
Bearbeiter: Annette Schaerff, Dr. Claudia Brückner
E-Mail: annette.schaerff@smul.sachsen.de; claudia.brueckner@smul.sachsen.de
Tel.: 0351 2612-2516 bzw. -2522; Fax: 0351 2612-2499
Redaktionsschluss: 03.05.2012

Rüben an' s Netz?

Einsatz von Zuckerrüben in sächsischen Biogasanlagen

Ausgangssituation

Die Erzeugung von Biogas und damit der Bedarf an Substraten haben in Sachsen in den letzten Jahren enorm zugenommen. Als Gärsubstrate dienen in erster Linie Wirtschaftsdünger. Sie werden überwiegend durch Mais bzw. Maissilage ergänzt. Bei höchsten Methanerträgen je Hektar lässt sich Silomais kostengünstig produzieren und ist das wirtschaftlichste Kosubstrat für die Biogasanlage (BGA). Vor dem Hintergrund der auf Bundesebene bzw. regional stark diskutierten, in Sachsen bisher aber kaum problematischen "Vermaisung" und der Deckelung des Mais- und Getreideeinsatzes in Biogasanlagen auf 60 % mit der Novellierung des EEG zum 01.01.2012 wird die Suche nach Alternativen intensiv vorangetrieben.

Auf der anderen Seite hat die Zuckerrübe aufgrund der seit Juli 2006 geltenden neuen Zuckermarktordnung in Verbindung mit steigenden Hektarerträgen kontinuierlich an Fläche verloren. 2011 stand sie nur noch auf 2 % der sächsischen Ackerfläche. Die offiziellen Vorschläge der EU-Kommission zur Neugestaltung der GAP nach 2013 beinhalten nun unter anderem auch die ersatzlose Beendigung der Quotenregelung nach 2015 und die Abschaffung des Rübenmindestpreises (26,29 €/t bei 16 % Zuckergehalt). Wegen der dann erwarteten deutlich rückläufigen Erzeugerpreise und unwirtschaftlichen Frachtkosten (Wegfall der Frachtfreiheit) sieht sich der Zuckerrübenanbau in Sachsen (und ganz Mitteldeutschland) in seiner Existenz bedroht. Um die Zuckerrübe als wertvollen Bestandteil der Fruchtfolge zu erhalten, rücken auch hier alternative Verwertungsmöglichkeiten - vor allem der Einsatz in Biogasanlagen - stärker ins Blickfeld. Vorangetrieben werden diese Bemühungen auch durch eine zuletzt komfortable Ertragslage mit höheren Anteilen an Überrüben sowie die Veränderungen an den Rohstoffmärkten insgesamt.

Interessant ist die Zuckerrübe als Substrat vor allem aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung und damit schnellen Vergärung. Zudem erreicht sie sehr hohe Trockenmasseerträge je Hektar. Herausforderungen stellen vor allem die ganzjährige Verfügbarkeit sowie der Erdanhang und Steinbesatz bei Lagerung/Konservierung und Aufbereitung dar. Zum Teil wirkt auch die Leistung der Bereitstellungstechnik (Häcksler, Radlader) begrenzend. Ein standardisiertes Verfahren fehlt in Sachsen noch, während andere Regionen - z.B. Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern - hier schon einen Schritt weiter sind.

Zuckerrüben alternativ zu Mais bzw. überhaupt in der BGA einzusetzen, spielte in Sachsen bisher eine untergeordnete Rolle (LfULG, Anlagenmonitoring 2010 - nur 1 von 32 Betrieben), auch wenn bekannt ist, dass die Zuckerrübe neben hervorragenden Gäreigenschaften in Kombination mit Gülle hohe

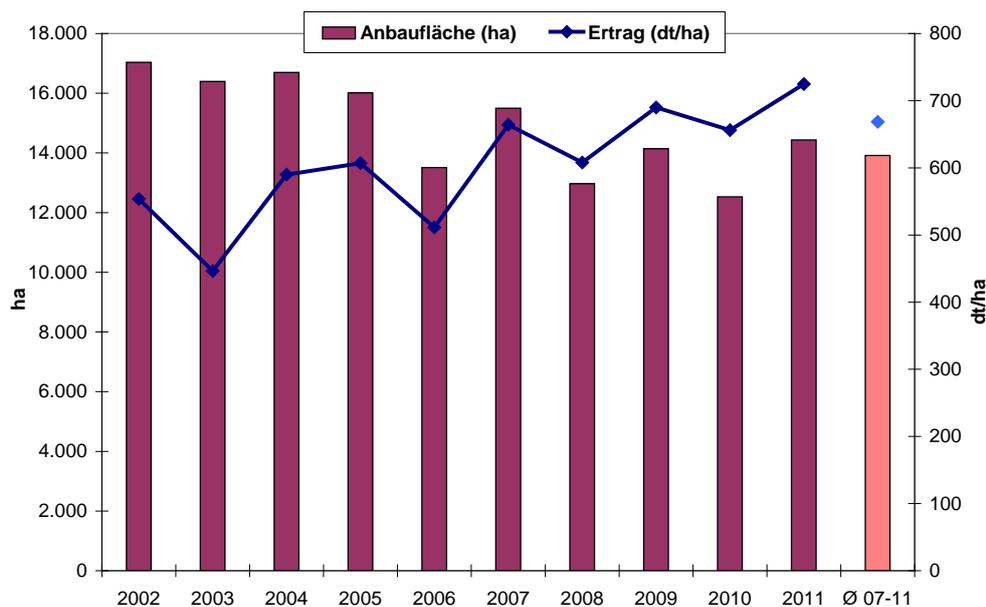
Gaserträge aufweist. Einige Betreiber von Biogasanlagen außerhalb Sachsens beweisen, dass die Zuckerrübe in Abhängigkeit vom Verfahren und angepasster Technologie sowie vom Standort (bspw. neben Zuckerrüben-Verarbeitungsbetrieben) eine interessante Alternative zum Mais darstellen kann.

Nachfolgend soll der aktuelle Sachstand für die Erzeugung von Biogas aus Zuckerrüben dargestellt werden.

Anbau und Ertrag in Sachsen

Aus Abb. 1 bzw. Tab. 1 geht hervor, dass die Zuckerrübenenerträge seit 2002 um ca. 20 % angestiegen sind und seit 2007 Spitzenwerte erreichen (670 dt/ha im 5jährigen Mittel). Dementsprechend schrumpfte die Anbaufläche um ca. 3.000 ha (20 %).

Abb. 1 Zuckerrüben-Anbaufläche und -erträge in Sachsen



Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen

Tab. 1 Zuckerrüben-Anbaufläche und -erträge in Sachsen

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Ø 07-11
Anbaufläche (ha)	17.037	16.398	16.697	16.011	13.508	15.495	12.965	14.137	12.531	14.433	13.912
Ertrag (dt/ha)	554	446	590	607	511	664	608	690	656	725	669

Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen

Eigenschaften der Zuckerrübe als Substrat

Die Trockenmasse der Zuckerrübe besteht zu etwa 94 % aus direkt fermentierbaren Kohlenhydraten. Die restliche pflanzliche Substanz, das Mark, ist ebenfalls in der Biogasanlage schnell umsetzbar, da es keine Lignozellulose (verholzte Gerüstsubstanzen) enthält. In Untersuchungen der LfL Bayern zeigt die Rübe höchste Methanausbeuten pro kg organischer Trockenmasse (> 400 l/kg oTS). Maissilage liegt demgegenüber bei ca. 340 l/kg oTS.

Die Abprodukte aus der Zuckerproduktion, Presskuchen und Pressschnitzel, sind grundsätzlich auch in der Biogasanlage verwertbar. Sie haben aber deutlich geringere Methanausbeuten aufgrund der Entzuckerung im Rahmen der mechanischen Aufbereitung.

Praxiserfahrungen zeigen, dass aus Sicht der Prozessstabilität ein Rübenanteil von ~ 25 % in der Ration nicht überschritten werden sollte.

Strom aus Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung, wird entsprechend § 27 EEG 2012 vergütet. Zuckerrüben und Silomais sind beide in die Einsatzstoffvergütungskategorie I der Biomasseverordnung eingestuft, nach der die Vergütung 6 ct/kWhel. bis zu einer Anlagengröße von 500 kWel. beträgt.

Folgende **Vorteile** sprechen für den Einsatz von Zuckerrüben in der Biogasanlage:

- hohe Trockenmasseerträge, bessere Gas- bzw. Methanausbeute als andere Substrate → hohes Energieertragspotenzial je Hektar
- schnelle Vergärung ist vorteilhaft für Anlagensteuerung (Feinregulation)
- in Kombination mit anderen Energiepflanzen lässt sich Anlagenleistung steigern - gute Ergänzung v.a. zu schwer vergärbaren, faserreichen Energiepflanzen
- bessere Ausnutzung des Fermentervolumens - geringere Festkosten
- geringerer TS-Gehalt im Fermenter verbessert Pump- und Rührfähigkeit (v.a. ohne Gülle)
- Auflockerung der Fruchtfolge
- hohe N-Effizienz im Anbau
- bestehende Mechanisierung für Anbau und Ernte weiter effizient nutzbar
- größeres Erntefenster als Mais, Entzerrung von Arbeitsspitzen
- externe Lagerung möglich (Feldrand, Boden)
- Verwertung von Nichtquotenrüben (Überrüben)
- erhebliche anbautechnische und züchterische Potenziale bei Nutzung als "Energierüben"
- besseres Image als Mais

Dem stehen folgende **Nachteile** bzw. **Probleme** gegenüber:

- Erdanhang (abhängig von der Bodenart) = Waschen nötig, sonst verstärkte Sedimentation im Fermenter möglich → Energiekosten
- Steinbesatz = Entsteinung muss sein
- Zerkleinerung vor dem Einbringen in den Fermenter ist notwendig → Energiekosten
- ganzjährige Verfügbarkeit
- Schaumbildung im Fermenter
- hohe Transportkosten wegen Wassergehalt (nur 23 % TS)
- hohe Produktions- und Bereitstellungskosten frei BGA
- hohe Investitionskosten für spezielle Lagertechnik (z.B. Brei in Hochbehältern)
- größeres Gärrestlagervolumen nötig - höhere Festkosten
- Aufbereitungs- und Silierverfahren noch in Entwicklung
- geringe Anbaudichte (20-25 % in der Fruchtfolge)
- Energiepflanze mit negativer Humusbilanz und Risiko der Bodenerosion

Verfahrensgestaltung vom Feld bis in den Fermenter

Werden Zuckerrüben gezielt für die Biogas-Verwendung angebaut, können sie mit Kopf und Blattresten geerntet werden. Das lässt einen Mehrertrag von ca. 3-7 % erwarten. Durch die geringere Verletzung des Rübenkörpers kann die Lagerstabilität erhöht werden. Die Landmaschinenindustrie stellt Erntetechnik bereit, mit der die Rüben wahlweise mit (Biogas) oder ohne Kopf (Zucker) geerntet werden können.

Der Erdanhang galt in vielen Biogasanlagen bisher als Ausschlusskriterium für den Einsatz von Zuckerrüben. Dabei spielt der Bodentyp eine Rolle. Bei Fermentern mit Sandfangvorrichtungen bzw. Feststoffabscheidern wird die anhängende Erde automatisch entfernt und Ablagerungen sind hinfällig. Die Rübenvorreinigung kann mehrfach über den Reinigungslader erfolgen oder vor dem Häckseln mit Kartoffel- oder Gemüsewäschen. Zur Steinabscheidung existiert derzeit die Dichtentrennung im Wasserbad als einzig sicheres System. Eine mechanische Entsteinung ist schwierig und nur bei sehr geringem Steinbesatz ratsam. Mittlerweile gibt es mehrere Anbieter mobiler oder stationärer Rübenwasch- und Aufbereitungstechnik mit einer Leistung von 50-60 t/h. Kleinere Rübenmengen lassen sich bspw. mit einer Reinigungstrommel im Frontladeranbau aufbereiten.

Für die Zerkleinerung frisch geernteter oder gelagerter Zuckerrüben eignen sich stationäre Anlagen, die z.B. mit dem Frontlader beschickt werden können. Dafür wurden Umbaulösungen von Recycling-, Grünschnitt- oder Komposthäckslern entwickelt. Außerdem gibt es spezielle Häckselschaufeln für Teleskop- bzw. Radlader, Zerkleinerungskörbe oder auch diverse Technik (Schredder) zur Herstellung von pumpfähigem Rübenbrei.

Als zentraler Punkt ist neben dem Erdanhang die ganzjährige Versorgung der Biogasanlage mit Rüben zu sehen. Dazu müssen sie gelagert bzw. konserviert werden. In der Regel ist die Lagerung von frischen Zuckerrüben bis Februar-März in Mieten gut möglich. Als Frostschutz empfehlen sich Abdeckungen mit Siloplanen oder Rübenvlies. Sollen die Rüben ganzjährig zur Verfügung stehen, müssen

sie siliert werden. Das wird seit 2008 getestet. Dabei hat sich die Einsilierung ohne Mischungspartner als konsequenter Ansatz erwiesen. Erste gute Erfahrungen wurden mit Schlauchsilagen (ganze Rübe im AG-BAG) gemacht. Zum anderen können unzerkleinerte Rüben auch im Fahrsilo mit entsprechender Abdeckung einsiliert werden. Dabei fallen etwa 40-70 l/t Sickersaft an. Bei gebröckelten Rüben treten rund 100 l/t des aggressiven Saftes (pH ~3,5) aus, weshalb sich diese Variante weniger eignet. Hier kommt eher die Lagerung von komplett zerkleinerten Rüben als Brei in Lagunen (Erdbecken) oder Hochsilos (Edelstahl oder kunststoffbeschichtet - hohe Investitionskosten!) in Frage.

Ergänzend bietet sich die Mischsilierung von Zuckerrüben (30-50% Anteil) mit Silomais oder Lieschkolbenschrot an, um vorhandene Lagerkapazitäten auszunutzen. Allerdings sind hier Kompromisse bezüglich Erntetermin und Ertragsausschöpfung einzugehen. Weitere interessante Ansätze sind die Überwinterung der Zuckerrübe in der Erde (regionale Eignung) und die so genannten „Lenzrüben“, mit denen Substrat auch im Frühjahr zur Verfügung stehen würde. Lenzrüben werden wie Zwischenfrüchte angebaut. Nach der Getreideernte gesät, überwintern die Rüben im Feld und können bis zum Schossen im Mai geerntet werden und so die Biogasanlage frisch versorgen. Um eine Ganzjahresversorgung sicherstellen zu können, sind alternative Lösungen für die Rübe noch deutlich weiterzuentwickeln.

Als praxistauglich für den Zuckerrüben Einsatz in Biogasanlagen haben sich mittlerweile folgende Verfahren herausgestellt:

- Ernte - Waschen - Entsteinen - Häckseln - Einsilieren in Mischung mit Mais
- Ernte - Waschen - Entsteinen - Einsilieren als ganze Frucht im Siloschlauch oder Fahrsilo mit Abdeckung
- Ernte - Waschen - Entsteinen - Verbreien - Einlagerung in Lagunen oder Rundbehältern

Abbildung 2 zeigt noch einmal wesentlichen Verfahrensschritte und -varianten im Überblick.

Abb. 2 Übersicht zur Nutzung der Zuckerrübe als Biogassubstrat

Rodung	 Rodung der Zuckerrüben mit Kopfansatz unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten und dem Lagerungskonzept				
Ab Feldrand	Überladung ohne Vorreinigung unter besten Rodebedingungen	2-3 Tage Lagerung als Feldrandmiete und trockene Vorreinigung mit Maus oder Ladeband ab Feldrand	2-4 Mon. Lagerung als Feldrandmiete (je nach Witterung und Abdeckung bis Mitte März denkbar), anschließend trockene Vorreinigung mit Maus oder Ladeband ab Feldrand	Nassabreinigung und Entsteinung am Feldrand	
   					
Transport mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen oder LKW zur Biogasanlage					
Auf der Anlage	Annahme und Trockenentertung mit einem Schüttbunker	Abkippen der Rüben auf der Anlage	Nassabreinigung und Entsteinung auf der Biogasanlage	Wäsche täglicher Fütterungsmengen mit spezieller Frontladerschaufel	
Weiterverarbeitung	Tägeweises Häckseln ungewaschener, steinfreier Rüben mit Häcksel-schaufel	Verbreiung	Häckseln großer Mengen, beispielsweise mit Holz-/Kompostschredder	Zerkleinerung mit Misttreuer und Einbringung zur Mischsilage	
Konservierung	Verarbeitung frisch	Siliierung unzerkleinerter Zuckerrüben im AG-BAG Folienschlauch	Lagerung von Rübenbrei im Edelstahl-Hochsilo	Mischsilage mit Silomais, zerkleinert oder unzerkleinert (Futtermischwagen)	
       					

Quelle: KWS Saat AG: "Biogaspotenziale der Rübe nutzen! Technische Ansätze aus der Praxis."

In Zusammenarbeit von Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Praxis wird zurzeit intensiv an der Problematik "Biogasrübe" geforscht. Im April 2010 startete beispielsweise das umfangreiche Verbundvorhaben "Erarbeitung und Bewertung von Züchtungsansätzen und technischen Optimierungspotenzialen für eine im Vergleich zum Erdgaspreis wettbewerbsfähige Biomethanproduktion aus Betarüben in Deutschland" mit Fördermitteln des BMELV. Beteiligte sind neben der FNR als Projekträger die KWS Saat AG, das Cutec Institut, die Input GmbH und das DBFZ.

Bisher hatten in Sachsen die Zuckerrüben zur Biogasgewinnung kaum Bedeutung. Deshalb fehlen Praxiserfahrungen, standardisierte Verfahren und vor allem Aussagen zu Kosten der Lagerung und Aufbereitung.

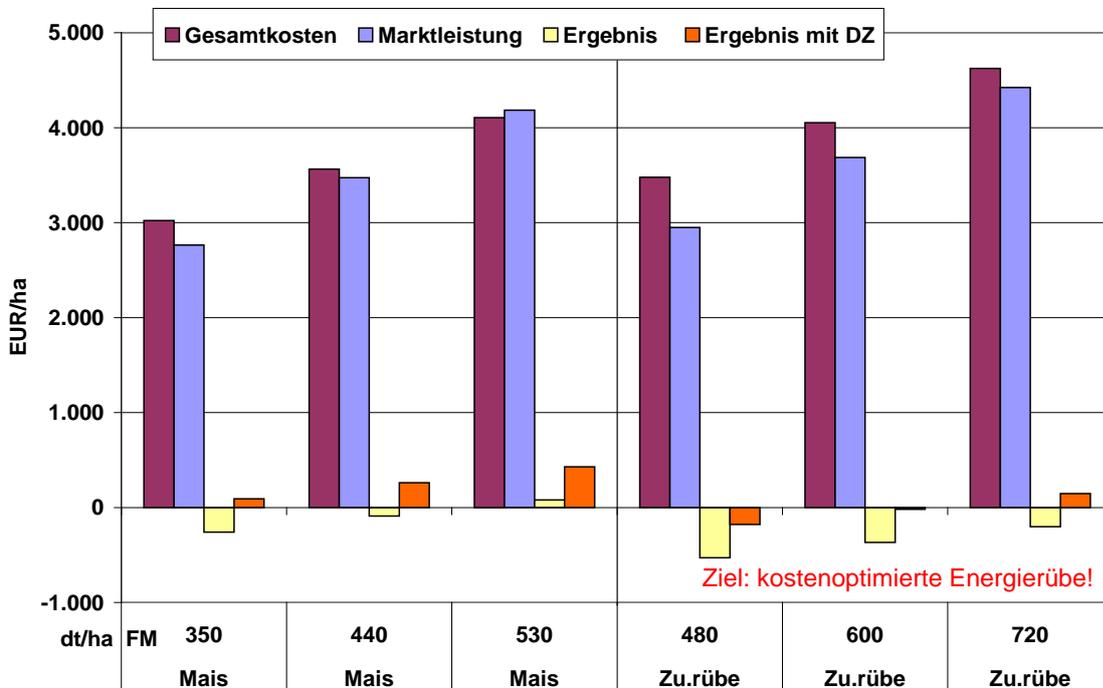
Ökonomische Bewertung

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Biogaserzeugung aus Zuckerrüben muss die gesamte Verfahrenskette vom Anbau über die Lagerung bis zur Fermentation und Gärsubstratverwertung betrachtet werden. Die Anbaukosten der Zuckerrübe frei Feldrand belaufen sich je nach Ertragsniveau auf ca. 1.500 bis 1.650 EUR/ha bzw. 24 bis 30 EUR/t. Eine entscheidende Rolle spielen dann die Kosten für Transport, Reinigen/Waschen, Entsteinen, Häckseln und Lagern/Silieren, die noch hinzukommen. Je nach Verfahren müssen dafür insgesamt ca. 10 bis 14 EUR/t veranschlagt werden. Für den Transport (4 km) ist mit reichlich 2 EUR/t zu rechnen, die Kosten bspw. für die Schlauchsilierung in Dienstleistung werden von AG-BAG mit 4,50 - 6,00 EUR/t beziffert, KTBL gibt für die Variante KWS-Rübenwäsche plus Betavator (Verbreiung) Kosten von 8 bis 11 EUR/t an.

Eigene Kalkulationen für Sachsen zeigen, dass die Rübe ökonomisch nur eine Chance hat, wenn die Aufbereitungskosten möglichst deutlich unter 10 EUR/t bleiben!

Wie sich die Wirtschaftlichkeit der Zuckerrübe im Vergleich zum Silomais gestaltet, zeigt Abb. 3. Hier wurde für unterschiedliche Ertragsniveaus das Hektar-Ergebnis (mit und ohne Direktzahlungen) nach Vergärung der Substrate in einer typischen sächsischen Biogasanlage (400 kW, 70-80 % Gülle + Ko-substrat) kalkuliert. Demnach kommt die (hier eher optimistisch gerechnete) Zuckerrübe erst bei Höchstserträgen und nur mit Betriebsprämie ins Plus. Mit Mais kann sie noch nicht mithalten.

Abb. 3 Mais und Zuckerrüben zur Biogaserzeugung im Vergleich



Quelle: Schaerff, eigene Kalkulation

Eine wichtige Rolle spielen Grenzkosten der Zuckerrübe, um aus der Sicht des Anlagenbetreibers die Vorzüglichkeit des Zuckerrübeneinsatzes bestimmen und Preise festlegen zu können. In ersten Anbauverträgen zur Rübenlieferung (außerhalb Sachsens) ist z.B. von Preisen zwischen 25 und 28 EUR/t gerodet ab Feld die Rede (top agrar 7/2010). Damit könnte ein Erzeuger in Sachsen sicher noch leben. Ob das auch der Anlagenbetreiber bezahlen kann, muss individuell bestimmt werden.

Die Bereitstellungskosten der Zuckerrübe frei Biogasanlage bezogen auf Strom liegen bei ca. 11,5 bis 13 ct/kWh_{el}. Die freien Valenzen der Biogasanlage (Erlös minus Kosten ohne Substratkosten) bewegen sich je nach Anlage zwischen 10 und 12 ct/kWh_{el}. Es bleibt also nur ein sehr schmaler Korridor für den rentablen Einsatz der Rübe.

Fazit und Ausblick

- Die Rübe spielte bisher für die Energieerzeugung in sächsischen Biogasanlagen kaum eine Rolle, obwohl sie hervorragende Gäreigenschaften und hohe Gaserträge pro Hektar aufweist. Mit dem Auslaufen der Quotenregelung für Zuckerrüben rücken alternative Verwendungen immer stärker ins Blickfeld von Erzeugern und Anbauverbänden.
- In anderen Bundesländern ist die Entwicklung - sicher auch bedingt durch einen höheren "Maisdruck" - schon deutlich weiter vorangeschritten. Sachsen hat hier Nachholbedarf.
- Es besteht noch erhebliches Optimierungspotenzial bei Anbau, Ernte-, Aufbereitungs- und Lagertechnik inklusive der kostenseitigen Bewertung der gesamten Kette.
- Wenn es gelingt, Probleme wie Erdanhang und ganzjährige Bereitstellung in den Griff zu bekommen, könnten Rüben in der Biogasproduktion eine interessante Ergänzung bzw. Alternative zum Mais darstellen. Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit ist in Sachsen allerdings noch zu erbringen.
- Aus pflanzenbaulicher Sicht sind die Auflockerung enger Fruchtfolgen und die Verringerung des Mais-Anteils und damit auch der Maiszünsler-Problematik positiv zu bewerten.
- Die Entscheidung über Anbau und Nutzung von Zuckerrüben für die Biogasproduktion obliegt jedem Betriebsleiter selbst. Vorangehen muss in jedem Fall eine verfahrenstechnische und ökonomische Prüfung für den konkreten Einzelfall.
- Im Zuge der vielfach laufenden Forschungsaktivitäten kommt man dem Ziel einer ertrags- und kostenoptimierten Energierübe immer näher.
- Für die Zukunft der Biogaserübe dürfte nicht zuletzt auch das Vorhandensein von Anreizen aus Politik und Wirtschaft eine Rolle spielen.

Quellen

Vorträge und Material von DBFZ, KWS Saat AG, KTBL, BAG Budissa Agroservice GmbH

Top agrar (7/2010), top agrar online

Acker plus 7/2011

Zuckerrübe 5/2009 (Sonderdruck)

Bauernzeitung