t. Bei sinkendem Otto-Kraftstoffverbrauch bis zum Jahre 2010 auf 20,5 Mio. t ergibt sich zur Erfüllung der Unterquote ein Bedarf an Bioethanol von 1,09 Mio. t. Bei Erfüllung eines Mengenzielanteils von 6,75 % am Ottokraftstoff im Jahre 2010 werden 2,05 Mio. t Bioethanol gebraucht (Energietisch; Heizwert Ethanol 27 MJ/kg; Normalbenzin 40 MJ/kg) [3].

Zur Erfüllung der Gesamtquote steht Bioethanol mit den anderen Biokraftstoffen insbesondere mit Biodiesel im Wettbewerb.

Voraussetzung für die Steuerbegünstigung sowohl als Reinkraftstoff als auch für die Beimischung ist die Einhaltung vorgegebener Normen. Für Bioethanol gelten die Anforderungen der DIN EN 15376 (Entwurfsnorm, Stand: Mai 2006).

2 Stand der Ethanolproduktion

In den neuen Bundesländern existieren mit Stand Ende 2006 3 Großanlagen auf der Basis Getreide für die Produktion von Bioethanol. Die europaweit größte der Südzucker-Gruppe mit einer Kapazität von 260.000 m³ befindet sich in Zeitz. Zwei Anlagen der Sauter-Gruppe in Schwedt und Zörbig haben Kapazitäten von 180.000 - 230.000 bzw. 80.000 - 100.000 m³. Eine Kleinanlage in Seyda (Sachsen-Anhalt) produziert ebenfalls auf der Basis von Getreide nach Erweiterung ihrer Kapazität 7.500 m³ 91%-igen Rohalkohol für technische Zwecke. In Herne stellt die Sasol Germany GmbH 25.000-60.000 m³ durch Absolutierung her. Die KWST Hannover produziert 60.000 m³, darunter 40.000 m³ nur Absolutierung, Im gesamten Bundesgebiet (aber nicht in Thüringen) existieren 1.056 Brennereien darunter 851 landwirtschaftliche Brennereien mit einer maximalen Anlagenkapazität von über 869.000 m³. Im Jahre 2002/2003 wurden über 217.000 m³ Rohalkohol (85 Vol.-%) produziert, davon von landwirtschaftlichen Brennereien 75.500 m³.

Die Firma WABIO[®] Bioenergietechnik GmbH & Co. Biokraftwerk KG, die zu 51 % den Stadtwerken Leipzig gehört, will 2007 die Produktion von 8.400 m³ Bioethanol in Verbindung mit einer Biogasanlage in Bad Köstritz aufnehmen. Die Anlage sollte bereits im Sommer 2006 fertig gestellt sein. Es sind weitere Anlagen dieser Unternehmensgruppe in Ostthüringen und im Raum Leipzig geplant.

Für 2007/2008 sollen Produktionsstätten errichtet werden, die Zuckerrüben als Rohstoff einsetzen. Dies ist als eine Folge der neuen EU-Zuckerrübenmarktordnung zu werten. So erweitert die Südzucker-Gruppe am Standort Zeitz durch den Bau einer neuen Anlage und Einbeziehung der bestehenden Anlage ihre Kapazität um 100.000 m³ durch die Verarbeitung von 1.000.000 t Zuckerrüben. Neben SÜDZUCKER bauen noch NORDZUCKER in Klein Wanzleben (130.000 m³) und der dänische Zuckerkonzern DANISCO in Anklam (80.000 m³) Bioethanolfabriken auf Basis von Zuckerrüben. Ab der Ernte 2008 sollen rund 3,1 Mio. t Zuckerrüben zu 310.000 m³ Ethanol verarbeitet werden.

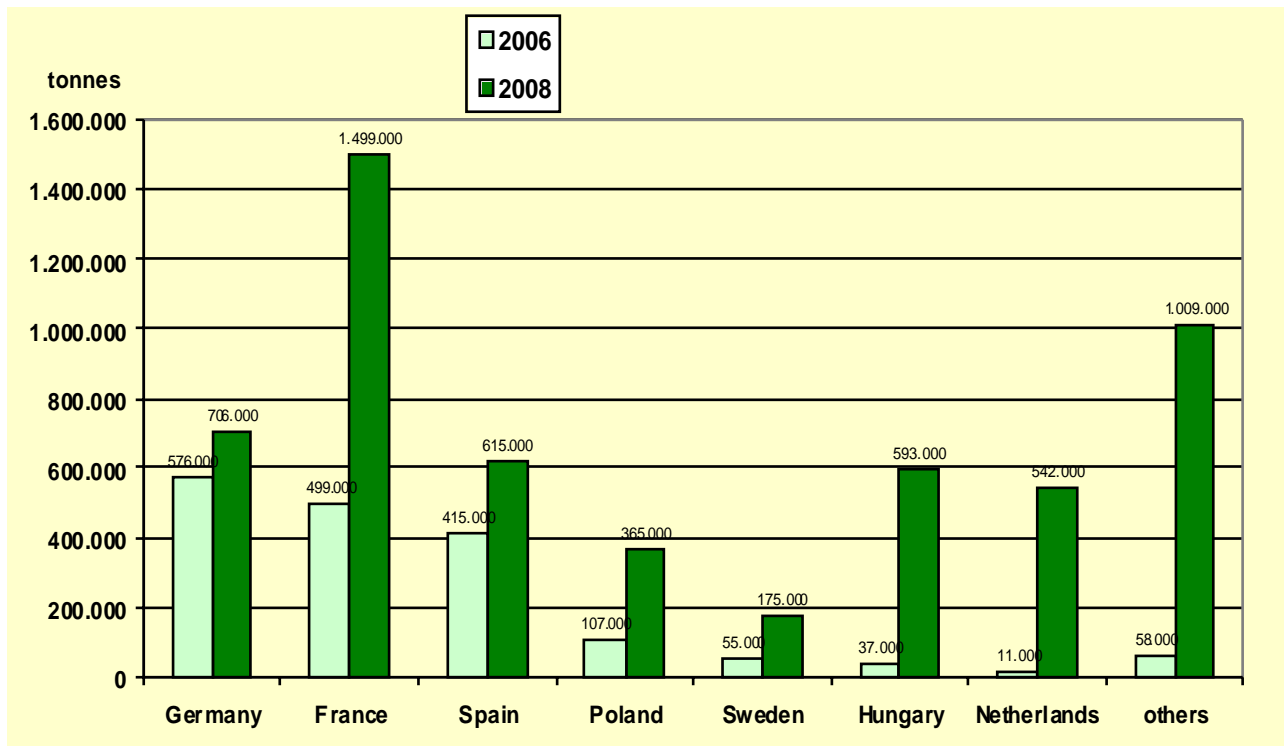
Tabelle 2: Übersicht über die Kapazitäten für die Herstellung von Bioethanol in Deutschland (Stand 12/2006)

Standort	Betreiber	Kapazität (m ³)	(dominierender) Rohstoff	Bemerkung
1. In Betrieb				
Zeitz	Südzucker-Gruppe	260.000	Weizen	
Schwedt	Sauter-Gruppe	180.000-230.000	Roggen	
Zörbig	Sauter-Gruppe	80.000-100.000	Roggen	
Seyda	Görlitzer Kornbrennerei- und Spiritusfabrik, Bernhard Icking KG	7.500	Getreide	91 Vol.-%
Herne	Sasol Germany GmbH	25.000-60.000	nur Absolutierung	
Hannover	KWST	20.000	Melasse	
Hannover	KWST	40.000	nur Absolutierung	
Brennereien		217.000 (Kapazität 869.000)	vorwiegend Produktion für Verwendungszwecke außerhalb des Kraftstoffbereiches	vorwiegend 85 Vol.-%
gesamt		829.500-934.500 (entspricht ca. 655.305-738.300 t)		
2. Im Bau				
Bad Köstritz	WABIO® Bioenergietechnik GmbH & Co. Biokraftwerk KG	8.400	Getreide	
Zeitz	Südzucker-Gruppe	100.000	Zuckerrüben	
Klein-Wanzleben	Nordzucker-Gruppe	130.000	Zuckerrüben	
Anklam	DANISCO (dänischer Zucker-konzern)	80.000	Zuckerrüben	
gesamt		318.400 (entspricht ca. 252.000 t)		

Quelle: [4] und [5], ergänzt und geändert

Weiterhin sind für 2007 und die nächsten Jahre europaweite Aktivitäten sowohl von Südzucker als auch von anderen Firmen zur Erweiterung der Kapazität geplant. So will die Südzucker AG ihre derzeitigen Bioethanolkapazitäten in Europa in den nächsten Jahren von 0,32 Mio. m³ auf 1 Mio. m³ verdreifachen. Neben der Erweiterung der bestehenden Anlagen in Deutschland und Ungarn, sollen neue Produktionsstandorte in Österreich und Belgien entstehen.

Wie sich die Kapazitäten von 2006 bis 2008 in der EU-25 entwickeln zeigt die nachfolgende Grafik.



Quelle: COM (2006) 500 final

Marktführer weltweit sind Brasilien und die USA, die jeweils ca. 16 Mio. m³ in Brasilien aus Zuckerrohr und in den USA aus Mais produzieren. In der Weltrangliste folgen China und Indien vor Frankreich und Deutschland [4].

Der Aufbau von Kapazitäten für die Herstellung von Bioethanol entwickelt sich also sowohl in Europa als auch weltweit rasant.

3 Beschreibung der Bioethanolproduktion in Großanlagen ≥ 50.000 m³/a Bioethanol und Kleinanlagen ≤ 10.000 m³/a Bioethanol

In Tabelle 3 sind die betrachteten Anlagen aufgeführt. Als Rohstoff kommt Getreide zum Einsatz. Betrachtet werden als Beispiele für Großanlagen die Anlagen in Zeitz und Zöribg. Die aufgeführten Daten stammen von Firmeninformationen anlässlich von Exkursionen zu den betreffenden Anlagen sowie Präsentationen von Vertretern dieser Firmen. Vergleichend wird eine pauschale Aufstellung von Herstellungskosten für Bioethanol in Deutschland von Prof. Dr. Zeddies, Universität Hohenheim (Tabelle 4) [6] herangezogen. Hier sind zusätzlich die Kosten bei der Verwendung von Zuckerrüben aufgeführt.

Als Beispiel für Kleinanlagen wird die bestehende Anlage in Seyda betrachtet. Die Anlage arbeitet ohne Biogasanlage. Die Angaben zu Produktions- und Investitionskosten sind ebenfalls Firmenangaben.

Im November 2005 wurde in Bad Köstritz mit dem Bau einer Bioethanolanlage gekoppelt mit einer Biogasanlage begonnen. Momentan soll sie sich in der Anlaufphase befinden. Offizielle betriebswirtschaftliche Daten liegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vor.

Als weitere Beispiele für Kleinanlagen werden eine Studie der Universität Hohenheim [7] und eine Machbarkeitsstudie der Fachhochschule Münster [8], in denen unter anderem Kostenbilanzierungen für Kleinanlagen durchgeführt wurden, analysiert.

Tabelle 3: Vergleich von verschiedenen Verfahren der Ethanolproduktion

Anlage / Verfahrens- schritt	Zeit, 260.000 m³/a (>99 Vol.-%)	Zörbig, 100.000 m³/a (>99 Vol.-%)	Seyda, 7.500 m³/a (91 Vol.-%)	Bad Köstritz, 8.400 m³/a (85 Vol.-%?)	Theoretisches Konzept Uni Hohenheim, Beispiel: 9.000 m³/a (>99 Vol.-%)	Machbarkeitsstudie FH Münster, 2.100 m³/a (>99 Vol.-%)
Rohstoffeinsatz	Weizen, auch Triticale, Gerste, Roggen, Mais	Roggen, Weizen, Triticale, Mais	Roggen, Weizen	Getreide insbesondere Weizen	Getreide	Getreide
Investitionssumme in €	200 Mio. (davon 40 Mio. für Schlempetrocknung, 50 Mio. für Kraftwerk)	50 Mio.	6,3 Mio.	9,5 Mio. einschließlich Biogasanlage (2,2 Mio. für Bioethanolanlage)	16,2 Mio. einschließlich Biogasanlage	1,6 Mio. ohne Biogasanlage
Spezif. Investitionskosten €/m³	770	500	840	260	-	760
Personalbedarf	81 gesamt, davon 15 Verwaltung, 10 Labor	110 gesamt, davon 40 in der Produktion	6	12	?	1,2
Spezif. Personalbedarf/1000 m³	0,3	1,1	0,8	1,4 mit Biogasanlage		0,6 ohne Biogasanlage
Konversion	Kontinuierliches Verfahren (Kaskadenverfahren), führt zu höheren Ethanolkonzentrationen in der Maische, geringerer Energiebedarf bei der Destillation/Rektifikation, Wasserbedarf: 90 m ³ /h, Absolutierung durch Molekularsiebe	Diskontinuierliches Verfahren, Dauer des Gärprozesses 48 h; Wasserbedarf 40 m ³ /h, eigene Hefeproduktion; Besonderheit des Verfahrens: Einsatz spezieller Enzyme ermöglicht eine Vormaischetemperatur* von 50 °C statt 70 °C, wandeln bei der Vergärung gerade so viel Stärke in Zucker um, wie die Gärhefe gerade verbraucht, sehr feine Aufmahlung notwendig, Absolutierung durch Molekularsiebe Alkoholgehalt in der Maische: 10-11 %, Ziel: 14 %	Diskontinuierliches Verfahren; Vormaischetemperatur 70 °C, Dauer des Gärprozesses 72 h, Maischetemperatur 35-38 °C, Alkoholgehalt in der Maische: 9-9,4 % Wasserbedarf 20 m ³ /h, Abwasser mit 35°C wird in einem Teich aufgefangen, keine Absolutierung,	Diskontinuierliches Verfahren, Know-how Paket der Linenzgeberin LRZ GmbH Neukirchen; WABIO®-Verfahren: Dauer des Gärprozesses: 48 h, eigene Hefevermehrung	Diskontinuierliches Verfahren, Dispergier-Meischverfahren mit Schlempe-Recycling, Grobzerkleinerung über Hammermühlen, nasse Endzerkleinerung mittels Rotor-Stator-Maschinen, Verflüssigung bei 85 °C, Kühlung durch Platten-Wärmtauscher auf 30 °C für Gärprozess, Dauer 48 h, Mehrstufen-Druckdestillation, Absolutierung durch Molekularsiebe	Diskontinuierliches Verfahren, Stand der Technik, die bisher in landwirtschaftlichen Brennereien Verwendung fand, Absolutierung soll extern durchgeführt werden,
Art der Energiebereitstellung	Innovatives Energiekonzept: Mehrfachnutzung durch Abwärmenutzung, Rohstoff: Braunkohle aus	Dampfbereitstellung 2 x 20 t Sattdampf/h bei nicht vollständiger Auslastung Dampf-Kesselhaus, durch	Ölheizung	Energieautarkes System durch Bereitstellung der benötigten Prozessenergie durch	Energieautarkes System durch Bereitstellung der benötigten Prozessenergie durch die Biogasanla-	Energiebereitstellung durch Heizöl (20 l/hl Ethanol = 432.000 l/a), Nutzung von Abwärme aus der Biogasanla-

Anlage / Verfahrensschritt	Zeit, 260.000 m ³ /a (>99 Vol.-%)	Zörbig, 100.000 m ³ /a (>99 Vol.-%)	Seyda, 7.500 m ³ /a (91 Vol.-%)	Bad Köstritz, 8.400 m ³ /a (85 Vol.-%?)	Theoretisches Konzept Uni Hohenheim, Beispiel: 9.000 m ³ /a (>99 Vol.-%)	Machbarkeitsstudie FH Münster, 2.100 m ³ /a (>99 Vol.-%)
	Tagebau Profen, eigenes Kesselhaus 150 t/h, 95 bar, kombiniertes Kraftwerk für Prod. von Dampf- und Stromerzeugung mittels Kraft-Wärme-Kopplung, zusätzliche Einspeisung von 30 Mio kWh/a	Kühlturm Kühlwasserrückgewinnung		die Biogasanlage	ge (Dampfkessel und BHKW), zusätzlich Einspeisung von Strom ins öffentliche Netz	ge, dadurch Reduktion auf 421.000 l/a; bei 0,35 €/l Bezugskosten = 147.420 €/a für Energiebereitstellung
Biogasanlage	Biogasanlage vorhanden, betrieben mit Abwasserrückständen	Biogasanlage von 2-3 MW ist geplant	keine Biogasanlage	Biogasanlage mit WABIO®-Fermenter mit Schlempeinsatz 4 MW el, 33 GWh/a Wärme, Nutzung der überschüssigen Wärme (rund 50 %) im Chemiewerk Bad Köstritz, Einspeisung ins Stromnetz (27 GWh/a)	Schließung der Fruchtfolge durch Raps- und/oder Silomais-Anbau als Einsatz in der Biogasanlage	Mit Gülle und Silomais, Nutzung der thermischen Energie für den Biogasprozess, für Haus- und Stallheizung, zum Vorheizen des Kesselspeisewassers für die Bioethanolproduktion
Nebenproduktaufbereitung	Trocknung zu DDGS (260.000 t/a)	Dünnschlempe (8-10 % TS) = 200 t/d wird in den Prozess zurückgeführt, 33 % davon werden als Dünger verwendet; Treber (35-40 % TS) wird als Futter verwendet.	Dünnschlempe (12 % TS), wenig Schlemperecycling; Treber durch Abpressen der Dünnschlempe (26 % TS)	Dünnschlemperecycling und Schlempeinsatz in der Biogasanlage	Trennung von Dünnschlempe und Feststoff, Rückführung der Dünnschlempe in den Prozess, Feststoffe mit einem Teil der Dünnschlempe und/oder Maissilage bzw. Raps, Gärmasse = 7 % TS bzw. 12 % TS	Schlempeindickung mit Dekanter; Verwendung der Dickschlempe (30 % TS) zur Verfütterung und als Co-Substrat für Biogasanlage; Dünnschlempe (2 % TS) als Düngemittel
Nebenproduktverwertung	Verwertung in der Fütterung	Verwertung als Dünger und Futtermittel	Dünnschlempe als Flüssigfütterung in der Schweinemast, Treber in der Bullenmast	Herstellung eines NPK-Düngers aus der ausgefaulten Schlempe	Herstellung eines NPK-Düngers aus der ausgefaulten Schlempe	Verregnung der Dünnschlempe

*Vormaischetemperatur = Temperatur für Verflüssigung und Verzuckerung mittels Enzymen, Maischetemperatur = Temperatur für die Vergärung mittels Hefen

Die Übersicht in Tabelle 3 lässt erkennen, dass sich die Verfahren in den einzelnen Prozessschritten unterscheiden. So kommen verschiedene Verfahren der Zerkleinerung des Rohstoffs wie verschiedene Mahlaggregate und Mahlverfahren (Trockenvermahlung, Nassvermahlung) zur Anwendung. Das kontinuierliche Verfahren der Anlage in Zeitz für die Verflüssigung, Verzuckerung und Vergärung bietet verfahrenstechnische und energetische Vorteile gegenüber diskontinuierlichen Verfahren analog Zörbig. Dagegen ist bei kontinuierlichen Verfahren eine erhöhte Infektionsüberwachung erforderlich. In Zörbig dagegen ermöglicht der Einsatz spezieller Enzyme eine Verringerung der Maischetemperatur, was wiederum energetische Vorteile mit sich bringt. Die Verfahren unterscheiden sich außerdem hinsichtlich der Gärdauer und des Alkoholgehaltes in der Maische. Letzteres verursacht wiederum unterschiedliche Kosten bei der anschließenden Aufkonzentrierung. Die Übersicht lässt auch erkennen, dass sehr unterschiedliche Arten der Energiebereitstellung vorliegen. Vor allem werden aber sehr unterschiedliche Ansätze bei der Verwertung der anfallenden Nebenprodukte verfolgt.

Aus der pauschalen Kostenaufstellung in Tabelle 4 geht hervor, dass bei einer Steigerung der Jahreskapazität die Netto-Produktionskosten sinken. Die Bruttoproduktionskosten bei Zuckerrüben liegen etwas geringer als bei Einsatz von Weizen. Durch einen geringeren Erlös aus dem Verkauf der Nebenprodukte ergeben sich aber höhere bzw. gleiche Netto-Produktionskosten.

Tabelle 4: Absolute und prozentuale Zusammensetzung der Herstellungskosten für Ethanol in Deutschland nach [6]

Jahreskapazität	50.000 m ³				200.000 m ³			
	Weizen		Zuckerrüben		Weizen		Zuckerrüben	
Rohstoffkette	[€/hl]	[%]	[€/hl]	[%]	[€/hl]	[%]	[€/hl]	[%]
Gebäude	1,28	2,1	1,28	2,1	0,82	1,5	0,82	1,5
Maschinen/Inventar	8,28	13,4	8,28	13,8	5,30	9,6	5,30	10,0
Summe Investition	9,56	15,5	9,56	15,9	6,12	11,1	6,12	11,5
Arbeit	4,26	6,9	4,26	7,1	1,40	2,5	1,40	2,6
Vers./Geb./Rep.	1,60	2,6	1,60	2,7	1,02	1,9	1,02	1,9
Rohstoff	26,40	42,7	23,55	39,2	26,40	48,0	23,54	44,3
Transport	1,35	2,2	5,10	8,5	1,35	2,4	5,10	9,6
Betriebsmittel	18,68	30,2	15,93	26,6	18,68	34,0	15,93	30,0
Brutto-Produktionskosten	61,85	100	60,00	100	54,96	100,0	53,11	100,0
Verkauf Nebenprodukte	-6,80	-11	-4,95	-8,3	-6,80	-12,4	-4,95	-9,3
Netto-Produktionskosten	55,05	89,0	55,05	91,7	48,16	87,6	48,16	90,7

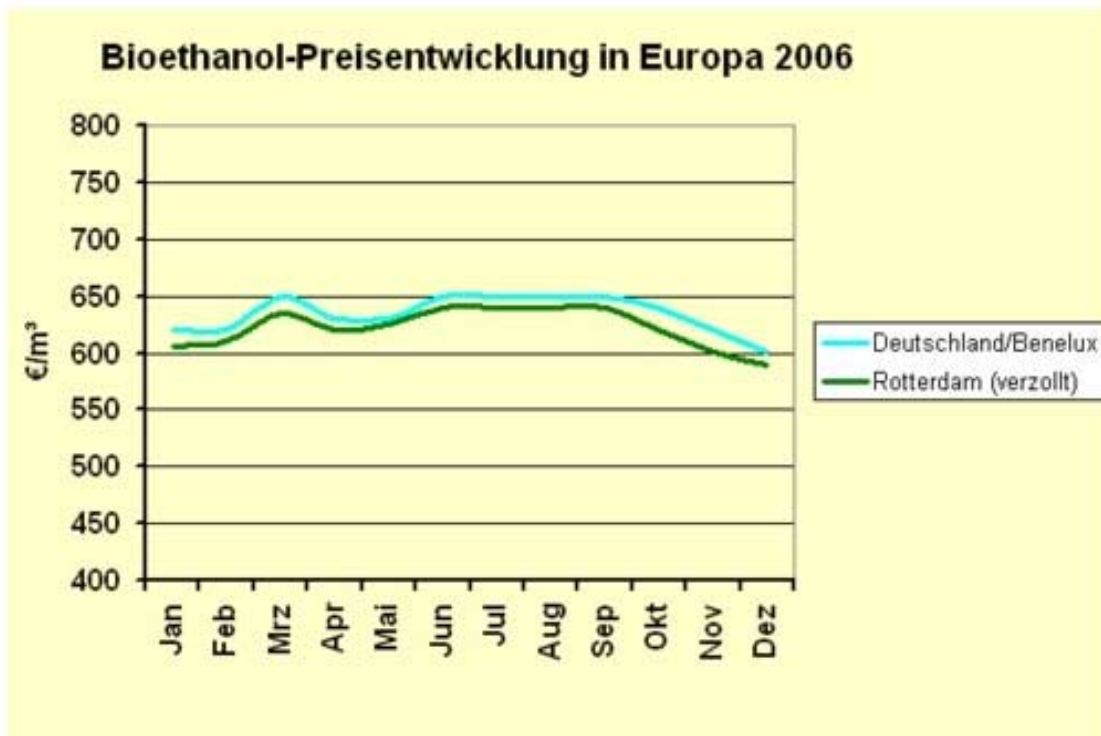
Einen internationalen Vergleich der Produktionskosten zeigt die folgende Tabelle 5 der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) [9]

Tabelle 5: Produktionskosten für Ethanol, international

Produktionsgebiet	Produktionskosten [EUR/l]
EU	0,35-0,80
Deutschland	0,47-0,64
USA [\$/l]	0,29
Brasilien[\$/l]	0,20-0,25
Weltmarkt	0,25-0,35

Die Herstellungskosten der Anlagen in der EU müssen sich derzeit mit den Marktpreisen in Europa messen. Bei einer weiteren Öffnung des europäischen Marktes für Bioethanol sind auch internationale Marktpreise heranzuziehen.

Die Abbildung zeigt die Bioethanol-Preisentwicklung 2006 in Europa.



Quelle: F.O.Licht

Bei den Angaben handelt es sich um monatliche Mittelwerte für Bioethanol in Kraftstoffqualität. Die Abbildung zeigt, dass 2006 der Ethanolpreis in Europa ziemlich einheitlich auf einem hohen Niveau von über 60 Cent/l lag. In der Vergangenheit unterlag er aber größeren Schwankungen. So ist er vom April 2004 bis zum Jahre 2006 von 0,38 €/l auf über 0,60 €/l angestiegen. Besonders seit dem starken Ölpreisanstieg 2004 ist ein enger Zusammenhang zwischen dem Benzin- und dem Ethanolpreis zu beobachten [10].

Dem stehen folgende bisherige Produktionskostenangaben gegenüber (Tab. 6 und 7):

Tabelle 6: Zusammenstellung der Produktionskosten bei Kleinanlagen

Verfahren	Seyda 7.500 m³	Uni Hohenheim 9.000 m³	Uni Hohenheim 5.000 m³	Uni Hohenheim 2.000 m³	FH Münster 2.160 m³
Bruttoproduktionskosten in Cent/l	53,2*	nicht extra ausgewiesen	nicht extra ausgewiesen	nicht extra ausgewiesen	66,3
Nettoproduktionskosten (mit Anrechnung der Nebenprodukte) in Cent/l	45,01*	44,1	51,0	65,9	nicht berücksichtigt

*ohne Kosten für Absolutierung

Tabelle 7: Zusammenstellung der Produktionskosten bei Großanlagen

Verfahren	Zeitz 260.000 m³	Zörbig 100.000 m³	Uni Hohenheim 50.000 m³	Uni Hohenheim 200.000 m³
Bruttoproduktionskosten in Cent/l	k.A.	k.A.	61,85	54,96
Nettoproduktionskosten (mit Anrechnung der Nebenprodukte) in Cent/l	k.A.	k.A.	55,05	48,16

Bei diesem Vergleich sind, wie bereits oben angeführt, die sehr unterschiedlichen Ausgangsbedingungen hinsichtlich der Verfahren und der Nebenproduktverwertung zu berücksichtigen.

Vorläufige Auswertung

Aus dem aktuell vorliegenden Datenmaterial für die bereits produzierenden Anlagen in Zeitz und Zörbig, sowie aus der sich im Bau befindlichen Anlage in Bad Köstritz lässt sich derzeit keine belastbare Kostenrechnung vornehmen. Die Firmenangaben des Betreibers der Anlage in Seyda sind ebenfalls sehr pauschal dargestellt, so dass sie im Einzelnen nicht nachvollzogen werden können. Die theoretischen Anlagenkonzepte der Universität Hohenheim und der FH Münster für Kleinanlagen, die insbesondere für die Umstellung bestehender landwirtschaftlicher Brennereien auf die Kraftstoffproduktion konzipiert wurden, müssen ihre Praxistauglichkeit erst noch beweisen. Die Quellen für die Angaben der Produktionskosten der FNR (Tabelle 5) und der Uni Hohenheim (Tabelle 4) sind nach Möglichkeit zu beschaffen und auszuwerten. Ein Vergleich der Kosten ist, wie bereits mehrfach ausgeführt, wegen der sehr unterschiedlichen Anlagenkonzepte sehr schwierig.

4 Wertung der derzeitigen Rahmenbedingungen für die Errichtung kleiner Bioethanolanlagen

Abgesehen von der noch zu untersuchenden Wirtschaftlichkeit von Kleinanlagen, müssen vor einer Investition weitere Kriterien betrachtet werden. Dies sind:

- Politische Rahmenbedingungen

- Die Beimischungsregelungen des Biokraftstoffquotengesetzes stehen einer dezentralen Erzeugung von Bioethanol entgegen. Die Zumischung und auch die Herstellung von ETBE erfolgt in wenigen im gesamten Bundesgebiet angesiedelten Raffinerien bzw. in zentralen Anlagen. Die Verwendung erfolgt nicht wie bei Rapsöl und Biodiesel in Reinform regional.
- Die Verwendung von Ethanol als Reinkraftstoff in Form von E 85 bleibt unter Berücksichtigung der Überkompensationsregelung bis 2015 steuerbefreit. Hier ergeben sich für kleinere Anlagen eher Chancen, beim Aufbau von entsprechenden lokalen Logistikketten mitzuwirken.
- Europaweit gibt es derzeit zahlreiche Bestrebungen E 85 am Markt zu etablieren. Eine flächendeckende Durchdringung setzt aber voraus, dass genügend E 85-taugliche, also Flexible-Fuel-Vehicles (FFV)-Fahrzeuge auf dem Markt sind, der Vertrieb an möglichst vielen Tankstellen erfolgt und eine Normierung in Gang gebracht wird. In Frankreich haben sich aktuell die Landwirtschaft, Ethanolhersteller, Kraftstoffhersteller, Kraftstoffvertreiber, mehrere Automobilhersteller und der Staat in einer Charta verpflichtet, E 85 stärker am Markt zu etablieren. Auf dem deutschen Markt bieten bisher lediglich Ford und Saab FFV-Fahrzeuge an. Es gibt bisher rund 60 Tankstellen, an denen E 85 angeboten wird.

- Marktsituation

- Wie unter Punkt 1 beschrieben, werden neben den bereits bestehenden Großanlagen in den nächsten Jahren erhebliche Kapazitäten europaweit etabliert. Es muss also davon ausgegangen werden, dass die für die Quotenerfüllung geforderten

Mengen durch Großanlagen produziert werden können. Außerdem sind seitens der EU Bestrebungen im Gange, die Importzölle, die derzeit für unvergälltes Bioethanol erhoben werden, zu verringern bzw. Quoten für einen zollfreien Import aus den Mercosur-Ländern festzulegen.

- Hinzu kommt, dass wie bereits angeführt, bundesweit über 1000 kleine Brennereien, darunter ca. 850 landwirtschaftliche Brennereien, mit einer maximalen Anlagenkapazität von 869.000 m³ bestehen. In den Jahren 2002/2003 wurden rund 217.000 m³ Alkohol produziert. Die 850 landwirtschaftlichen Brennereien produzierten davon allerdings nur 74.500 m³, dies sind 34 %.

- Absolutierung, Vertrieb und Absatz

- Die Aufkonzentrierung des Ethanols auf die für den Kraftstoffbereich geforderte Konzentration von mindestens 99 Vol.-%, die nicht durch Destillation und Rektifikation erreicht werden kann, stellt für kleinere Anlagen einen erheblichen Kostenfaktor dar. Neben der Anschaffung entsprechender Einrichtungen kämen erhöhte Auflagen seitens der Behörden und die Installierung entsprechender Sicherheitsvorkehrungen dazu. Eine Alternative wäre der Zusammenschluss mehrerer Brennereien zur Produktion von Rohalkohol und die Errichtung von gemeinsamen Absolutierungsanlage bzw. die Nutzung bereits bestehender Anlagen. Die Absolutierungsanlagen sollten sich dann in der Nähe der Abnehmer befinden. Bei einem Zusammenschluss von Brennereien könnte zudem die Vertriebskette im Verantwortungsbereich der Brennereien bleiben und von diesen optimiert werden.

- Rohstoffbeschaffung

- Die Rohstoffkosten gehen bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu einem hohen Prozentsatz ein. Bei den Berechnungen der Uni Hohenheim für Großanlagen [5] liegen sie bei Weizen zwischen 42,7 % bei der 50.000 m³- und bei 48,0 % bei der 200.000 m³ - Anlage. Nach [7] beträgt der prozentuale Anteil der Rohstoffkosten an den Gesamtkosten bei Weizen in Kleinanlagen und in industriellen Anlagen 47 %. In Seyda macht der Rohstoffanteil bei einem angegebenen Rohstoffpreis von 10,5 €/dt sogar über 55 % der Bruttogesamtkosten aus. Sowohl hinsichtlich der Rohstoffbeschaffung als auch der Preisgestaltung können Großanlagen globaler agieren als Kleinanlagen, für die eigentlich nur eine Beschaffung aus der Region in Frage kommt. Damit könnte aber wiederum eine Einsparung bei Transport und Lagerung verbunden sein.

- Anwendung wissenschaftlich-technischer Fortschritt

- Die Anlagen- und Regeltechnik für die Herstellung von Bioethanol in Großanlagen wird international von großen Firmen wie der österreichischen Firma Vogelbusch, die die Großanlagen in den USA auf der Basis von Mais und die Anlage in Zeitz errichtet hat, oder Siemens angeboten. Durch hohen Automatisierungsgrad und ein hohes Integrationspotenzial werden maßgeschneiderte Lösungen angeboten, die zu Kostenoptimierungen führen.
- Weltweit wird an der Verbesserung des biochemischen Verfahrens der alkoholischen Vergärung geforscht, insbesondere auch unter Einbeziehung der Gentechnologie bei der Entwicklung von prozessbeeinflussenden Enzymen und Gärhefen. Die

Anwendung dieser neuesten Erkenntnisse lassen sich in Großanlagen eher umsetzen, da neue innovative Produkte zunächst höhere Anschaffungskosten bedeuten.

5 Fazit

Die Investition von Landwirtschaftsbetrieben in eine kleine Bioethanolanlage stellt unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ein sehr hohes Risiko dar. Es besteht die Konkurrenz zu großen Anlagen. Der Vertrieb, insbesondere die mit dem Biokraftstoffquotengesetz geforderte Beimischung, erfolgt in zentralen Anlagen der Mineralölwirtschaft. Für die Beteiligung von kleineren Anlagen an der Herstellung und Vermarktung von E 85 müsste eine höhere Sicherheit seitens der Politik gegeben sein. Eine Garantie, dass E 85 bis zum Jahre 2015 steuerbefreit bleibt, besteht aufgrund der derzeitigen Regelungen nicht.

Literaturquellen:

- [1] Gesetz zur Neuregelung der Besteuerung von Energieerzeugnissen und zur Änderung des Stromsteuergesetzes vom 15. Juli 2006, BGBl Teil I, Nr. 33, S. 1534
- [2] Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromrechtlicher Vorschriften (Biokraftstoffquotengesetz – BioKraftQuG) vom 18. Dezember 2006, BGBl Teil I, Nr. 62, S. 3180
- [3] Zeddies, J. (2006): Rohstoffverfügbarkeit für die Produktion von Biokraftstoffen in Deutschland und in der EU-25
- [4] Karus, M. : Bioethanol als weltweiter Trend, in energie pflanzen III/2006
- [5] Nolte, B.: Rohstoff für Ethanol – Getreide und/oder Zuckerrüben, 12. Bioenergietag, Jena 2006
- [6] Zeddies, J. : Tagungsbeitrag 2. Internationaler BtL-Kongress, Berlin 12. und 13. Oktober 2006
- [7] Senn, T. : Studie zur Bioethanolproduktion aus Getreide in Anlagen mit einer Jahres-Produktionskapazität von 2,5 und 9 Mio. Litern
- [8] Wetter, C, Brüggling, E. : Machbarkeitsstudie zur Bioethanolproduktion in landwirtschaftlichen Brennereien, August 2004
- [9] FNR: Biokraftstoffe eine vergleichende Analyse
- [10] Gemeinsame Information des Verbandes Süddeutscher Zuckerrübenanbauer e.V., Würzburg, Juli 2006