

**UNIVERSITÄT HOHENHEIM**

INSTITUT FÜR LEBENSMITTELTECHNOLOGIE  
FACHGEBIET GÄRUNGSTECNOLOGIE

**PD Dr. Thomas Senn**

**Teil: Ethanol**

**VLSF Berlin**

VERSUCHS UND LEHRANSTALT FÜR  
SPIRITUS-FABRIKATION UND  
FERMENTATIONSTECHNOLOGIE  
ABT.: BIOTECHNOLOGIE

**Dr.-Ing. Sebastiano F. Lucà**

**Teil: ETBE**

**Studie zur  
Bioethanolproduktion aus Getreide  
in Anlagen mit einer  
Jahres-Produktionskapazität  
von 2, 5 und 9 Mio. Litern**

**Eine Energie- und Kostenbilanzierung**

**Erstellt im Auftrag von:**

**Bundesverband landwirtschaftliche Rohstoffe  
verarbeitende Brennereien e.V.  
unter Beteiligung des  
Bundesverbandes Deutscher Kartoffelbrenner e.V.**

# 1. Einleitung

Die Produktion von Bioethanol wird im Wesentlichen vor dem Hintergrund der Reduzierung des Ausstoßes klimarelevanter Gase diskutiert. Da Bioethanol aus nachwachsenden Rohstoffen produziert wird, ist die Verwendung dieses Energieträgers im Prinzip CO<sub>2</sub>-neutral. Da aber auch für die Pflanzenproduktion derzeit fossile Energie (Diesel-Treibstoff) benötigt wird, ist auch die Nutzung von Ethanol als Treibstoff derzeit nicht völlig CO<sub>2</sub>-neutral.

Es gibt in der Literatur der letzten Jahre einige Studien über die Erzeugung von Bioethanol, die sich über die energetische Betrachtung hinaus auch mit den ökologischen Auswirkungen der Bioethanolproduktion befassen. Diese Studien kommen im Wesentlichen zu dem Ergebnis, dass

- die Bioethanolproduktion nur eine schwach positive Energiebilanz aufweist
- die Bioethanolproduktion zu einer Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen führt
- fossile Energieträger im Maße der Nutzung von Bioethanol eingespart werden können
- die Ökobilanz sowohl negative als auch positive Effekte aufzeigt
- die Produktionskosten für Bioethanol bei 0,55 – 0,75 €liegen.

Beispielhaft sei hier eine Energiebilanz für die großtechnische Alkoholproduktion aus Getreide dargestellt:

Verfahrensschritt	[MJ/t Getreide]
Getreideproduktion	-1.367
Getreidelagerung	-150
Ethanolproduktion großtechnisch	-2.500
Schlempetrocknung	-2.400
Summe Ethanolproduktion	-6.417
Energiegehalt Ethanol (400 lA/t Getreide)	8.480
Energie-Ertrag / t Getreide	2.063
Verhältnis Energie-Gewinn / Energie-Eintrag	1,32

**Tabelle 1: Energiebilanz der großtechnischen Alkoholproduktion aus Getreide.**

Diese Bilanz zeigt, dass bei der großtechnischen Alkoholproduktion aus Getreide unter Einsatz von 1 MJ in Form fossiler Energie 1,3 MJ in Form von Ethanol gewonnen werden können. In Verbindung mit den auch vorhandenen negativen Auswirkungen auf das Versauerungspotential scheint die Kritik an der großtechnischen Treibstoffalkoholproduktion aus diesem Blickwinkel berechtigt zu sein. Es stellt sich jedoch die Frage, ob Ethanol auf diese Art und Weise hergestellt werden muss, oder ob es nicht wesentlich bessere Alternativen gibt?

Vor diesem Hintergrund soll versucht werden, die Bioethanolproduktion aus Getreide anhand eines Anlagenkonzeptes zu bilanzieren, das wie folgt skizziert werden kann:

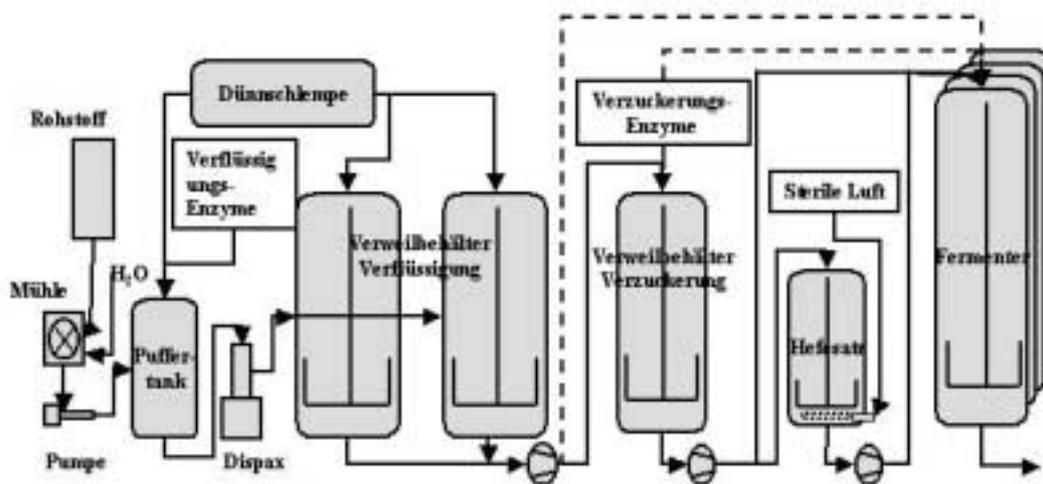
- Anlagengröße maximal 10 Mio. lA pro Jahr
- Dispergier-Maischverfahren der Universität Hohenheim mit Schlempe-Recycling
- Verzicht auf Schlempetrocknung
- Schließung der Fruchtfolge durch Raps- und/oder Silomais-Anbau
- Biogasproduktion aus Schlempe und Raps oder Maissilage
- Verwertung des Biogases in der Brennerei
- Nutzung der ausgefaulten Schlempe als Dünger.

Dabei darf aber nicht übersehen werden, dass die Herstellung eines flüssigen Energieträgers aus nachwachsenden Rohstoffen von der energetischen Seite her nicht die beste Option darstellt. Da aber auch im Verkehrs- und Transportsektor, der in Deutschland derzeit der einzige Wirtschaftssektor mit wachsendem CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist, Maßnahmen zum Klimaschutz ergriffen werden müssen, rechtfertigt sich von daher die Herstellung eines biogenen erneuerbaren Treibstoffes durchaus.

## 2. Die bilanzierte Technologie

Die Produktion von Getreide, Mais und Raps wurde auf der Basis der gesicherten Daten einer guten landwirtschaftlichen Praxis, wie sie in den KTBL-Datenblättern niedergelegt ist, bilanziert. Dadurch wird sichergestellt, dass für die Zwecke der Studie nicht zu günstig gerechnet wird. Dies ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass aus Hohenheimer Anbauversuchen von Getreide zur Ethanolproduktion deutlich günstigere Werte ermittelt werden konnten (Rosenberger et. al), die aber sicherlich nicht auf jeden Standort übertragbar sind. Dennoch geben aber auch diese Versuche einen Hinweis darauf, in welche Richtung eine weitere Entwicklung möglich ist.

Als Bilanzierungs-Grundlage für die Konversion dient das Hohenheimer Dispergier-Maischverfahren mit Schlemperrecycling, das hinsichtlich der erzielbaren Alkoholausbeuten und Energieverbräuche bestens untersucht und dokumentiert ist. Der Verfahrensablauf stellt sich wie folgt dar:



Die Kostenkalkulation für Konversion und Destillation wurde anhand von Angeboten verschiedener Hersteller für derartige Anlagen aus der Industrie vorgenommen. Dadurch ist sichergestellt, dass der angenommene Kostenrahmen zeitnah und an der zu bilanzierenden Anlagengröße einer Jahreskapazität von 2, 5 und bis max. 10 Mio. l/a orientiert ist. Die Energiedaten für die Destillation beziehen sich ebenfalls auf oben genannte Produktionskapazitäten und entsprechen den Energieverbräuchen von in Anwendung befindlichen Anlagen. Obwohl energetisch günstigere Konzepte bekannt sind, wurde zur Bilanzierung nur auf realisierte Konzepte zurückgegriffen.

Die in Großanlagen erforderliche Schlemperetrocknung belastet die Energiebilanz der Alkoholproduktion in klassischen Anlagenkonzepten in erheblichem Maße. Die in dieser Studie ins Auge gefasste Anlagengröße erlaubt einen Verzicht auf die Trocknung der Schlempe, was deren Nutzung zur Biogasproduktion ermöglicht. Das erzeugte Biogas wird zur Energieversorgung der Brennerei und zur Stromerzeugung eingesetzt. Die dabei anfallende Überschusswärme in Form von Wasser mit ca. 70°C, soweit dies nicht in der Brennerei wiederverwendet wird, wird für die Bilanzierung nicht bewertet, da eine eindeutige Nutzung hierfür im derzeitigen Rahmen der Studie nicht benannt werden kann. Denkbar ist aber die Nutzung dieser Wärme in einem Wärmenetz oder zur Beheizung von Gewächshäusern im Winter sowie zu Trocknungsaufgaben im Sommer (Samen, Hackschnitzel etc). Äußerst lukrativ könnte auch die Nutzung dieser Abwärme zusammen mit dem bei der Gärung entstehenden CO<sub>2</sub> in Algenfermentern sein.

Die ausgefaulte Schlempe stellt ein gut mineralisiertes Düngemittel dar, das besser ausgebracht werden kann als Gülle. Dennoch wird eine Lagerkapazität von 6 Monaten in dieser Studie kalkuliert, um auch von dieser Seite alle Eventualitäten zu berücksichtigen. Der in der ausgefaulten

Schlempe enthaltene Gehalt an Düngemitteln wird so wieder auf die Felder zurückgeführt und in den Bilanzen berücksichtigt, wodurch sich der Einsatz mineralischer Düngemittel deutlich reduziert. Zudem wird hierdurch auch der N-Kreislauf teilweise geschlossen. Dies verbessert die Nachhaltigkeit dieses Konzeptes im Vergleich zu anderen deutlich. Die Gefahr des Austrags von Schwefelwasserstoff ist modernen Fermentern ebenfalls weitestgehend gebannt. Erreicht wird dies durch eine dosierte Sauerstoffzugabe in der Hydrolysestufe, was zu einer Fixierung des Schwefels im ausgefaulten Material führt.

Um auch die Fruchtfolge in diesem Konzept zu schließen wird auf einem Drittel der benötigten Fläche Raps oder Mais angebaut. Der Körnerraps bzw. die Maissilage wird zusammen mit der Schlempe zur Biogasproduktion genutzt. Damit ist in dieser Konzeption sichergestellt, dass die benötigte Fläche auch langfristig für die Ethanolproduktion eingesetzt werden kann. Dies sind jedoch nur die kalkulierten Optionen, die zudem auch nicht als Einzellösung zu betrachten sind. Es ist durchaus möglich neben Raps und Mais auch andere Früchte wie Leguminosen, Hackfrüchte oder auch Grassilage anzubauen.

Die Bilanz umfasst somit

- die Getreideproduktion
- die Produktion von entwässertem Ethanol aus Getreide
- die Biogasproduktion aus Schlempe und Raps bzw. Maissilage
- die Verwendung des ausgefaulten Gutes als Dünger.

Die Energiebilanz umfasst diese Punkte ohne Berücksichtigung der Herstellung und Bereitstellung der erforderlichen Gebäude und technischen Ausstattung. Dies wirkt sich in der Bilanz aber nur unerheblich aus. Die ökologische Bewertung ist der Literatur entnommen und umfasst auch diese Faktoren, ebenso wie die ökonomische Bilanz.

Als Grundlage der Bilanzierung wurde ein Massenfluss erstellt, der die jeweiligen Produktströme wiedergibt. Auf diese Weise ist auch das System zur Erzeugung von Bioethanol graphisch dargestellt.

Die in der Graphik verwendeten Farben bedeuten:

- Schwarz: Hauptproduktweg
- Blau: Nicht bilanzierter Wärmeüberschuss
- Grün: Rückgeführte Stoff- und Energie-Ströme

Massenbilanz Bioethanol; Fruchtfolge mit Raps; Biogasgewinnung: Gärmasse 7%TS,  $H_{RT} = 25$  d

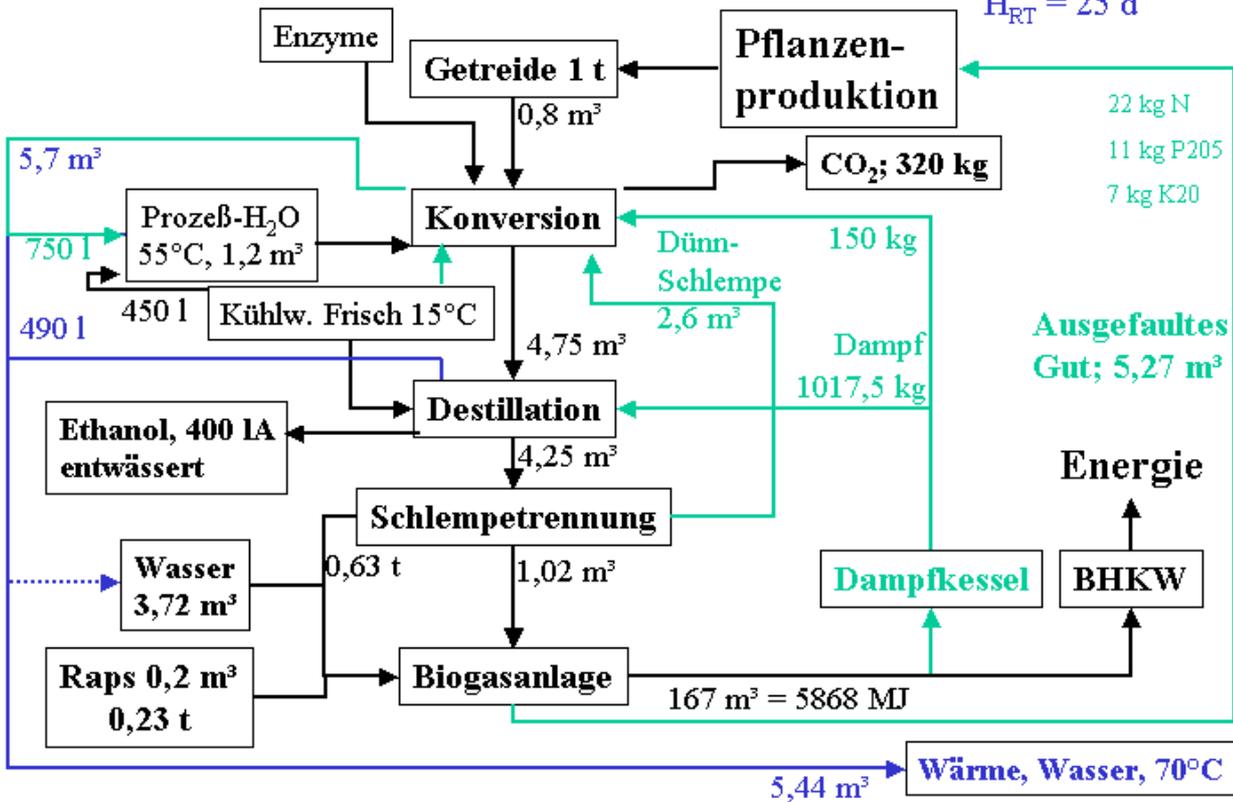


Abbildung 1: Massenbilanz der Bioethanolproduktion im nachhaltigen System

Diese Darstellung macht deutlich, dass auch bei relativ kleinem Anlagenkonzept eine intensive Recirculation von Stoff- und Energieströmen bei der Produktion von Bioethanol realisiert werden kann. Diese Recirculationsströme sind auch Voraussetzung dafür, durch die Nachhaltigkeit eines solchen Konzeptes, bei der Ethanolproduktion zu deutlich positiven Energie- und Umweltbilanzen zu kommen.

### 3. Energetische Bilanzierung

Die Energiebilanz des untersuchten Systems ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Farben in Abbildung 2 bedeuten:

- Schwarz: Hauptproduktweg
- Rot: Ursprünglich benötigte Energie für Konversion und Destillation
- Grün: Im Prozess bereitgestellte Energie; wird gegen Rot aufgerechnet
- Blau: Nicht bilanzierte Energie; Wasser mit ca. 70°C

Hier wird deutlich, dass im bilanzierten System mehr Energie bereitgestellt werden kann, als im Prozess der Alkoholproduktion benötigt wird. Diese, in Form von Methan vorliegende Energie kann in Strom und nutzbare Wärme in einem BHKW umgewandelt werden, wobei der erzeugte Strom in das öffentliche Netz eingespeist wird.

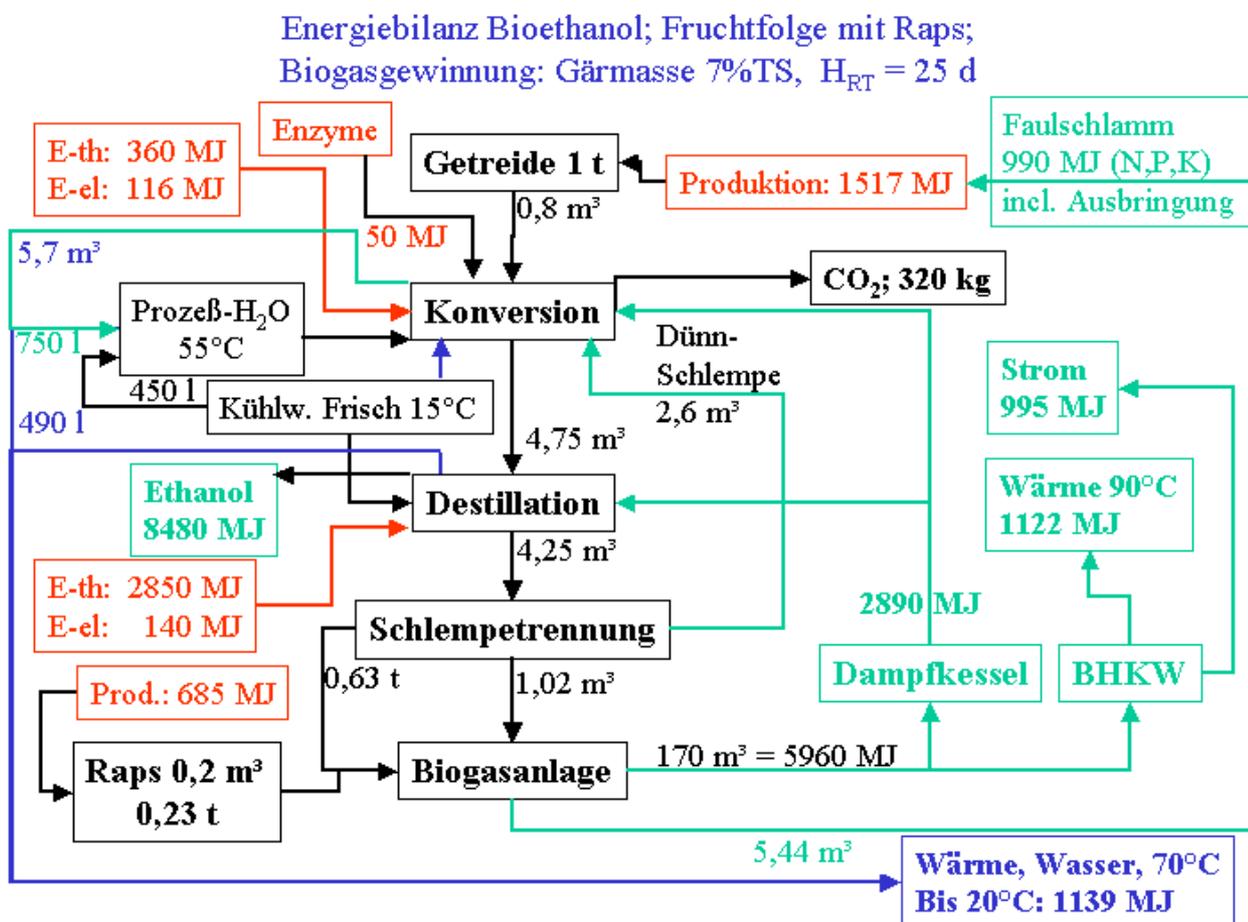


Abbildung 2: Energiebilanz der Bioethanolproduktion im nachhaltigen System mit Raps in der Fruchtfolge

Diese Bilanz kann in gleicher Weise auch für die Produktion von Maissilage zur Sicherung der Fruchtfolge und damit der Nachhaltigkeit der Alkoholproduktion dargestellt werden.

Energiebilanz Bioethanol; Fruchtfolge mit Mais;  
Biogasgewinnung: Gärmasse 7%TS,  $H_{RT} = 25$  d

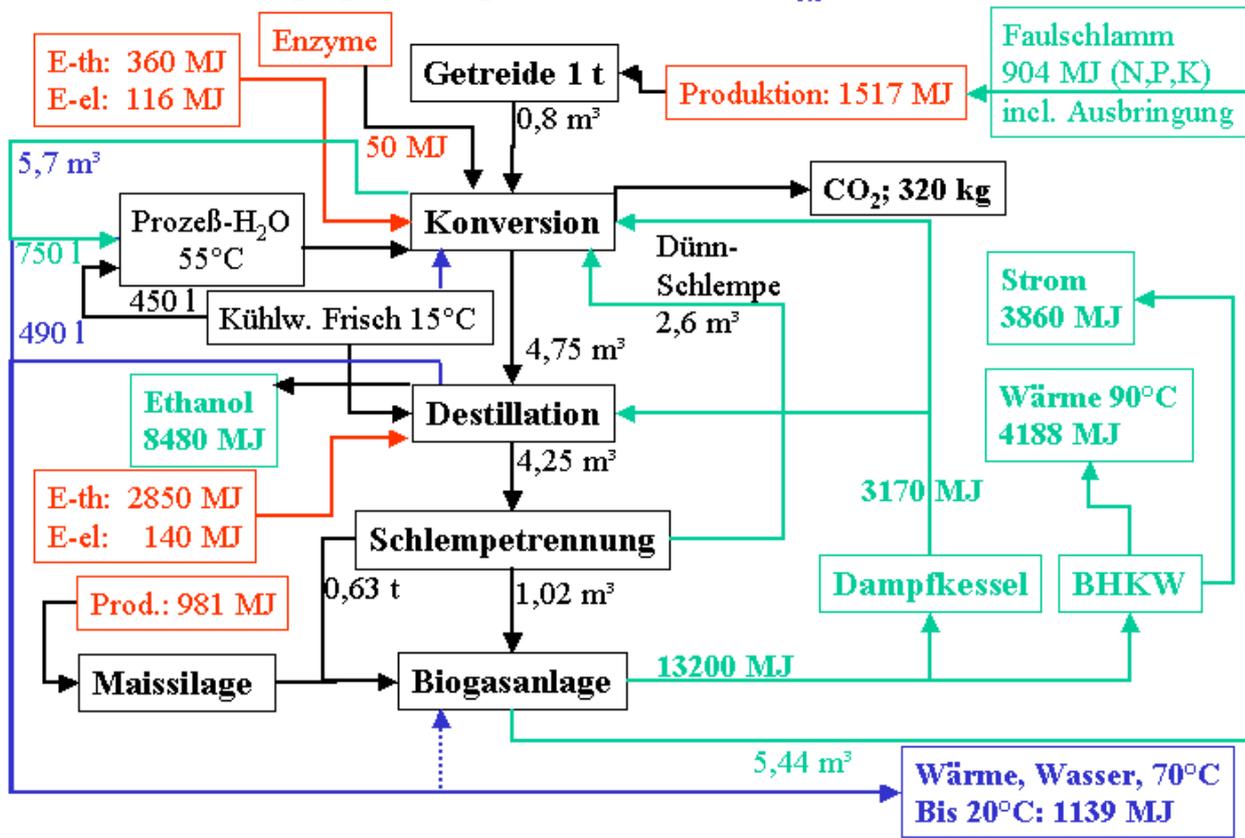


Abbildung 3: Energiebilanz der Ethanolproduktion in der Fruchtfolge mit Maissilage

Die einzelnen Positionen der Energiebilanzen sind aus den Tabellen 2 und 3 zu ersehen. Die Verhältnisse von Energie-Input (Verbrauch) zu Energie-Output (Lieferung), die in den jeweils letzten Zeilen von Tabelle 2 und 3 dargestellt sind, machen deutlich, dass das hier untersuchte System eine deutlich positive Energiebilanz aufweist. Diese Darstellung zeigt aber ebenso deutlich auf, wie stark der im untersuchten System erzielte Energieüberschuss von der Methanproduktion und der Gutschrift der ausgefaulten Schlempe als Düngemittel abhängt. Die Gasproduktion aus Mais schlägt hier aufgrund des hohen Flächenertrages von Silomais deutlich zu Buche.

Verfahrensschritt	[MJ/t Getreide]
Getreideproduktion	-1.367
Getreidelagerung und -transport	-150
Rapsproduktion	-587
Rapslagerung und -transport	-98
Ethanolkonversion	-3.516
Summe Ethanolproduktion	-5.718
Energiegehalt Ethanol (400 lA / t Getreide)	8.480
Energieproduktion über Biogas, Umwandlungsverluste	-966
Energie aus Biogas	5.960
Energiegutschrift für Düng-N der Schlempe	990
Summe Energiegehalt der Energie-Produkte	15.430
Energie-Ertrag je t Getreide	8.746
Verhältnis Energie-Gewinn / Energie-Eintrag	2,31

Tabelle 2: Energiebilanz der Bioethanolproduktion aus Weizen ; Co-Produktion von Raps; Biogasgewinnung aus Schlempe und Raps bei 7% TS im Fermenter

Verfahrensschritt	[MJ/t Getreide]
Getreideproduktion	-1.367
Getreidelagerung und -transport	-150
Maisproduktion	-794
Maislagerung und -transport	-187
Ethanolkonversion	-3.516
Summe Ethanolproduktion	-6.014
Energiegehalt Ethanol (400 lA / t Getreide)	8.480
Energieproduktion über Biogas, Umwandlungsverluste	-2.013
Energie aus Biogas	13.200
Energiegutschrift für Dünge-N der Schlempe	904
Summe Energiegehalt der Energie-Produkte	22.584
Energie-Ertrag je t Getreide	14.557
Verhältnis Energie-Gewinn / Energie-Eintrag	2,81

**Tabelle 3: Energiebilanz der Bioethanolproduktion aus Weizen ; Co-Produktion von Maissilage; Biogasgewinnung aus Schlempe und Maissilage bei 7% TS im Fermenter**

Damit können bei nachhaltiger Ethanolproduktion mit 1 MJ fossiler Energie 2,3 MJ bzw. 2,8 MJ an Energie in Form von Ethanol, Strom und nutzbarer Wärme bereitgestellt werden. Darüber hinaus muss festgehalten werden, dass je t geernteten Getreides zusätzlich 1 t Stroh anfällt. Geht man realistischer Weise davon aus, dass zwei Drittel der anfallenden Strohmenge (17,3 MJ/kg Stroh) geborgen und energetisch genutzt werden können, so fallen je t Getreide zusätzlich 11.418 MJ an. Für die Strohbergung werden bezogen auf 1 t Getreide jedoch nur 250 MJ benötigt. Damit ließe sich der Energie-Ertrag je produzierte 1 t Getreide auf ca. 20.000 MJ bzw. 25.800 MJ steigern. Dies entspräche dann einem Verhältnis von Energie-Gewinn / Energie-Eintrag von 1 : 3,3 bzw. 1 : 4,25. Jedoch ist auch diese Strohbergung nur in einer mittelständischen Struktur der Alkoholerzeugung logistisch zu bewältigen. Die nachhaltige und energetisch überaus sinnvolle Produktion von Treibstoffalkohol ist demnach nur in Anlagen mit einer maximalen Jahreskapazität vom 10 Mio lA realisierbar.

Diese Energiebilanzen des nachhaltigen Systems der Bioethanolproduktion machen auch deutlich, dass im Prinzip auch zur Getreideproduktion im Prozess erzeugte erneuerbare Energie eingesetzt werden könnte. Auf diese Weise könnte auch der verwendete Diesel und das eingesetzte Heizöl (Trocknung, Dampf) ersetzt werden. Bei der Variante Raps müssten hierbei 715 MJ/t Getreide und bei der Variante Mais 1039 MJ/t Getreide verwandt werden. Der Energie-Ertrag je t Getreide würde dann immer noch etwa 8000 MJ/t Getreide bzw. 13.500 MJ/t Getreide betragen. Das System wäre damit praktisch autark!

Diese Verhältnisse sollen durch die folgenden Graphiken verdeutlicht werden:

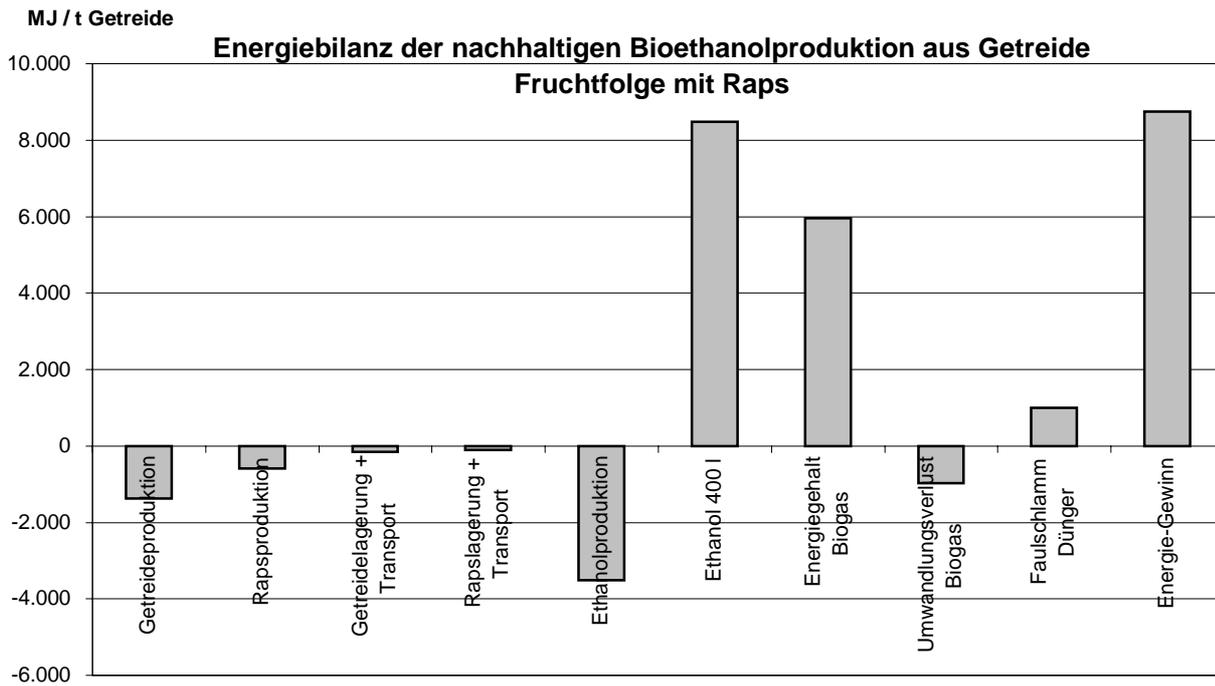


Abbildung 4: Energiebilanz der Bioethanolproduktion aus Weizen in der Fruchtfolge mit Raps.

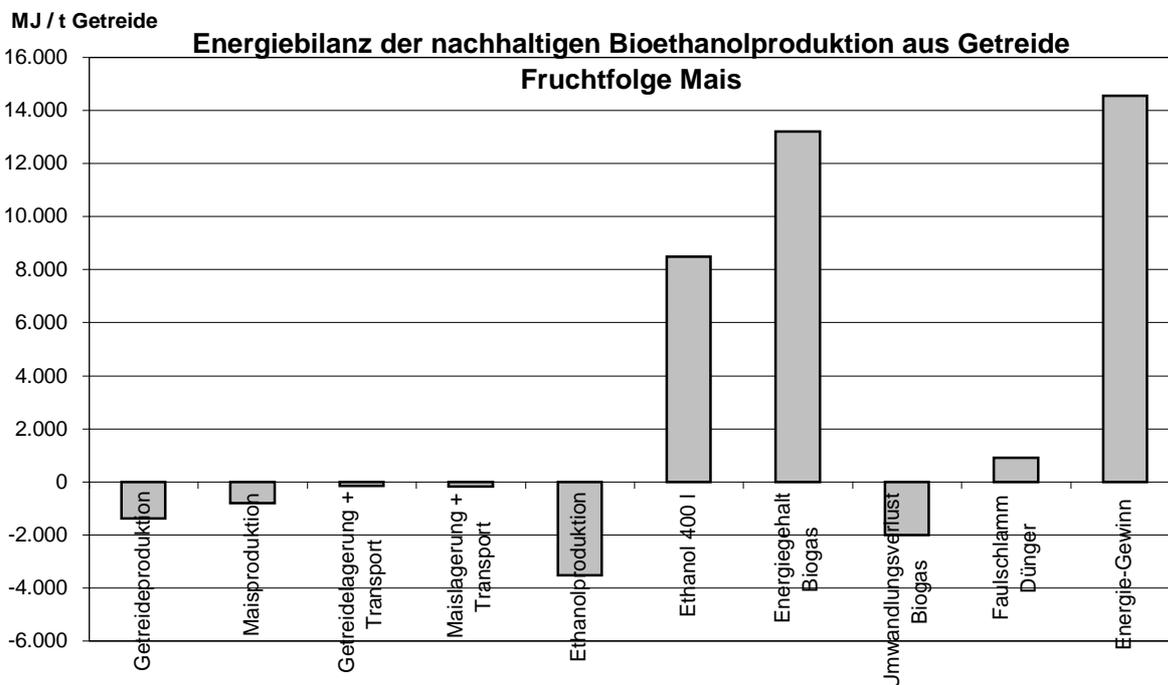
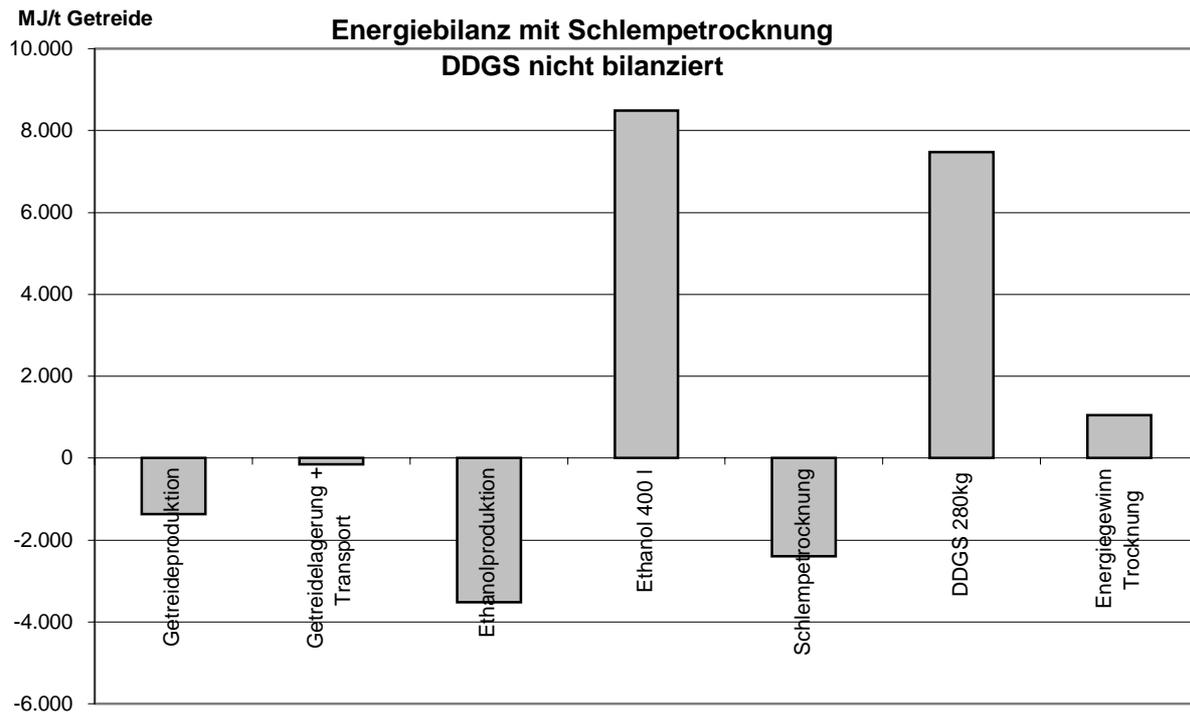
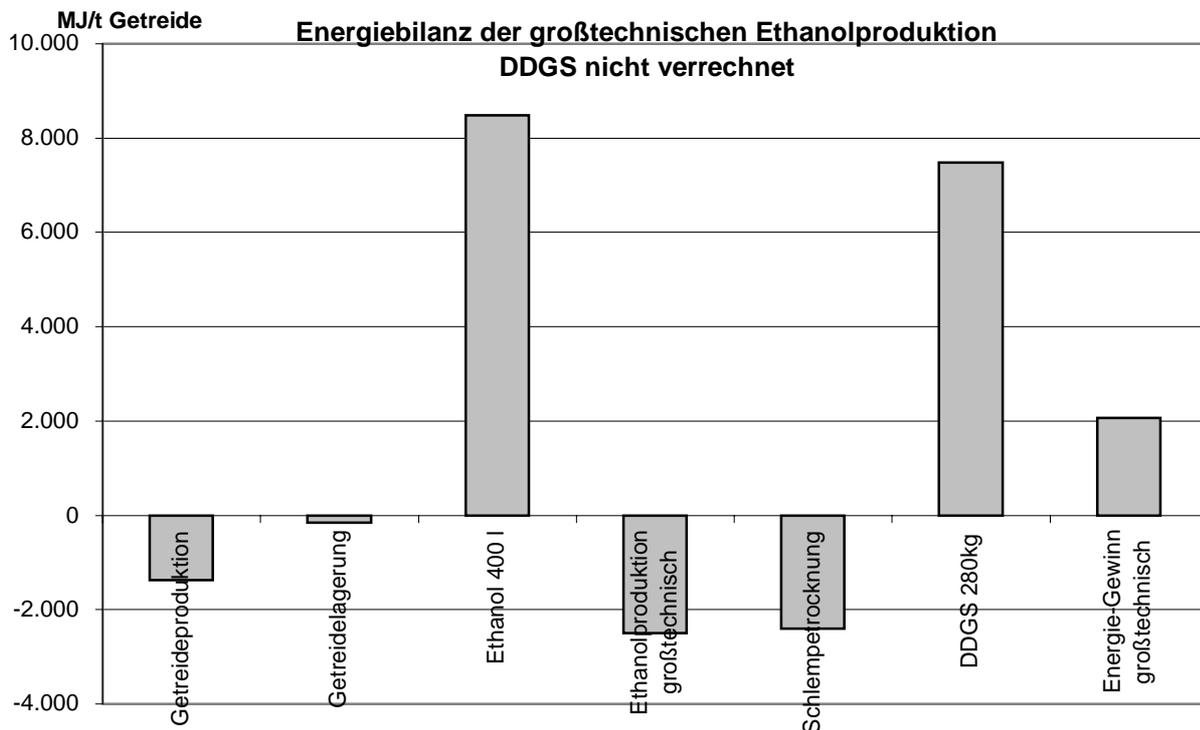


Abbildung 5: Energiebilanz der Bioethanolproduktion im untersuchten System in MJ/t Weizen in der Fruchtfolge mit Mais



**Abbildung 6: Energiebilanz der Ethanolproduktion im untersuchten Prozess ohne Biogasproduktion aber mit Schlemmepetrocknung**



**Abbildung 7: Energiebilanz der Bioethanolproduktion im großtechnischen Maßstab mit Schlemmepetrocknung und ohne Biogasproduktion. Das Futtermittel DDGS ist in der Summe nicht berücksichtigt.**

Auch diese Abbildungen machen deutlich, dass, wie in mehreren Studien in der Vergangenheit aufgezeigt, die Herstellung von Bioethanol in klassischen Großerzeugungsanlagen nur knapp positiv wird. Auch das Futtermittel DDGS kann energetisch nicht eindeutig aufgerechnet werden, weshalb es hier zwar aufgezeigt, aber nicht bilanziert wurde. Dieser Energiegehalt des DDGS

könnte nur durch Verbrennung vollständig nutzbar gemacht werden. Zur Verdeutlichung sind in dieser Abbildung das erzeugte Ethanol und der Energieaufwand im großtechnischen Prozess (einschließlich Schlemmpetrocknung) getrennt aufgeführt.

Die hier gezeigte Ökobilanz entstammt der Literatur. Hier dargestellt ist eine mittlere Bewertung. Dies macht aber deutlich, dass es keineswegs in jeder Beziehung besser ist, Ethanol anstelle von fossilem Treibstoff zu verwenden. Jedoch macht auch diese Bilanz deutlich, dass es etliche Stoffbilanzen mit deutlichen Vorteilen für das Ethanol gibt.

	Summe Ethanol	Summe Fossil	Differenz
Standard-Bilanzierung			
Fossile Energie; GJ/ha*a	28,3	61,5	-33,2
CO <sub>2</sub> ; kg/ha*a	2049,0	4508,0	-2549,0
CH <sub>4</sub> ; kg/ha*a	1540,0	1057,0	483,0
N <sub>2</sub> O; g/ha*a	2282,0	492,0	1790,0
CO <sub>2</sub> -Äquivalente; kg/ha*a	2789,0	4683,0	-1894,0
NO <sub>x</sub> ; g/ha*a	12734,0	9181,0	3553,0
SO <sub>2</sub> ; g/ha*a	9593,0	3541,0	6052,0
HCl; g/ha*a	15,0	4,0	11,0
NH <sub>3</sub> ; g/ha*a	1524,0	891,0	633,0
NMHC; g/ha*a	2559,0	2538,0	21,0
Diesel-Partikel; g/ha*a	156,0	101,0	55,0
Benzol; g/ha*a	156,0	154,0	2,0
Formaldehyd; g/ha*a	42,0	28,0	14,0
SO <sub>2</sub> -Äquivalente; g/ha*a	21384,0	11648,0	9736,0

**Tabelle 4: Ökobilanz der Bioethanolproduktion; Entwässertes Ethanol aus Weizen; Brennerei an eine Zuckerfabrik angeschlossen; Aufwendungen auf Ethanol und Trockenschlempe entsprechend dem jeweiligen Energiegehalt zugerechnet. (Stelzer, 1999; Biokraftstoffe im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen – Lebensweganalysen von Umweltwirkungen; Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, IER, Forschungsbericht, Band 57)**

Betrachtet man diese Bilanzierung unter Einbeziehung der Biogasproduktion, so ergibt sich folgendes Bild:

	Summe Ethanol	Summe Fossil	Differenz
Bilanzierung mit Biogas			
Fossile Energie; GJ/ha*a	7,8	61,5	-53,7
CO <sub>2</sub> ; kg/ha*a	341,0	4508,0	-4167,0
CH <sub>4</sub> ; kg/ha*a	2036,0	1057,0	979,0
N <sub>2</sub> O; g/ha*a	3708,0	492,0	3216,0
CO <sub>2</sub> -Äquivalente; kg/ha*a	1355,0	4683,0	-3150,0
NO <sub>x</sub> ; g/ha*a	12184,0	9811,0	2373,0
SO <sub>2</sub> ; g/ha*a	-1794,0	3541,0	-5335,0
HCl; g/ha*a	25,0	4,0	21,0
NH <sub>3</sub> ; g/ha*a	2044,0	891,0	1153,0
NMHC; g/ha*a	2263,0	2538,0	-275,0
Diesel-Partikel; g/ha*a	208,0	101,0	107,0
Benzol; g/ha*a	157,0	154,0	3,0
Formaldehyd; g/ha*a	81,0	28,0	53,0
SO <sub>2</sub> -Äquivalente; g/ha*a	10602	11648,0	-1046,0

**Tabelle 5: Ökobilanz der Bioethanolproduktion; Entwässertes Ethanol aus Weizen; Brennerei an eine Zuckerfabrik angeschlossen; Hohe Biogaserzeugung aus der Schlempe ( 4 GJ/t Weizen), Aerobstufe und Einleitung in Vorfluter; keine Schlempeeindampfung. (Stelzer, 1999; Biokraftstoffe im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen – Lebensweganalysen von Umweltwirkungen; Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, IER, Forschungsbericht, Band 57)**

Es kommt hier deutlich zum Ausdruck, dass auch die Nutzung der Biogasoption sowohl positive als auch einige negative Aspekte bezüglich der Umweltauswirkungen hat. Der ganz wesentliche Aspekt der Reduzierung des Treibhauseffektes in seiner Summe zeigt aber bereits im Vergleich dieser hier gezeigten Bilanzen das Potential auf, das in einem Konzept unter Einbindung der Biogasproduktion steckt. Andererseits wird auch das Versauerungspotential (SO<sub>2</sub>-Äquivalente) bei der Nutzung der Biogasoption positiv. Weitere Verbesserungen in dieser Bilanz sind möglich, wenn zur Getreideproduktion und den erforderlichen Transporten ebenfalls Biokraftstoffe eingesetzt werden.

## 4. Ökonomische Bilanzierung

### Ökonomische Koeffizienten der Bioethanolproduktion

		Wertansatz	Original 9 Mio	Faktor 9 Mio	IA 5 Mio	IA 2 Mio	IA
Bauplatzfläche	€/m <sup>2</sup>	5	5	1			
Gebäuderaum massiv hochwertig	€/m <sup>3</sup>	100	100	1			
Gebäuderaum massiv mittel	€/m <sup>3</sup>	0		1			
Unterstellraum mittel	€/m <sup>3</sup>	40	40	1			
Getreide- Rapssilotrennwände	€/m <sup>3</sup>	20	20	1			
Faulschlamm-silo	€/m <sup>3</sup>	25	25	1	1	1,05	1,1
Oberflächenbefestigungen befahrbar	€/m <sup>2</sup>	30	30	1			
Siloplatte (einschl. Sickersaftsammler)	€/m <sup>2</sup>	45	45	1	1	1,05	1,1
Nutzungsdauer Gebäude	Jahre	40	40	1			
Nutzungsdauer Baul. Anlagen	Jahre	20	20	1			
Nutzungsdauer Techn. Anlagen	Jahre	12,5	12,5	1			
Nutzungsdauer Technik	Jahre	8	8	1			
Nutzungsdauer Kurzl. techn. Einrichtungen	Jahre	2,5	2,5	1			
Brennereigebäude	€/1000 I A	62	62	1	1,00	1,10	1,20
Brennereieinrichtung	€/1000 I A	450	450	1	1,00	1,34	2,00
Fermenter	€/m <sup>3</sup>	100	100	1	1,00	1,20	1,50
BHKW	€/kW	882	882	1	1,00	1,13	1,13
Gasspeicher u. -verdichter	€/m <sup>3</sup>	0,10	0,1	1	1,00	1,00	1,00
Maschinen Getreideproduktion	€/ha	900	900	1	1,00	1,03	1,07
Maschinen Rapsproduktion	€/ha	900	900	1	1,00	1,03	1,07
Maschinen Maisproduktion	€/ha	1.900	1900	1	1,00	1,03	1,07
Maschinen Getreideauslagerung	€/t	4,0	4	1	1,00	1,00	1,00
Maschinen Rapsauslagerung	€/t	4,0	4	1	1,00	1,00	1,00
Maschinen Maisauslagerung	€/t	3,6	3,6	1	1,00	1,00	1,00
Dampferzeuger	€/1000 I A	15,0	15	1	1,00	1,10	1,20
Technik Faulschlammausbringung	€/m <sup>3</sup>	10,0	10	1	1,00	1,00	0,91
Zinssatz	%	6	6	1			
Unterh. Boden	% v. Ansch.	0	0	1			
Unterh./Rep. Gebäude	% v. Ansch.	1	1	1			
Unterh./Rep. baul. Anlagen	% v. Ansch.	1	1	1			
Unterh./Rep. techn. Anlagen	% v. Ansch.	3	3	1			
Unterh./Rep. Technik	% v. Ansch.	3	3	1			
Unterh./Rep. Technik	% v. Ansch.	3	3	1			
Unterh./Rep. Technik (1-5 J.) Bereich Landw.	% v. Ansch.	7	7	1			
Unterh./Rep. Technik (6-10 J.) Bereich Landw.	% v. Ansch.	7	7	1			
Gebäudeversicherung	% v. Ansch.	0,2	0,2	1			

## Ökonomische Koeffizienten der Bioethanolproduktion

		Wertansatz	Original 9 Mio	Faktor9 Mio	IA5 Mio	IA2 Mio	IA
Technikversicherung	% v. Ansch.	0,5	0,5	1			
Jährliche Arbeitsleistung	AKh/Jahr	2.000	2000	1			
Sicherheitszuschlag bei landw. Arbeiten	%	30	30	1			
Betriebseig. Arbeitskräfte	€/AKh	25,00	25	1			
Facharbeitskräfte	€/AKh	15,00	15	1			
Arbeitskräfte	€/AKh	12,00	12	1			
Aushilfskräfte	€/AKh	10,00	10	1			
Eingekaufter Strom	€/kWh	0,080	0,08	1			
Verkaufter Strom	€/kWh	0,092	0,09203254	1			
Heizöl	€/l	0,35	0,35	1			
Treibstoff	€/l	0,5	0,5	1			
Wärme	€/kWh	0	0,05	0			
Alkohol	1000 l	420	420	1			
Frischwasser	€/m3	1,5	1,5	1			
Abwasser	€/m3	2	2	1			
Dünger-N	€/kg	0,54	0,54	1			
Dünger-P2O5	€/kg	0,50	0,50	1			
Dünger-K2O	€/kg	0,27	0,27	1			
Preisausgleich	€/ha	393	393	1			
Preisausgleich BW		324	324	1			
Preisausgleich BY		348	348	1			
Preisausgleich MV		344	344	1			
		0		1			
sonst. Flächenbeihilfe	€/ha	0		1			
		0		1			
Flächenpacht	€/ha	180	180	1			
Grundsteuer	€/ha	15	15	1			
Hagelvers. Getreide	€/ha	17	17	1			
Hagelvers. Raps	€/ha	39	39	1			
Hagelvers. Mais	€/ha	30	30	1			

**Tabelle 6: Ökonomische Koeffizienten der Bioethanolproduktion**

In Tabelle 6 sind die für diese Bilanzierung grundgelegten Koeffizienten zusammengestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Daten an der derzeitigen Realität orientiert und nicht besonders günstig gerechnet sind. Auf der Basis dieser Koeffizienten ergeben sich die in Tabelle 7 dargestellten Kosten für die Ethanolproduktion im hier skizzierten System.

<b>Größe der Brennereianlage</b>	<b>9.000.000 I A</b>
Blattfrucht	Raps
Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %
<b>Werte beziehen sich auf 1.000 I A</b>	
<b>Summe Kapitalbedarf</b>	<b>1.806</b>
Kapitalkosten	€ 248
laufende Kosten	€ 389
Arbeitskosten	€ 92
Betriebsleitung	€ 24
<b>Summe Kosten</b>	<b>€ 753</b>
Subventionen	€ 201
Energieerträge	€ 112
<b>Summe Leistungen</b>	<b>€ 313</b>
<hr/>	
<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	<b>€ 441</b>
<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	<b>kWh    557</b>

Tabelle 7: Produktionskosten für Bioethanol, Co-Fermentation von Raps, 7% TS im Biogasfermenter, 9 Mio. IA/a

.

<b>Größe der Brennereianlage</b>	<b>9.000.000 I A</b>
Blattfrucht	Raps
Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %
<b>Werte beziehen sich auf 1.000 I A</b>	
<b>Summe Kapitalbedarf</b>	<b>1.806</b>
Kapitalkosten	€ 248
laufende Kosten	€ 389
Arbeitskosten	€ 92
Betriebsleitung	€ 24
<b>Summe Kosten</b>	<b>€ 753</b>
Subventionen	€ 201
Energieerträge	€ 112
<b>Summe Leistungen</b>	<b>€ 313</b>
<hr/>	
<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	<b>€ 441</b>
<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	<b>kWh    557</b>

Tabelle 8: Produktionskosten für Bioethanol, Co-Fermentation von Raps, 7% TS im Biogasfermenter, 9 Mio. IA/a

<b>Größe der Brennereianlage</b>	<b>9.000.000 I A</b>	<b>9.000.000 I A</b>
Blattfrucht	Raps	Raps
Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %	12 %
<b>Werte beziehen sich auf 1.000 I A</b>		
<b>Summe Kapitalbedarf</b>	<b>1.806</b>	<b>1.665</b>
Kapitalkosten	€ 248	232
laufende Kosten	€ 389	374
Arbeitskosten	€ 92	87
Betriebsleitung	€ 24	24
<b>Summe Kosten</b>	€ <b>753</b>	<b>718</b>
Subventionen	€ 201	201
Energieerträge	€ 112	112
<b>Summe Leistungen</b>	€ <b>313</b>	<b>313</b>
<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	€ <b>441</b>	<b>405</b>
<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	<b>kWh 557</b>	<b>557</b>

**Tabelle 9: Abhängigkeit der Produktionskosten für Bioethanol bei 9 Mio. IA Jahreskapazität vom TS-Gehalt im Biogasfermenter; Raps.**

In Tabelle 9 wird deutlich, wie sehr die Herstellungskosten für Bioethanol auch von der eingesetzten Biogastechnologie abhängen. Die hier zu Grunde gelegten Anlagenkosten decken beide Bereiche ab, sodass dieser Effekt nur auf die erforderliche Größe des jeweiligen Fermenters und die auszubringenden Mengen an ausgefaulter Schlempe sowie deren Lagerung zurückzuführen ist. Derzeit ist jedoch abzusehen, dass Biogasfermenter problemlos mit 12% TS betrieben werden können.

<b>Größe der Brennereianlage</b>	<b>9.000.000 I A</b>	<b>9.000.000 I A</b>
Blattfrucht	Silomais	Silomais
Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %	12 %
<b>Werte beziehen sich auf 1.000 I A</b>		
<b>Summe Kapitalbedarf</b>	<b>2.771</b>	<b>2.451</b>
Kapitalkosten	€ 390	354
laufende Kosten	€ 469	434
Arbeitskosten	€ 134	124
Betriebsleitung	€ 24	24
<b>Summe Kosten</b>	<b>€ 1017</b>	<b>937</b>
Subventionen	€ 201	201
Energieerträge	€ 299	299
<b>Summe Leistungen</b>	<b>€ 500</b>	<b>500</b>
<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	<b>€ 517</b>	<b>437</b>
<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	<b>kWh 2.881</b>	<b>2.881</b>

**Tabelle 10: Abhängigkeit der Produktionskosten für Bioethanol bei 9 Mio. IA Jahreskapazität vom TS-Gehalt im Biogasfermenter; Mais.**

Hier (Tabelle 10) wird deutlich, dass trotz deutlich verbesserter Energiebilanz, die Ethanolproduktion, verbunden mit einer Biogasproduktion aus Maissilage, im Vergleich zur Option Raps teurer ausfällt. Dies ist im Wesentlichen dadurch bedingt, dass deutlich mehr TS in den Biogasfermenter eingetragen wird, was diesen deutlich vergrößert. So fallen in Abhängigkeit der gewählten Option folgende Mengen an Fermentersubstrat je t Getreide an:

Raps; 7% TS:	5,55 m <sup>3</sup> Fermentersubstrat
Raps; 12% TS	3,24 m <sup>3</sup> Fermentersubstrat
Maissilage; 7% TS	12,6 m <sup>3</sup> Fermentersubstrat
Maissilage; 12% TS	7,34 m <sup>3</sup> Fermentersubstrat

In Tabelle 11 sind nun die Produktionskosten für die Herstellung von Bioethanol in Abhängigkeit von der Anlagengröße dargestellt. Wie zu erwarten, steigen diese mit kleineren Anlagenkapazitäten deutlich an. Es ist jedoch klarzustellen, dass sich diese Kalkulation jeweils auf die Neu-Errichtung einer Brennerei in der genannten Größenordnung bezieht. Anlagenkapazitäten von 2 oder 5 Mio. lA/a können jedoch auch in teilweise vorhandenen Brennereien in einem Mehrschichtbetrieb realisiert werden. Werden die für die Bioethanolproduktion erforderlichen Anpassungen (Fermentationsvolumen, Rektifikationskapazität, Absolutierung, etc.) vorgenommen, so kann angenommen werden, dass diese Maßnahmen mit einem finanziellen Aufwand realisiert werden können, der dem der Neu-Errichtung einer Größeren Anlage mindestens vergleichbar sein dürfte. Dies würde die Alkoholproduktion in angepassten vorhandenen Anlagen bei vergleichbaren Kostenstrukturen ermöglichen; es entzieht sich jedoch einer pauschalen Kalkulation, da die Situation in jedem Betrieb einzeln zu betrachten ist.

<b>Größe der Brennereianlage</b>		<b>9.000.000 l A</b>	<b>5.000.000 l A</b>	<b>2.000.000 l A</b>
Blattfrucht		Raps	Raps	Raps
Trockensubstanzgehalt im Fermenter		7 %	7 %	7 %
<b>Werte beziehen sich auf 1.000 l A</b>				
<b>Summe Kapitalbedarf</b>		<b>1.806</b>	<b>2.072</b>	<b>2.634</b>
Kapitalkosten	€	248	281	342
laufende Kosten	€	389	397	411
Arbeitskosten	€	92	108	147
Betriebsleitung	€	24	36	72
<b>Summe Kosten</b>	€	<b>753</b>	<b>822</b>	<b>972</b>
Subventionen	€	201	201	201
Energieerträge	€	112	112	112
<b>Summe Leistungen</b>	€	<b>313</b>	<b>313</b>	<b>313</b>
<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	€	<b>441</b>	<b>510</b>	<b>659</b>
<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	kWh	<b>557</b>	<b>557</b>	<b>557</b>

Tabelle 11: Produktionskosten für Bioethanol in Abhängigkeit von der Anlagengröße; Raps.

Dieses Ergebnis macht deutlich, dass es durchaus möglich ist, in einer hier betrachteten Anlage Bioethanol in einem Kostenrahmen herzustellen, der mit klassischen Großanlagen durchaus konkurrieren kann.

In Tabelle 12 ist eine Betrachtung der Stabilität dieser Produktionskosten angeführt. Einen relativ starken Einfluss auf die Stabilität der Herstellungskosten haben demnach

- die Konversionsrate
- die Arbeitskosten
- die Investitionssumme.

Keiner dieser Faktoren führt im betrachteten Bereich jedoch zu dramatischen Änderungen der erwarteten Produktionskosten. Die für das betrachtete System der Bioethanolproduktion in Co-Produktion mit Biogas kalkulierten Produktionskosten können somit als recht stabil angenommen werden.

### Stabilität der Ergebnisse

#### Größe der Brennereianlage

9.000.000 l A

Blattfrucht

Raps

Trockensubstanzgehalt im Fermenter

7 %

		Veränderung Ausgangsgröße		Reaktion der Erzeugungskosten	
		prozentual	absolut	prozentual	absolut
Getreideertrag	8,0 t/ha	-10 %	-0,8 t/ha	3,1 %	1,3 ct/l A
Rapsanteil an Getreide	50 %	-10 %	-5,0 %-Punkte	-1,2 %	-0,5 ct/l A
Konversionsrate	400 l/t Getr.	-10 %	-40 l/t Getr.	6,7 %	2,8 ct/l A
Methanertrag	167 m3/t Getr.	10 %	17 m3/t Getr.	-2,0 %	-0,8 ct/l A
el. Effiz. BHKW	37 %	10 %	3,7 %-Punkte	0,0 %	0,0 ct/l A
Faulschlamm-lager	6 Monate	-34 %	-2,0 Monate	-3,0 %	-1,3 ct/l A
Arbeitskosten		10 %		3,49 %	1,5 ct/l A
Zinskosten	6,0 %	20 %	1,2 %-Punkte	3,7 %	1,5 ct/l A
Energiekosten (Einkauf)		10 %		0,9 %	0,4 ct/l A
Pachtpreis / Beihilfe		-10 %		2,6 %	1,1 ct/l A
Investitionssumme	1.806 €/1000 l A	10 %	-180,6 €	6,3 %	2,6 ct/l A
Strompreis (Verkauf)	9,20 ct/kWh	-10 %	-0,92 ct/kWh	1,5 %	0,6 ct/l A
	1.979 kWh/1000 l				
Dampfbedarf	A	-10 %	-198 kWh	-1,2 %	-0,5 ct/l A
Nutzungsdauer der Anlagen		-10 %		3,9 %	1,6 ct/l A

Tabelle 12: Stabilität der Produktionskosten der Bioethanolherstellung

## 5. Bewertung und Ausblick

Diese Ergebnisse machen deutlich, dass die Art und Weise der Herstellung von Bioethanol genau durchleuchtet werden sollte. Die großtechnische Produktion von Bioethanol, die eine Trocknung der Schlempe notwendig macht, führt nur zu einer schwach positiven Energiebilanz. Im Zusammenhang mit Großerzeugungsanlagen nach amerikanischem Vorbild muss in der Standortdiskussion auch der enorme logistische Aufwand für eine derartige Anlage gesehen werden. In dicht besiedeltem Raum ist dabei eine erhebliche Beeinträchtigung auf und entlang der Anfahrtswege zu einer derartigen Anlage unumgänglich. Ebenso muss gesagt werden, dass auch aus ökologischer Sicht nicht jede Bilanzierung zu einem positiven Ergebnis führt. Werden die Emissionen aller Gase berücksichtigt, die zum Treibhauseffekt beitragen, und deren jeweiliger Einfluss bewertet, muss auch die Bilanz dieses Treibhauseffektes nicht zwingend positiv für Bioethanol ausfallen. Es erscheint daher zwingend, weitergehende Ideen in das Konzept der Bioethanolproduktion aufzunehmen. Nur so kann die Herstellung und Verwendung von Bioethanol wirklich sinnvoll sein, wenn einerseits die Energie- und Emissionsbilanzen positiv sind, und die Bioethanolproduktion gleichzeitig nachhaltig betrieben werden kann.

Dies wird dadurch erreicht, dass die anfallende Schlempe nicht getrocknet und als Futtermittel weiterverwertet wird, sondern diese Schlempe einer Biogasproduktion zugeführt und anschließend als Düngemittel wieder auf die Felder verbracht wird. Obwohl hierzu unter anderem eine Lagerhaltung für die ausgefaulte Schlempe für 6 Monate eingeplant werden muss, wirkt sich diese Konzeption positiv auf die Bilanzen aus. Andererseits ist auch die Verwendung von Schlempe als Futtermittel nicht unproblematisch, da bei den zu erwartenden Mengen an benötigtem Bioethanol auch Futtermittelmengen anfallen, die die Märkte für Sojaschrot und die dort bestehenden Abnahmegarantien stark tangieren werden.

Die Fruchtfolge auf den für die Bioethanolproduktion vorgesehenen Feldern kann nicht nur durch Raps geschlossen werden. Wie gezeigt, kann auch Maissilage produziert und über Biogas verwertet werden. Dabei wird die Energiebilanz deutlich verbessert. Das stark erhöhte Fermentationsvolumen in der Biogasproduktion führt jedoch zu höheren Kosten als dies bei der Option Raps der Fall ist. Es sollte aber hierbei nicht vergessen werden, dass noch weitere Optionen gegeben sind, wie z.B. der Anbau anderer Hackfrüchte, von Leguminosen oder auch die Produktion von Grassilage denkbar ist.

Die Rückführung der ausgefaulten Schlempe führt auch zu einem deutlich reduzierten Energiebedarf bei der Bereitstellung von Mineraldünger, der darüber hinaus mit einer fast noch wichtigeren Reduzierung der emittierten Gase im Gesamtprozess einhergeht. Auf diese Weise werden mindestens 70% der geernteten Stickstoffmenge sowie nahezu sämtliche Mineralien wieder auf die Felder zurückgeführt, denen sie entzogen wurden.

Eine weitere Verbesserung der hier ausgeführten Bilanz ist auch durch pflanzenbauliche Maßnahmen erzielbar. So kann der Anbau der benötigten Getreidearten gezielt für die Ethanolproduktion optimiert werden. Dies hat zur Folge, dass die Düngestrategie dahingehend geändert werden kann, möglichst viel Stärke je ha zu produzieren. Der Verzicht auf nicht benötigte Backqualität des Getreide ermöglicht andere, günstigere Ausbringzeiten für Düngemittel und eine bessere Ausnutzung des ausgebrachten Stickstoffs durch die Pflanzen. Die Dissertation von Rosenberger zeigt diese Verhältnisse für Hohenheimer Standorte deutlich auf. Ähnliche Ergebnisse sind jedoch sicherlich in vergleichbarer Art auch für andere Standorte erzielbar.

Eine deutliche Verbesserung der Energiebilanz ist über das in diesem Konzept bereits Erzielte hinaus dadurch möglich, dass auch das von den Pflanzen produzierte Stroh zur Energieerzeugung genutzt wird. So könnten dauerhaft etwa 2/3 des produzierten Strohs von den Feldern eingebracht und in Strohfeuerungsanlagen zur Dampferzeugung genutzt werden. Dadurch nicht für die

Dampferzeugung genutztes Methan kann dann verstärkt für die Stromerzeugung im BHKW genutzt werden.

Ein weiteres Thema ist in diesem Zusammenhang die Nutzung der anfallenden, nicht direkt im Prozess nutzbaren Wärmeenergie, die nach Ausschöpfung der Nutzungsmöglichkeiten in der Brennerei selbst, anfällt. Diese Frage sollte vor Beginn der Planung einer Ethanolherstellungsanlage mit der Frage des Standortes diskutiert werden. Diese Wärmeenergie steht in Form von Wasser mit etwa 60-70°C zur Verfügung. Sie kann problemlos in Wärmenetzen oder auch in um die Brennerei angesiedelten Gewächshäusern genutzt werden. Darüber hinaus bietet sich vor allem im Sommer die Nutzung dieser Wärmemengen in Trocknungsanlagen an. Hierbei wäre z.B. auch an die Trocknung von Hackschnitzeln zu denken. Da diese Dinge aber vor allem Standortabhängig gesehen werden müssen, wurde hier auf eine Bilanzierung verzichtet und diese Energiemenge lediglich ausgewiesen.

Als wichtigstes Ergebnis dieser Studie ist jedoch die Tatsache zu Werten, dass die Produktion von Bioethanol in Anlagen mit 2, 5 und maximal 10 Mio. l/a und mit zusätzlicher Biogasproduktion nach derzeitiger Einschätzung durchaus auch aus ökonomischer Sicht mit Großerzeugungsanlagen konkurrieren kann. Zudem konnte bisher nur für dieses Konzept ein Weg aufgezeigt werden, die Bioethanolproduktion auch bezüglich der Energie- **und** Emissionsbilanzen deutlich positiv zu gestalten.

Damit kann abschließend folgendes Fazit gezogen werden:

Die Energiemenge von 1 MJ in Form fossiler Energie (Erdöl) kann entweder dazu genutzt werden, um Benzin herzustellen, wodurch 0,8 MJ in Form von Benzin bereitgestellt werden können. Wird diese eine MJ aber genutzt um in der landwirtschaftlichen Produktion Ethanol herzustellen, können 2,8 MJ, bei der Nutzung von Stroh etwa 4,25 MJ in Form von Ethanol ebenfalls als Treibstoff gewonnen werden. Das heißt, dass über die Alkoholproduktion mit Hilfe nachhaltiger Landbewirtschaftung der Energiegehalt des ersetzbaren Anteils an Benzin (z.B. 10 %) um das 5,3-fache gesteigert werden kann. Geht man nun davon aus, dass in etwa die Flächen zur Verfügung stehen, um 10 % des derzeit verbrauchten Benzins auf dem Wege der Beimischung von Ethanol ersetzen zu können, dann steht der durch Ethanol ersetzbare Anteil an fossiler Energie nicht mit dem derzeitigen Preis von ca. 20 Cent je l zu Buche, sondern müsste mit dem 3,5 bis 5,3-fachen Preis veranschlagt werden. Damit ist Ethanol bereits heute konkurrenzfähig.

## 6. Literatur

- Rosenberger, A., Kaul, H.-P., Senn, T., Aufhammer, W.: Improving the energy balance of bioethanol production from winter cereals: the effect of crop production intensity. *Applied Energy*, 68 (2001), 51-67.
- Rosenberger, A.: Optimierung und Bewertung der Produktion von Getreidekorngut als Rohstoff für die Bioethanolherzeugung: Dissertation, 2001, Universität Hohenheim
- Senn, T., Pieper, H.J.: Ethanol – Classical Methods. In: Roehr, M., Editor; *The Biotechnology of Ethanol*, Wiley-VCH, Weinheim, 2001.
- Stelzer, T.: Biokraftstoffe im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen – Lebensweganalysen von Umweltwirkungen. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Forschungsbericht, Band 57, 1999.

Alle genannten Veröffentlichungen enthalten umfangreiche Literaturhinweise zu den hier relevanten Themen.

## 7. Bioethanol als Rohstoff für die Herstellung von ETBE

### Einsatzperspektiven für Bioethanol im Kraftstoffsektor

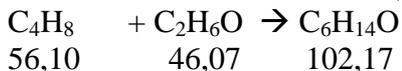
Zu den Einsatzperspektiven für Bioethanol im Kraftstoffsektor (siehe Tab.13) zählt die Produktion von **Ethyl-tertiär-Buthyl-Ether** (ETBE).

kurzfristig:	<b>Ottokraftstoffe</b>	a) direkter Zusatz von EtOH b) Produktion des Ethers ETBE mit EtOH
	<b>Biodiesel</b>	c) direkter Zusatz von EtOH d) Produktion von Rapsölethylester aus EtOH und Rapsöl
langfristig:	<b>Brennstoffzelle</b>	e) EtOH als Wasserstofflieferant

**Tabelle 13: Einsatzperspektiven für Bioethanol im Kraftstoffsektor**

ETBE wird aus Isobuten und Ethanol synthetisiert. Stechiometrisch gilt:

Isobuten + Ethanol → ETBE (**Ethyl-tert.-Buthylether**)



Zur Bildung von 100 Gramm ETBE werden demnach 45,0915 Gramm Ethanol und 54,9085 Gramm Isobuten benötigt.

ETBE kann als Oxygenat in Mengen bis zu 17% dem Kraftstoff zugesetzt werden. Daraus ergibt sich ein Gehalt von maximal 7,7% (g/100g) Bioethanol im fertigen Kraftstoff. Die EU fordert seit längerer Zeit eine volumetrische Zudosierung von 5% Bioethanol bzw. von 15% ETBE zum Kraftstoff [1]. Für die Bioethanolindustrie ist irrelevant, ob die ökologisch und wirtschaftlich bessere Lösung der direkten Zumischung von Bioethanol zum Tragen kommt, oder aber ETBE wegen der deutlich besseren technischen Eigenschaften dieser Verbindung als Biokraftstoffzusatz gewählt wird.

### ETBE-Herstellung und -Herstellungskosten

Während die Herstellungsverfahren für ETBE bekannt sind [2 bis 7], existieren nur sehr wenige Daten über die Herstellungskosten dieses Produktes. Aus 1994 in Frankreich abgeschlossenen Verträgen wird die Senkung der Herstellungskosten von ETBE von 3 auf 2 FF pro Liter angestrebt. Daraus kann grob kalkuliert werden, dass die Herstellungskosten für 1 Liter ETBE zwischen 0,45 und 0,30 Euro liegen. Diese Zahl deckt sich in etwa mit der bekannten Zahl der Herstellungskosten von MTBE (**Methyl-tertiär-Buthyl-Ether**), die mit 0,25-0,30 Euro pro Liter angegeben werden [8]. Im Gegensatz dazu betragen die Herstellungskosten von Bioethanol aus Melasse (ohne Rohstoffkosten) ca. 0,15 Euro pro Liter [9]. Energetisch liegen die Herstellungskosten von ETBE höher als für MTBE, da die Synthese von ETBE wegen der Trägheit der Reaktion eine um 10-20°C höhere Temperatur erfordert. Somit ist auch der Kühlwasserbedarf bei der Herstellung von ETBE größer als bei der Herstellung von MTBE.

Da ETBE grundsätzlich in den gleichen Anlagen, die derzeit MTBE produzieren, hergestellt werden kann, ist eine kurzfristige Markteinführung möglich.

### Technische Spezifikation für Bioethanol als Rohstoff zur ETBE-Herstellung

Tab. 14 enthält den Vorschlag einer technischen Spezifikation für Bioethanol des deutschen Mineralölwirtschaftsverbandes, die von Elf France und Total France gestellten Anforderungen und die Vorschläge der LAB bezüglich Bioethanol als Rohstoff zur Herstellung von ETBE. Wie aus den Daten der Tabelle zu ersehen ist, bestehen keine einheitlichen Anforderungen. Die vom deutschen *Verband der Mineralölindustrie* an die *Landwirtschaftliche Arbeitsgruppe Biokraftstoffe* (LAB) abgegebenen Anforderungen können in verschiedenen Punkten, wie z.B. bei der Beständigkeit gegen Kaliumpermanganat, nicht erfüllt werden. Der Grund hierfür ist, dass Bioethanol in einem unsterilen biochemischen Prozess (Fermentation) gewonnen wird bei dem sehr viele Nebenprodukte entstehen, die auch bei der destillativen Gewinnung des Hauptproduktes nicht quantitativ entfernt werden können. Aufgabe der *Landwirtschaftliche Arbeitsgruppe Biokraftstoffe* (LAB) ist, dafür zu sorgen, dass die deutsche Bioethanolindustrie nicht strengeren als die z.Z. in anderen Ländern, wie z.B. in Frankreich, gültigen Anforderung unterworfen wird.

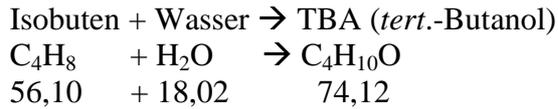
	MWV <sup>1</sup>	Elf France	Total France	LAB	LAB	
				Bioethanol rektifiziert	Bioethanol absolutiert	
Aussehen	farblos, klar, ohne feste Verunreinigungen	farblos, klar	farblos, klar	farblos, klar	farblos, klar	
Dichte 25°C	785±1,5			810 bei 20°C	790 bei 20°C	kg/m <sup>3</sup>
Siedebereich	max. 0,5			78-79	78,3	°C
Ethanol	min. 99,9	min. 99,3	min. 99,3	96	99,8	%mas
Wasser	max. 0,05	max. 0,3	max.0,3	4	0,2	%mas
Freie Säure <sup>2</sup>	max. 0,0020	max. 0,001	max.0,002	max. 0,002	max. 0,002	%mas
Aceton	max. 10			max. 10	max. 10	mg/kg
Eisen	max. 0,1			max. 0,1	max. 0,1	mg/kg
Beständigkeit gegen Permanganat	min. 65			min. 18	min. 18	min
Stickstoff	max. 1	max. 1	max. 1	max. 1	max. 1	mg/kg
Chlor	max. 0,5	max. 1	max. 1	max. 1	max. 1	mg/kg
Schwefel	max. 1	max. 1	max. 3	max. 3	max. 3	mg/kg
Abdampf-Rückstand	max. 10	max. 50	max. 50	max. 50	max. 50	mg/kg

<sup>1</sup> : Mineralöl-Wirtschafts-Verband

**Tabelle 14: Technische Spezifikation für Bioethanol als Rohstoff zur Herstellung von ETBE**

Von technischer und wirtschaftlicher Bedeutung für die Bioethanolindustrie und die ETBE-Hersteller ist die Höhe des Wassergehaltes des Bioethanols, da dieser destillativ in verschiedenen Stärken produziert werden kann.

Für die Herstellung von ETBE mit 96%vol Bioethanol gilt, dass neben ETBE auch *tert.*-Butanol (TBA) (CAS 71-36-3) wie folgt entsteht:



TBA wird als Treibstoffzusatz zur Verhinderung von Vergaservereisung und als Antiklopffmittel verwendet [10]. Da im rektifizierten 96%vol Bioethanol (ca. 95,5%gew) 4,5 Gramm Wasser enthalten sind, entstehen aus 100 kg 96%vol Bioethanol 211,79 kg ETBE und 18,50 kg TBA, ein Gemisch also aus 91,97%gew ETBE und 8,03%gew TBA. Bei einem Zusatz von maximal 17% ETBE (entsprechend 2,7% O<sub>2</sub>, die maximale zugelassene Sauerstoffmenge für Oxygenate) würden demzufolge 100 Kilogramm des fertigen OTTO-Kraftstoffes folgende Zusammensetzung aufweisen: 17,000 kg ETBE, 81,516 kg OTTO-Kraftstoff und 1,484 kg TBA.

### Beeinflussung der Qualität des Kraftstoffes bei Zumischung von ETBE, MTBE und EtOH (Bioethanol)

Bei Zumischung von ETBE, MTBE oder EtOH (Bioethanol) ändert sich die Qualität des Kraftstoffes erheblich. Aus Abb. 8 und Abb. 9 können die Oktanzahl und der Dampfdruck in Abhängigkeit von der Menge der Zusätze entnommen werden. Hierbei ist die maximal zulässige O<sub>2</sub>-Menge von 2,7% zu berücksichtigen: Das bedeutet, dass ETBE, MTBE und Bioethanol in folgenden entsprechenden Maximalkonzentrationen im Kraftstoff zulässig sind: 17,3% ETBE, 15% MTBE und 7,7% EtOH (Bioethanol).

### Erhöhung der Oktanzahlen bei Zumischung von Oxygenaten zu Benzin

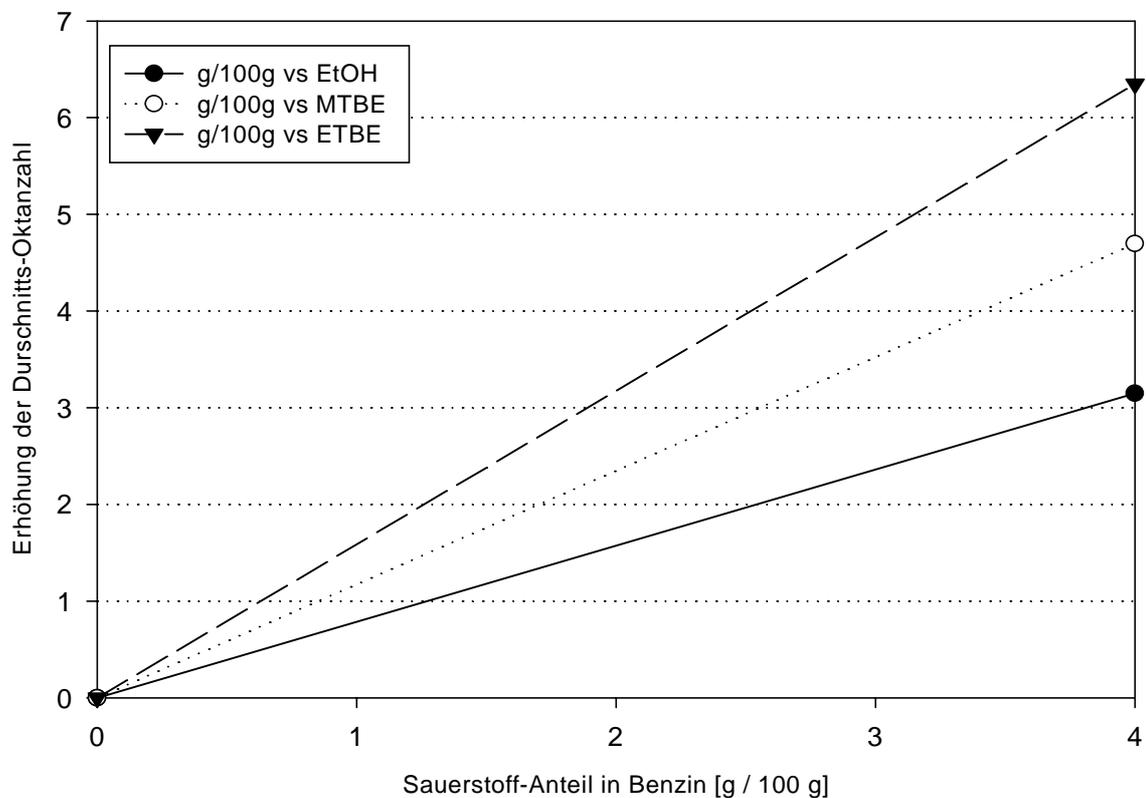
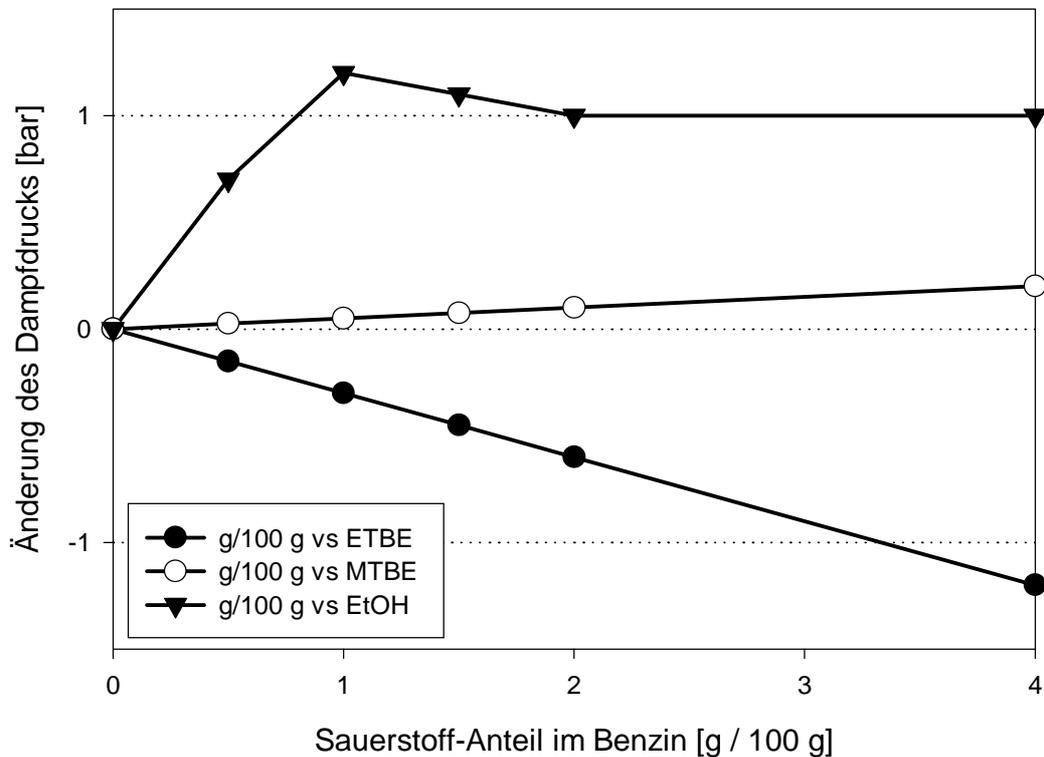


Abbildung 1: Erhöhung der Oktanzahlen bei Zumischung von Oxygenaten zu Benzin

**Dampfdruckveränderung  
beim Einsatz von Oxygenaten im Benzin  
mit einem Dampfdruck von 0,55 bar**



**Abbildung 9: Dampfdruckveränderung beim Einsatz von Oxygenaten im Benzin mit einem Dampfdruck von 0,55 bar**

ETBE ist in technischer Hinsicht dem MTBE und dem EtOH (Bioethanol) überlegen, da der Dampfdruck von Benzin, das mit ETBE versetzt ist, am niedrigsten liegt und die Oktanzahl am höchsten

In ökologischer Hinsicht sind jedoch Bedenken gegen alle beiden Ether (MTBE und ETBE) gerechtfertigt. Während fortschreitend MTBE in den USA wegen der Kontamination des Grundwassers und seiner Cancerogenität verboten wird, existieren über ETBE eine Vielzahl toxikologischer Studien [11 bis 22], welche eine ähnliche Toxizität von ETBE und MTBE belegen. ETBE ist in diesem Jahr auch von der EU in die Liste bedenklicher Stoffe aufgenommen worden. In der EU-VERORDNUNG (EG)Nr.1217/2002 vom 5.Juli 2002 wird 2-Ethoxy-2-methylpropan (EINECS-Nr. 211-309-7, CAS-Nr. 637-92-3), also ETBE, wie folgt charakterisiert:

- Chemikalie mit unzureichender Datenlage
- Zunehmende Wahrscheinlichkeit einer weit verbreiteten Verwendung als möglicher Ersatzstoff für MTBE
- Mögliche negative Auswirkungen bei längerer Exposition.

Für Importeure und Hersteller besteht die Pflicht zur Vorlage bestimmter Informationen und Durchführung bestimmter Prüfungen gemäß der Verordnung (EWG)Nr.793/93 des Rates.

## 8. Literatur

- [1] Proposition de DIRECTIVE DU CONSEIL modifiant la directive 92/81/CEE en ce qui concerne la possibilité d'appliquer un taux d'accises réduit sur certaines huiles minérales qui contiennent des biocarburants, Bruxelles, 28.06.2001
- [2]Fité C, Iborra M, Tejero J, Izquierdo JF, Cunill F. 1994. *Kinetics of the Liquid Phase Synthesis of Ethyl tert-Butyl Ether (ETBE)*. Ind Eng Chem Res; 33: 581...591.
- [3]Françoise O, Thyron FC. 1991. *Kinetics and Mechanism of Ethyl tert-Butyl Ether Liquid-Phase Synthesis*. Chem Eng Process; 30: 141...149.
- [4]Hoffmann U, Kunz U, Schwarzer S, Sundmacher K, Thiel C. 1997. *Chemical Reaction Engineering Aspects in ETBE Production*. In: *DGMK Tagungsbericht 9705*. Hamburg: DGMK, 1997; S 81...88. ISBN 3-931850-32-3.
- [5]Sundmacher K, Zhang RS, Hoffmann U. 1995. *Mass Transfer Effects on Kinetics of Nonideal Liquid Phase Ethyl tert-Butyl Ether Formation*. Chem Eng Technol; 18: 269-277.
- [6]Ecocarburantes Espagnoles: Planta de production de bioethanol con congeneration asociada de 21,3 MW mediante turbinade gas en ciclo simple, en la Valle de Escomberas (Murcia), InfoPower, 04.2001
- [7]ETBE FACT BOOK, A COMPILATION OF INFORMATION ON ETHANOL ETHERS, Clean Fuels Development Coalition, Doc Gen 40/00 - [www.cleanfuelsdc.org](http://www.cleanfuelsdc.org)
- [8]PHARE CESA 025 - Restrukturierung der tschechischen Alkoholindustrie, 091994
- [9]Eigene Berechnung, z.T. ermittelt aus den Kosten der Versuchs- und Lehrbrennerei der VLSF, Berlin
- [10]CD Römpp Chemie Lexikon – Version 1.0, Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag 1995
- [11]Toxicokinetics of ethers used as fuel oxygenates. Dekant, Wolfgang; Bernauer, Ulrike; Rosner, Elisabeth; Amberg, Alexander. Department of Toxicology, University of Wurzburg, Wurzburg, Germany. Toxicology Letters (2001), 124(1-3), 37-45. CODEN: TOLED5 ISSN: 0378-4274. Journal; General Review written in English. CAN 136:32888 AN 2001:795901 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)
- [12]A fiber-optic sensing system developed for detection of isozyme of cytochrome P450 and its practical performance. Yoshida, Katsuhito; Nagaushi, Hideo; Sasaki, Kazumasa; Shen, Y-B.; Kazusaka, Akio. Graduate School of Applied Electronic Engineering, Hokkaido Institute of Technology, Japan. Hokkaido Kogyo Daigaku Kenkyu Kiyō (2001), 29 259-264. CODEN: HODKDL ISSN: 0385-0862. Journal written in Japanese. CAN 135:207255 AN 2001:453527 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)
- [13]On Use of the Variable Connectivity Index  $1_f$  in QSAR: Toxicity of Aliphatic Ethers. Randić, Milan; Basak, Subhash C. NRRI, University of Minnesota at Duluth, Duluth, MN, USA. Journal of Chemical Information and Computer Sciences (2001), 41(3), 614-618. CODEN: JCISD8 ISSN: 0095-2338. Journal written in English. CAN 134:321835 AN 2001:247825 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)
- [14]Partition coefficients for gasoline additives and their metabolites. Kaneko, Takashi; Wang, Pei-Yu; Sato, Akio. Department of Environmental Health, Medical University of Yamanashi, Yamanashi, Japan. Journal of Occupational Health (2000), 42(2), 86-87. CODEN: JOCHFV ISSN: 1341-9145. Journal written in English. CAN 132:297847 AN 2000:291917 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)
- [15]1997 Urban air toxics monitoring programs (UATMP). U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA. United States Environmental Protection Agency,

Office of Air Quality Planning and Standards, [Technical Report] EPA (1999), (EPA-454/R-99-036), i-xii, 1/1-1/3, 2/1-2/20, 3/1-3/20, 4/1-4-58, 5/1-5/25, 6/1-6/59, 7/1-7/28, 8/1-8/28, 9/1-9/20, 10/1-10/28, 11/1-11/24, 12/1-12/5, 13/1-13/2, A1-A14. CODEN: UEPEDY Report written in English. CAN 131:290329 AN 1999:678056 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

[16] Physiologically based toxicokinetic modeling of inhaled ethyl tertiary-butyl ether in humans. Nihlen, Annsofi; Johanson, Gunnar. Department of Toxicology and Risk Assessment, National Institute for Working Life, Solna, Swed. Toxicological Sciences (1999), 51(2), 184-194. CODEN: TOSCF2 ISSN: 1096-6080. Journal written in English. CAN 132:19723 AN 1999:675103 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

[17] Controlled ethyl tert-butyl ether (ETBE) exposure of male volunteers: II. Acute effects. Nihlen, Annsofi; Lof, Agneta; Johanson, Gunnar. Department of Occupational Medicine, National Institute for Working Life, Solna, Swed. Toxicological Sciences (1998), 46(1), 143-150. CODEN: TOSCF2 ISSN: 1096-6080. Journal written in English. CAN 130:164172 AN 1999:11417 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

[18] Controlled ethyl tert-butyl ether (ETBE) exposure of male volunteers: I. Toxicokinetics. Nihlen, Annsofi; Lof, Agneta; Johanson, Gunnar. Department of Occupational Medicine, National Institute for Working Life, Solna, Swed. Toxicological Sciences (1998), 46(1), 1-10. CODEN: TOSCF2 ISSN: 1096-6080. Journal written in English. CAN 130:164169 AN 1999:11403 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

[19] Animal experiments of the systemic and local toxicity with ethyl tert-butyl ether (ETBE). Liu, Jun; Cai, Duan; Zhang, Qunhua; Zhang, Yanling. Department of Surgery, Huashan Hospital, Shanghai Medical University, Shanghai, Peop. Rep. China. Shanghai Yixue (1997), 20(5), 270-272. CODEN: SIHSD8 ISSN: 0253-9934. Journal written in Chinese. CAN 127:327591 AN 1997:721344 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

[20] Toxicity evaluation of gasoline exhaust emissions. Barter, Robert. A. Health and Environmental Sciences Department, American Petroleum Institute, Washington, DC, USA. Preprints of Papers - American Chemical Society, Division of Fuel Chemistry (1997), 42(3), 890-894. CODEN: ACFPAI ISSN: 0569-3772. Journal written in English. CAN 127:201112 AN 1997:578525 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

[21] Prediction of the metabolism and toxicological profiles of gasoline oxygenates. Zhang, Ying Ping; Macina, Orest T.; Rosenkranz, Herbert S.; Karol, Meryl H.; Mattison, Donald R.; Klopman, Gilles. Dep. Environmental Occupational Health, Univ. Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA. Inhalation Toxicology (1997), 9(3), 237-254. CODEN: INHTE5 ISSN: 0895-8378. Journal written in English. CAN 126:289112 AN 1997:288326 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

[22] Health effects of inhaled tertiary amyl methyl ether and ethyl tertiary butyl ether. White, Russell D.; Daughtrey, Wayne C.; Wells, Mike S. Chevron Research and Technology Company, 1003 West Cutting Boulevard, Richmond, CA, USA. Toxicology Letters (1995), 82/83(1-6), 719-24. CODEN: TOLED5 ISSN: 0378-4274. Journal written in English. CAN 124:167842 AN 1996:121879 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

## 9. Dank

Besonderer Dank gebührt dem Bundesverband landw. Rohstoffe verarbeitende Brennereien e.V., dessen Vorstand durch seine Initiative und finanzielle Unterstützung diese Studie ermöglicht hat, sowie dem Bundesverband Deutscher Kartoffelbrenner e.V. für die Mitfinanzierung.

Wesentliche Beiträge zu dieser Studie haben auch die Firmen BMA-Starcosa, Braunschweig, und INNOVAS, München, geleistet, indem sie auf die vorgegebenen Verfahren abgestimmte Anlagenkalkulationen für unterschiedliche Anlagengrößen erstellt haben und für eingehende Diskussionen bereit standen.

In besonderer Weise gilt Dank auch **Herrn Prof. Dr. Ludwig Gekle**, Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, für die gewissenhafte Erstellung der Kostenkalkulation.

	A	B	C	D	E	F
1		<b>Übersicht 1: Massenfluss</b>				
2		Blattfrucht	Raps			
3		Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %			
4				1 t Getreide	1.000 l A	9.000.000 l A
5		Getreide Wasserverdrängung	m3	0,80	2,00	18.000
6	+	Heizdampf	m3	0,15	0,38	3.375
7	+	Frischwasserbedarf	m3	4,92	12,29	110.644
8	+	Dünnschlempe Recycling	m3	2,60	6,50	58.500
9	=	Maische	m3	4,75	11,88	106.875
10		Konversionsrate	1000 lA/t Getreide	0,40	0,40	0,40
11	+	Maische	m3	4,75	11,88	106.875
12	-	Alkohol	m3	0,40	1,00	9.000
13	-	Volumenreduktion durch Rektifikation + CO2	m3	0,10	0,25	2.250
14	=	Schlempe	m3	4,25	10,63	95.625
15		feuchter Feststoff	t	0,60	1,50	13.500
16		Feuchter Feststoff Wasserverdrängung	t/m3	0,95	0,95	0,95
17	+	Originalschlempe	m3	4,25	10,63	95.625
18	-	feuchter Feststoff	m3	0,63	1,58	14.211
19	=	Dünnschlempe	m3	3,62	9,05	81.414
20	+	Dünnschlempe insg.	m3	3,62	9,05	81.414
21	-	Dünnschlempe Recycling	m3	2,60	6,50	58.500
22	=	Dünnschlempe in Biogasanlage	m3	1,02	2,55	22.914
23		Raps Wasserverdrängung	m3/t	0,80	0,80	0,80
24	+	Dünnschlempe in Biogasanlage	m3	1,02	2,55	22.914
25	+	feuchter Feststoff	m3	0,63	1,58	14.211
26	+	Raps Wasserverdrängung	m3	0,18	0,45	4.050
27	=	Fermentersubstrat	m3	5,55	13,87	124.819
28		Massenschwund Ausfäulung	%	5	5	5
29	+	Fermentersubstrat	m3	5,55	13,87	124.819
30	=	Faulschlamm	m3	5,27	13,18	118.578

	E	F	G	H	I	J
1	<b>Übersicht 2b: Technische Koeffizienten der Bioethanolproduktion</b>					
3		<b>Bezugsgröße</b>		<b>1 t Getr.</b>	<b>1000 l A</b>	<b>9.000 Tl A</b>
6	<b>Getreideproduktion</b>					
7		Getreide	t	1,00	2,50	22.500
8		Getreide	t/ha	8,00	8,00	8,00
9		Getreide	ha	0,13	0,31	2.813
10		Getreide	% TS	86,00	86,00	86
11		Getreide	t TS	0,86	2,15	19.350
12		Getreide	t/m3	0,75	0,75	0,75
13		Getreide	m3/t	1,33	1,33	12.000
14		Getreide	m3	1,33	3,33	30.000
17		Düngerstickstoff	kg/ha	174	174	174
18		Düngerphosphat	kg/ha	64	64	64
19		Düngerkali	kg/ha	48	48	48
21	<b>Rapsproduktion</b>					
22		Rapsanteil an Getreide	%	50	50	50
23		Rapsertag	% v. Getreide	45	45	45
24		Rapsertag	t/ha	3,60	3,60	3,6
25		Raps	t	0,23	0,56	5.063
26		Raps	t/m3	0,73	0,73	0,73
27		Raps	m3/t	1,37	1,37	12.329
28		Raps	m3	0,31	0,77	6.935
29		Raps	ha	0,06	0,16	1.406
32		Düngerstickstoff	kg/ha	149	149	149
33		Düngerphosphat	kg/ha	65	65	65
34		Düngerkali	kg/ha	36	36	36
41	<b>Silomaisproduktion</b>					
42		Silomaisanteil an Getreide	%	0	0	0
43		Silomaisertrag	% v. Getreide	500	500	500
44		Silomaisertrag	t/ha	40,0	40,0	40,0
45		Silomais	t	0,00	0,00	0
46		Silomais	t/m3	0,70	0,70	0,70
47		Silomais	m3/t	1,43	1,43	1,43
48		Silomais	m3	0,0	0,0	0
49		Silomais	ha	0,00	0,00	0
50		Silomais Wasserverdräng	m3/t	0,90	0,90	0,90
51		Silomais Wasserverdräng	m3	0,00	0,00	0
52		Düngerstickstoff	kg/ha	180	180	180
53		Düngerphosphat	kg/ha	80	80	80
54		Düngerkali	kg/ha	50	50	50
68		Landw. gen. Fläche insge	ha	0	0	4.219
71	<b>Getreidelagerung und -transport</b>					
72		Getreide Lager und Trans	t	1,00	2,50	22.500
74	<b>Rapslagerung und -transport</b>					
75		Raps Lager und Transport	t	0,23	0,56	5.063
77	<b>Maislagerung und -transport</b>					
78		Mais Lager und Transport	t	0,00	0,00	0
80	<b>Konversion</b>					
81		Maische	m3/t Getr.	4,75	4,75	4,75
82		Maische	m3	4,75	11,88	106.875
83		Frischwasserbedarf	m3	4,92	12,29	110.644
84		Konversionsrate	1000 lA/t Getreide	0,40	0,40	0,40
85		Alkohol	1000 l	0,40	1,00	9.000

	E	F	G	H	I	J
1	<b>Übersicht 2b: Technische Koeffizienten der Bioethanolproduktion</b>					
3		<b>Bezugsgröße</b>		<b>1 t Getr.</b>	<b>1000 l A</b>	<b>9.000 Tl A</b>
87		Schlempe	m3/t Getr.	4,25	4,25	4,25
88		Originalschlempe	m3	4,25	11	95.625
89		Originalschlempe	% TS	6	6	6
90		feuchter Feststoff	t/t Getr.	0,60	0,60	0,60
91		feuchter Feststoff	t	0,60	1,50	13.500
92		feuchter Feststoff	t/m3	0,95	0,95	0,95
93		feuchter Feststoff	m3	0,63	1,58	14.211
94		Dünnschlempe	m3/t Getr.	3,62	3,62	3,62
95		Dünnschlempe insg.	m3	3,62	9,05	81.414
97	<b>Energiegewinnung</b>					
98		Dünnschlempe Recycling	m3/t Getr.	2,60	2,60	2,6
99		Dünnschlempe Recycling	m3	2,60	6,50	58.500
100		Dünnschlempe in Biogasa	m3/t Getr.	1,02	1,02	1,02
101		Dünnschlempe in Biogasa	m3	1,02	2,55	22.914
103		Dünnschlempe in Biogasa	t	1,02	2,55	22.914
104		feuchter Feststoff	% TS	18	18	18
105		feuchter Feststoff	t TS	0,11	0,27	2.430
106		feuchter Feststoff	% Anteil oTS an TS	85	85	85
107		feuchter Feststoff	% oTS	15,3	15,3	15,3
108		feuchter Feststoff	t oTS	0,09	0,23	2.066
109		Dünnschlempe	% TS	7,2	7,2	7,2
110		Dünnschlempe	t TS	0,07	0,18	1.650
111		Dünnschlempe	% Anteil oTS an TS	85	85	85
112		Dünnschlempe	% oTS	6,12	6,12	6,12
113		Dünnschlempe	t oTS	0,06	0,16	1.402
114		Raps	% TS	92	92	92
115		Raps	t TS	0,21	0,52	4.658
116		Raps	% oTS	85	85	85
117		Raps	t oTS	0,18	0,44	3.959
118		Mais	% TS	28	28	28
119		Mais	t TS	0,00	0,00	0,00
120		Mais	% oTS	85	85	85
121		Mais	t oTS	0,0	0,0	0
122		Ferm.substrat Schlempe	m3	1,65	4,13	37.125
123		Ferm.substrat Schlempe	m3	1,83	4,58	41.175
124		Ferm.substrat Schlempe	m3	1,65	4,13	37.125
125		Gesamt-TS Schlempe all	% TS	11,0	11,0	11,0
126		Gesamt-TS Raps allein	% TS	92,0	92,0	92,0
127		Gesamt-TS Mais allein	% TS	28,0	28,0	28,0
128		Gesamt-TS Schlempe + F	% TS	21,2	21,2	21,2
129		Gesamt-TS Schlempe + F	% TS	11,0	11,0	11,0
130		TS im Fermenter o. Wass	t	0,39	0,97	8.737
131		TS im Fermenter o. Wass	%	21,2	21,2	21,2
132		Fermentersubstr. o. Wass	m3	1,83	4,58	41.175
133		Tatsächlicher TS-Gehalt i	% TS	7,0	7,0	7,0
135		Wasserzusatz	m3	3,72	9,29	83.644
139		Verweildauer in Biogasan	Tage	25	25	25
140		jährl. Durchgänge	Anzahl	15	15	15
142		Bedarf Fermentervolumen	m3	0,38	0,95	8.549
143		Methanertrag feuchter Fe	m3/t oTS	400	400	400
144		Methanertrag Dünnschlen	m3/t oTS	400	400	400
145		Methanertrag Raps	m3/t oTS	600	600	600
146		Methanertrag Mais	m3/t oTS	550	550	550
147		Methanertrag	m3	167	418	3.762.471
155	<b>Energieverwertung</b>					
156		Energiegehalt Methan	kWh/m3	9,75	9,75	9,75

	E	F	G	H	I	J
1	<b>Übersicht 2b: Technische Koeffizienten der Bioethanolproduktion</b>					
3		<b>Bezugsgröße</b>		<b>1 t Getr.</b>	<b>1000 l A</b>	<b>9.000 Tl A</b>
157		Energieertrag	kWh	1.630	4.076	36.684.095
158		davon in BHKW	%	46,0	46,0	46,0
159		davon in BHKW	kWh	751	1.877	16.892.429
160		davon in Dampferzeug	%	54,0	54,0	54,0
161		davon in Dampferzeug	kWh	880	2.199	19.791.667
164		Summe Energieertrag BHKW	kWh	751	1.877	16.892.429
165		Methan in Strom	%	37	37	37
166		Methan in Prozessenergie	%	5	5	5
167		Methan in nutzbare Wärme	%	43	43	43
168		Methan in Verluste	%	15	15	15
169		Strom	kWh	278	694	6.250.199
170		Prozessenergie	kWh	38	94	844.621
171		nutzbare Wärme	kWh	323	807	7.263.744
172		Verluste	kWh	113	282	2.533.864
174		Laufzeit des BHKW	h/J	8.000	8.000	8.000
175		Aggregatgröße BHKW	kW	0,03	0,09	781
178		Aggregatgröße Dampferzeug	kW	0,11	0,27	2.474
185	<b>Biogaslagerung und Reinigung</b>					
186		Biogaslager	h	12	12	12
189		Biogasreinigung	m3	167	418	3.762.471
195	<b>Faulschlamm Lagerung und Ausbringung</b>					
196		Massenschwund Ausfäulung	%	5	5	5
197		Faulschlamm	m3	5,27	13,18	118.578
199		Lagerdauer	Mon./J	6	6	6
200		Faulschlamm-Lager	m3	2,64	6,59	59.289
201		Recyclinganteil N	%	70	70	70
202		Recyclinganteil P2O5	%	90	90	90
203		Recyclinganteil K2O	%	90	90	90
204		Recycling N (Getr.+Raps-)	kg	22	54	489.038
205		Recycling P2O5 (Getr.+Raps-)	kg	11	27	244.013
206		Recycling K2O (Getr.+Raps-)	kg	7	19	167.063

	B	C	D
1	<b>Übersicht 3: Ökonomische Koeffizienten der Bioethanolprodukti</b>		
2			Wertansatz
3	Bauplatzfläche	€/m <sup>2</sup>	5
4	Gebäuderaum massiv hochwertig	€/m <sup>3</sup>	100
5	Gebäuderaum massiv mittel	€/m <sup>3</sup>	0
6	Unterstellraum mittel	€/m <sup>3</sup>	40
7	Getreide- Rapssilotrennwände	€/m <sup>3</sup>	20
8	Faulschlammsilo	€/m <sup>3</sup>	25
9	Oberflächenbefestigungen befahrbar	€/m <sup>2</sup>	30
10	Siloplatte (einschl. Sickersaftsammler)	€/m <sup>2</sup>	45
11	Nutzungsdauer Gebäude	Jahre	40
12	Nutzungsdauer Baul. Anlagen	Jahre	20
13	Nutzungsdauer Techn. Anlagen	Jahre	12,5
14	Nutzungsdauer Technik	Jahre	8
15	Nutzungsdauer Kurzl. techn. Einrichtungen	Jahre	2,5
16			
17	Brennereigebäude	€/1000 l A	62
18	Brennereinrichtung	€/1000 l A	450
19	Fermenter	€/m <sup>3</sup>	100
20	BHKW	€/kW	882
21	Gasspeicher u. -verdichter	€/m <sup>3</sup>	0,10
22	Maschinen Getreideproduktion	€/ha	900
23	Maschinen Rapsproduktion	€/ha	900
24	Maschinen Maisproduktion	€/ha	1.900
25	Maschinen Getreideauslagerung	€/t	4,0
26	Maschinen Rapsauslagerung	€/t	4,0
27	Maschinen Maisauslagerung	€/t	3,6
28	Dampferzeuger	€/1000 l A	15,0
29	Technik Faulschlammausbringung	€/m <sup>3</sup>	10,0
30	Zinssatz	%	6
31	Unterh. Boden	% v. Ansch.	0
32	Unterh./Rep. Gebäude	% v. Ansch.	1
33	Unterh./Rep. baul. Anlagen	% v. Ansch.	1
34	Unterh./Rep. techn. Anlagen	% v. Ansch.	3
35	Unterh./Rep. Technik	% v. Ansch.	3
36	Unterh./Rep. Technik	% v. Ansch.	3
37	Unterh./Rep. Technik (1-5 J.) Bereich Landv	% v. Ansch.	7
38	Unterh./Rep. Technik (6-10 J.) Bereich Land	% v. Ansch.	7
39			

	B	C	D
1	<b>Übersicht 3: Ökonomische Koeffizienten der Bioethanolprodukti</b>		
2			Wertansatz
40	Gebäudeversicherung	% v. Ansch.	0,2
41	Technikversicherung	% v. Ansch.	0,5
42			
43	Jährliche Arbeitsleistung	AKh/Jahr	2.000
44	Sicherheitszuschlag bei landw. Arbeiten	%	30
45	Betriebseig. Arbeitskräfte	€/AKh	25,00
46	Facharbeitskräfte	€/AKh	15,00
47	Arbeitskräfte	€/AKh	12,00
48	Aushilfskräfte	€/AKh	10,00
49			
50	Eingekaufter Strom	€/kWh	0,080
51	Verkaufter Strom	€/kWh	0,092
52	Heizöl	€/l	0,35
53	Treibstoff	€/l	0,5
54	Wärme	€/kWh	0
55	Alkohol	1000 l	420
56	Frischwasser	€/m3	1,5
57	Abwasser	€/m3	2
58			
59	Dünger-N	€/kg	0,54
60	Dünger-P2O5	€/kg	0,50
61	Dünger-K2O	€/kg	0,27
62			
63	Preisausgleich	€/ha	393
64	Preisausgleich BW		324
65	Preisausgleich BY		348
66	Preisausgleich MV		344
67			0
68	sonst. Flächenbeihilfe	€/ha	0
69			0
70	Flächenpacht	€/ha	180
71	Grundsteuer	€/ha	15
72			
73	Hagelvers. Getreide	€/ha	17
74	Hagelvers. Raps	€/ha	39
75	Hagelvers. Mais	€/ha	30

	D	E	F	G	H	I	J	K
70	<b>Übersicht 4: Gesamtheit der technischen und ökonomischen Parameter (bezogen auf die jeweilige Einheit)</b>							
71	Gesamtgröße der Brennereianlage	9.000.000 l A						
72	Blattfrucht	Raps						
73	Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %						
74		Einheit	Gesamtkosten (bewertete Lieferungen)	Gesamtkosten (ohne Dünger und Energie)	Gesamtkosten (ohne Dünger, Energie und Arbeit)	Kapitalkosten	Summe Kapitalbedarf	Kapital, dauerhaft gebunden
75							<b>Kapital</b>	
76			€	€	€	€	€	€
77	Verbrauch Getreideproduktion	1 ha	-792	-792	-729	-132	-950	-9
78	Lieferung Getreideproduktion	1 ha	393	393	393	0	0	0
79	Saldo Lieferung/Verbrauch	1ha	-399	-399	-337	-132	-950	-9
80	Verbrauch Rapsproduktion	1 ha	-795	-795	-732	-132	-950	-9
81	Lieferung Rapsproduktion	1 ha	393	393	393	0	0	0
82	Saldo Lieferung/Verbrauch	1ha	-402	-402	-339	-132	-950	-9
83	Verbrauch Maisproduktion	1ha	-1.244	-1.244	-1.017	-275	-1.950	-9
84	Lieferung Maisproduktion	1ha	393	393	393	0	0	0
85	Saldo Lieferung/Verbrauch	1ha	-851	-851	-624	-275	-1.950	-9
86	Verbrauch Flächenstilllegung	1 ha	0	0	0	0	0	0
87	Lieferung Flächenstilllegung	1 ha	0	0	0	0	0	0
88	Saldo Lieferung/Verbrauch	1ha	0	0	0	0	0	0
89	Verbrauch Getreide Lagerung und Transport	1 t	-13	-13	-12	-9	-115	-1
90	Lieferung Getreide Lagerung und Transport	1 t	0	0	0	0	0	0
91	Saldo Lieferung/Verbrauch	1 t	-13	-13	-12	-9	-115	-1
92	Verbrauch Raps Lagerung und Transport	1 t	-16	-16	-16	-9	-118	-1
93	Lieferung Raps Lagerung und Transport	1 t	0	0	0	0	0	0
94	Saldo Lieferung/Verbrauch	1 t	-16	-16	-16	-9	-118	-1
95	Verbrauch Mais Lagerung und Transport	1 t	-5	-5	-4	-2	-27	0
96	Lieferung Mais Lagerung und Transport	1 t	0	0	0	0	0	0
97	Saldo Lieferung/Verbrauch	1 t	-5	-5	-4	-2	-27	0
98	Verbrauch Getreidekonversion	1000 l A	-190	-190	-141	-67	-527	-11
99	Lieferung Getreidekonversion	1000 l A	420	0	0	0	0	0
100	Saldo Lieferung/Verbrauch	1000 l A	230	-190	-141	-67	-527	-11
101	Verbrauch Energieproduktion	1 m3	-18	-18	-17	-13	-103	-1
102	Lieferung Energieproduktion	1 m3	0	0	0	0	0	0
103	Saldo Lieferung/Verbrauch	1 m3	-18	-18	-17	-13	-103	-1
104	Verbrauch Energieverwertung	1 kWh	-279	-279	-275	-224	-1.071	-1
105	Lieferung Energieverwertung	1 kWh	736	0	0	0	0	0
106	Saldo Lieferung/Verbrauch	1 kWh	458	-279	-275	-224	-1.071	-1
107	Verbrauch Biogasreinigung	1 m3	0	0	0	0	0	0
108	Lieferung Biogasreinigung	1 m3	0	0	0	0	0	0
109	Saldo Lieferung/Verbrauch	1 m3	0	0	0	0	0	0
110	Verbrauch Faulschlamm Lagerung und Ausbringung	1 m3	-7,11	-7	-6	-4	-38	-2
111	Lieferung Faulschlamm Lagerung und Ausbringung	1 m3	7,29	0	0	0	0	0
112	Saldo Lieferung/Verbrauch	1 m3	0	-7	-6	-4	-38	-2

	D	L	M	N	O	P	R	S	U	V
70	<b>Übersicht 4: Gesamtheit der technischen und i</b>									
71	Gesamtgröße der Brennereianlage									
72	Blattfrucht									
73	Trockensubstanzgehalt im Fermenter									
74		Kapital, 25-40 Jahre gebunden	Kapital, 15-25 Jahre gebunden	Kapital, 10-15 Jahre gebunden	Kapital, 6-10 Jahre gebunden	Kapital, 1-5 Jahre gebunden	Summe Laufende Einnahmen und Ausgaben	laufende Kosten	Steuern und Abgaben	Prämien
75							<b>Laufende Einnahmen und Aus</b>			
76		€	€	€	€	€	€	€	€	€
77	Verbrauch Getreideproduktion	-36	-5	-630	-225	-45	-597	-381	-15	0
78	Lieferung Getreideproduktion	0	0	0	0	0	393	0	0	393
79	Saldo Lieferung/Verbrauch	-36	-5	-630	-225	-45	-205	-381	-15	393
80	Verbrauch Rapsproduktion	-36	-5	-630	-225	-45	-600	-361	-15	0
81	Lieferung Rapsproduktion	0	0	0	0	0	393	0	0	393
82	Saldo Lieferung/Verbrauch	-36	-5	-630	-225	-45	-207	-361	-15	393
83	Verbrauch Maisproduktion	-36	-5	-1.330	-475	-95	-741	-507	-15	0
84	Lieferung Maisproduktion	0	0	0	0	0	393	0	0	393
85	Saldo Lieferung/Verbrauch	-36	-5	-1.330	-475	-95	-349	-507	-15	393
86	Verbrauch Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	Lieferung Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	Verbrauch Getreide Lagerung und Transport	-69	-29	-10	-4	-1	-4	-3	0	0
90	Lieferung Getreide Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	Saldo Lieferung/Verbrauch	-69	-29	-10	-4	-1	-4	-3	0	0
92	Verbrauch Raps Lagerung und Transport	-71	-30	-10	-4	-1	-6	-6	0	0
93	Lieferung Raps Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	Saldo Lieferung/Verbrauch	-71	-30	-10	-4	-1	-6	-6	0	0
95	Verbrauch Mais Lagerung und Transport	0	-24	-3	-1	0	-2	-1	0	0
96	Lieferung Mais Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	-24	-3	-1	0	-2	-1	0	0
98	Verbrauch Getreidekonversion	-62	-3	-360	-68	-23	-75	-72	0	0
99	Lieferung Getreidekonversion	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	Saldo Lieferung/Verbrauch	-62	-3	-360	-68	-23	-75	-72	0	0
101	Verbrauch Energieproduktion	0	-2	-85	-13	-2	-4	-4	0	0
102	Lieferung Energieproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	-2	-85	-13	-2	-4	-4	0	0
104	Verbrauch Energieverwertung	-13	-2	-439	-351	-265	-51	-46	0	0
105	Lieferung Energieverwertung	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	Saldo Lieferung/Verbrauch	-13	-2	-439	-351	-265	-51	-46	0	0
107	Verbrauch Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	Lieferung Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	Verbrauch Faulschlamm Lagerung und Ausbringun	-1	-25	-5	-5	-1	-2	-2	0	0
111	Lieferung Faulschlamm Lagerung und Ausbringun	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	Saldo Lieferung/Verbrauch	-1	-25	-5	-5	-1	-2	-2	0	0

	D	W	X	Z	AA	AB	AC	AD	AJ	AK	AL
70	<b>Übersicht 4: Gesamtheit der technischen und i</b>										
71	Gesamtgröße der Brennereianlage										
72	Blattfrucht										
73	Trockensubstanzgehalt im Fermenter										
74		Versicherungen	Pacht/Miete	Treibstoffe	Heizöl	Strom	Wärme	Methan	Getreide	Raps	Landw. Nutzfläche
75		<b>gaben</b>		<b>Nat. Bedarfsgrößen</b>							
76		€	€	l	l	kWh	kWh	m3	t	t	ha
77	Verbrauch Getreideproduktion	-21	-180	-55	0	-10	0	0	0	0	-1
78	Lieferung Getreideproduktion	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
79	Saldo Lieferung/Verbrauch	-21	-180	-55	0	-10	0	0	8	0	-1
80	Verbrauch Rapsproduktion	-44	-180	-55	0	-10	0	0	0	0	-1
81	Lieferung Rapsproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
82	Saldo Lieferung/Verbrauch	-44	-180	-55	0	-10	0	0	0	4	-1
83	Verbrauch Maisproduktion	-40	-180	-101	0	-10	0	0	0	0	-1
84	Lieferung Maisproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	Saldo Lieferung/Verbrauch	-40	-180	-101	0	-10	0	0	0	0	-1
86	Verbrauch Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	Lieferung Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	Verbrauch Getreide Lagerung und Transport	0	0	-1	-3	-2	0	0	-1	0	0
90	Lieferung Getreide Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
91	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	-1	-3	-2	0	0	0	0	0
92	Verbrauch Raps Lagerung und Transport	0	0	-1	-11	-2	0	0	0	-1	0
93	Lieferung Raps Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
94	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	-1	-11	-2	0	0	0	0	0
95	Verbrauch Mais Lagerung und Transport	0	0	-2	0	-1	0	0	0	0	0
96	Lieferung Mais Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	-2	0	-1	0	0	0	0	0
98	Verbrauch Getreidekonversion	-2	0	0	0	-178	-250	0	-3	0	0
99	Lieferung Getreidekonversion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	Saldo Lieferung/Verbrauch	-2	0	0	0	-178	-250	0	-3	0	0
101	Verbrauch Energieproduktion	-1	0	0	0	-10	0	0	0	-1	0
102	Lieferung Energieproduktion	0	0	0	0	0	0	440	0	0	0
103	Saldo Lieferung/Verbrauch	-1	0	0	0	-10	0	440	0	-1	0
104	Verbrauch Energieverwertung	-5	0	0	0	-40	0	0	0	0	0
105	Lieferung Energieverwertung	0	0	0	0	8.000	9.297	0	0	0	0
106	Saldo Lieferung/Verbrauch	-5	0	0	0	7.960	9.297	0	0	0	0
107	Verbrauch Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	Lieferung Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	Verbrauch Faulschlamm Lagerung und Ausbringun	0	0	-1	0	-2	0	0	0	0	0
111	Lieferung Faulschlamm Lagerung und Ausbringun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	-1	0	-2	0	0	0	0	0

	D	AM	AN	AS	AT	AU	AY	AZ	BA	BB	BC
70	<b>Übersicht 4: Gesamtheit der technischen und i</b>										
71	Gesamtgröße der Brennereianlage										
72	Blattfrucht										
73	Trockensubstanzgehalt im Fermenter										
74		Bauplatzfläche	Gebäudevolumen	Stickstoff	Phosphat	Kallium	Arbeitsbedarf insgesamt	Betriebseig. Arbeitskräfte	Facharbeitskräfte	Ständige Hilfskräfte	Aushilfskräfte
75							<b>Arbeit</b>				
76		m2	m3	kg	kg	kg	AKh	AKh	AKh	AKh	AKh
77	Verbrauch Getreideproduktion	-2	-1	-174	-64	-48	-5	0	-3	0	-1
78	Lieferung Getreideproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	Saldo Lieferung/Verbrauch	-2	-1	-174	-64	-48	-5	0	-3	0	-1
80	Verbrauch Rapsproduktion	-2	-1	-149	-65	-36	-5	0	-3	0	-1
81	Lieferung Rapsproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	Saldo Lieferung/Verbrauch	-2	-1	-149	-65	-36	-5	0	-3	0	-1
83	Verbrauch Maisproduktion	-2	-1	-180	-80	-50	-20	0	-6	0	-13
84	Lieferung Maisproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	Saldo Lieferung/Verbrauch	-2	-1	-180	-80	-50	-20	0	-6	0	-13
86	Verbrauch Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	Lieferung Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	Verbrauch Getreide Lagerung und Transport	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0
90	Lieferung Getreide Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0
92	Verbrauch Raps Lagerung und Transport	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0
93	Lieferung Raps Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0
95	Verbrauch Mais Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	Lieferung Mais Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	Verbrauch Getreidekonversion	-2	0	0	0	0	-3	0	-2	0	0
99	Lieferung Getreidekonversion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	Saldo Lieferung/Verbrauch	-2	0	0	0	0	-3	0	-2	0	0
101	Verbrauch Energieproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	Lieferung Energieproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	Verbrauch Energieverwertung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	Lieferung Energieverwertung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
107	Verbrauch Biogasreinigung	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
108	Lieferung Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
110	Verbrauch Faulschlamm Lagerung und Ausbringung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111	Lieferung Faulschlamm Lagerung und Ausbringung	0	0	8	4	3	0	0	0	0	0
112	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	8	4	3	0	0	0	0	0

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1			-1.041	-929	-838	-265	-1.806	-34	-298	-264	-867	-265	-78
2	<b>Übersicht 5: Gesamtheit der technischen und ökonomischen Parameter (bezogen auf 1000 I A)</b>												
3	Größe der Brennereianlage	9.000.000 I A											
4	Blattfrucht	Raps											
5	Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %											
6		Kosten je 1000 I A (ohne Bewertung der Überschusswärme, Spalte AC)	Gesamt einschl. Arbeitskosten und mit Düngerielerungen	Gesamt einschl. Arbeitskosten und ohne Dünger- und Energielielerungen	Gesamt ohne Arbeitskosten und ohne Dünger- und Energielielerungen	Kapitalkosten	Summe Kapitalbedarf	Kapital, dauerhaft gebunden	Kapital, 25-40 Jahre gebunden	Kapital, 15-25 Jahre gebunden	Kapital, 10-15 Jahre gebunden	Kapital, 6-10 Jahre gebunden	Kapital, 1-5 Jahre gebunden
7													
8		€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
9	Verbrauch insgesamt		-729	-729	-637	-248	-1.806	-34	-298	-264	-867	-265	-78
10	Lieferung insgesamt		313	201	201	17	0	0	0	0	0	0	0
11	Saldo Lieferung/Verbrauch	416	-416	-528	-437	-232	-1.806	-34	-298	-264	-867	-265	-78
12	Verbrauch Getreideproduktion		-264	-264	-245	-58	-297	-3	-11	-2	-197	-70	-14
13	Lieferung Getreideproduktion		134	134	134	11	0	0	0	0	0	0	0
14	Saldo Lieferung/Verbrauch		-131	-131	-111	-47	-297	-3	-11	-2	-197	-70	-14
15	Verbrauch Rapsproduktion		-133	-133	-123	-29	-148	-1	-6	-1	-98	-35	-7
16	Lieferung Rapsproduktion		67	67	67	6	0	0	0	0	0	0	0
17	Saldo Lieferung/Verbrauch		-66	-66	-56	-24	-148	-1	-6	-1	-98	-35	-7
18	Verbrauch Maisproduktion		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Lieferung Maisproduktion		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Saldo Lieferung/Verbrauch		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Verbrauch Flächenstilllegung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Lieferung Flächenstilllegung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Saldo Lieferung/Verbrauch		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Verbrauch Getreide Lagerung und Transport		-34	-34	-32	-23	-287	-3	-173	-73	-26	-9	-2
25	Lieferung Getreide Lagerung und Transport		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Saldo Lieferung/Verbrauch		-34	-34	-32	-23	-287	-3	-173	-73	-26	-9	-2
27	Verbrauch Raps Lagerung und Transport		-9	-9	-9	-5	-66	-1	-40	-17	-6	-2	0
28	Lieferung Raps Lagerung und Transport		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Saldo Lieferung/Verbrauch		-9	-9	-9	-5	-66	-1	-40	-17	-6	-2	0
30	Verbrauch Mais Lagerung und Transport		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
31	Lieferung Mais Lagerung und Transport		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
32	Saldo Lieferung/Verbrauch		0	0	0	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
33	Verbrauch Getreidekonversion		-193	-193	-144	-70	-527	-11	-62	-3	-360	-68	-23
34	Lieferung Getreidekonversion		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	Saldo Lieferung/Verbrauch		-193	-193	-144	-70	-527	-11	-62	-3	-360	-68	-23
36	Verbrauch Energieproduktion		-17	-17	-17	-12	-98	-1	0	-2	-81	-12	-2
37	Lieferung Energieproduktion		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	Saldo Lieferung/Verbrauch		-17	-17	-17	-12	-98	-1	0	-2	-81	-12	-2
39	Verbrauch Energieverwertung		-24	-24	-24	-20	-93	0	-1	0	-38	-30	-23
40	Lieferung Energieverwertung		64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	Saldo Lieferung/Verbrauch		40	-24	-24	-20	-93	0	-1	0	-38	-30	-23
42	Verbrauch Biogasreinigung		-8	-8	-8	-6	-41	0	0	0	-29	-8	-4
43	Lieferung Biogasreinigung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	Saldo Lieferung/Verbrauch		-8	-8	-8	-6	-41	0	0	0	-29	-8	-4
45	Verbrauch Faulschlamm Lagerung und Ausbringung		-47	-47	-37	-25	-249	-13	-4	-166	-33	-30	-3
46	Lieferung Faulschlamm Lagerung und Ausbringung		48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	Saldo Lieferung/Verbrauch		1	-47	-37	-25	-249	-13	-4	-166	-33	-30	-3
48	Nicht bewertete aber nutzbare Energie:	557 kWh											

	D	R	S	U	V	W	X	Z	AA	AB	AC	AD	AJ	AK	AL	AM
1		-573	-279	-7	-184	-19	-84	-36	-14	-909	-1.057	-418	-10	-2	0	-7
2	<b>Übersicht 5: Gesamtheit der technischen und ö</b>															
3	Größe der Brennereianlage															
4	Blattfrucht															
5	Trockensubstanzgehalt im Fermenter															
6		Summe Einnahmen und Ausgaben	Einnahmen und Ausgaben ohne Steuern, Prämien, Versicherungen, Pacht	Steuern und Abgaben	Prämien	Versicherungen	Pacht/Miete	Treibstoff	Heizöl	Strom	Wärme (ohne Dampf <sup>1)</sup> )	Methan	Getreide	Raps	Landw. Nutzfläche	Bauplatzfläche
7		<b>Laufende Einnahmen und Ausgaben</b>														
8		€	€	€	€	€	€	l	l	kWh	kWh	m3	t	t	ha	m2
9	Verbrauch insgesamt	-389	-279	-7	0	-19	-84	-36	-14	-215	-250	0	-5	-1	0	-7
10	Lieferung insgesamt	184	0	0	184	0	0	0	0	694	807	418	5	1	0	0
11	Saldo Lieferung/Verbrauch	-205	-279	-7	184	-19	-84	-36	-14	480	557	418	0	0	0	-7
12	Verbrauch Getreideproduktion	-187	-119	-5	0	-7	-56	-17	0	-3	0	0	0	0	0	-1
13	Lieferung Getreideproduktion	123	0	0	123	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
14	Saldo Lieferung/Verbrauch	-64	-119	-5	123	-7	-56	-17	0	-3	0	0	3	0	0	-1
15	Verbrauch Rapsproduktion	-94	-56	-2	0	-7	-28	-9	0	-2	0	0	0	0	0	0
16	Lieferung Rapsproduktion	61	0	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
17	Saldo Lieferung/Verbrauch	-32	-56	-2	61	-7	-28	-9	0	-2	0	0	0	1	0	0
18	Verbrauch Maisproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Lieferung Maisproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Verbrauch Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Lieferung Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Verbrauch Getreide Lagerung und Transport	-9	-8	0	0	-1	0	-3	-8	-5	0	0	-3	0	0	-1
25	Lieferung Getreide Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
26	Saldo Lieferung/Verbrauch	-9	-8	0	0	-1	0	-3	-8	-5	0	0	0	0	0	-1
27	Verbrauch Raps Lagerung und Transport	-4	-3	0	0	0	0	-1	-6	-1	0	0	0	-1	0	0
28	Lieferung Raps Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
29	Saldo Lieferung/Verbrauch	-4	-3	0	0	0	0	-1	-6	-1	0	0	0	0	0	0
30	Verbrauch Mais Lagerung und Transport	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
31	Lieferung Mais Lagerung und Transport	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
32	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
33	Verbrauch Getreidekonversion	-75	-72	0	0	-2	0	0	0	-178	-250	0	-3	0	0	-2
34	Lieferung Getreidekonversion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	Saldo Lieferung/Verbrauch	-75	-72	0	0	-2	0	0	0	-178	-250	0	-3	0	0	-2
36	Verbrauch Energieproduktion	-4	-4	0	0	0	0	0	0	-9	0	0	0	-1	0	0
37	Lieferung Energieproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	418	0	0	0	0
38	Saldo Lieferung/Verbrauch	-4	-4	0	0	0	0	0	0	-9	0	418	0	-1	0	0
39	Verbrauch Energieverwertung	-4	-4	0	0	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0
40	Lieferung Energieverwertung	0	0	0	0	0	0	0	0	694	807	0	0	0	0	0
41	Saldo Lieferung/Verbrauch	-4	-4	0	0	0	0	0	0	691	807	0	0	0	0	0
42	Verbrauch Biogasreinigung	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	Lieferung Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	Saldo Lieferung/Verbrauch	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	Verbrauch Faulschlamm Lagerung und Ausbringun	-12	-11	0	0	-1	0	-8	0	-13	0	0	0	0	0	-3
46	Lieferung Faulschlamm Lagerung und Ausbringun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	Saldo Lieferung/Verbrauch	-12	-11	0	0	-1	0	-8	0	-13	0	0	0	0	0	-3
48	Nicht bewertete aber nutzbare Energie:															

	D	AN	AS	AT	AU	AY	AZ	BA	BB	BC
1		-424	-132	-57	-39	-7	0	-4	-2	-1
2	<b>Übersicht 5: Gesamtheit der technischen und ö</b>									
3	Größe der Brennereianlage									
4	Blattfrucht									
5	Trockensubstanzgehalt im Fermenter									
6		Gebäudevolumen	Stickstoff	Phosphat	Kalium	Arbeitsbedarf insgesamt	Betriebseig. Arbeitskräfte	Facharbeitskräfte	Arbeitskräfte	Aushilfskräfte
7						<b>Arbeit</b>				
8		m3	kg	kg	kg	AKh	AKh	AKh	AKh	AKh
9	Verbrauch insgesamt	-424	-78	-30	-21	-6,6	-0,2	-3,9	-1,5	-1,0
10	Lieferung insgesamt	0	54	27	19	0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	Saldo Lieferung/Verbrauch	-424	-23	-3	-2	-7	-0,2	-3,9	-1,5	-1,0
12	Verbrauch Getreideproduktion	0	-54	-20	-15	-1	0,0	-1,1	0,0	-0,4
13	Lieferung Getreideproduktion	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	-54	-20	-15	-1	0,0	-1,1	0,0	-0,4
15	Verbrauch Rapsproduktion	0	-23	-10	-6	-1	0,0	-0,5	0,0	-0,2
16	Lieferung Rapsproduktion	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	-23	-10	-6	-1	0,0	-0,5	0,0	-0,2
18	Verbrauch Maisproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Lieferung Maisproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Verbrauch Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	Lieferung Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	Verbrauch Getreide Lagerung und Transport	-4	0	0	0	0	0,0	0,0	-0,2	0,0
25	Lieferung Getreide Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	Saldo Lieferung/Verbrauch	-4	0	0	0	0	0,0	0,0	-0,2	0,0
27	Verbrauch Raps Lagerung und Transport	-1	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	Lieferung Raps Lagerung und Transport	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Saldo Lieferung/Verbrauch	-1	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	Verbrauch Mais Lagerung und Transport	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	Lieferung Mais Lagerung und Transport	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	Saldo Lieferung/Verbrauch	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
33	Verbrauch Getreidekonversion	0	0	0	0	-3	-0,2	-2,2	-0,4	-0,4
34	Lieferung Getreidekonversion	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	-3	-0,2	-2,2	-0,4	-0,4
36	Verbrauch Energieproduktion	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	Lieferung Energieproduktion	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	Verbrauch Energieverwertung	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	Lieferung Energieverwertung	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	Verbrauch Biogasreinigung	-418	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	Lieferung Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	Saldo Lieferung/Verbrauch	-418	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	Verbrauch Faulschlamm Lagerung und Ausbringun	0	0	0	0	-0,86	0,0	0,0	-0,9	0,0
46	Lieferung Faulschlamm Lagerung und Ausbringun	0	54	27	19	0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	Saldo Lieferung/Verbrauch	0	54	27	19	-1	0,0	0,0	-0,9	0,0
48	Nicht bewertete aber nutzbare Energie:									

	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	<b>Übersicht 7: Energieverbrauch und Energielieferung</b>															
2	Größe der Brenneinrichtung	9.000.000 l A														
3	Blattfrucht	Raps														
4	Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %														
5	Werte bezogen auf 1000 l A															
6		Summe	Treibstoff	Heizöl	Strom	Wärme	Alkohol	Stickstoff	Phosphat	Kalium	Getreide- saatgut	Raps- saatgut	Mais- saatgut	techn. Enzyme	Malz	
7			l	l	kWh	kWh	1000 lA	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
8	<b>Energiegehalt (MJ/Einh.)</b>		35,65	35,65	3,60	3,60	21.200	40,40	15,80	9,28	2,50	7,80	2,50	75,00	3,80	
9	<b>Naturale Werte</b>															
10	Verbrauch insgesamt		-36,49	-13,69	-214,74	-250,00	0,00	-77,63	-30,13	-20,63	-56,25	-0,63	0,00	-1,60	-1,52	
11	Lieferung insgesamt		0,00	0,00	694,47	807,08	1,00	54,34	27,11	18,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Saldo Verbrauch/Lieferung		-36,49	-13,69	479,73	557,08	1,00	-23,29	-3,01	-2,06	-56,25	-0,63	0,00	-1,60	-1,52	
13	Saldo aus Lieferung und Verbrauch bei ...															
14	Getreideproduktion		-17,19	0,00	-3,13	0,00	0,00	-54,38	-20,00	-15,00	-56,25					
15	Rapsproduktion		-8,59	0,00	-1,56	0,00	0,00	-23,25	-10,13	-5,63		-0,63				
16	Maisproduktion		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00			
17	Flächenstilllegung		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
18	Getreidelagerung und -transport		-2,50	-7,50	-5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
19	Rapslagerung und -transport		-0,56	-6,19	-1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
20	Maislagerung und -transport		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
21	Getreidekonversion		0,00	0,00	-177,78	-2.229,17	1,00	0,00	0,00	0,00				-1,60	-1,52	
22	Energieproduktion		0,00	0,00	-9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
23	Energieverwertung		0,00	0,00	690,99	2.786,25	0,00	0,00	0,00	0,00						
24	Biogasreinigung		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
25	Faulschlamm Lagerung und -ausbringung		-7,64	0,00	-13,18	0,00	0,00	54,34	27,11	18,56						
26	<b>Energiewerte (MJ/1000 l A)</b>															
27	Verbrauch insgesamt		-7.536	-1.301	-488	-773	-900	0	-3.136	-476	-191	-141	-5	0	-120	-6
28	Lieferung insgesamt		29.401	0	0	2.500	2.905	21.200	2.195	428	172	0	0	0	0	0
29	Saldo Verbrauch/Lieferung		21.865	-1.301	-488	1.727	2.005	21.200	-941	-48	-19	-141	-5	0	-120	-6
30	Saldo aus Verbrauch und Lieferung in ...															
31	Getreideproduktion		-3.417	-613	0	-11	0	-2.197	-316	-139	-141	0	0	0	0	0
32	Rapsproduktion		-1.468	-306	0	-6	0	-939	-160	-52	0	-5	0	0	0	0
33	Maisproduktion		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	Flächenstilllegung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	Getreidelagerung und -transport		-375	-89	-267	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	Rapslagerung und -transport		-245	-20	-221	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	Maislagerung und -transport		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L	M	N	O	P
1	<b>Übersicht 7: Energieverbrauch und Energielieferung</b>														
2	Größe der Brennereianlage	9.000.000 l A													
3	Blattfrucht	Raps													
4	Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %													
5	Werte bezogen auf 1000 l A														
6		Summe	Treibstoff	Heizöl	Strom	Wärme	Alkohol	Stickstoff	Phosphat	Kalium	Getreide- saatgut	Raps- saatgut	Mais- saatgut	techn. Enzyme	Malz
7			l	l	kWh	kWh	1000 lA	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
38	Getreidekonversion	12.409	0	0	-640	-8.025	21.200	0	0	0	0	0	0	-120	-6
39	Energieproduktion	-34	0	0	-34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	Energieverwertung	12.518	0	0	2.488	10.030	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	Faulschlamm Lagerung und -ausbringung	2.476	-272	0	-47	0	0	2.195	428	172	0	0	0	0	0
43															
44	<b>Energiewerte (MJ/t Getreide)</b>														
45	Verbrauch insgesamt	-3.015	-520	-195	-309	-360	0	-1.254	-190	-77	-56	-2	0	-48	-2
46	Lieferung insgesamt	11.761	0	0	1.000	1.162	8.480	878	171	69	0	0	0	0	0
47	Saldo Verbrauch/Lieferung	8.746	-520	-195	691	802	8.480	-376	-19	-8	-56	-2	0	-48	-2
48	Saldo aus Verbrauch und Lieferung in ...														
49	Getreideproduktion	-1.367	-245	0	-5	0	0	-879	-126	-56	-56	0	0	0	0
50	Rapsproduktion	-587	-123	0	-2	0	0	-376	-64	-21	0	-2	0	0	0
51	Maisproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Getreidelagerung und -transport	-150	-36	-107	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	Rapslagerung und -transport	-98	-8	-88	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	Maislagerung und -transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	Getreidekonversion	4.964	0	0	-256	-3.210	8.480	0	0	0	0	0	0	-48	-2
57	Energieproduktion	-14	0	0	-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	Energieverwertung	5.007	0	0	995	4.012	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	Faulschlamm Lagerung und -ausbringung	990	-109	0	-19	0	0	878	171	69	0	0	0	0	0

	A	B	C	D	E	F
13	<b>Übersicht 8: Stabilität der Ergebnisse</b>					
14	Größe der Brenneinlage		9.000.000 l A			
15	Blattfrucht		Raps			
16	Trockensubstanzgehalt im Fermenter		7 %			
17						
18			Veränderung Ausgangsgröße		Reaktion der Erzeugungskosten	
19			prozentual	absolut	prozentual	absolut
20	Getreideertrag	8,0 t/ha	-10 %	-0,8 t/ha	3,1 %	1,3 ct/l A
21	Rapsanteil an Getreide	50 %	-10 %	-5,0 %-Punkte	-1,2 %	-0,5 ct/l A
22	Maisanteil an Getreide	%	-10 %	0,0 %-Punkte	0,0 %	0,0 ct/l A
23	Konversionsrate	400 l/t Getr.	-10 %	-40 l/t Getr.	6,7 %	2,8 ct/l A
24	Methanertrag	167 m3/t Getr.	10 %	17 m3/t Getr.	-2,0 %	-0,8 ct/l A
25	el. Effiz. BHKW	37 %	10 %	3,7 %-Punkte	0,0 %	0,0 ct/l A
26	Faulschlammager	6 Monate	-34 %	-2,0 Monate	-3,0 %	-1,3 ct/l A
27	Arbeitskosten		10 %		3,49 %	1,5 ct/l A
28	Zinskosten	6,0 %	20 %	1,2 %-Punkte	3,7 %	1,5 ct/l A
29	Energiekosten (Einkauf)		10 %		0,9 %	0,4 ct/l A
30	Pachtpreis / Beihilfe		-10 %		2,6 %	1,1 ct/l A
31	Investitionssumme	1.806 €/1000 l A	10 %	-180,6 €	6,3 %	2,6 ct/l A
32	Strompreis (Verkauf)	9,20 ct/kWh	-10 %	-0,92 ct/kWh	1,5 %	0,6 ct/l A
33	Dampfbedarf	1.979 kWh/1000 l A	-10 %	-198 kWh	-1,2 %	-0,5 ct/l A
34	Nutzungsdauer der Anlagen		-10 %		3,9 %	1,6 ct/l A

	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L	M	N	O	P	
	<b>Übersicht 12: Energieverbrauch und Energielieferung</b>															
63																
64	Größe der Brenneinrichtung	9.000.000 l A														
65	Blattfrucht	Silomais														
66	Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %														
67	Werte bezogen auf 1000 l A															
68		Summe	Treibstoff	Heizöl	Strom	Wärme	Alkohol	Stickstoff	Phosphat	Kalium	Getreide- saatgut	Raps- saatgut	Mais- saatgut	techn. Enzyme	Malz	
69			l	l	kWh	kWh	1000 lA	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
70	<b>Energiegehalt (MJ/Einh.)</b>		35,65	35,65	3,60	3,60	21.200	40,40	15,80	9,28	2,50	7,80	2,50	75,00	3,80	
71	<b>Naturale Werte</b>															
72	Verbrauch insgesamt		-65,33	-7,50	-258,64	-250,00	0,00	-82,50	-32,50	-22,81	-56,25	0,00	-3,91	-1,60	-1,52	
73	Lieferung insgesamt		0,00	0,00	2.693,74	3.130,57	1,00	57,75	29,25	20,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
74	Saldo Verbrauch/Lieferung		-65,33	-7,50	2.435,10	2.880,57	1,00	-24,75	-3,25	-2,28	-56,25	0,00	-3,91	-1,60	-1,52	
75	Saldo aus Lieferung und Verbrauch bei ...															
76	Getreideproduktion		-17,19	0,00	-3,13	0,00	0,00	-54,38	-20,00	-15,00	-56,25					
77	Rapsproduktion		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00				
78	Maisproduktion		-15,80	0,00	-1,56	0,00	0,00	-28,13	-12,50	-7,81			-3,91			
79	Flächenstilllegung		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
80	Getreidelagerung und -transport		-2,50	-7,50	-5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
81	Rapslagerung und -transport		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
82	Maislagerung und -transport		-12,50	0,00	-6,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
83	Getreidekonversion		0,00	0,00	-177,78	-2.229,17	1,00	0,00	0,00	0,00				-1,60	-1,52	
84	Energieproduktion		0,00	0,00	-21,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
85	Energieverwertung		0,00	0,00	2.680,27	5.109,73	0,00	0,00	0,00	0,00						
86	Biogasreinigung		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
87	Faulschlamm Lagerung und -ausbringung		-17,34	0,00	-29,90	0,00	0,00	57,75	29,25	20,53						
88	<b>Energiewerte (MJ/1000 l A)</b>															
89	Verbrauch insgesamt		-8.762	-2.329	-267	-931	-900	0	-3.333	-514	-212	-141	0	-10	-120	-6
90	Lieferung insgesamt		45.153	0	0	9.697	11.270	21.200	2.333	462	191	0	0	0	0	0
91	Saldo Verbrauch/Lieferung		36.391	-2.329	-267	8.766	10.370	21.200	-1.000	-51	-21	-141	0	-10	-120	-6
92	Saldo aus Verbrauch und Lieferung in ...															
93	Getreideproduktion		-3.417	-613	0	-11	0	0	-2.197	-316	-139	-141	0	0	0	0
94	Rapsproduktion		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	Maisproduktion		-1.985	-563	0	-6	0	0	-1.136	-198	-73	0	0	-10	0	0
96	Flächenstilllegung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	Getreidelagerung und -transport		-375	-89	-267	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	Rapslagerung und -transport		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	Maislagerung und -transport		-468	-446	0	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	Getreidekonversion		12.409	0	0	-640	-8.025	21.200	0	0	0	0	0	0	-120	-6
101	Energieproduktion		-78	0	0	-78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	Energieverwertung		28.044	0	0	9.649	18.395	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	Biogasreinigung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L	M	N	O	P
63	<b>Übersicht 12: Energieverbrauch und Energielieferung</b>														
64	Größe der Brenneinrichtung	9.000.000 l A													
65	Blattfrucht	Silomais													
66	Trockensubstanzgehalt im Fermenter	7 %													
67	Werte bezogen auf 1000 l A														
68		Summe	Treibstoff	Heizöl	Strom	Wärme	Alkohol	Stickstoff	Phosphat	Kalium	Getreide-	Raps-	Mais-	techn.	Malz
69			l	l	kWh	kWh	1000 lA	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
104	Faulschlamm Lagerung und -ausbringung	2.260	-618	0	-108	0	0	2.333	462	191	0	0	0	0	0
105															
106	<b>Energiewerte (MJ/t Getreide)</b>														
107	Verbrauch insgesamt	-3.505	-932	-107	-372	-360	0	-1.333	-205	-85	-56	0	-4	-48	-2
108	Lieferung insgesamt	18.061	0	0	3.879	4.508	8.480	933	185	76	0	0	0	0	0
109	Saldo Verbrauch/Lieferung	14.557	-932	-107	3.507	4.148	8.480	-400	-21	-8	-56	0	-4	-48	-2
110	Saldo aus Verbrauch und Lieferung in ...														
111	Getreideproduktion	-1.367	-245	0	-5	0	0	-879	-126	-56	-56	0	0	0	0
112	Rapsproduktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	Maisproduktion	-794	-225	0	-2	0	0	-455	-79	-29	0	0	-4	0	0
114	Flächenstilllegung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	Getreidelagerung und -transport	-150	-36	-107	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	Rapslagerung und -transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117	Maislagerung und -transport	-187	-178	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	Getreidekonversion	4.964	0	0	-256	-3.210	8.480	0	0	0	0	0	0	-48	-2
119	Energieproduktion	-31	0	0	-31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	Energieverwertung	11.218	0	0	3.860	7.358	0	0	0	0	0	0	0	0	0
121	Biogasreinigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
122	Faulschlamm Lagerung und -ausbringung	904	-247	0	-43	0	0	933	185	76	0	0	0	0	0

	A	B	C	D	E
1	<b>Übersicht 6: Produktionskosten</b>				
2	Größe der Brennereianlage		9.000.000 I A		
3	Blattfrucht		Raps		
4	Trockensubstanzgehalt im Fermenter		7 %		
5	Werte beziehen sich auf 1.000 I A				
6	<b>Summe Kapitalbedarf</b>		<b>1.806</b>		
7	Kapitalkosten	€	248		
8	laufende Kosten	€	389		
9	Arbeitskosten	€	92		
10	Betriebsleitung	€	24		
11	<b>Summe Kosten</b>	€	<b>753</b>		
12	Subventionen	€	201		
13	Energieerträge	€	112		
14	<b>Summe Leistungen</b>	€	<b>313</b>		
15	<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	€	<b>441</b>		
16	<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	<b>kWh</b>	<b>557</b>		
17					
18					
19					
20	<b>Übersicht 9: Produktionskosten</b>				
21	Größe der Brennereianlage		9.000.000 I A	9.000.000 I A	
22	Blattfrucht		Raps	Raps	
23	Trockensubstanzgehalt im Fermenter		7 %	12 %	
24	Werte beziehen sich auf 1.000 I A				
25	<b>Summe Kapitalbedarf</b>		<b>1.806</b>	<b>1.665</b>	
26	Kapitalkosten	€	248	232	
27	laufende Kosten	€	389	374	
28	Arbeitskosten	€	92	87	
29	Betriebsleitung	€	24	24	
30	<b>Summe Kosten</b>	€	<b>753</b>	<b>718</b>	
31	Subventionen	€	201	201	
32	Energieerträge	€	112	112	
33	<b>Summe Leistungen</b>	€	<b>313</b>	<b>313</b>	
34	<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	€	<b>441</b>	<b>405</b>	
35	<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	<b>kWh</b>	<b>557</b>	<b>557</b>	
36					
37					
38					
39	<b>Übersicht 10: Produktionskosten</b>				
40	Größe der Brennereianlage		9.000.000 I A	9.000.000 I A	
41	Blattfrucht		Silomais	Silomais	
42	Trockensubstanzgehalt im Fermenter		7 %	12 %	
43	Werte beziehen sich auf 1.000 I A				
44	<b>Summe Kapitalbedarf</b>		<b>2.771</b>	<b>2.451</b>	
45	Kapitalkosten	€	390	354	
46	laufende Kosten	€	469	434	
47	Arbeitskosten	€	134	124	
48	Betriebsleitung	€	24	24	
49	<b>Summe Kosten</b>	€	<b>1017</b>	<b>937</b>	
50	Subventionen	€	201	201	
51	Energieerträge	€	299	299	
52	<b>Summe Leistungen</b>	€	<b>500</b>	<b>500</b>	
53	<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	€	<b>517</b>	<b>437</b>	
54	<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	<b>kWh</b>	<b>2.881</b>	<b>2.881</b>	
55					
56					
57					
58	<b>Übersicht 11: Produktionskosten</b>				
59	Größe der Brennereianlage		9.000.000 I A	5.000.000 I A	2.000.000 I A
60	Blattfrucht		Raps	Raps	Raps
61	Trockensubstanzgehalt im Fermenter		7 %	7 %	7 %
62	Werte beziehen sich auf 1.000 I A				
63	<b>Summe Kapitalbedarf</b>		<b>1.806</b>	<b>2.072</b>	<b>2.634</b>
64	Kapitalkosten	€	248	281	342
65	laufende Kosten	€	389	397	411
66	Arbeitskosten	€	92	108	147
67	Betriebsleitung	€	24	36	72
68	<b>Summe Kosten</b>	€	<b>753</b>	<b>822</b>	<b>972</b>
69	Subventionen	€	201	201	201
70	Energieerträge	€	112	112	112
71	<b>Summe Leistungen</b>	€	<b>313</b>	<b>313</b>	<b>313</b>
72	<b>Produktionskosten für Alkohol</b>	€	<b>441</b>	<b>510</b>	<b>659</b>
73	<b>Nicht bewertete nutzbare Wärme</b>	<b>kWh</b>	<b>557</b>	<b>557</b>	<b>557</b>