



Empfehlungen zum Anbau von Winterweizen zur Herstellung von Bioethanol und zur Verwertung der anfallenden Nebenprodukte

1 Ausgangssituation

Auf EU- als auch auf nationaler Ebene wurden im Jahr 2003 die notwendigen Entscheidungen zur Entwicklung der Biokraftstoffproduktion getroffen. Neben der „EU-Richtlinie zur Förderung von Biokraftstoffen“, die den schrittweisen Anstieg der Mindestmengenanteile bei Biokraftstoffen am Gesamtkraftstoffmarkt von 2 % ab 2004 bis 5,75 % im Jahr 2010 vorsieht, wurden die Änderung des Mineralölsteuergesetzes auf nationaler Ebene und die Energiesteuerrichtlinie beschlossen.

Bestandteil dieses Beschlusspaketes ist die Erweiterung der Mineralölsteuerbegünstigung für Biokraftstoffe und Bioheizstoffe. Die Steuerbegünstigung soll bis zum 31.12.2009 gewährt werden. Während sie bisher nur für Biodiesel als Dieselerersatz Anwendung fand, wird diese Begünstigung nunmehr auch auf die Zumischung von biogenen Treibstoffen zum fossilen Treibstoff gewährt. Allerdings ist sie auf den nachweislichen Anteil an Biokraftstoff beschränkt. Gleichzeitig müssen die europäischen und deutschen Normen für die Kraftstoffqualität eingehalten werden. Das bedeutet, dass maximal 5 % Biodiesel bzw. Bioethanol zugemischt werden können. Mischungsverhältnisse mit höheren Anteilen an biogenen Kraftstoffen, die ebenfalls steuerbegünstigt wären, sind gesondert zu kennzeichnen.

Deutschland ist der größte Kraftstoffverbraucher in der EU. Um die Richtlinie zu erfüllen, ist der Einsatz von 1,37 Mio. t Ethanol/ETBE¹ (\cong 0,69 Mio. ha) und 1,79 Mio. t Biodiesel/Rapsöl (\cong 1,30 Mio. ha) im Jahre 2010 erforderlich. Bereits 2006 müssten ca. 700 000 t Ethanol/ETBE¹ und 860 000 t Biodiesel/Rapsöl als Kraftstoff verbraucht werden. Für die nahe Zukunft kommen Rapsöl und Rapsölmethylester als Dieselerersatz sowohl in reiner Form als auch als Beimischung in Betracht. Große Mineralölkonzerne, wie BP oder Aral, haben mit der Beimischung von Biodiesel zu fossilem Diesel begonnen. Gegenüber Biodiesel kann Bioethanol nicht ohne Anpassung der Motoren in reiner Form verbraucht werden, sodass nur eine Beimischung zu fossilem Benzin erfolgen wird.

Im Gegensatz zu den USA, zu Frankreich, Spanien, Schweden und Brasilien existierten bis 2005 in Deutschland keine Großanlagen zur Herstellung von Bioethanol für den Kraftstoffsektor. Es befinden sich zurzeit jedoch drei Großanlagen in Zeitz, Zörbig und Schwedt in der Anlaufphase. Theoretisch kommen alle zucker- und stärkehaltigen Fruchtarten, wie z. B. Zuckerrüben, Kartoffeln und Getreide, für die Ethanolproduktion in Betracht. Unter volks- und betriebswirtschaftlichen Aspekten ist die Produktion aus Getreide, dabei wiederum Weizen, Triticale und Roggen, unter den bodenklimatischen Bedingungen Mitteldeutschlands zu favorisieren.

Mit der Anlage in Zeitz sollen nach Angaben der Südzucker AG 260 000 m³ Ethanol im Jahr produziert werden, dies entspricht ca. 205 000 t. Es werden dafür ca. 700 000 t Weizen pro Jahr benötigt, was einer Anbaufläche von über 100.000 ha entspricht.

Die Anlage der Mitteldeutschen BioEnergie GmbH & Co. KG (MBE) in Zörbig soll nach Abschluss der Anlaufphase 80 000 t Ethanol pro Jahr erzeugen. Die Anlage der Nordbrandenburger BioEnergie GmbH & Co. KG (NBE) in Schwedt hat ein Produktionsvolumen von 160 000 t pro Jahr.

Das erzeugte Bioethanol wird zum Teil in einem weiteren Konversionsschritt zu Ethyl-tertiär-Buthyl-Ether verarbeitet. In dieser Form kann es dem Otto-Kraftstoff zur Verbesserung der Oktanzahl bis zu einer Konzentration von 15 % zugemischt werden. Dadurch wird das auf fossiler Basis hergestellte Methyl-tertiär-Buthyl-Ether ersetzt. Das Marktvolumen in diesem Bereich beläuft sich auf ca. 270 000 t pro Jahr.

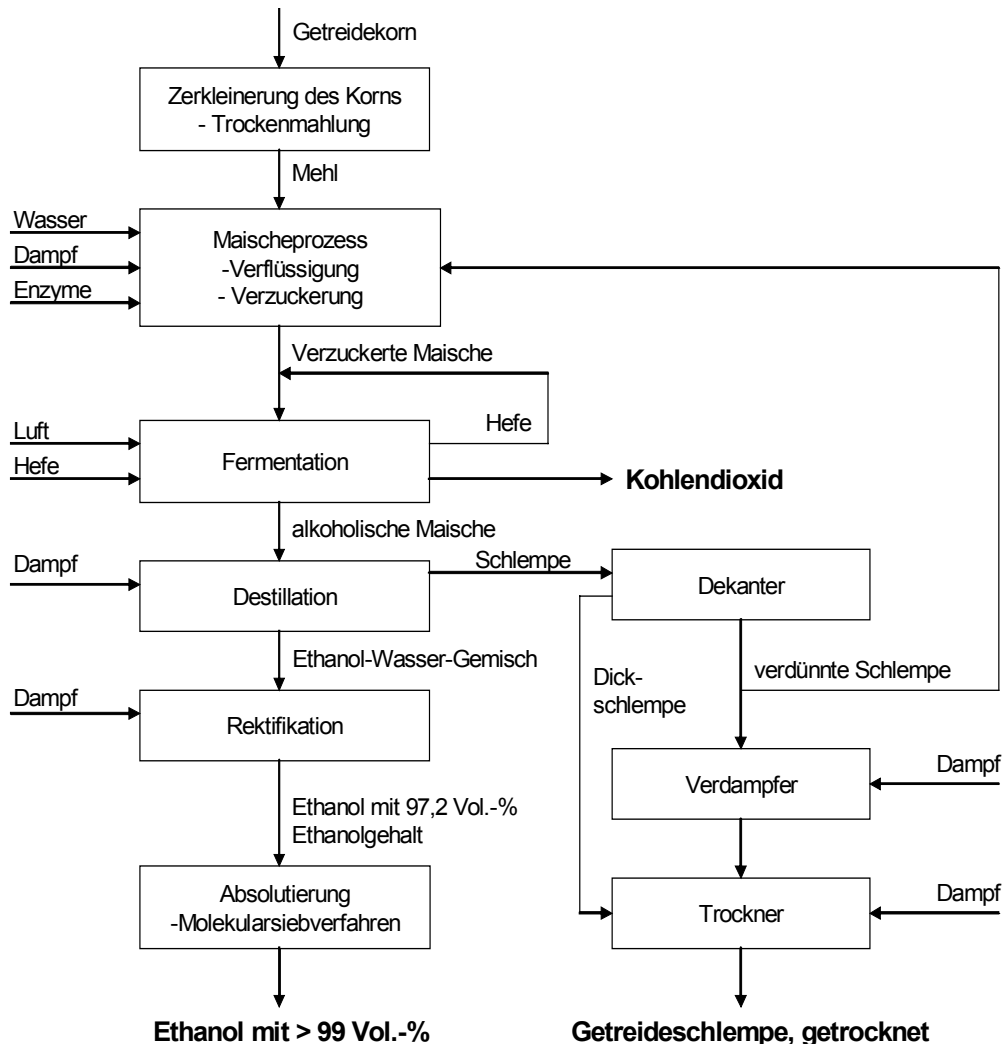
2 Verfahren zur Bioethanolherstellung

Als Rohstoff für die Bioethanolproduktion favorisiert die Südzucker AG Winterweizen. In der Anlage können aber auch Triticale, Roggen, Gerste und Mais sowie in begrenztem Umfang Dicksaft und Melasse aus Zuckerrüben verarbeitet werden.

Bei einer Produktionskapazität von 260 000 m³ Ethanol, wie sie in Zeitz vorgesehen ist, fallen ungefähr in der gleichen Menge Kohlendioxid als Abprodukt und ca. 260 000 t pro Jahr eiweißreiches Futtermittel (Schlempe) an. Ziel des Herstellungsprozesses der Bioethanolherstellung ist die Erzeugung eines unvergällten Bioethanols mit einem Gehalt von mindestens 99 Vol.-%, da es nach den Vorgaben des Mineralölsteuergesetzes nur dann als Biokraft- bzw. Heizstoff eingestuft wird, und die Herstellung eines hochwertigen Futtermittels.

In folgender Abbildung ist das Verfahren der Bioethanolherstellung aus Getreide dargestellt.

¹ ETBE = Ethyl-tertiär-Buthyl-Ether



3 Anforderungen an den Rohstoff

Die im Folgenden aufgeführten Anforderungen beruhen auf Angaben der Südzucker AG für den Rohstoff Weizen. Sie sind sicherlich auch auf Triticale und Roggen anwendbar. Da das vorrangige Ziel in der Ethanolproduktion besteht, ist somit eine hohe Ethanolausbeute je t Rohstoff anzustreben.

Der Stärkegehalt ist dabei das entscheidende Kriterium, bis weitere Parameter, wie z. B. „vergärbare Stärke“, näher definiert sind. Entsprechende Sorten mit gut ausgebildeten Körnern, d. h. einem hohen Tausendkorngewicht (TKG), sind damit zu bevorzugen.

Ein Zielkonflikt besteht bei dem Kriterium Rohprotein (RP)-Gehalt. Der Stärke- und der Rohproteingehalt korrelieren bekanntlich negativ. Ein hoher Stärkegehalt bedingt somit in der Regel niedrigere Rohproteingehalte. Zudem soll das Eiweiß bei der Verarbeitung stören. Gleichzeitig ist der Rohproteingehalt und die Rohproteinzusammensetzung für die Bewertung des anfallenden Nebenproduktes „Schlempe“, das als hochwertiges Fut-

termittel eingesetzt werden soll, entscheidend. Zurzeit wird, um den Verarbeitungsprozess zu optimieren, ein niedriger Rohprotein- und ein hoher Stärkegehalt angestrebt. Ebenfalls von der Futterseite kommt die Forderung nach gesunden Körnern, d. h. kein Mutterkornbesatz (Roggen), keine Schimmelpilze (Lagerung) und vor allem ein sehr niedriger Fusariumbesatz, d. h. geringe Belastung mit Mykotoxinen. Als Richtwert werden DON-Gehalte von < 0,5 mg/kg gefordert. Dieser extrem niedrige Richtwert resultiert aus den Orientierungswerten für Futtergetreide (je nach Tierart 1 bis 5 mg DON/kg), da in der getrockneten Schlempe eine Anreicherung von ca. 3 : 1 zum Ausgangsmaterial erfolgt.

4 Anbauempfehlungen

4.1 Arten- und Sortenwahl

Hohe Stärke- und niedrige Rohproteingehalte bei möglichst geringen Kosten je Produkteinheit sind unter Thüringer Standortbedingungen mit C- und B-Weizen sowie Triticale zu realisieren. Dies umso mehr, da sich die A- und B-Weizenpreise im Jahr 2003/2004 den Futterweizenpreisen bis auf wenige Euro angenähert haben. Weiterhin stellen ertragsstarke A-Weizen (A₂) mit geringerem Rohproteingehalt ebenfalls eine Alternative dar. Dies gilt auch für fallzahlschwache Partien. Die durchschnittlichen Erträge aus den Landessortenversuchen für Thüringen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Artenwahl - Ertragspotenzial von Wintergetreidearten in Thüringen LSV 2002 – 2004, Stufe I (ohne Fungizidbehandlung) und Stufe II (mit Fungizidbehandlung)

Fruchtart	Ertrag dt/ha (86 % TS) × 2002 – 2004 ¹⁾ Mittel beider Stufen	Stärkegehalt in % (100 % TS) 2004 ^{1), 2)} Stufe II	Stärke Ertrag in dt/ha (100 % TS) 2004 ^{1), 2)} Stufe II
Winterweizen E	76,7	67,10	53,64
A 1	79,2	67,24	55,18
A 2	80,9	67,80	58,73
B	81,3	67,69	59,31
C	83,3	66,37	57,60
Wintertriticale	80,6	67,50	55,10
Winterroggen	76,9	61,42	48,20

1) Anzahl Orte Winterweizen: Kornertrag 2002-2004 n=29, Stärkegehalt und -ertrag 2004 n=6
Wintertriticale: Kornertrag 2002-2004 n=24, Stärkegehalt und -ertrag 2004 n=4
Winterroggen: Kornertrag 2002-2004 n=20, Stärkegehalt und -ertrag 2004 n=3

2) Anzahl Sorten Winterweizen: E n=8, A1 n=4, A2 n=11, B n=12, C n=1
Wintertriticale: n=13
Winterroggen: n=13

Die Wirtschaftlichkeit von Ethanolgetreide im Vergleich zur Brotweizenproduktion lässt sich recht einfach über die Ertrags- und Preisdifferenz, unter Berücksichtigung der eingesparten 3. N-Gabe (Punkt 3.2) sowie der ertragsabhängigen Mehrkosten (Ernte) berechnen. Um gesundes Getreide zu erzeugen, ist auf die Fruchtfolgestellung zu achten. Auch „Ethanolweizen“ sollte nicht als Stoppelweizen und nicht nach Mais, insbesondere Körnermais, angebaut werden. Vor allem Betriebe mit Minimalbodenbearbeitung sollten diese Vorfrüchte meiden.

Für die Sortenwahl sind somit die standortabhängige Ertragsleistung, der Stärkegehalt sowie die Fusarium- und Mutterkornanfälligkeit die entscheidenden Kriterien. Berück-

sichtigung sollten auch Winterfestigkeit, Standfestigkeit und Blattgesundheit einer Sorte finden.

Weitere Kriterien für die Sortenwahl sind niedrige Rohproteingehalte und als indirekte Merkmale hohe TKM sowie Hektolitergewichte. Im Mittel der Jahre 2002 bis 2004 waren in Thüringen Winterweizen der Qualitätsgruppen C + B, gefolgt von Wintertriticale, die ertragsstärksten Wintergetreidearten. Als ertragreich erwiesen sich ebenso einige A-Weizensorten.

Nach ersten Untersuchungen der Landesanstalten der Bundesländer Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen liegt der Stärkegehalt bei Triticale und Weizen zwischen 66 und 69 % in der Trockenmasse. Dies entspricht Stärkegehalten von 56 bis 59 % bei 85 % Trockenmasse (entspricht der Berechnungsgrundlage der verarbeitenden Industrie). Roggen hat niedrigere Stärkegehalte als Triticale oder Weizen.

Bei Vertragsproduktion kommen als vorrangige Rohstoffbasis ertragsstarker Weizen und Triticale in Betracht. Bei vertragsloser Vermarktung sollte die alternative Verwendung von ertragsstarken, rohproteinarmen und fallzahlschwachen Weizenpartien bevorzugt werden.

Ethanolweizen konkurriert mit Nahrungsweizen, insbesondere Qualitätsweizen. Gezielter Vertragsanbau lohnt nur bei ausgewogener Preisgestaltung.

Die vorläufige Sortenempfehlung für die Ethanolherzeugung - Aussaat Herbst 2005 - lautet:

- **Wintertriticale**

SW Talentro, Vitalis (vorwiegend für leichtere Böden), Tritikon (Probeanbau)

- **Winterweizen**

B-Weizen: Buteo (Probeanbau), Dekan*, Ephoros (Probeanbau), Hybred (Hybride), Terrier*

C-Weizen: Biscay (Probeanbau), Certo, Hermann (Probeanbau), Hybnos 1 (Hybride)

A-Weizen (mäßiger RP-Gehalt): Batis, Cubus, Magnus*, Pegassos (vornehmlich für leichtere Böden), SW Tataros (Probeanbau)

* geringe Winterfestigkeit beachten

- **Winterroggen**

Hybridsorten: Askari, Fernando, Picasso

Populationsorten: Borestro, Recrut (jeweils für leichtere Böden)

4.2 Düngung von Ethanolweizen

N-Düngung

Zur Produktion hoher Winterweizenerträge mit niedrigem Rohproteingehalt im Korn für die Ethanolherstellung auf der Basis von B- und C-Sorten oder auch rohproteinärmeren A-Sorten wird die N-Düngung auf der Grundlage von geeigneten Beratungsprogrammen wie SBA oder BEFU empfohlen. Basis dafür ist die Bestimmung des N_{\min} -Gehaltes in 0 bis 60 cm Tiefe zu Vegetationsbeginn. Für die Bemessung der 1. N-Gabe gilt ein N-Basis-Sollwert (N_{\min} -Gehalt + N-Düngung) von 130 kg N/ha, auf sandigen Standorten von 120 kg N /ha. Sortenabhängige Zu- oder Abschläge zur N-Dünger Menge sind zumeist nicht erforderlich. Sofern der N-Bedarf für die 1. N-Gabe (1a-Gabe)

(1a-Gabe) 70 bis 80 kg N/ha übersteigt, ist die darüber liegende N-Menge als 1b-Gabe (ca. 2 bis 3 Wochen nach der 1a-Gabe) auszubringen.

Für die Bemessung der N-Düngung während des Schossens (EC 31 bis 37) wird die Nutzung des Nitrat-Schnelltestes empfohlen. In der Regel sollte diese N-Gabe 30 bis 50 kg N/ha betragen. Eine Erhöhung der 2. N-Gabe über den ermittelten Bedarf hinaus sowie die Ausbringung der im Qualitätsweizenanbau üblichen 3. N-Gabe (Qualitätsgabe) ist zu unterlassen, da dies eine für die Ethanolherstellung unerwünschte Erhöhung des Rohproteingehaltes im Korn zur Folge hätte. Als Richtwert kann somit eine Stickstoffdüngung am unteren Bereich der Empfehlung der o. g. Düngungsprogramme gelten.

S-Düngung

Abnehmende Gehalte an verfügbarem Schwefel auf ostdeutschen Standorten erfordern häufig eine S-Düngung auch zu Winterweizen. Eine Düngung mit 20 kg S/ha zu Vegetationsbeginn wird empfohlen, wenn der S_{\min} -Gehalt im Boden in 0 bis 60 cm Tiefe den Sollwert von 40 kg S/ha unterschreitet. Bei akutem S-Mangel ist eine frühzeitige S-Zufuhr im Rahmen der 1. N-Gabe einer späteren Applikation überlegen.

P-, K-, Mg- und Kalkdüngung

Für die Grunddüngung von Winterweizen zur Ethanolherstellung gelten dieselben Empfehlungen wie für den Anbau von Qualitätsweizen. Dabei ist die Düngung unter der Berücksichtigung der Nährstoffversorgung des Bodens zu bemessen.

Mikronährstoffdüngung

Weizen weist einen hohen Kupfer- und Manganbedarf auf. Bei Vorliegen einer niedrigen Cu- bzw. Mn-Versorgung des Bodens (Gehaltsklasse A) wird eine Düngung mit dem betreffenden Nährstoff empfohlen, vorzugsweise als Blattdüngung. Optimale Düngermengen und Zeitpunkte für die Blattdüngung sind 0,5 kg Cu/ha zu ES 29 bis 31 bzw. zweimalig 1 kg Mn/ha zu ES 31 bis 37. Eine Zn-Düngung zu Winterweizen ist aufgrund des mittleren Bedarfs der Pflanzen und der überwiegend hohen Zn-Versorgung Thüringer Böden nur im Ausnahmefall sinnvoll. Eine präzise Ermittlung des Cu-, Mn- und Zn-Ernährungszustandes ist mit Hilfe der Pflanzenanalyse möglich. Bor- und Molybdändüngung zu Weizen ist wegen des niedrigen Bedarfs nicht lohnend.

5 Verwertung der Nebenprodukte

5.1 Verwertung der getrockneten Schlempe als Futtermittel

Im Werk Zörbig der MBE fallen aus der Produktion von Bioethanol Pressschlempen mit einem Trockenmassegehalt von ca. 33 bis 35 % an. Am Standort Zeitz wird dagegen eine Trockenschlempe mit einem TM-Gehalt von über 90 % produziert.

Die bisher im Mehrländerprojekt „Erzeugung von Ethanolgetreide und Schlempeverfütterung“ durchgeführten Untersuchungen sowie aktuelle Produktionsdaten ergaben folgende Werte für die Inhaltsstoffe der Schlempen:

		Weizenschlempe, getrocknet	Pressschlempe
Trockenmasse (TM)	g/kg	920	340
Rohprotein	g/kg TM	340 - 380	160
Rohfaser	g/kg TM	80	130
NEL	MJ/kg TM	7,4 - 8,0	7,9
ME (Rind)	MJ/kg TM	11,2 - 12,2	
ME (Schwein)	MJ/kg TM	11,1	
nXP	g/kg TM	250 - 300	200
UDP	% der TM	35 - 45	
Lysin	g/kg TM	0,7 - 0,8	
Ca	g/kg TM	0,9 - 1,4	
P	g/kg TM	9,3 - 10,6	

Zu beachten ist, dass die Produktion der Pressschlempe in Zörbig auf Basis von Roggen durchgeführt wird, wogegen Zeitz Weizen verarbeitet. Die Werte für Pressschlempe sind Momentanwerte (Versuchsmaterial) und können sich durch beabsichtigte technische Umstellungen in der Bioethanolproduktion in Kürze ändern. Aktuelle Werte sind in der MBE zu erfragen.

Bedingt durch den Vergärungsprozess enthält die Getreideschlempe nur noch geringe Teile an Stärke, dagegen reichert sich das Protein etwa auf das zweieinhalb- bis dreifache an. Die Proteinqualität für den Wiederkäuer ist aufgrund der technischen Behandlung gekennzeichnet durch einen hohen nXP- (nutzbares Rohprotein) und UDP-Anteil (im Pansen unabbaubares Rohprotein).

In den laufenden Untersuchungen ergab der Einsatz von 15 % Pressschlempe (als Ersatz von Biertreber und Pressschnitzeln) in der Milchkuhfütterung keine Unterschiede im Leistungsniveau. Ähnliches gilt für den Austausch von 2 kg getrockneter Weizenschlempe gegen andere Proteinfuttermittel. In der Fresseraufzucht ist ein vollständiger Ersatz von Soja- oder Rapsextraktionsschrot durch Weizenschlempe ohne Leistungseinbußen möglich. Weitere Untersuchungen zur Bestimmung der Verdaulichkeiten, zur Milchviehfütterung sowie zur Proteinbewertung dauern zurzeit noch an.

In der Schweinefütterung ist der Schwerpunkt bei der Betrachtung der Proteinqualität die Aminosäurezusammensetzung. Hier zeigt die Trockenschlempe vor allem beim Lysin und Tryptophan sehr geringe Werte. Daher wird der Einsatz vor allem auf tragende Sauen und Mastschweine beschränkt bleiben. Weitergehende Aussagen und Einsatzempfehlungen sind aber erst nach den hierzu vorgesehenen Untersuchungen möglich. Ergebnisse dazu werden im Frühjahr 2006 erwartet.

5.2 Verwertung der Schlempen zur Biogasgewinnung

Die Verwertung von Schlempen, z. B. aus landwirtschaftlichen Brennereien, als Substrat für die Biogaserzeugung ist ein Verfahren nach dem Stand der Technik. Es werden hohe Gasausbeuten (600 und 700 l Biogas/kg oTS, 350 bis 400 l Methan/kg oTS) erzielt. Die Vergärung in diesen landwirtschaftlichen Anlagen erfolgt sowohl als Monovergärung als auch unter Zusatz von Wirtschaftsdünger. Im Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneubaren Energien im Strombereich (EEG) vom 21. Juli 2004 wurden neben der Grundvergütung verschiedene „Boni“ eingeführt, die es erst ermöglichen, den biogenen Rohstoffen einen finanziellen Wert zuzuordnen. Strom, der aus Schlem-

pen in landwirtschaftlichen Brennereien erzeugt wird, erhält den NAWARO-Zuschlag von 6 Cent/kWh (bis 500 kW) bzw. 4 Cent/kWh (bis 5 MW). Strom aus Schlemphen der industriellen Bioethanolproduktion erhalten diesen NAWARO-Zuschlag zur Mindestvergütung nicht. Somit ist aus ökonomischen Gründen eine wertgerechte Vergütung von Schlemphen - in der Größenordnung der Futtermittel- bzw. Getreidepreise - bei der Verwendung in Biogasanlagen nicht gegeben.

6 Zusammenfassung

An die Erzeuger des Rohstoffes Weizen für die Bioethanolproduktion stellen die Verarbeiter sowohl hinsichtlich der Verarbeitung zu Ethanol als auch hinsichtlich der Verwertung des Nebenproduktes Schlempe für die Verfütterung spezifische Forderungen, auf die sich die Anbauer von Ethanolgetreide einstellen müssen.

Die im Mehrländerprojekt „Ethanolgetreide“ zusammenarbeitenden Landesanstalten werden die vorliegenden Empfehlungen dem Kenntnisstand entsprechend laufend überarbeiten.

Die vorliegende Leistung ist Bestandteil des im Juli 2004 eröffneten Mehrländerprojektes „Erzeugung von Ethanolgetreide und Schlempeverfütterung“. Das Mehrländerprojekt wird getragen von den Landesanstalten für Landwirtschaft der Bundesländer Brandenburg (BB), Bayern (BY), Mecklenburg-Vorpommern (MV), Sachsen (SN), Sachsen Anhalt (ST), Thüringen (TH) und den Ethanolherstellern Mitteldeutsche Bioethanol GmbH (MBE) und der Südzucker-AG. Weitere Informationen und Arbeitsergebnisse stehen in Kürze unter www.tll.de/mlp/bioeth/ zur Verfügung.

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
Telefon: (03641) 6830, Telefax: (03641) 683390
e-Mail: postmaster@jena.tll.de

Autoren: Dr. A. Vetter (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft)
Dr. M. Farack (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft)
Dr. M. Grunert (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft)
Dr. M. Weber (Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt)



Besuchen Sie uns auch im Internet:
www.tll.de/ainfo

Jena, im September 2005