



# LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

## Knappe Flächen optimal nutzen Futter- und Substratwirtschaft optimieren

### LfL-Jahrestagung 2010



Schriftenreihe

9  
2010

ISSN 1611-4159

## **Impressum**

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan  
Internet: [www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de)

Redaktion: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing  
E-Mail: [Tierernaehrung@LfL.bayern.de](mailto:Tierernaehrung@LfL.bayern.de)  
Telefon: 089/99141-401

Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und  
Agrarinformatik

Menzinger Str. 54, 80638 München  
E-Mail: [Agraroeconomie@LfL.bayern.de](mailto:Agraroeconomie@LfL.bayern.de)  
Telefon: 089/17800-111

1. Auflage: Oktober 2010

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 5,00 Euro

© LfL



KBM  
Kuratorium Bayerischer Maschinen-  
und Betriebsmittelsringe e.V.



**Buchstelle**  
des Bayerischen Bauernverbandes GmbH  
Unternehmens- und Steuerberatung  
für Land- und Forstwirte



# **Knappe Flächen optimal nutzen**

**Futter und Substratwirtschaft optimieren**

**LfL-Jahrestagung 2010**

**am 27. Oktober 2010  
in Triesdorf**

**Tagungsband**



---

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Die Konkurrenz um knappe Flächen – Gründe, Entwicklungen, Auswirkungen.....</b>	<b>9</b>
Alois Heißenhuber	
<b>Biogas mit geringem Flächenbedarf – wie geht das und was bringt das?.....</b>	<b>15</b>
Ulrich Keymer	
<b>Reserven beim Flächenertrag nutzen .....</b>	<b>27</b>
Peter Doleschel	
<b>Mit neuer Technik Futter- und Substratwirtschaft effizient gestalten.....</b>	<b>35</b>
Markus Demmel, Stefan Thurner, Ariane Fröhner	
<b>Futter und Substrat optimal nutzen .....</b>	<b>45</b>
Hubert Spiekers, Mathias Effenberger, Konrad Koch, Andreas Gronauer	
<b>Knappe Flächen optimal nutzen? – Ohne betriebswirtschaftliche Auswertungen nicht möglich! .....</b>	<b>61</b>
Josef Bosch	



## Vorwort



Die wachsende Nachfrage nach hochwertigen Nahrungsmitteln und Bioenergie stellt die Flächennutzung in Bayern vor neue Herausforderungen. Es gilt, das unvermehrbares und knappe Gut Boden nachhaltig zu nutzen. In der Optimierung der Futter- und Substratwirtschaft liegen wesentliche Ansatzpunkte. Bei gegebener Fläche stellt sich die Frage, wie die Produktion frei Trog bzw. Fermenter erhöht werden kann, ohne die Zielsetzung der Nachhaltigkeit zu gefährden.

Bei unserer Jahrestagung 2010 werden hierzu Antworten gegeben. Die Referenten beleuchten das Thema aus ökonomischer und produktionstechnischer Sicht. Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen mögliche Ansätze zur Lösung des Nutzungskonflikts knapper Flächen zwischen Tierhaltung und Energieproduktion. Dazu gehören neben der Optimierung des Flächenertrags auch die neuen Techniken der Ertragserfassung und des Silagemanagements. Ein weiterer wesentlicher Gedanke ist die Nutzung der Synergien zwischen der Erzeugung von Milch und Fleisch einerseits und der Bioenergie andererseits. Soweit möglich werden aus dem jetzigen Kenntnisstand konkrete Empfehlungen abgeleitet. Die noch offenen Fragen werden identifiziert und der mögliche Forschungsbedarf formuliert.

Ein wichtiges Tagungsziel ist die Umsetzung des aktuellen Wissens und der daraus abgeleiteten Empfehlungen in die Praxis. Die Möglichkeiten und Chancen im Rahmen der Verbundberatung werden zusammen mit den Verbundpartnern vorgestellt, weil wir glauben, dass ein gemeinsames und abgestimmtes Vorgehen Erfolg versprechend ist.

Zur aktiven Teilnahme an der Diskussion laden wir alle interessierten Landwirte, Berater, Forscher und deren Partner aus Politik und Wirtschaft ein. Wir hoffen auf spürbare Impulse für die bayerische Landwirtschaft. Der vorliegende Tagungsband soll für die weitere Diskussion wertvolle Grundlagen und Anregungen liefern.

Im Namen der LfL möchte ich mich besonders bei den Verbundpartnern für die Kooperation und aktive Unterstützung der Tagung recht herzlich bedanken. Allen Teilnehmern wünsche ich eine interessante Tagung und den Landwirten viel Erfolg auf dem Feld, im Stall und bei der Energieerzeugung.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jakob Opperer', written in a cursive style.

Jakob Opperer  
Präsident der LfL



---

# Die Konkurrenz um knappe Flächen – Gründe, Entwicklungen, Auswirkungen

Alois Heißenhuber

Technische Universität München,  
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus,  
Freising

## Zusammenfassung

Für die Knappheit eines Gutes ist das Verhältnis von Angebot und Nachfrage von maßgeblicher Bedeutung. Die Knappheit des Bodens wird durch den Preis der auf dem Boden erzeugten Produkte, durch staatliche Auflagen und durch außerbetriebliche Nachfrage beeinflusst. Aufgrund der Begrenztheit des Bodens ist es naheliegend, dass die steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln und nach Energie aus Biomasse sowie die zusätzlichen Einflussfaktoren zu einem steigenden Preis für den Produktionsfaktor Boden führen. Eine Reaktion seitens der Landwirte auf steigende Preise besteht darin, den Boden „besser“ zu nutzen, also je Flächeneinheit mehr zu erwirtschaften. Da aber die Intensität der Landnutzung nicht nur vom Preis, sondern auch von den Kosten und von der Produktionsfunktion beeinflusst wird, ergibt sich die optimale spezielle Intensität aus dem Zusammenspiel der genannten Einflussfaktoren. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich der Produktionsmitteleinsatz, z.B. an Düngemitteln, in Teilbereichen sogar verringert. Der Faktor Arbeit ist in erheblichem Umfang durch Anlagekapital ersetzt worden. Gravierende Veränderungen haben sich bezüglich der Organisationsintensität ergeben. Ein wesentlicher Nachfrageanstieg wird durch staatliche Einflüsse hervorgerufen. Die Bandbreite reicht von der Festlegung der Einspeisetarife für Energie aus Biomasse im EEG, über die Düngeverordnung bis hin zur Verpflichtung, bei Baumaßnahmen Ausgleichsflächen einzurichten. Nicht zuletzt führt auch die Nachfrage nach außerlandwirtschaftlich genutzten Flächen zu einer Verknappung. Damit die Knappheit der Fläche nicht zusätzlich verschärft wird, besteht Handlungsbedarf im Bereich des EEG, bei der Regelung für Ausgleichsflächen und bei der außerlandwirtschaftlichen Flächeninanspruchnahme. Die landwirtschaftlichen Unternehmer sind aufgefordert, bezüglich der zu zahlenden Pachtpreise auf eine umfassende Kalkulation zu achten.

## 1 Einleitung

Die Konkurrenz um die knappe Fläche hat sich im Laufe der Zeit und in einzelnen Regionen unterschiedlich entwickelt. Generell ist der Grad der Knappheit das Ergebnis von Angebot und Nachfrage. Die Knappheit der Flächen kommt letztlich im Preis zum Ausdruck. Die großen Preisunterschiede sind somit Ausdruck unterschiedlicher Knappheiten und der Tatsache, dass die Flächen nicht vermehrbar sind. Auf Märkten mit beweglichen Gütern ergibt sich ein weitgehend einheitlicher Preis, der sich nur um die Transportkosten unterscheidet. Die Eigentümer von Flächen können aufgrund der Knappheit einen entsprechenden Ertrag erwirtschaften. Der auf die Nutzung des Bodens entfallende Ertrag wird Grund-

oder Bodenrente genannt. Es stellt sich die Frage, welche Gründe für die unterschiedlichen Knappheiten verantwortlich sind, welche Entwicklungen zu beobachten sind und welche Konsequenzen sich daraus ergeben.

## 2 Begriffsklärung

Das Entgelt für die Nutzung der Fläche stellt die Bodenrente bzw. Grundrente dar. Diese ermittelt sich aus dem erwirtschafteten Gewinn nach Entlohnung aller anderen am Produktionsprozess beteiligten Produktionsfaktoren (Arbeit und Kapital). In der Praxis stellt sich die Ermittlung der Bodenrente vor allem in Familienbetrieben als sehr schwierig dar, weil für die Entlohnung der Arbeit keine pagatorischen (tatsächlich bezahlten) Beträge vorliegen, sondern diese kalkuliert werden müssen. Die sogenannten Nutzungskosten der Arbeit schwanken in einem außerordentlich großen Bereich, abhängig von den persönlichen Voraussetzungen und den regionalen Bedingungen. Die in der Buchführungsstatistik oder im Agrarbericht angewandte Vorgehensweise, nämlich der Ansatz eines von den gewerblichen Löhnen abgeleiteten Betrages, kann deshalb nur einen Näherungswert darstellen, der im Einzelfall deutlich abweicht. Ein Hinweis für die Unterschiede in den einzelbetrieblichen Verhältnissen, u.a. in den Nutzungskosten für die Arbeit, ist aus den tatsächlich gezahlten Pachtpreisen abzuleiten. Neben dem genannten Einfluss des Lohnansatzes sind aber noch andere Faktoren zu nennen, welche sich auf die Höhe der Bodenrente und damit auf den Pachtpreis auswirken. In diesem Zusammenhang wird der Begriff Differentialrenten verwendet. Folgende Differentialrenten sind zu nennen:

- Fruchtbarkeitsrente
- Lagerrente
- Intensitätsrente

Die Grundrente unterscheidet sich bei sonst gleichen Bedingungen aufgrund von Unterschieden in der Fruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit), in der Lage (Entfernung zum Markt) und in der Intensität der Bewirtschaftung. Während die Bodenfruchtbarkeit und die Entfernung zum Markt, also die Lage, recht gut nachvollziehbar sind, ist der Begriff der Intensität relativ komplex. Darauf wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen.

## 3 Intensität

Nach BRINKMANN, T. (1922) wird der Grad der Intensität oder Betriebsintensität in der Menge von Arbeit und Kapital, die pro Flächeneinheit aufgewendet wird, zum Ausdruck gebracht. Heute wird Intensität als Einsatzmenge eines Produktionsfaktors bezogen auf einen anderen Produktionsfaktor definiert, also ein Produktionsfaktor-Verhältnis. Landläufig wird der Einsatz von ertragssteigernden Produktionsmitteln (z.B. Düngemittel oder Kraftfutter) je Hektar Fläche oder je Tier als Kriterium für die Intensität betrachtet. Der Begriff Intensivierung steht deshalb häufig für die Steigerung des Produktionsmitteleinsatzes. Ein weiterer wichtiger Produktionsfaktor stellt die Arbeit dar. Deshalb gibt es auch den Begriff der Arbeitsintensität. Dieser bezieht sich auf den Arbeitsaufwand je Flächeneinheit oder je Tier. So ist der Gemüsebau arbeitsintensiver als der Getreidebau, zugleich ist der Gemüsebau produktionsmittelintensiver als der Getreidebau. In gleicher Weise gilt das für den Vergleich von Milchkuhhaltung und Mutterkuhhaltung. Dabei gibt es innerhalb der Milchkuhhaltung Verfahren mit relativ geringem Produktionsmitteleinsatz (z.B.

low-input-Systeme) oder einem relativ hohen Produktionsmitteleinsatz (z.B. high-input-Systeme). Der Begriff „Intensität“ wird also häufig in einer einseitigen Form verwendet. Bezüglich der Intensität muss aber grundsätzlich zwischen folgenden zwei Versionen unterschieden werden:

- Spezielle Intensität und
- Organisationsintensität.

Die spezielle Intensität bezieht sich auf die Einsatzhöhe eines Produktionsfaktors je Faktoreinheit, entspricht also dem landläufigen Begriff der Intensität. Der Unternehmer hat die Aufgabe, nach dem optimalen Niveau an Produktionsmitteleinsatz, also nach der optimalen speziellen Intensität zu suchen (vgl. GANDORFER, M.; MEYER-AURICH, A.; HEISSENHUBER, A., 2006). Als Optimum gilt die Gleichheit von Grenzkosten und Grenzertrag, also die Kosten der zuletzt aufgewandten Produktionsmittelmengen müssen durch den Wert des dadurch erzielten zusätzlichen Ertrages gerade noch abgedeckt werden. Das Niveau der optimalen Intensität wird neben der Produktionsfunktion von den Kosten der Betriebsmittel und dem Preis der Produkte beeinflusst.

Von der speziellen Intensität zu unterscheiden ist die Organisationsintensität (vgl. KUHLMANN, F., 1992). Diese wird durch den Anteil der Produktionsverfahren mit hoher/niedriger Bewirtschaftungsintensität bestimmt. Ein Betrieb mit Milchkuhhaltung weist im Vergleich zu einem Betrieb mit Mutterkuhhaltung eine hohe Organisationsintensität auf. Ein Betrieb, der von Futterbau-Viehhaltung auf reinen Marktfruchtbau wechselt, verringert seine Organisationsintensität, er extensiviert seinen Betrieb. Er kann aber sehr wohl den Marktfruchtbau mit einer hohen speziellen Intensität durchführen. Während früher nahezu alle Betriebe eine hohe Organisationsintensität aufgewiesen haben, sind zwischenzeitlich unter dem Einfluss ungünstiger gewordener Preis-Kosten-Verhältnisse viele Betriebe extensiver „organisiert“. Diese Entwicklung lässt sich im Zeitablauf an vielen Betrieben nachweisen und ist nicht zuletzt auch in den neuen Bundesländern im Laufe der letzten zwanzig Jahre zu beobachten.

## 4 Einflussfaktoren

Die Flächenknappheit ist abhängig von Angebot und Nachfrage. Einen Maßstab stellt der Pachtpreis dar. Im Einzelnen sind folgende Einflussfaktoren zu nennen (vgl. DUNN, E.S., 1954, STEINHAUSER, H.; LANGBEHN, C. UND PETERS, U., 1992 und THÜNEN, J.H.V., 1850):

- Ertragsfähigkeit des Bodens
- Entfernung zum Markt
- Intensität der Nutzung
- Preis-Kosten-Situation
- Technischer Fortschritt
- Staatliche Maßnahmen
  - Preisstützung
  - Direktzahlungen
  - Auflagen
- Außerbetriebliche Flächennachfrage

Von den genannten Einflussfaktoren wirken sich einige auf das absolute Niveau aus, wie z.B. die Bodenfruchtbarkeit. Diese hat sich aber im Laufe der Zeit nicht verändert. Als Verursacher für die zunehmende Flächenknappheit sind diejenigen Faktoren zu nennen, die sich verändert haben. Dies sind vor allem staatliche Einflüsse und der technische Fortschritt. Zeitweise sind auch günstiger gewordene Preis-Kosten-Verhältnisse sowie regionsbezogene die Veränderungen in der Produktionsrichtung zu nennen.

Bezüglich der staatlichen Einflüsse können die Preisstützung, die Direktzahlung und indirekt die Auflagengestaltung genannt werden. Die Preisstützung trägt eindeutig zur Erhöhung der Bodenrente bzw. des Pachtpreises bei. Die Preisstützung war früher zentrales Instrument der Agrarpolitik. Zwischenzeitlich trifft dies nicht mehr zu. Eine massive Preisstützung erfolgt aber über die Förderung der nachwachsenden Rohstoffe, insbesondere über die Förderung der Biogasproduktion. Allein der Anreiz zur verstärkten Gülle-Entsorgung, der sog. Güllebonus (4 ct/kWh), fördert auch die Nutzung der anderen biogenen Rohstoffe, z.B. Maissilage. Bei einem Hektarertrag von ca. 15.000 kWh ergibt sich eine zusätzliche Einnahme von etwa 600 Euro pro Hektar. Dies gilt zwar bei den Anlagen nur für die „ersten“ 150 kWh, darüber hinaus werden immerhin noch 1 ct/kWh, entsprechend etwa 150 Euro pro Hektar, bezahlt. Die staatlich festgelegte Einspeisevergütung ist generell ein Anreiz zur Ausweitung der Biogasproduktion, zumal die Substratkosten bis in die jüngste Zeit vergleichsweise niedrig lagen (vgl. RAUH, S. und HEISSENHUBER, A., 2009).

Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass Preisstützung bzw. Preissteigerung die Bodenrente bzw. den Pachtpreis auf guten Standorten stärker ansteigen lässt als auf weniger guten Standorten. Demgegenüber wirken flächenbezogene Direktzahlungen unabhängig von der Standortgüte.

Einen weiteren staatlichen Einfluss stellen die umweltbezogenen Auflagen dar, wie z.B. die Düngeverordnung. Die viehhaltenden Betriebe benötigen Fläche, um eine ordnungsgemäße Verwertung der anfallenden Gülle zu ermöglichen. Die in derartigen Fällen bezahlten Pachtpreise werden mit der Vermeidung der Abstockung des Viehbestandes begründet.

Schließlich wirkt sich die Ausweitung von einkommensstarken Verfahren, wie z.B. Feldgemüsebau, steigend auf die Bodenrente bzw. den Pachtpreis aus. Dies erklärt die regional unterschiedlichen Pachtpreise (vgl. LFL-BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2010).

Auffällig sind schließlich die großen Unterschiede in den Pachtpreisen zwischen den alten und den neuen Bundesländern. Eine Ursache ist in der Art der Pachtung und in der Arbeitsverfassung zu sehen. In den alten Bundesländern werden häufig kleinere Flächen zugemietet, deren Bewirtschaftung ohne Ausweitung der Maschinenkapazitäten möglich ist. Damit können höhere Pachtpreise bezahlt werden. Es kann aber auch möglich sein, dass ein höherer Pachtpreis bezahlt wird, obwohl später doch eine Ausweitung der Maschinenkapazitäten erforderlich ist. Dann ist der Pachtpreis zu hoch, was im Familienbetrieb dazu führt, dass die Entlohnung der Arbeit beeinträchtigt wird. Im Lohnarbeitsbetrieb ist das nicht möglich.

In eine ähnliche Richtung wirkt die Nutzung des technischen Fortschritts. Die Einführung neuer Verfahren ermöglicht eine Kostensenkung, aber nur, wenn der Einsatzumfang deutlich ausgeweitet wird. Deswegen sucht ein Betrieb nach der Investition in ein neues Verfahren nach zusätzlichen Flächen. Es besteht dabei die Gefahr, dass die mögliche Kostensenkung für erhöhte Pachtpreise aufgewandt wird. Ein nicht zu unterschätzender positiver

Effekt besteht darin, die generellen Vorteile der neuesten Technik nutzen zu können. Dies ist auch psychologisch positiv zu beurteilen. Möglicherweise werden aber die negativen Wirkungen der Kapazitätsausweitung unterschätzt und dann gegebenenfalls zu hohe Pachtpreise bezahlt.

## 5 Fazit und Ausblick

Die Flächenknappheit ist ein nicht abwendbarer Sachverhalt. Die tendenziell steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln und biogenen Rohstoffen, nach Energie und nach Flächen für andere Zwecke (z.B. Infrastruktur) führt tendenziell zu einer Verschärfung der Situation. Die Aufgabe der Unternehmer besteht darin, sorgfältig zu prüfen, ob sich die heute bezahlten Pachtpreise wirklich rechnen. Die Aufgabe des Staates besteht darin, flächenverknappende Rahmenbedingungen zu überdenken. Die Bandbreite reicht dabei von der Pflicht zur Ausweisung von Ausgleichsflächen über die großzügige Ausweisung von Gewerbegebieten bis hin zu einer flächenbeanspruchenden Förderung von Energie aus Biomasse.

## 6 Literaturverzeichnis

- Brinkmann, T. (1922): Die Ökonomik des landwirtschaftlichen Betriebes. In: Grundriß der Sozialökonomie, VII. Abteilung. Tübingen
- Dunn, E.S. (1954): The Location of Agricultural Production. Gainesville
- Gandorfer, M.; Meyer-Aurich, A.; Heissenhuber, A. (2006): Die Bedeutung veränderter Preis-Kosten-Relationen für die Bemessung der Stickstoffdüngung. Schule u. Beratung, H. 7, S.III-7-III-9
- Kuhlmann, F. (1992): Zum 50. Todestag von Friedrich AEREBOE: Einige Gedanken zu seiner Intensitätslehre. Agrarwirtschaft 41, H. 8/9, S. 222-230
- LfL-Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2010): Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 2008/2009, Freising-Weihenstephan
- Rauh, S. und Heißenhuber, A. (2009): Nahrung vs. Energie – Analyse der Konkurrenzbeziehungen. In: Berg, E.; Hartmann, M.; Heckelei, T.; Holm-Müller, K.; Schiefer, G.: Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung, Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 44, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, Bonn, S. 409-421.
- Steinhauser, H.; Langbehn, C. und Peters, U. (1992): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre, Band 1: Allgemeiner Teil. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Thünen, J.H.v. (1850): Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie. Stuttgart, 4. Aufl. 1966



---

# Biogas mit geringem Flächenbedarf – wie geht das und was bringt das?

Ulrich Keymer

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),  
Institut für Agrarökonomie,  
München

## Zusammenfassung

Wer den Flächenbedarf gering halten will, muss höchsten Wert auf die Flächen- und Anlageneffizienz legen. Noch immer verwertet der Anbau von Mais die Fläche am besten und liefert die höchsten Methanerträge pro Hektar. Effiziente Anlagen kennzeichnen geringe Siliverluste, überdurchschnittliche Gasausbeuten, geringer Eigenstrombedarf und hohe elektrische Wirkungsgrade. Mit zunehmender Anlageneffizienz sinkt bei konstanter Anlagenleistung der Flächenbedarf deutlich. Steht die Tierhaltung im Fokus des Unternehmens, ist die Biogaserzeugung als Ergänzung auf die vorhandenen Kapazitäten abzustimmen. Der Einsatz von Gülle und anderen Wirtschaftsdüngern ist ökologisch sinnvoll und ökonomisch notwendig. Wer unter den Rahmenbedingungen des EEG 2009 eine Biogasanlage erfolgreich betreiben will, braucht den Gülle-Bonus oder erhebliche Überschüsse aus einer effizienten Wärmenutzung; am besten beides. Für tierhaltende Betriebe ist Biogas als zweites Standbein mehr als eine Überlegung wert: Sind die Agrarpreise schlecht, geht es der Biogasanlage in der Regel gut und umgekehrt.

## 1 Einleitung

Die bayerische Landwirtschaft hat in den letzten 30 Jahren knapp 300.000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche unwiederbringlich für außerlandwirtschaftliche Zwecke abgegeben. Weniger als 60 % dieser Fläche hätte im Jahr 2009 ausgereicht, alle Biogasanlagen Bayerns mit Substrat zu versorgen. Die Erzeugung Erneuerbarer Energie aus Biomasse, aber auch die Photovoltaik entzieht der Landwirtschaft keine Flächen auf Dauer, sondern führt nur zu einer temporären und reversiblen, alternativen Flächennutzung. Unabhängig davon ist und bleibt die landwirtschaftlich nutzbare Fläche ein knappes Gut. Die Biogaserzeuger müssen aus rein ökonomischen Überlegungen darauf achten, den spezifischen Flächenbedarf gering zu halten und eine hohe Flächeneffizienz zu erzielen.

## 2 Flächeneffizienz

Der Methanertrag pro Hektar ist die Maßzahl für die Flächeneffizienz in der Biogaserzeugung. Er lässt sich näherungsweise errechnen aus dem Massenertrag und der erwarteten spezifischen Gasausbeute des Substrates, die im Wesentlichen von dem Feuchtegehalt und der Qualität, also den Nährstoffen und deren Verdaulichkeit, abhängt. Die Zusammenhänge sind in den Tabellen 1 und 2 beispielhaft dargestellt.

Silomais bringt an Standorten, die sich für den Maisanbau eignen, in der Regel die höchsten Methanerträge pro Hektar. Schlagkräftige und kostengünstige Verfahren für Anbau, Ernte, Transport, Einlagerung und Entnahme stehen der Praxis überall zu Verfügung. Zudem ist Maissilage in der Biogasanlage relativ einfach zu handhaben. Von den etablierten Ackerkulturen hat derzeit nur die Rübe ein ähnlich hohes Ertragspotential und kann in Gunstlagen den Mais auch deutlich übertreffen. Hohe Flächenerträge und sehr gute Vergärungseigenschaften machen die Rübe interessant. Zur Auflockerung enger Energiepflanzenfruchtfolgen wäre sie hoch willkommen. Leider sind die Arbeitsgänge der Rübenreinigung, der verlustarmen Lagerung bzw. Konservierung und der Entnahme immer noch nicht zufriedenstellend gelöst. Neue Ansätze, wie die Schlauchsilierung ganzer Rübenkörper, geben aber zu der Hoffnung Anlass, dass in absehbarer Zukunft schlagkräftige und wirtschaftlich tragbare Lösungen angeboten werden könnten. Zweikulturnutzungssysteme (ZKNS), bei denen sowohl die Erstfrucht als auch die Zweitfrucht die Siloreife erreichen und ohne weiteren Arbeitsgang aus dem Stand siliert werden, konnten bisher eine generelle Überlegenheit gegenüber Mais in Hauptfruchtstellung für bayerische Anbaubedingungen nicht nachweisen [1]. ZKNS brauchen ausreichende Niederschläge in der Hauptvegetationszeit und stellen hohe Anforderungen an die Befahrbarkeit der Böden. Im Mai/Juni steht nur ein enges Zeitfenster für die Ernte der Erstfrucht, die Gärrestausbringung und die Saat der Zweitfrucht zur Verfügung. Im Rahmen der ökonomischen Bewertung des deutschlandweiten Verbundvorhabens EVA wurde zusammenfassend festgestellt, dass ZKNS „derzeit noch keine verallgemeinerbare höhere Wettbewerbsfähigkeit gegenüber klassischen Einkulturnutzungssystemen aufweisen. Stattdessen ist zu erwarten, dass sie nur unter bestimmten Voraussetzungen eine Ergänzung anstelle eines Ersatzes darstellen können“ [2].

Getreide-GPS ist insbesondere an den Grenzstandorten für den Silomaisanbau interessant. Die Auflockerung maisbetonter Fruchtfolgen mit Getreide-GPS vermeidet Komplikationen mit den Cross Compliance-Anforderungen und kann zur Verbesserung der Akzeptanz des Energiepflanzenanbaus in der Öffentlichkeit beitragen. Das Brechen von Arbeitsspitzen im Herbst und das zusätzliche Zeitfenster für die Gärrestausbringung sind nicht zu unterschätzende Nebeneffekte. Dies gilt im Prinzip auch für den Anbau von Ackergrasmischungen, der aber auf Grund der mehrfachen Schnittnutzung mit höheren Kosten belastet ist.

Tab. 1: Faustzahlen für Gasausbeuten ausgewählter NawaRo

Substrat	TM	oTM	Gasausbeute		Methan	Methanertrag
	[%]	[%]	[l/kg oTM]	[m <sup>3</sup> /t FM]	[%]	[m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t FM]
Maissilage	33%	95%	650	203,8	52%	106,0
Maiskornsilage	60%	98%	760	446,9	52%	232,4
Getreidekörner	86%	97%	750	625,7	52%	325,3
Getreide-GPS	35%	95%	600	199,5	53%	105,7
Grünroggensilage	28%	90%	620	156,2	53%	82,8
Kleegrassilage	35%	90%	590	185,9	55%	102,2
Weidelgrassilage	35%	86%	640	192,6	55%	106,0
Zuckerrübenblattsil.sauber	18%	80%	660	95,0	54%	51,3
Zuckerrübe frisch/siliert	23%	90%	750	155,3	51%	79,2
Grassilage	35%	90%	600	189,0	54%	102,1
Landschaftspflegegras	50%	85%	300	127,5	50%	63,8

Tab. 2: Methanerträge pro Hektar ausgewählter NawaRo

Substrat	gewogener Ertrag		Silier- verluste [%]	Netto- ertrag [t/ha]	Methan- ertrag [m <sup>3</sup> /ha]	Flächenbedarf im Vgl. zu MS [ha]
	[t FM/ha]	[t TM/ha]				
Maissilage (MS)	52,0	17,2	8%	47,8	5.069	1,00
Maiskornsilage	14,2	8,5	6%	13,4	3.104	1,63
Futtergetreide	7,3	6,3	3%	7,1	2.304	2,20
Getreide-GPS	35,0	12,3	8%	32,2	3.405	1,49
Grünroggensilage	24,0	6,7	8%	22,1	1.828	2,77
Kleegrassilage	36,0	12,6	8%	33,1	3.385	1,50
Weidelgrassilage	37,0	13,0	8%	34,0	3.607	1,41
Zuckerrübe frisch/siliert	75,0	17,3	15%	63,8	5.048	1,00
ZKNS <sup>1)</sup>	56,0	17,5	8%	51,6	5.041	1,01
Grassilage	30,0	10,5	8%	27,6	2.817	1,80
Landschaftspflegegras	15,0	7,5	8%	13,8	880	5,76

<sup>1)</sup> ZweiKulturNutzungsSystem

Wintergerste-GPS 25,0 t FM/ha (29% TM)

Silomais 31,0 t FM/ha (33% TM)

Dauergrünlandflächen liefern deutlich geringere Methanerträge, sind allerdings auch mit niedrigeren Opportunitätskosten belegt als Ackerflächen. Die Bayerische Grünlandstudie [3] kommt zu dem Ergebnis, dass bis zum Jahr 2015 ca. 178.000 ha Grünland, das sind rund 16 Prozent der Ausgangsfläche im Jahr 2003, nicht mehr für die Versorgung der Grobfutterfresser erforderlich sind. Schon heute ist die Verwertung von Grünlandaufwuchs über den Tiermagen nicht mehr flächendeckend gewährleistet. Steht der Aufwuchs von Restgrünlandflächen oder einzelner Schnitte, die für die Tierhaltung nicht benötigt werden, kostenfrei zur Verfügung, kann die Erzeugung von Grassilage für die Biogaserzeugung eine sinnvolle Verwertungsalternative sein.

### 3 Einsatz von Gülle

Unter dem Begriff Gülle sind im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 Exkreme und/oder Urin von Nutztieren, mit oder ohne Einstreu, sowie Guano, zusammengefasst [4]. Der Einsatz von Rinder- oder Schweinegülle senkt den Flächenbedarf der Biogaserzeugung nur geringfügig. Mist ist deutlich besser geeignet Fläche zu substituieren. Am größten ist der Effekt, wenn Trockenkot aus der Geflügelhaltung zur Verfügung steht (siehe Tabelle 3).

Tab. 3: Faustzahlen für Gasausbeuten ausgewählter Wirtschaftsdünger

Substrat	TM	oTM	Gasausbeute		Methan	Methanertrag
	[%]	[%]	[l/kg oTM]	[m <sup>3</sup> /t FM]	[%]	[m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t FM]
Rindergülle	8%	80%	380	24,3	55%	13,4
Schweinegülle	5%	80%	420	16,8	60%	10,1
Rindermist (kurz gelagert)	25%	85%	450	95,6	55%	52,6
Geflügelmist (kurz gelagert)	40%	75%	500	150,0	63%	94,5

Tab. 4: Flächensubstitution durch Wirtschaftsdüngereinsatz

Substrat	Einsatzmenge		Methan- ertrag [m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	Futterflächenäquivalent		
	[t FM]	[t TM]		Maissilage [ha]	GPS [ha]	Grassilage [ha]
Rindergülle	1.000	80	13.376	3	4	5
Schweinegülle	1.000	50	10.080	2	3	4
Rindermist (kurz gelagert)	1.000	250	52.594	10	15	19
Geflügelmist (kurz gelagert)	1.000	400	94.500	19	28	34

Alle Wirtschaftsdünger sind aufgrund ihrer Substrateigenschaften hervorragend für die Biogaserzeugung geeignet. Auch aus ökologischen Gründen ist ihr Einsatz sinnvoll und erwünscht. Aus wirtschaftlichen Überlegungen brauchen vor allem Hofbiogasanlagen, unter den derzeitigen Rahmenbedingungen, die Einnahmen aus dem Gülle-Bonus. Um eine größere Biogasanlage ausschließlich oder überwiegend mit Wirtschaftsdüngern zu betreiben, reichen in der Regel die standortnah zur Verfügung stehenden Wirtschaftdüngermengen nicht aus.

## 4 Anlageneffizienz

Einen spürbaren Einfluss auf den spezifischen Flächenbedarf einer Biogasanlage hat der Biogasanlagenbetreiber. Silier- und Entnahmeverluste, die Höhe der Gasausbeuten und der Nutzungsgrad des Block-Heiz-Kraftwerkes (BHKW) sind in gewissen Grenzen beeinflussbare Größen.

### 4.1 Silierverluste

Ungenügende Verdichtung im Silo verursacht durch zu geringes Walzgewicht, zu große Schichtdicken, zu wenig Kontaktflächendruck und falsche Häcksellänge, lassen die Silierverluste um bis zu 7 % ansteigen [5]. Eine Feldstudie der LfL kommt zu dem Ergebnis, dass bei Verzicht auf die Siloabdeckung die Trockenmasseverluste um 6 % höher liegen, wobei die Verluste durch Verderb an der Oberfläche noch nicht berücksichtigt sind [6]. Nacherwärmungen durch zu geringen Vorschub und/oder durch Auflockerung des Futterstocks bei der Entnahme führen zu weiteren erheblichen Verlusten (siehe Tabelle 5).

Tab. 5: Verluste bei der Silierung [7]

Ursache	Bewertung	TM (%)	NEL (%)
Restatmung	unvermeidbar	-	1 ... 2
Vergärung	unvermeidbar	5 ... 10	4 ... 10
Gärsaft	verfahrensabhängig	0 ... 7	0 ... 7
Feldverluste	verfahrensabhängig	1 ... 5	1 ... 5
Fehlgärungen	vermeidbar	0 ... 15	0 ... 10
Aerober Verderb	vermeidbar	0 ... 15	1 ... 10
Nacherwärmung	vermeidbar	0 ... 15	2 ... 10
Summe	Silomais	6 ... 35	5 ... 27

Kommen beispielsweise zu den unvermeidlichen Silierverlusten von ca. 8 % aufgrund des Verzichts auf eine Siloabdeckung weitere 12 % Masseverlust hinzu, erhöht sich der Substratflächenbedarf um 15 %, wenn der Verlust durch das gleiche Substrat ausgeglichen werden kann. Muss allerdings der Masseverlust einer Maissilage, z. B. durch Getreide-GPS kompensiert werden, steigt der zusätzliche Substratflächenbedarf auf Grund des deutlich geringeren Hektarertrags um knapp 23 %. Das kann man sich nur in Zeiten niedriger Agrarrohstoffpreise leisten!

## 4.2 Gasausbeuten

Eine kontinuierliche, bedarfsgerechte Versorgung der Biozönose im Fermenter mit Nährstoffen, das exakte Einhalten der Fermentertemperatur, die Optimierung der Rührintervalle können die Gasausbeuten ebenso verbessern wie eine Verminderung der Raumbelastung bzw. eine längere Verweilzeit. Gelingt es beispielsweise durch solche Maßnahmen die Gasausbeute um 5 % zu verbessern, sinkt auch der Flächenbedarf um knapp denselben Prozentsatz. Mehr als 110 % des Methanertrags aus Tabelle 1 wird allerdings in der Praxis nur schwer zu erzielen sein. Der Methangehalt ist in der Regel ohne eine Veränderung der „Futtermethanation“ kaum zu beeinflussen.

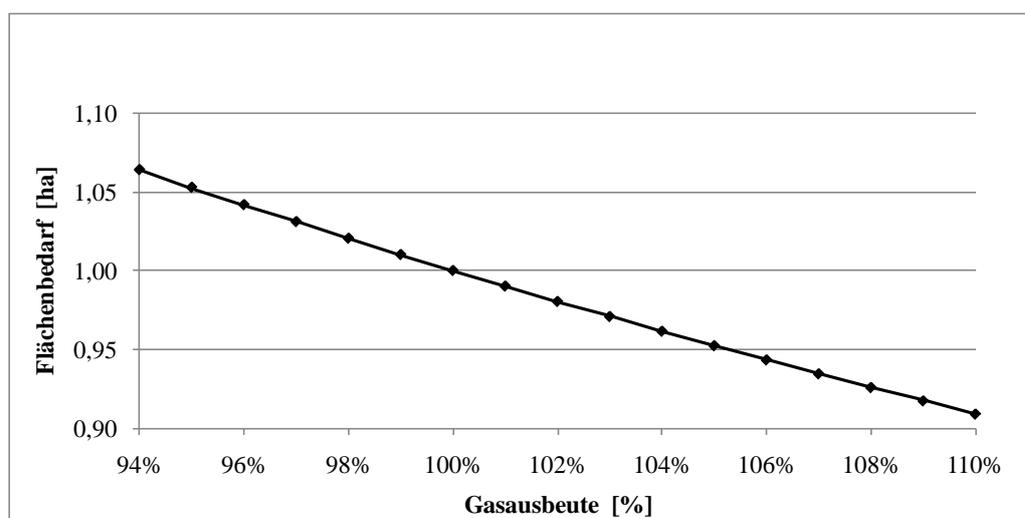


Abb. 1: Flächenbedarf in Abhängigkeit von der spezifischen Gasausbeute

### 4.3 Elektrischer Wirkungsgrad und Nutzungsgrad des BHKW

In Abbildung 2 sind Nennwirkungsgrade<sup>1</sup> von BHKW mit Gas-Otto-Motor (GOM-BHKW) und Zündstrahlmotor (ZSM-BHKW) verschiedener Hersteller exemplarisch angegeben. Die Darstellung macht deutlich, dass

- mit zunehmender Leistung der Aggregate der elektrische Wirkungsgrad steigt.
- ZSM-BHKW im kleinen Leistungsbereich einen um rund 4 Prozentpunkte höheren elektrischen Wirkungsgrad haben als GOM-BHKW vergleichbarer Leistung.
- auch bei ähnlicher Leistung die elektrischen Wirkungsgrade der Aggregate gleicher Bauart deutlich streuen.

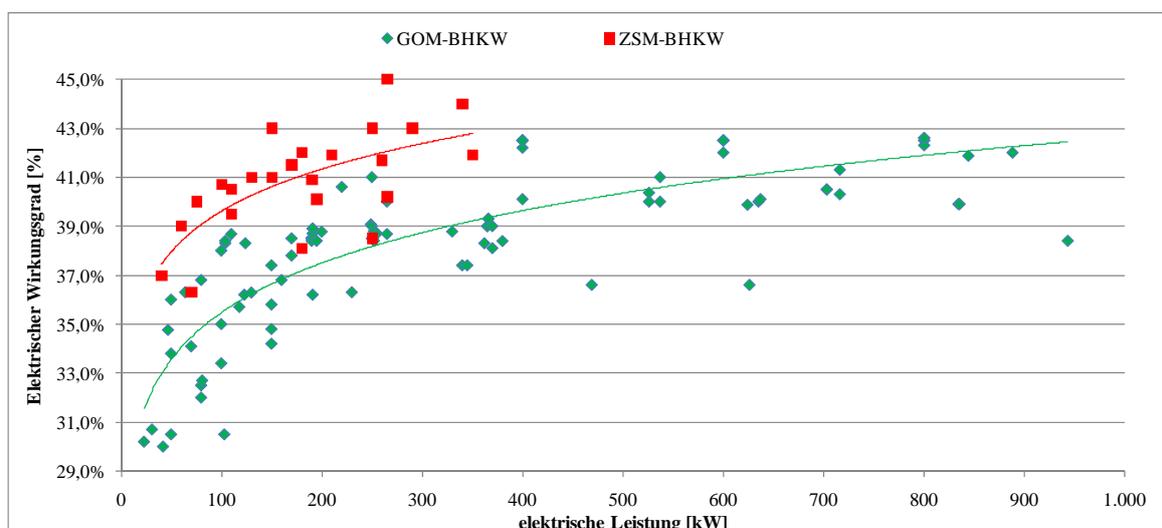


Abb. 2: Elektrische Nennwirkungsgrade von BHKW mit Zündstrahl- (ZSM) und Gas-Otto-Motor (GOM) – Herstellerangaben

Für die Praxis bedeutet dies, ein BHKW auszuwählen, das in seiner Leistungsklasse einen möglichst guten Nennwirkungsgrad aufweist. Ein um 3 Prozentpunkte höherer Wirkungsgrad senkt den potentiellen Futterflächenbedarf um knapp 10 % (siehe Tabelle 6). Mit einem ZSM-BHKW und entsprechendem Zündöleinsatz lassen sich im Vergleich zu GOM-BHKW sogar bis zu 20 % der Substratfläche einsparen (vgl. Tabelle 7). Insbesondere in Regionen mit sehr hohen Opportunitätskosten (Pachtkosten) kann der Zündstrahler eine durchaus überlegenswerte Alternative sein. Ob es ökonomisch sinnvoll ist ihn einzusetzen, lässt sich nur im Einzelfall beurteilen.

<sup>1</sup> Der elektrische Nennwirkungsgrad BHKW ist der Quotient aus der Nennleistung des BHKW und zugeführter Brennstoffleistung (je Zeiteinheit eingesetzte Brennstoffmenge).

Tab. 6: Flächenbedarf in Abhängigkeit vom elektrischen Wirkungsgrad

Kleine BHKW		Mittlere BHKW		Große BHKW	
$\eta_{\text{GOM-BHKW}}$	Flächenbedarf	$\eta_{\text{GOM-BHKW}}$	Flächenbedarf	$\eta_{\text{GOM-BHKW}}$	Flächenbedarf
30%	100%	34%	100%	36%	100%
31%	97%	35%	97%	37%	97%
32%	94%	36%	94%	38%	95%
33%	91%	37%	92%	39%	92%
34%	88%	38%	89%	40%	90%

Tab. 7: Flächenbedarf von ZSM-BHKW im Vergleich zu GOM-BHKW

Kleine BHKW				Mittlere BHKW			
$\eta_{\text{GOM-BHKW}}$	$\eta_{\text{ZSM-BHKW}}$	Zündöl-anteil	Flächenbedarf	$\eta_{\text{GOM-BHKW}}$	$\eta_{\text{ZSM-BHKW}}$	Zündöl-anteil	Flächenbedarf
30%	34%	12%	78%	35%	39%	9%	82%
31%	35%	10%	80%	36%	40%	8%	83%
32%	36%	10%	80%	37%	41%	7%	84%
33%	37%	9%	81%	38%	42%	7%	84%
34%	38%	9%	81%	39%	43%	6%	85%

Der Wirkungsgrad ist ein Anhaltswert für die Qualität des BHKW. Er kann annähernd erreicht werden, wenn das Aggregat permanent nahe an der Nennleistungsgrenze – unter Vollast – läuft. Im Teillastbereich oder noch schlimmer im Ein-/Ausbetrieb bricht der Wirkungsgrad dramatisch ein. Daneben hat die Instandhaltung großen Einfluss auf die Effizienz der Verstromungseinheit. Wiederkehrende Messungen an Blockheizkraftwerken belegen ganz eindeutig, dass die Wartung den Wirkungsgrad ganz erheblich beeinflusst (siehe Abbildung 3).

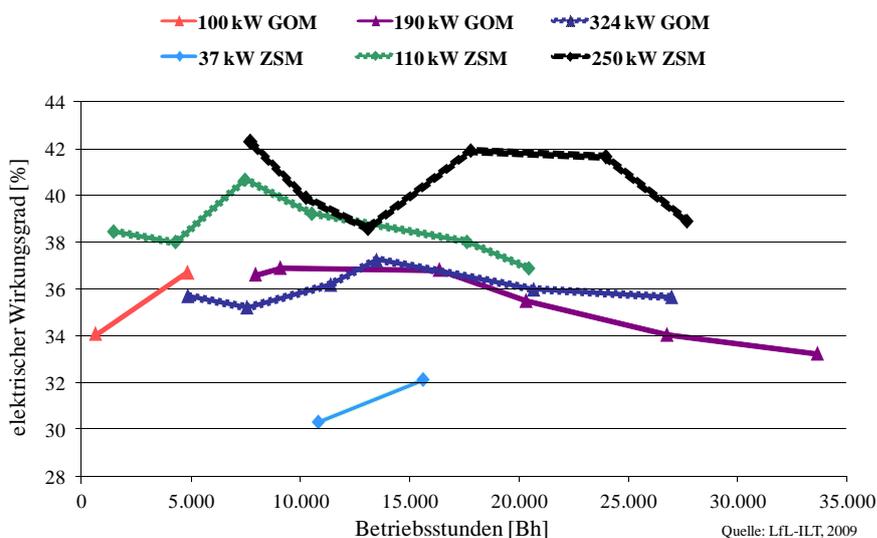


Abb. 3: Ergebnisse von Wirkungsgradmessungen an BHKW [8]

## 5 Angepasste Anlagenleistung

Der Bau einer Biogasanlage ist eine strategische Entscheidung, die ein landwirtschaftliches Unternehmen neu ausrichtet und langfristig festlegt. Die Biogaserzeugung ist nicht in jedem Fall die beste Investitionsmöglichkeit. Soll die Energieerzeugung das zukünftige Hauptziel des Unternehmens sein, muss die Anlage so groß ausgelegt werden, dass ein ausreichendes Familieneinkommen erwirtschaftet werden kann. Das erfordert in aller Regel einen deutlich höheren Kapitaleinsatz als andere Investitionen in der Landwirtschaft. Für die Rohstoffversorgung der Anlage reichen die eigenen Flächen nicht. Der Tierhalter steht dann in einer Zwickmühle: Einerseits wird die eigene Tierhaltung zur Konkurrenz um die knappen Ressourcen, andererseits braucht die Biogasanlage den Wirtschaftsdünger, um den Gülle-Bonus zu erhalten, wenn nicht erhebliche Einnahmen aus einer effizienten Wärmenutzung generiert werden können.

Steht die Tierhaltung weiterhin im Fokus des Unternehmens, ist die Biogaserzeugung als Ergänzung auf die vorhandenen Kapazitäten abzustimmen. Die Stromerzeugung aus Biogas ist dann zuerst einmal ein zweites Standbein, das aber einen ansehnlichen Beitrag zum Betriebsergebnis liefern kann (siehe Tabelle 8).

Ein kleines zweites Standbein ist die **Mikrobiogasanlage** mit knapp 40 kW<sub>el</sub>, wie sie im Süden Bayerns häufig gebaut worden ist und gebaut wird. Die Anlage ist an einen landwirtschaftlichen Betrieb mit ca. 100 GV angepasst. Sie verwertet hauptsächlich Gülle und Futterreste sowie Grünlandaufwuchs, der für die Tierhaltung nicht gebraucht wird. Zusätzlich benötigt die Anlage auf Grund des geringen Nutzungsgrades<sup>2</sup> des kleinen BHKW ca. 7 ha Ackerfläche zur Rohstoffversorgung. Die Anschaffungskosten sind günstig, sofern mehrere Betreiber Anlagen mit annähernd gleichem Standard bauen, sich mit einfacher Anlagentechnik zufrieden geben und, wie hier unterstellt, die betriebliche Infrastruktur mitbenutzen können. Bei nur 440 Tonnen zusätzlicher Gärrestmenge pro Jahr ist beispielsweise der Neubau eines Endlagers nicht unbedingt erforderlich. Das sehr kostengünstige BHKW hat zwar keinen hohen elektrischen Wirkungsgrad, kommt aber mit einem einfachen Motor aus, der nur geringe Instandhaltungskosten verursacht und alle zwei Jahre ersetzt wird. Kleine Anlagen nutzen die Wärme überdurchschnittlich gut. Im Beispiel ist angenommen, dass drei Wohngebäude rund 30 Prozent der nutzbaren Wärme aufnehmen. Aufgrund der günstigen Anschaffungskosten erreicht die Anlage einen ansehnlichen Unternehmervorgewinn. Die Kapitalrendite nach Abzug des Lohnansatzes erreicht rund 12 Prozent. Die Arbeitsverwertung liegt immerhin bei rund 43 €/AKh.

Müssen Gärrestlager und Silos einschließlich entsprechender Technik neu errichtet werden, lassen sich die hier veranschlagten Anschaffungskosten kaum halten. Zusätzliche Investitionen in Höhe von rund 22.000 Euro halbieren den Unternehmervorgewinn unter sonst gleichen Annahmen. Wegen des geringen elektrischen Nutzungsgrades werden die teuren Substrate nur suboptimal genutzt. Hätte beispielsweise das kleine Gas-BHKW einen besseren Wirkungsgrad und einen um 2 Prozentpunkte höheren elektrischen Nutzungsgrad, ließen sich 1 ha Mais einsparen. Aufgrund der höheren Anschaffungs- und Instandhaltungskosten bliebe unter dem Strich aber etwas weniger übrig. Der erwartete Unterneh-

---

<sup>2</sup> Der elektrische Nutzungsgrad BHKW ist das Verhältnis der erzeugten nutzbaren elektrischen Energie zur Summe der zugeführten Brennstoffenergien. In dem betrachteten Zeitraum (hier: Nutzungsdauer des BHKW) sind alle Pausen-, Stillstands-, Leerlauf-, Anlauf- und Abfahrzeiten eingeschlossen.

mergewinn sinkt um bis zu 1.500 € Erst mit einer Erhöhung der Auslastung von 7.500 auf 8.000 Vollbenutzungsstunden ließe sich unter dem Strich dasselbe Ergebnis erreichen wie mit dem preiswerten Gas-Otto-BHKW. Ackerfläche kann aber dann nicht mehr eingespart werden. Ein effizientes Zündstrahl-BHKW ähnlicher Leistung erreicht Nutzungsgrade von rund 36 Prozent. Auf Grund der effizienteren Substratverwertung und des Zündöleinsatzes (Biodiesel) in Höhe von 9 % der Bruttoenergie sinkt der Ackerflächenbedarf auf rund 2,5 ha. Zur Lagerung des Gärrestes (ohne Gülle) reichen dann bei halbjähriger Lagerung 150 m<sup>3</sup>. Die Silage für die Biogaserzeugung beansprucht ca. 600 m<sup>3</sup> Siloraum. Ökonomisch schneidet die Zündölvariante in der Modellrechnung aber deutlich schlechter ab. Nur bei höherer Auslastung (8.000 Vollbenutzungsstunden), geringen Zündölkosten (0,60 €/l) und sehr niedrigem Zündölverbrauch (< 7 % der Bruttoenergie) ist das Zündstrahlaggregat ähnlich wettbewerbsfähig. Der Flächenbedarf steigt dann aber auf rund 3,5 ha AF.

Die **100 kW<sub>el</sub> Biogasanlage** weist deutlich höhere Anschaffungskosten auf. Das BHKW mit hoher Lebensdauer und gutem elektrischen Wirkungsgrad soll mit ca. 1.000 €/kW<sub>el</sub> zu Buche schlagen. Es ist auch kaum anzunehmen, dass die vorhandenen Kapazitäten für die Lagerung von zusätzlich 1.723 Tonnen Silage und 1.252 Tonnen Gärrest reichen. Silos und Gärrestlager müssen neu gebaut werden. Trotz des um vier Prozentpunkte höheren elektrischen Nutzungsgrades liegt der Unternehmergewinn unter dem der Kleinanlage. Die Kapitalrendite beträgt nur 4,9 Prozent. Grund für das schlechtere Abschneiden ist die deutlich geringere Wärmenutzung. Könnten, wie bei der Kleinanlage angenommen, rund 30 Prozent der Wärme sinnvoll verwertet werden, wäre der Gewinn um ca. 5.000 Euro höher. Eine Änderung der Anschaffungskosten um ± 500 €/kW<sub>el</sub> verschiebt den Unternehmergewinn unter sonst gleichen Annahmen um rund ± 7.000 Euro. Die Arbeitsverwertung steigt oder fällt um knapp 12 €/AKh und die Rendite verändert sich um ca. drei Prozent. Auch beim elektrischen Nutzungsgrad des Gas-BHKW ist das obere Ende noch nicht erreicht. Ein Prozentpunkt mehr bringt unter dem Strich knapp 4.500 Euro. Ein Zündstrahl-BHKW einzusetzen, ist mehr als einen kurzen Gedanken wert. Zudem hat diese Anlage noch Reserven.

Die **190 kW<sub>el</sub> Biogasanlage** nutzt die Möglichkeiten des EEG nahezu optimal. Hinzu kommt, dass in diesem Leistungsbereich sehr effiziente BHKW angeboten werden. Es ist deshalb gerechtfertigt, von einem elektrischen Nutzungsgrad auszugehen, der um mindestens zwei Prozentpunkte über dem der vorherigen Anlage liegt. Die Anschaffungskosten in Höhe von 855.000 Euro sollten bei strikter Kostendisziplin einzuhalten sein. Der kalkulatorische Unternehmergewinn beträgt dann etwa 17.500 Euro. Die Kapitalrendite erreicht knapp 10 Prozent und die Arbeitsverwertung liegt bei 40 €/AKh. Lassen sich die Anschaffungskosten noch um 200 €/kW<sub>el</sub> drücken, sinkt die Kostenbelastung um ca. 5.200 Euro. Auch der elektrische Nutzungsgrad könnte um einen Prozentpunkt besser sein. Der Unternehmergewinn stiege dann um rund 6.000 €. Trotz der sehr mäßigen Wärmeverwertung ist die Anlage ein echtes zweites Standbein für ein landwirtschaftliches Unternehmen - es können auch drei sein. Durch drei geteilt, bleibt für jeden ein Unternehmergewinn von 5.800 €. Die Arbeit auf der Anlage ist mit durchschnittlich 22 €/AKh besser entlohnt als in der Landwirtschaft üblich. Die Arbeitsbelastung durch die Rufbereitschaft sowie die Sonn- und Feiertagsarbeit ist weniger lästig, wenn sie auf mehrere Schultern verteilt werden kann. Der Flächenbedarf, in der Modellrechnung sind es rund 55 ha AF und ca. 28 ha DF, verteilt sich auf drei Betriebe. Damit sollte sich der Substratbedarf aus den betriebseigenen Flächen decken lassen. Nota bene: Bei Bereitstellungskosten von 40 €/t Substrat lassen sich in der Landwirtschaft ordentliche Deckungsbeiträge erzielen.

Durch Biogasanlagen ergeben sich zusätzliche Verwertungsmöglichkeiten für Ackerfrüchte. Preisschwankungen bzw. volatile Agrarrohstoffmärkte haben deutlich weniger Einfluss, wenn Substrate überwiegend auf eigenen Flächen produziert werden können.

**Die 500 kW<sub>el</sub> Biogasanlage** nutzt den Gülle-Bonus nahezu maximal. Als Ergänzung zur Tierhaltung ist die Anlage unter bayerischen Strukturbedingungen nur als Gemeinschaftsanlage sinnvoll. Unternehmergewinn, Rendite und Arbeitsverwertung erreichen allerdings unter den Kalkulationsannahmen das Niveau der 190 kW<sub>el</sub> Anlage nicht. Dies liegt zum einen an der degressiven Staffelung des Gülle-Bonus und zum anderen daran, dass die Anlage zu teuer ist. 400 Euro niedrigere spezifische Anschaffungskosten verbessern das Ergebnis um fast 28.000 Euro. Die Kostenreduktion wird allerdings nur schwer erreichbar sein, wenn das gesamte Endlager der Anlage gasdicht abzudecken ist. Als ein Ausweg bliebe, über den Wärmeverkauf höhere Erlöse zu generieren, wenn eine nachhaltige Wärmenenke in der näheren Umgebung über eine Wärmeleitung oder ein Satelliten-BHKW erschlossen werden kann. Der Verkauf von zusätzlich 17 Prozent Nutzwärme bringt denselben Effekt wie die Reduktion der Anschaffungskosten um 400 Euro.

Die Kalkulation der **500 kW<sub>el</sub> Biogasanlage ohne Gülle** zeigt deutlich, dass es unter den neuen Rahmenbedingungen nicht einfach sein wird, eine NawaRo-Biogasanlage ohne Gülle wirtschaftlich zu betreiben. Trotz günstiger Anschaffungskosten erreicht die Anlage bei Substratkosten von 40 €/t Silage unter dem Strich nur einen unerheblich höheren Unternehmergewinn als die Mikroanlage. 56 Prozent der nutzbaren Wärme zu verkaufen reicht nicht aus. Erst der Absatz von 67 Prozent der nutzbaren Wärme oder die Steigerung des monetären Überschusses aus dem Wärmeverkauf um 0,85 Ct/kWh<sub>therm</sub> verbessert das Betriebsergebnis unter sonst gleichen Annahmen um rund 19.000 Euro. Die Kapitalrendite läge dann in einem akzeptablen Bereich von etwas weniger als 8 Prozent.

Tab. 8: Musterkalkulationen – ohne Berücksichtigung der Umsatzsteuer

Anlagenleistung					39 kW <sub>el</sub>	100 kW <sub>el</sub>	190 kW <sub>el</sub>	500 kW <sub>el</sub>	500 kW <sub>el</sub>		
Substrate	Rindergülle		t/Jahr	2.000	2.400	4.000	5.000				
	Futterreste		t/Jahr	55	66	110	137				
	Maisilage		t/Jahr	276	1.116	2.175	5.920	7.448			
	Grassilage		t/Jahr	304	607	780	2.100	900			
	andere Ganzpflanzensilagen		t/Jahr	32		322	1.256	1.610			
Gülleanteil		%	75	57	54	35		--			
<b>Gasertrag</b>				<b>Nm³</b>	<b>176.127</b>	<b>409.575</b>	<b>767.251</b>	<b>1.994.127</b>	<b>2.008.977</b>		
Bruttoenergieerzeugung	Ø Heizwert Substrat		kWh/m³	5,36	5,30	5,29	5,27	5,23			
			kWh/Jahr	943.548	2.171.426	4.056.757	10.512.821	10.512.821			
Gas-Otto-BHKW	Ø Wirkungsgrad <sub>therm</sub>		%	54	50	48	46	46			
	Ø Wirkungsgrad <sub>el</sub>		%	31	35	37	39	39			
	Ø Vollbenutzungsstunden		Std./Jahr	7.500	7.600	7.900	8.200	8.200			
<b>Nutzbare thermische Energie</b>				<b>kWh/Jahr</b>	<b>310.805</b>	<b>759.999</b>	<b>1.402.015</b>	<b>3.675.282</b>	<b>4.013.795</b>		
<b>erzeugte elektrische Energie</b>				<b>kWh<sub>el</sub>/Jahr</b>	<b>292.500</b>	<b>759.999</b>	<b>1.501.000</b>	<b>4.100.000</b>	<b>4.100.000</b>		
	Transformationsverluste	1,0%	kWh <sub>el</sub> /Jahr	2.925	7.600	15.010	41.000	41.000			
<b>Eingespeiste elektrische Energie</b>				<b>kWh/Jahr</b>	<b>289.575</b>	<b>752.399</b>	<b>1.485.990</b>	<b>4.059.000</b>	<b>4.059.000</b>		
Leistungen	Grundvergütung		€/Jahr	33.455	86.927	167.441	401.281	401.281			
	Stromverkauf	NawaRo-Bonus	€/Jahr	20.068	52.141	102.979	281.289	281.289			
		Gülle-Bonus	€/Jahr	11.467	29.795	53.737	79.210	0			
		KWK-Bonus	€/Jahr	1.637	2.661	5.128	20.950	57.210			
Wärmenutzung in Prozent der nutzbaren thermischen Energie				%	31	17	16	23	57		
Wärmeerlös abzüglich Kosten der Wärmeverteilung			Ct/kWh <sub>therm</sub>	4,00	3,00	2,50	2,00	2,00			
			€/Jahr	2.560	2.880	4.800	16.000	44.800			
Selbstgenutzte Wärme				kWh	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000		
Substitutionswert abz. -kosten				6,00 Ct/kWh <sub>therm</sub>	€/Jahr	1.920	1.920	1.920	1.920		
<b>Summe Erlöse</b>				<b>€/Jahr</b>	<b>71.107</b>	<b>176.324</b>	<b>336.006</b>	<b>800.650</b>	<b>786.500</b>		
<b>Spezifischen Anschaffungskosten</b>				<b>€/kW<sub>el</sub></b>	<b>4.200</b>	<b>5.000</b>	<b>4.500</b>	<b>4.000</b>	<b>3.300</b>		
<b>Anschaffungskosten</b>				<b>€</b>	<b>163.800</b>	<b>499.999</b>	<b>855.000</b>	<b>2.000.000</b>	<b>1.650.000</b>		
davon Bauliche Anlagen und Technik				€	134.422	399.902	686.055	1.707.155	1.357.155		
BHKW				€	29.378	100.098	168.945	292.845	292.845		
<b>Festkosten</b>											
Abschreibung	Langlebige Güter	65,0%	21,0 Jahre	€/Jahr	4.161	12.378	21.235	52.841	42.007		
			Technik	35,0%	7,0 Jahre	€/Jahr	6.721	19.995	34.303	85.358	67.858
			BHKW		7,0 Jahre	€/Jahr	5.621	14.300	24.135	41.835	41.835
Ø Zinsansatz				4,00 %	€/Jahr	3.883	11.852	20.268	47.404	39.111	
Versicherung				0,6 %	€/Jahr	983	3.000	5.130	12.000	9.900	
Pacht Betriebsgrundstück					€/Jahr	0	0	1.000	2.000	2.000	
<b>Summe</b>				<b>€/Jahr</b>	<b>21.368</b>	<b>61.525</b>	<b>106.070</b>	<b>241.437</b>	<b>202.711</b>		
<b>Betriebskosten</b>											
Instandhaltung:	Bauliche Anlagen	1,5 %	€/Jahr	1.311	3.899	6.689	16.645	13.232			
			Technik	5,0 %	€/Jahr	2.352	6.998	12.006	29.875	23.750	
			BHKW		Ct/kWh <sub>el</sub>	0,60	1,00	1,20	1,20	1,20	
				€/Jahr	1.755	7.600	18.012	49.200	49.200		
elektrische Prozessenergie				8,0%	kWh/Jahr	23.400	60.800	120.080	328.000	328.000	
Zukaufspreis				16,00 Ct/kWh	€/Jahr	3.744	9.728	19.213	52.480	52.480	
Sonstige Kosten (z.B.: Gutachten, BF, ...)					€/Jahr	3.500	3.500	4.000	5.000	5.000	
Anlagenbetreuung				Arbeitszeitbedarf	Std./Jahr	214	456	694	913	913	
Lohnkosten/-ansatz				25,00 €/Std	€/Jahr	5.338	11.406	17.338	22.813	22.813	
Entnahme und Transport zum Eintrag				Arbeitszeitbedarf	Std./Jahr	78	149	282	784	830	
Lohnkosten/-ansatz				15,00 €/Std	€/Jahr	1.166	2.236	4.233	11.765	12.447	
<b>Summe</b>				<b>€/Jahr</b>	<b>19.166</b>	<b>45.368</b>	<b>81.491</b>	<b>187.778</b>	<b>178.922</b>		
<b>Substratkosten frei Feststoffeintrag</b>											
Silagen Ø				40,00 €/t FM	€/Jahr	24.454	68.927	131.087	371.015	398.313	
<b>Gärrestmasse insgesamt</b>				<b>t/Jahr</b>	<b>2.436</b>	<b>3.652</b>	<b>6.379</b>	<b>11.790</b>	<b>7.306</b>		
<b>Gärrestmasse abzüglich Gülle</b>				<b>t/Jahr</b>	<b>436</b>	<b>1.252</b>	<b>2.379</b>	<b>6.790</b>	<b>7.306</b>		
<b>Gewinnerwartung (ohne Lohnkosten/-ansatz)</b>				<b>€/Jahr</b>	<b>12.623</b>	<b>14.147</b>	<b>38.928</b>	<b>34.998</b>	<b>41.813</b>		
<b>(Unternehmer-) Gewinnerwartung</b>				<b>€/Jahr</b>	<b>6.119</b>	<b>505</b>	<b>17.357</b>	<b>420</b>	<b>6.553</b>		
<b>Kapitalrendite (U'Gewinn+Zinsansatz)/(Anschaffungskosten/2)</b>				<b>%</b>	<b>12,2</b>	<b>4,9</b>	<b>8,8</b>	<b>4,8</b>	<b>5,5</b>		

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Sticksel E., Salzeder G., Eder J., Aigner A., Fritz M., Deiglmayr K. (2010): Zweikulturnutzungssystem (ZKNS) im Vergleich zu herkömmlichen Anbauverfahren. Biogas Forum Bayern; Veröffentlichung Nr. I – 10/2010
- [2] Toews T., Kuhlmann, F. (2009): Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen. Endbericht (Projekt-Nr. 22002505), [http://www.tll.de/vbp/eva1/uni\\_gi\\_tp3.pdf](http://www.tll.de/vbp/eva1/uni_gi_tp3.pdf)
- [3] Würfl P., Halama M. und Keymer U. (2008): Grünlandstudie Bayern. LfL-Schriftenreihe 9/2008
- [4] Anhang 1 Nr. 37 Verordnung (EG) Nr. 1774/2002
- [5] Sedlmeier J. (2009): Bei der Verdichtung ist noch viel Spielraum. MR aktuell, Ausgabe 2/09
- [6] Durst L., Eberlein M. (2010): Bereitung hochwertiger Silage – die Grundlage für hohen Biogasertrag. Biogas Forum Bayern; Veröffentlichung Nr. II – 7/2010
- [7] Thaysen J. (2007): Fortbildungsseminar LK SH Nr. 786. Futterkamp, 28. Juni 2007
- [8] Aschmann V., Kissel R., Effenberger M. (2009): Ergebnisse von Wirkungsgradmessungen an BHKW. LfL-ILT, 2009

---

# Reserven beim Flächenertrag nutzen

Peter Doleschel

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,  
Freising

## Zusammenfassung

Flächenknappheit erhöht die Produktionskosten für Futter und Gärsubstrat ebenso wie für Marktfrüchte und Rohstoffe. Analysen auf der Basis von Exaktversuchen und Betriebsvergleichen offenbaren regelmäßig Ertragsreserven, die es für eine effiziente und kostengünstige Produktion zu nutzen gilt.

Bei den einzelnen Kulturarten sind die Möglichkeiten, Ertragsreserven nutzen zu können, durchaus unterschiedlich. Im Vordergrund steht im Ackerbau die Wahl leistungsfähiger Fruchtarten bzw. die Gestaltung entsprechender Fruchtfolgen. Die Konkurrenzfähigkeit von Mais gegenüber anderen Kulturen bei Arbeitszeitbedarf und Energieertrag führt zu steigenden, vielfach kritisierten Anbauanteilen. Beim Rohproteintrag ist allerdings der Feldfutterbau mit Gras, Klee gras oder Luzerne sogar dem Anbau von Körnerleguminosen weit überlegen.

Unterschiedlich genutzt wird das Leistungspotential neuer Sorten. Bei Mais liegt der Saatgutwechsel praktisch bei 100%, so dass der Zuchtfortschritt optimal umgesetzt wird. Bei Getreide wird immer mehr Nachbauseaatgut eingesetzt, so dass neue, leistungsfähige Sorten teilweise nur verzögert verwendet werden.

Reserven in der Produktionstechnik sind sehr individuell auf Betriebsebene zu bewerten. Die Möglichkeiten scheinen endlos, das Potential für positive Veränderungen ist aber umso geringer, je besser ein Betrieb bereits optimiert ist.

Große Ertragspotentiale stecken in derzeit extensiv genutzten bzw. nicht genutzten Grünlandflächen viehschwacher Regionen. Durch eine gezielte, ökologisch optimierte Intensivierung könnte hier zusätzlich Gärsubstrat ohne Konkurrenz zur Nahrungs- oder Futtermittelproduktion bereitgestellt werden.

Chancen für eine ökologische und landschaftlich vorteilhafte Gestaltung der Biogassubstratproduktion ohne allzu große Ertragseinbußen scheinen in überjährigen Pflanzenmischungen zu stecken, die in ersten Versuchen interessante Ergebnisse zeigten.

## 1 Einleitung

Landwirtschaftlich effizient nutzbare Flächen sind auch im Flächenstaat Bayern knapp. Allerdings mit deutlichen regionalen Unterschieden. Trotz Strukturwandel und zahlreichen Betriebsaufgaben steht der Pachtmarkt lokal unter Druck, was die angebotenen Preise bei Neuverpachtungen örtlich belegen. Als Gründe werden vor allem die Möglichkeiten zur Energieproduktion vom Acker gesehen – Biogas und Photovoltaik stehen dabei an ers-

ter Stelle. In Regionen, wo eine hohe Viehdichte und eine große Zahl an Biogasanlagen zusammen treffen, ist die Flächenknappheit besonders spürbar.

Politische Bestrebungen, die Produktion von Biomasse zur Energiegewinnung im Rahmen der Energiekonzeption der Bundesregierung weiter deutlich zu steigern und noch mehr Fläche der Energieproduktion zu widmen, werden den Wettbewerb um knappe Flächen nicht geringer werden lassen.

Für Erzeuger von Futter und Biogas-Substrat ist es daher wichtig, die für den eigenen Betrieb bedeutsamen Kernpunkte zu Steigerung der Erzeugungseffizienz aus betriebswirtschaftlicher und pflanzenbaulicher Sicht zu optimieren. Für politische Entscheider und die Fachverwaltungen steht die Gestaltung der Rahmenbedingungen mit Blick auf Verringerung der Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und auf Aspekte der Nachhaltigkeit und energetischen Effizienz im Vordergrund.

## 2 Ertragsentwicklung ausgewählter Produktionsverfahren im Futter- und Substratbereich

Seit Jahren wird intensiv über abnehmende oder fehlende Ertragssteigerungen bei verschiedenen Produktionsverfahren diskutiert. Die Daten der besonderen Ernteermittlung zeigen dazu ein differenziertes Bild (siehe Abbildung 1). Während bei Mais, stellvertretend dargestellt als Körnermais, nach wie vor deutliche Ertragszuwächse dokumentiert sind, steigen die Praxiserträge bei den wichtigsten Getreidearten langsamer an. Bei Körnerleguminosen sind sie sogar teilweise rückläufig.

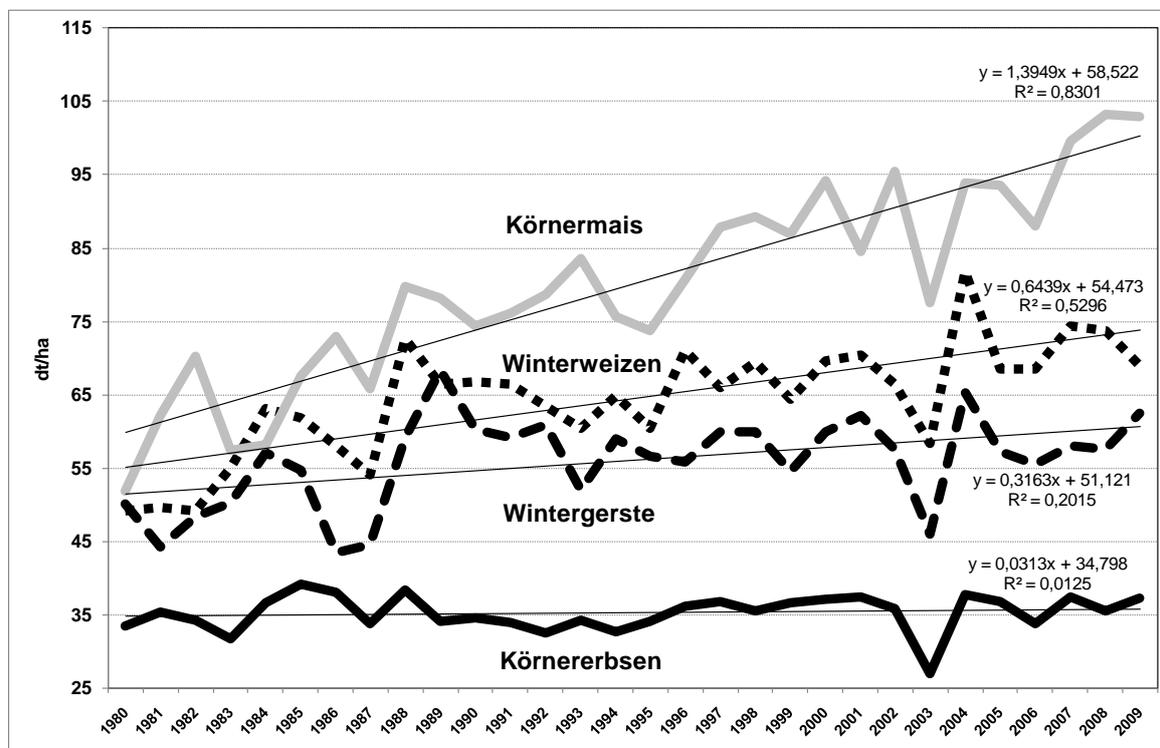


Abb. 1: Entwicklung der Praxiserträge ausgewählter Fruchtarten in Bayern von 1980 bis 2009. (Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010)

Die Ursachen sind vielfältig, auch statistische Aspekte, wie die geringe Datenbasis mit Übergewichtung von Ergebnissen aus ökologischem Anbau bei Körnererbsen und regionale Anbauswerpunkte in ertragsschwächeren Regionen sind dabei zu beachten. Die Analyse solcher Zeitreihen kann auf jeden Fall wesentliche Hinweise für Ansatzpunkte zur ackerbaulichen Ertragsoptimierung bieten.

Häufig wird der Klimawandel, die bereits in den letzten Jahrzehnten dokumentierte Veränderung von Temperaturen und Niederschlagsverteilung, als Grund für geringere Ertragsanstiege bei Getreide im Vergleich zu Mais angeführt. Dies dürfte zum Teil richtig sein. Hohe Temperaturen begünstigen auf jeden Fall die C4-Pflanze Mais. Deren Temperaturempfindlichkeit, die durch intensivste züchterische Arbeit bereits deutlich verringert werden konnte, führte im Mai 2010 weiträumig zu sichtbaren Wachstums- und später Ertragsdepressionen.

Grundsätzlich ist aber der züchterische Fortschritt höher als die Zunahme der Praxiserträge. Die günstige Situation bei Mais lässt sich in der Praxis zumindest teilweise darauf zurückführen, dass hier ein vollständiger Saatgutwechsel erfolgt, der aktuelle Zuchtfortschritt mit nur kurzer Verzögerung in die Praxis Eingang findet und technische Faktoren (Saatverfahren, Standraum, Saatgutqualität) auf hohem Niveau liegen, während Schädlinge nur regional bedeutsam sind und Krankheiten kaum ins Gewicht fallen.

Bei Getreide liegt nicht nur der Zuchtfortschritt auf niedrigerem Niveau, durch den geringen Saatgutwechsel wird dieser auch weniger stark genutzt. Schwankende Saatgutqualität und größere Qualitätsunterschiede bei der Sätechnik tragen dazu bei, dass die Ertragspotentiale nicht immer optimal genutzt werden.

Bei Körnerleguminosen macht sich neben statistischen Effekten durch die geringe Anbaufläche und den hohen Öko-Anteil der Rückzug vieler Firmen aus der Sortenzüchtung ebenso bemerkbar wie die Anfälligkeit für Fruchtfolgekrankheiten.

### **3 Kulturarten und Fruchtfolgen**

Bei den Ertragsreserven ist zwischen der Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Anbauverfahren und der Optimierung bestehender Verfahren zu unterscheiden.

#### **3.1 Unterschiedliche Verfahren für die Biogas-Substratproduktion im Ackerbau**

Die Entscheidung für die mutmaßlich leistungsfähigste Kultur für die Biogassubstratproduktion – Mais – hat eine ernst zu nehmende Diskussion um Landschaftsbild und Nachhaltigkeit ausgelöst.

Mais kann als züchterisch intensiv bearbeitete Art mit relativ langer Vegetationsdauer und optimaler Umsetzung steigender Temperaturen mit einer großen Konkurrenzfähigkeit aufwarten. Auch im Vergleich mit unterschiedlichen Fruchtfolgeoptionen zur Substratproduktion ist Mais in Hauptfruchtstellung noch recht konkurrenzfähig (Abbildung 2).

Biogasfruchtfolgen mit Zweitfrucht bieten im Gegensatz einer Hauptfrucht zusätzliche geeignete Termine für die Gärrestaubsbringung. Dies ermöglicht eine effizientere Nährstoffnutzung und ein besseres Management. Hinzu kommt die Streuung des Ernterisikos. Dies kann die höheren Kosten durch Bestellung und zusätzliche Erntetermine auffangen.

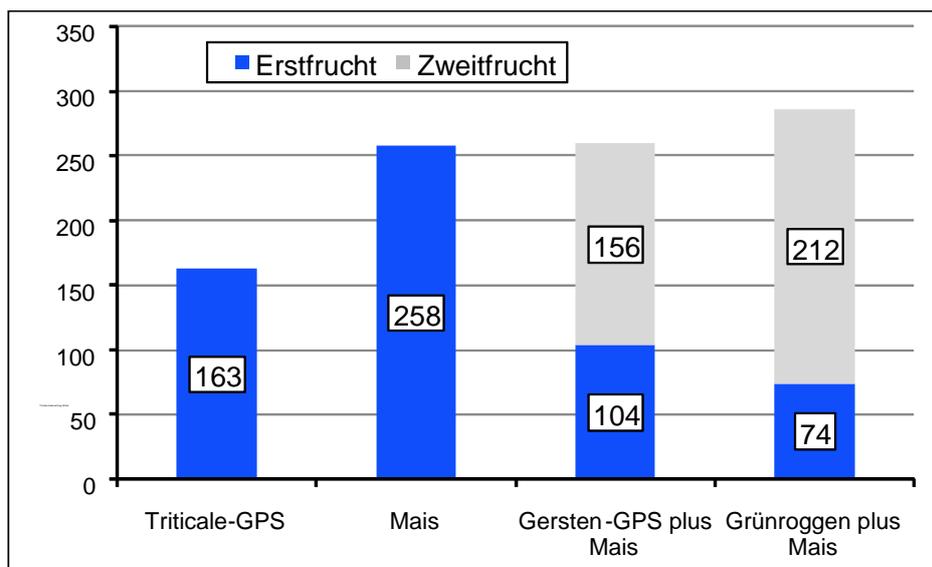


Abb. 2: Vergleich von Trockenmasse- und Methanertrag ausgewählter Biogas-Kulturen, Erntejahre 2007-2009, Mittel über 3 Orte (Quelle: Sticksel et al., 2010)

### 3.2 Feldfutterbau

Trotz der hohen Erträge bei Mais spielt der Feldfutterbau regional eine wichtige Rolle. Die theoretisch erzielbaren Trockenmasseerträge liegen dabei auf durchaus hohem Niveau, die Rohproteinträge erreichen mit z.T. über 2500 kg/ha einen sehr hohen Bereich, der auch mit Körnerleguminosen unter bayerischen Anbaubedingungen nicht übertroffen werden kann (siehe Abbildung 3).

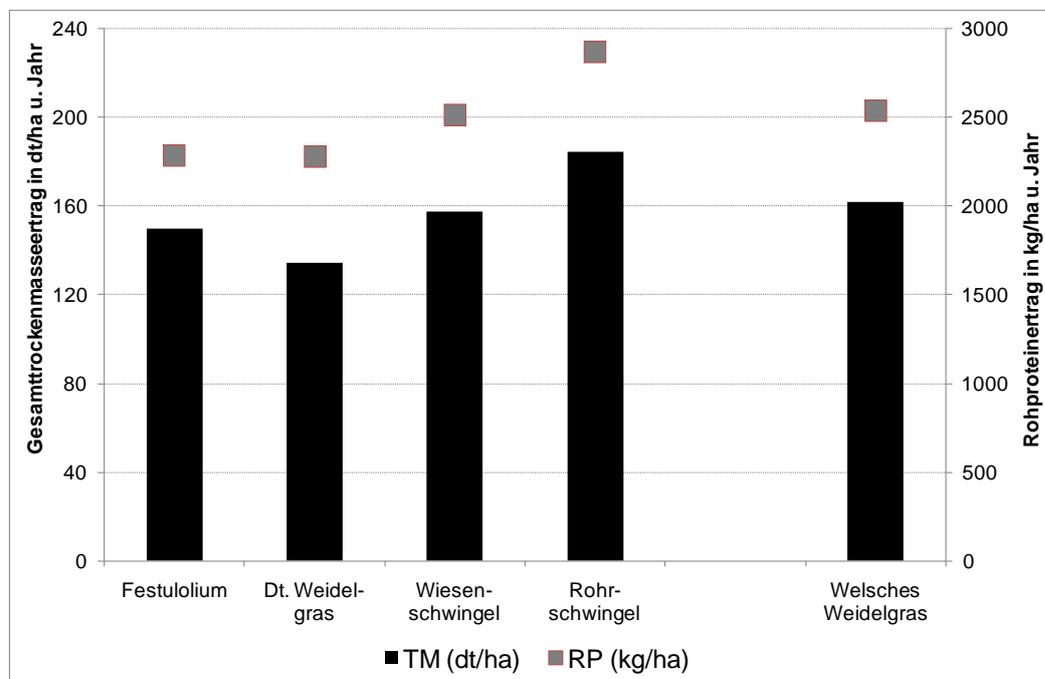


Abb. 3: Trockenmasse- und Rohproteinträge ausgewählter Gräserarten im 2. Hauptnutzungsjahr (Quelle: Hartmann, 2008)

Durch die Wahl angepasster Saatgutmischungen können die Ertragsreserven im Feldfutterbau genutzt werden. Unter der Bezeichnung „Bayerische Qualitätssaatgutmischungen“ stehen hier für die verschiedenen Anbauggebiete, Nutzungstypen und -Intensitäten geeignete Saatgutmischungen zur Verfügung.

### **3.3 Nutzung der Potentiale gering genutzter Grünlandflächen**

Regional werden viele Grünlandflächen nur noch sehr extensiv oder gar nicht mehr genutzt. Die Flächen, die im Rahmen von Förderprogrammen zur Aufrechterhaltung des Kulturzustandes nur gemulcht werden, könnten durch eine ökologisch verträgliche Intensivierung für die Bereitstellung von Gärsubstrat genutzt werden.

### **3.4 Ansätze zur ökologisch optimierten Substratproduktion**

Aufgrund der Diskussion um einen immer höheren Maisanteil in Biogas-Fruchtfolgen wurden in der letzten Zeit Alternativen geprüft, die einen ökologischen Ausgleich innerhalb einer intensiv genutzten Flur schaffen können. Die LWG Veitshöchheim testet in einem Forschungsprojekt wildartenreiche Ansaatmischungen, die mehrjährig genutzt werden sollen und aufgrund ihrer Zusammensetzung für zahlreiche Tierarten von Wild- bis Insektenarten eine Habitatfunktion bieten. Blühpflanzen in den Aufwüchsen sollen zu einem ansprechenden Landschaftsaspekt beitragen. Erste Versuchsergebnisse deuten an, dass die Ertragsleistung solcher Mischungen durchaus interessant sein kann. Denkbar wäre der in einer Flur koordinierte Einsatz solcher Ansaaten, um positive ökologische und gestalterische Wirkungen zu erzielen.

### **3.5 Eiweißpflanzen**

Die Eiweißversorgung für Futterzwecke wird zu einem großen Teil durch den Import von Soja aus Übersee sichergestellt. Die Diskussion um Futterrationen ohne GVO-haltige Komponenten hat der Produktion von Eiweiß im Inland neue Impulse gegeben.

So sind in den letzten beiden Jahren die Anbauflächen von Ackerbohnen und Erbsen wieder etwas angestiegen, während Sojabohnen auf geringem Niveau deutlich ausgedehnt wurden. Hauptproblem beim Anbau von Körnerleguminosen sind die geringen Erträge und die inzwischen weitgehend fehlende Logistik im Handel. Die Praxiserträge stagnieren seit Jahren, in den Sortenversuchen lässt sich sogar eine nachlassende Ertragsleistung in den letzten Jahren feststellen (siehe Abbildung 4), weil die Ertragssteigerungen bei neuen Sorten nicht mehr ausreicht, um negative Umwelteffekte (Krankheiten, Klimawandel) auszugleichen. Der Zuchtfortschritt geht bei Erbsen und Ackerbohnen zurück, weil viele Zuchtprogramme aufgrund fehlender Rentabilität beendet wurden. So sind die Erträge aus Sicht der Praxis nicht zufriedenstellend und führen zu einer mangelhaften Wettbewerbsfähigkeit.

Mit Blick auf eine angestrebte hohe Proteinqualität sind Sojabohne und Lupinen deutlich interessanter als Ackerbohnen und Erbsen. Die Steigerung des Sojaanbaus ist bemerkenswert. Problematisch sind derzeit noch die Erträge, die in den bayerischen Sortenversuchen mit langjährig rund 33 dt/ha noch deutlich unter denen von Erbsen und Ackerbohnen liegen.

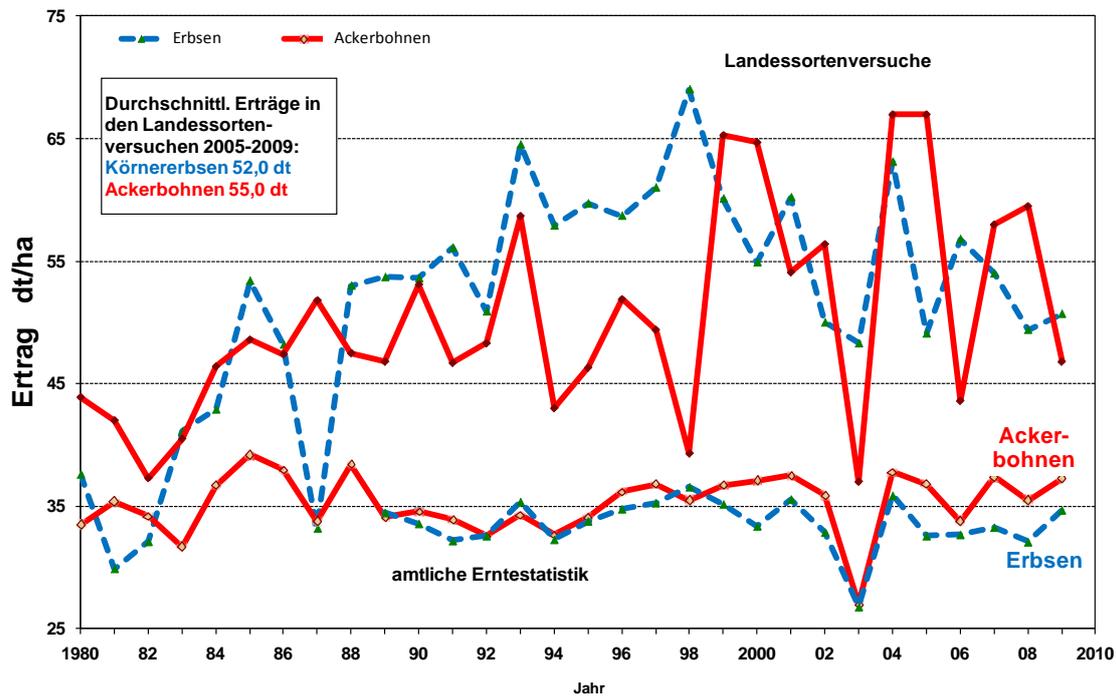


Abb. 4: Erträge von Ackerbohnen und Erbsen in den Landessortenversuchen sowie nach der amtlichen Erntestatistik

Neuere Sorten versprechen ein Leistungspotential von gut 35 dt/ha, das unter günstigen Voraussetzungen auch in der Praxis realisiert werden kann. Mit rund 1.400 kg Rohprotein pro Hektar wäre der Sojaanbau aber immer noch deutlich unter der Leistungsfähigkeit von Klee gras, Feldgras oder Luzerne. Vorteil der Sojabohnen wäre die hohe Selbstverträglichkeit, während Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen von Anthracnose, einer samenbürtigen Pilzkrankheit, befallen werden.

#### 4 Identifikation von individuellen Ertragsreserven

Ertragsreserven sind immer dann vorhanden, wenn ertragsrelevante Anbaufaktoren nicht optimal sind und vom Landwirt beeinflusst werden können. Damit sind die Handlungsmöglichkeiten vielfältig und die Höhe der Reserven für jeden Betrieb individuell.

Unterschiedliche Bewertungsrahmen sind bei Futter- und Substratproduktion anzuwenden. Während es bei der Substratproduktion im Wesentlichen auf die erzielbaren Gaserträge ankommt, sind bei der Futterproduktion differenzierte Qualitätskriterien mit zu bewerten. Neben der Freiheit von schädlichen Stoffen (z.B. Mykotoxinen) kommt es zunehmend auch auf den Proteinertrag an.

In der folgenden Übersicht sind einige wesentliche Faktoren dargestellt.

Generelle Empfehlungen sind hierzu weder möglich noch sinnvoll. Eine Optimierung der produktionstechnischen Ertragsreserven muss stets auf der einzelbetrieblichen Ebene erfolgen und regelmäßig neu überprüft werden. Kostengünstige Handlungsmöglichkeiten, z.B. Wahl für das Erzeugungsziel angepasster, leistungsfähiger Sorten, sind dabei vorzuziehen. Gerade bei Getreide werden oft Universalsorten angebaut, die für Vermarktung

und Verfütterung gleichermaßen geeignet sind. Wenn spezielle Sorten z.B. für Verfütterung gewählt werden, können oft Mehrerträge realisiert werden.

Tab. 1: Bewertung ausgewählter Ertragsfaktoren

<b>Ertragsfaktor</b>	<b>Handlungsmöglichkeit</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Mögliche Ertragswirkung</b>
Bodenbearbeitung	Wahl unterschiedlicher Verfahrenskombinationen	oft schon optimiert oder durch Ausstattung festgelegt	gering bis mittel
mineralische Düngung	Bodenuntersuchung Düngeplanung und -Optimierung Sensoreinsatz	Umfangreiche Möglichkeiten und Fehlerquellen, insbesondere bei der Wahl nicht angepasster Systeme	gering bis hoch
organische Düngung	Lagerraum-Management Optimierung von Ausbringungsverfahren (Technik) und – Zeitraum sowie Verteilung auf die Flächen	großes Optimierungspotential bei großem Mengenanfall, Transportproblem (Schlagentfernung); v.a. Kostenwirkung (Einsparung Mineraldünger)	gering bis mittel
Fruchtart, Fruchtfolge	groß	Einschränkung der Wahlmöglichkeit durch wirtschaftliche Zwänge (relative Vorzüglichkeit z.B. von Mais)	mittel bis hoch
Sorte	groß	z.T. große Potentiale zur Optimierung; kostengünstig	gering bis hoch
Sätechnik und Standraum	unterschiedlich, durch betriebseigene Technik meist festgelegt	präzise Saat und optimaler Standraum sind sehr positiv (z.B. Einzelkornsaat bei Mais); Verbesserungen sind z.T. kostenaufwändig	mittel

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Aigner, A. (2010): Erbsen- und Bohnenbau erholt sich. BLW 2010, Heft 7, S. 64-65.
- [2] Araus, J. L., G. A. Slafer, M. P. Reynolds und C. Royo (2002): Plant Breeding and Drought in C3 Cereals: What Should We Breed For? *Annals of Botany* 89: 925-940.
- [3] Hartmann, S. (2008): Versuchsergebnisse aus Bayern. Landessortenversuch Festulolium, 2. Hauptnutzungsjahr.
- [4] Nickl, U. et al. (2010): Versuchsergebnisse aus Bayern. Verschiedene Berichte Getreide.
- [5] Statistisches Bundesamt (2010): Besondere Erntermittlung, Hektarerträge der Bundesländer.
- [6] Sticksel, E., A. Aigner, J. Eder, G. Salzeder, G. Weber A. Aigner (2010): Biogasfruchtfolgen - Optimierung von Biogasfruchtfolgen für bayerische Anbaubedingungen. LfL-Schriftenreihe (im Druck).

---

# Mit neuer Technik Futter- und Substratwirtschaft effizient gestalten

Markus Demmel, Stefan Thurner, Ariane Fröhner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung,  
Freising

## Zusammenfassung

Die Verluste bei der Grassilagebereitung liegen mit rund 25 % der geernteten Trockenmasse (Sauter, 2008; Pflaum, 2007) über die gesamte Verfahrenskette hinweg – vom Mähen über Zetten, Schwaden, Bergen, Transport, Einlagern und Verdichten bis zur Entnahme aus dem Silo – höher als bei Maissilage, bei der rund 13 % an Verlusten vom Feld bis zur fertigen Silage veranschlagt werden (Mitterleitner et al., 2007). Die Arbeitsschritte Zetten und Wenden sowie Schwaden sind bei der Grassilageernte mit den höchsten Verlusten, oft im zweistelligen Bereich, verbunden. Weitere Verluste von bis zu 35 % können sowohl bei Grassilage als auch bei Maissilage bei unsachgemäßer Entnahme der Silage durch Nacherwärmung entstehen (Sauter und Latsch, 2008).

Neue Techniken können zur Steigerung der Effizienz in der Futter- und Substratwirtschaft beitragen. Dies sind neben Spurführungshilfen und automatischen Lenksystemen neue Techniken zur Ertrags- und Feuchterfassung, teilweise verbunden mit automatischer Schnittlängeneinstellung, innovative Systeme zur automatischen Geschwindigkeitsregelung beim Beladen eines Ladewagens, sowie Geräte zur schlagkräftigen und gleichmäßigen Befüllung und optimalen Verdichtung des Erntegutes im Silo. Im Beitrag werden potentielle Verlustquellen sowie derzeit verfügbare Technik zur Verringerung der Verluste bzw. zur Optimierung der Verfahrensketten mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt. Abschließend wird in einem Ausblick auf aktuelle Untersuchungen und zukünftige Möglichkeiten eingegangen. Ziel sollte es sein, die Verluste um wenigstens 1/3 zu reduzieren.

## 1 Einleitung

Der Weg des Grobfutters bzw. bei der Biogaserzeugung des Substrates vom Feld bis zum Trog bzw. in den Fermenter ist mit Verlusten unterschiedlicher Art und Höhe verbunden. Es kann sich sowohl um Materialverluste (z.B. Bröckelverluste), als auch um Umwandlungsverluste (Energie- und Nährstoffverluste) bei der Silierung handeln. Um die Futter- und Substratwirtschaft möglichst effizient zu gestalten, gilt es, diese Verluste zu minimieren. Entsprechendes Wissen und Management vorausgesetzt kann moderne Landtechnik hierzu einen entscheidenden Beitrag leisten.

Im Folgenden sollen die Möglichkeiten neuer Technik zur Minderung der Verluste und zur Steigerung der Effizienz der Futter- und Substratwirtschaft an einigen Beispielen exemplarisch dargestellt werden. Hierzu werden zuerst mögliche Verlustquellen von der Ernte bzw. der Bergung des Futters/ des Substrates bis zum Maul des Tieres bzw. zum Dosierer der Biogasanlage entsprechend dem Stand des Wissens quantifiziert. Anschlie-

ßend werden Möglichkeiten aufgezeigt, diese Verluste mit moderner Landtechnik zu vermindern und die Effizienz über ein durch den Technikeinsatz optimiertes Management zu erhöhen.

## 2 Verluste bei der Futter- und Substratbergung, Konservierung und Lagerung

Über die Verluste bei den verschiedenen Verfahrensschritten der Futter- und Substratbergung, Konservierung und Lagerung liegen unterschiedlich exakte und belastbare Informationen vor. Diese wurden an verschiedenen Stellen von unterschiedlichen Personen und unter oft abweichenden Bedingungen erhoben. Dennoch sollen sie als Ausgangspunkt für die folgenden Betrachtungen dienen.

Vorteile bietet das **Mähen** von Gras mit Aufbereiter. Diese liegen in einem beschleunigten Trocknungsverlauf und damit einem verminderten Wetterrisiko. Zur mechanischen Gutaufbereitung werden Zinkenrotoren oder Profilwalzen genutzt. Beim Einsatz mechanischer Aufbereiter besteht die Gefahr von Bröckelverlusten (0,2 bis 0,5 dt/ha) (Eichhorn, 1999). Bei raschem Anwelken des Futters auf 35 % Trockenmasse (TM) innerhalb von 24 Stunden durch Mähen am Nachmittag und Bergen am Folgetag liegen die TM-Verluste zwischen 2 und 3 % (Müller und Bauer, 2006).

Um ein schnelles, verlustarmes Anwelken zu unterstützen und verfahrenstechnisch günstige Voraussetzungen für die Mechanisierung und Bergung zu schaffen, sollte das Erntegut möglichst gleichmäßig breit verteilt werden. Das Risiko von Bröckelverlusten besteht bei der Nutzung von **Kreiselzettwendern** und Kreiselschwadern (Schön et al., 1998), die unter Einhaltung einer Arbeitsgeschwindigkeit von 5 km/h auf ein Minimum reduziert werden können (Matthias, 2001). Verringern lassen sich Bröckelverluste ebenfalls durch eine exaktere Boden Anpassung, erreichbar durch eine größere Nähe der Räder am Rechen.

Neuere Untersuchungen zum Verlustniveau von **Bandrech- und Kreiselschwadern** (1 oder 2 Kreisel, bei 2 Kreisel Ablage in der Mitte oder auf der Seite) ergaben keine Unterschiede zwischen den Schwadern. Die Verluste betragen bei sonst gleichen Bedingungen für alle Schwader vom Schnitt bis zur Bergung rund 17 % TM bei Anwelkgut (Sauter, 2008).

**Rundballenpressen** werden zur Bergung von Anwelkgut, Heu und Stroh verwendet. Geringe Verluste wurden bei Bänder- und Stabkettenpressen ermittelt. Messungen von Sauter und Dürr (2006) bei Heu ergaben Verluste bis zu 80 l/Ballen, bezogen auf den Ertrag sind diese Verluste von 0,5 bis 2,6 % jedoch gering.

Die Futterkonservierung in Form der **Silierung** führt bei Gras zu Verlusten an organischer Substanz von 7 bis 20 %, ist jedoch gegenüber der Heubergung durch ein geringeres Wetterrisiko während der Ernte gekennzeichnet (Oechsner und Lemmer, 2002; Oechsner, 2006). Sie ist auch mit weniger Bröckelverlusten verbunden, es können aber Lagerverluste durch Nacherwärmung auftreten (Sauter und Latsch, 2008). Aufgrund der geringen Verluste von etwa 5 % weist die Ballensilage einen Kostenvorteil gegenüber der Silierung im Flachsilo auf (Thaysen, 2007). Aus Sicht des Gärprozesses bietet auch das Schlauchverfahren durch den schnellen, nahezu vollständigen Luftabschluss sehr gute Voraussetzungen für eine verlustarme Silierung (Schiel und Winter, 1996). Im Fahrsilo können bei Unterschreitung des Gehaltes von 30 % TM Gärtaftverluste auftreten, bei einem

TM-Gehalt über 45 % kann es zu Verdichtungsproblemen und nachfolgend häufig zu Schimmelbildung bzw. Nacherwärmung kommen (Nußbaum, 2009). Zudem hemmen Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze in höheren Konzentrationen den Gärprozess im Fermenter (Oechsner, 2006).

Nach Bucholtz (2007) lassen sich durch große Zentralmieten die **Siliverluste** (bei Biogasanlagen) um etwa 10 bis 15 % bei einer Kostensenkung von rund 2 €/t mindern.

Das **Abdecken** von Biogassilagen ist trotz Folienkosten und Zeitaufwand nach Berechnungen von Nußbaum (2008) ökonomisch sinnvoll. Bei nicht abgedeckter Miete betragen die Verluste durch Erwärmung und Verderbschichten etwa 13 % (entspricht 13 ha von 100 ha).

Ein hoher Vorschub bei der **Entnahme** vermindert das Verlustrisiko (Nußbaum, 2008). Lässt sich dieser nicht realisieren, kann die Anschnittfläche mit propionsäurehaltigen Zusätzen stabilisiert werden (Nußbaum, 2010).

Die bekannten Verluste bei den Verfahrensschritten der Futter- und Substratbergung, Konservierung und Lagerung sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über Verluste und deren Anteil/Höhe in der Futter- und Substratwirtschaft

Verfahrensschritt	Verlustart	Verlustanteil/-höhe	Quellenangabe
Mähen	Bröckelverluste (Aufbereiter)	0,2 - 0,5 dt/ha*	Eichhorn, 1999
	gesamt	2,2 – 4,4 %***	Sauter und Latsch, 2008
	Atmung	5 - 10 %***	
	TM-Verluste durch Atmung	2 – 3 %*	Pflaum, 2007
Zetten/Wenden	gesamt	6 – 20 %***	Sauter und Latsch, 2008
	Frischmasse-Verluste pro Wendevorgang	ca. 0,1 dt/ha*	Eichhorn, 1999
Bergung	gesamt	4,4 – 11,1 %***	Sauter und Latsch, 2008
Ballensilage	gesamt	5 %*	Thaysen, 2007
	Bröckelverluste gewichtsbezogen:	bis zu 80 l/Ballen 0,5–2,6 %****	Sauter und Dürr, 2006; Sauter, 2008
Einlagerung	Gärsaftverluste (bei < 30 % TM)	k. A.	Nußbaum, 2009
	Verdichtungsprobleme (bei < 45 % TM)	k. A.	Nußbaum, 2009
Silierprozess	Organische Substanz	7 – 20 %*	Oechsner, 2006
Siliermittel	TM-Verluste mit Siliermittel	4 – 9 %*	Pflaum, 2007
	TM-Verluste ohne Siliermittel	7 – 13 %*	
Lagerung	Nacherwärmung	1 – 35 %***	Sauter und Latsch, 2008
	Gärsaftverluste (Rundballen bei Nasssilage)	durchschn. 33 kg (ca. 1,2 % TM)	Sauter und Latsch, 2008

Substrat: Gras\*, Silomais\*\*, Raufutter\*\*\*, Heu\*\*\*\*, k. A. = keine Angabe

Als unbefriedigend werden Verluste von der Mahd bis zur Bergung betrachtet, die bis zu 20 % des geernteten Ertrages betragen können (Sauter, 2008). Nach Aussage von Pflaum (2007) lassen sich Trockenmasseverluste bis zur Auslagerung der Silage auf 6 % bei einem Rückgang des Energiegehaltes von etwa 0,15 MJ NEL/kg TM beschränken. Ein Minimum an TM-Verlusten um 5 % durch Vergärung ist unvermeidbar, denn auch nach dem Schnitt findet eine Restatmung statt (Pflaum, 2007). Bei Maissilage wurden TM-Verluste von 13 % auf dem Weg von der Ernte bis zur fertigen Maissilage ermittelt (Mitterleitner et al., 2007).

### 3 Technische Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz in der Futter- und Substratwirtschaft

Ziel der kontinuierlichen Weiterentwicklung und Optimierung bereits eingeführter Landmaschinen ist sowohl die Steigerung der Leistung und Zuverlässigkeit als auch die Erhöhung der Arbeitsqualität und damit verbunden die Verringerung der Verluste. Damit tragen diese Verbesserungen, beispielsweise die Optimierung der Führung und Boden Anpassung von Mähwerken, die Verbesserung der Kurvenbahnen und der Zinkenformen von Schwadern oder die Weiterentwicklung der Schneidwerke von Ladewagen zur Steigerung der Effizienz in der Futter- und Substratwirtschaft bei.

Darüber hinaus bieten moderne Technologien ganz neue Möglichkeiten. Sie nutzen meist die großen Potentiale der Sensortechnik und Elektronik und ermöglichen eine bessere und schnellere Steuerung und Regelung von Maschinen bis hin zur Automatisierung und liefern darüber hinaus vielfältige und wertvolle Informationen für die Verbesserung des Betriebsmanagements.

Einige solcher „neuen“ Techniken sollen im Folgenden mit ihren Effekten vorgestellt werden.

**Spurführungshilfen und automatische Lenksysteme** haben derzeit die höchsten Zuwachsraten von allen neueren Elektronikanwendungen in der Landwirtschaft. Hierzu trägt bei, dass die Systeme keiner bestimmten Voraussetzungen im Pflanzenbau bedürfen, einige Traktorhersteller stark für die Technologie werben und ein Nutzen schnell spürbar wird. Dies gilt auch für den Futterbau und die Grünlandbewirtschaftung. Die Angebotspalette reicht bei Spurführungshilfen von einfachen Einstiegsversionen ab 1.500 € bis zu hochgenauen automatischen Lenksystemen für 20.000 €. Mit dem Preis steigt die Genauigkeit. Spurführungshilfen mit einer Spur-zu-Spur Genauigkeit von einem halben Meter sind ideal für die mineralische und organische Düngung auf Grünland und auf unbestelltem Acker. Aufwändigere Lenkassistenzsysteme mit Spur-zu-Spur Genauigkeiten von 10 - 20 cm können für die Bodenbearbeitung, die Getreide- und Maisbestellung, aber auch für das Mähen und Zetten eingesetzt werden um Überlappungen zu vermindern. Die großen Arbeitsbreiten moderner Kreiselzetter machen das exakte Anschlussfahren schwierig und Überlappungen führen besonders bei blattreichem Erntegut mit höherem Trockenmassegehalt zu erhöhten Bröckelverlusten. Die hochgenauen Lenkautomaten nutzen zumeist RTK DGPS und können Genauigkeiten von 1 - 2 cm realisieren. Damit sind alle Feldarbeiten möglich, besonders auch die Bestellung und das Hacken von Reihenkulturen, ein besonderer Nutzen liegt jedoch im immer wiederkehrenden Einsatz bei Sonderkulturen.

Zwei Landtechnikhersteller bieten Systeme zur **automatischen Schnittlängeneinstellung für den Feldhäcksler** an. Dabei wird die Schnittlänge bei niedrigeren Trockensubstanz-

gehalten automatisch verlängert und bei höheren Trockensubstanzgehalten automatisch verkürzt. Die automatische Schnittlängeneinstellung soll die Verdichtung von sehr trockenem Material erleichtern und zu geringeren Nacherwärmungsverlusten führen. Weiterhin soll die Gefahr der Bildung von Sickersaft und den damit einhergehenden Energie- und Trockenmasseverlusten bei sehr feuchtem Material durch die angepasste Schnittlänge verringert werden. Das System HarvestLab der Firma John Deere variiert die Schnittlänge automatisch innerhalb des eingestellten Zielbereiches anhand des Trockenmassegehalts des Erntegutes. Der Trockenmassegehalt des Häckselguts wird bei diesem System am Auswurfkrümmer 17-mal pro Sekunde mithilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) gemessen. Die Einstellung der Schnittlänge erfolgt automatisch in drei Stufen, entsprechend den vorher gewählten Trockenmassegehaltsbereichen. Das System AutoScan der Firma Krone arbeitet ebenfalls mit einem fotooptischen Sensor. Er ist am Einzug angebracht und bestimmt über die Farbe der ganzen Maispflanze (von dunkelgrün = feuchte Maispflanze bis braun = trockene Maispflanze) den Reifegrad. Die Schnittlänge wird entsprechend den Messwerten durch die stufenlose Verstellung der Geschwindigkeit der Vorpresswalzen angepasst.

Für Feldhäcksler sind seit kurzem „**online**“ **Ertrags- und Feuchtemesssysteme** verfügbar (Abbildung 2, links). Die Erfassung des **Frischmasseertrages** erfolgt bei allen Herstellern (Claas, John Deere, Krone) über Sensoren an den Vorpresswalzen am Einzug. Durch die Messung der Auslenkung der Vorpresswalzen sowie deren Geschwindigkeit kann der Frischmassedurchsatz (t/h) nach entsprechender Kalibrierung ermittelt werden. Durch Verrechnung mit der Flächenleistung (Arbeitsgeschwindigkeit x Arbeitsbreite) ergibt sich der Flächenertrag (t/ha). Bei mehreren Untersuchungen durch die LfL wurden für die Systeme von Claas und John Deere sehr gute Übereinstimmungen, sowohl auf der Ebene des einzelnen Fuhrwerks (dt/Fuhre) als auch auf der Ebene ganzer Schläge (dt/Schlag), zwischen den online am Feldhäcksler ermittelten Frischmasseerträgen und den auf Fuhrwerkswaagen ermittelten Mengen festgestellt. Voraussetzung für korrekte Ertragsdaten ist jedoch eine ausreichend häufige Kalibrierung des Systems. Bei jedem Wechsel der Materialeigenschaften (Sorte, Abreifegrad), spätestens jedoch bei einem Schlagwechsel sollte daher neu kalibriert werden. Je nach den örtlichen Möglichkeiten kann jedoch auch ein Fuhrwerk aus der Erntekette ständig zum Kalibrieren verwendet werden.

Die Ermittlung des **Trockenmassegehalts** erfolgt herstellerabhängig mit unterschiedlichen Systemen am Auswurfkrümmer des Feldhäckslers. Über eine hohe Genauigkeit verfügt die Feuchtemessung mit Hilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS). Das System „HarvestLab“ von John Deere erreichte beim Vergleich der vom NIRS System ermittelten Werte mit konventionell im Trockenschrank ermittelten Werten im Test der DLG im Durchschnitt eine absolute Abweichung bei Silomais von weniger als 2 % (DLG, 2009). Ausreichend genaue Trockensubstanzgehalte ermittelt bei Silomais auch der Leitfähigkeitssensor, der bei Claas und Krone verwendet wird. Er misst die elektrische Leitfähigkeit des gehäckselten Erntegutes und korrigiert die Werte entsprechend der zusätzlich gemessenen Temperatur.

Der **Trockenmasseertrag** wird bei allen Herstellern über eine Verrechnung des am Einzug gemessenen Frischmasseertrags mit dem am Auswurfkrümmer ermittelten Trockenmassegehalt kalkuliert. Die am Markt verfügbaren Ertragsermittlungssysteme sind nicht eichfähig und daher nicht für die Abrechnung zugelassen. Trotzdem liefern die Systeme wertvolle Informationen (Abbildung 1) und ermöglichen in Verbindung mit GPS-Daten die Ertragskartierung. Im Ackerbau kann mit dieser Technik die bisherige Lücke bei der

Ertragserfassung und -kartierung beim Anbau von Silomais geschlossen werden, womit für ein weiteres Fruchtfolgeglied die Ertragszonen des Schlages ermittelt und somit neue Techniken aus dem Bereich Precision Farming effizienter eingesetzt werden können. Beim Grünland ist mit diesen Systemen erstmals eine exakte Ertragserfassung und -kartierung möglich. Sie eröffnen gewaltige Potenziale vor allem für ein effizienteres Grünlandmanagement mit standort- und ertragsangepasster Düngung und Bewirtschaftung.

Eine weitere Möglichkeit der **Ertragserfassung** wurde von der Firma CNH im Bereich der **Großballenpressen** umgesetzt. Die Ballenschurre, über die der Quaderballen aus der Presse rutscht, ist mit Wiegetechnik ausgestattet, mit deren Hilfe das Ballengewicht erfasst wird. Nach Herstellerangaben werden die Ballengewichte mit einer Genauigkeit von  $\pm 2\%$  erfasst.

Die Firma Krone hat die Gewichtsermittlung im **Ladewagen** umgesetzt. Das Gesamtgewicht des Ladewagens wird durch die Addition der Gesamt-Achslasten und der Deichsel-last errechnet. Die einzelnen Lasten werden über Messbolzen in der Deichsel sowie am Achsaggregat erfasst. Die Wiege-Genauigkeit liegt nach Herstellerangaben bei  $\pm 3\%$  Prozent des zulässigen Gesamtgewichtes (je nach Typ 21 bis 23 t). Ein weiterer Vorteil des Systems ist die Vermeidung der Über- bzw. Unterladung, wodurch die Sicherheit im Straßenverkehr erhöht und die Anzahl der Fahrten verringert werden kann.

Die neuen Möglichkeiten zur **Ertragserfassung**, die heute **bei allen Ernteketten** verfügbar sind, ermöglichen aus einzelbetrieblicher Sicht eine exakte Futter- und Substratmengenerfassung. Dadurch kann der Betrieb erstmalig eine Mengen- und Verbrauchsplanung durchführen und erhält frühzeitig Informationen über drohende Futter- und Substratengpässe. Damit kann er zu günstigen Zeitpunkten entsprechende Gegenmaßnahmen, z.B. Zukauf von Grundfutter oder Änderung der Futtermischung einleiten. Im Grünland zeigten sich bei Untersuchungen auf den Lehr-, Versuchs- und Fachzentren (LVFZ) der LfL, dass die Erträge zwischen einzelnen Schlägen sehr stark variieren. So wurden z.B. am Spitalhof beim ersten Schnitt auf einzelnen Schlägen nur Erträge von knapp über 20 dt TM/ha erzielt, wohingegen zum selben Schnittzeitpunkt auf anderen Schlägen über 50 dt TM/ha, also ein im Vergleich um 250 % höherer Ertrag erreicht wurde (Abbildung 1).

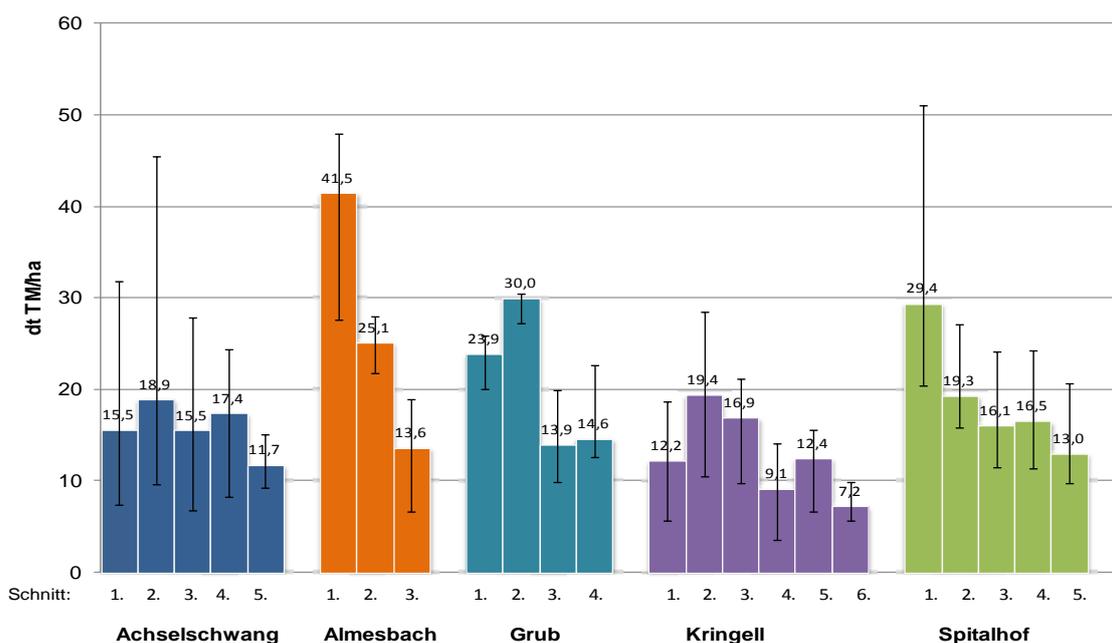


Abb. 1: Mittlere Trockenmasseerträge Gras Anwelkgut (dt TM/ha) je Silageschnitt im Jahr 2009 (Höhe der Säule und Zahl) sowie die Trockenmasseertragsspannen (min. : max. Balken) pro Schlag der LfL Lehr-, Versuchs- und Fachzentren

Diese Informationen über die oft sehr unterschiedlichen Ertragsniveaus der Schläge können für eine Optimierung im Pflanzenbau (Düngung, Nachsaat, Schnitthäufigkeit) genutzt werden. Mit Hilfe der Ertragskartierung, die bei fast allen Techniken mit der Georeferenzierung durch GPS möglich ist, können über mehrere Jahre Ertragszonen in den Schlägen identifiziert und an das jeweilige Ertragsniveau angepasst gedüngt werden.

Effizienteres Laden mit dem Ladewagen ermöglicht die **automatische Geschwindigkeitsregelung** der Firmen Pöttinger und John Deere. Mit Hilfe eines Schwadscanners wird die Schwadgeometrie bzw. -größe gemessen, der Traktor liefert die Geschwindigkeit des Gespanns und der Ladewagen mit mehreren Sensoren die Stellung der Pick-Up, das Drehmoment des Rotors, die Kratzbodengeschwindigkeit sowie den Befüllungsgrad des Ladewagens. Traktor, Schwadscanner und Ladewagen kommunizieren dabei auf Grundlage von ISOBUS ISO 11783. Die Fahrgeschwindigkeit wird so gesteuert, dass der Ladewagen entsprechend der Wahl des Fahrers mit 70 – 90 % oder mit 95 % Auslastung betrieben wird. Nach Herstellerangaben ist so eine um zehn Prozentpunkte gesteigerte Produktivität möglich und der Fahrer wird bei der Bedienung des Gespanns entlastet.

Neue, schlagkräftigere Technik ist auch bei Maschinen zum Verteilen und Verdichten der Silage im Silo verfügbar. Eine angepasste Pistenraupe der Firma Kässbohrer hat sich in verschiedenen Tests (DLG, 2010) als sehr gut geeignet für das **schlagkräftige und gleichmäßige Befüllen** von großen Siloanlagen bei Mengen von bis zu 150 Tonnen Frischmasse pro Stunde erwiesen (Abbildung 2, rechts). Bei gleichzeitiger Verdichtung schafft die **Pistenraupe** zwischen 50 und 70 Tonnen Frischmasse. Dabei ist auf eine ausreichende Ballastierung zu achten. Bei mehr als 100 Tonnen Frischmasse wird ein weiteres Walzfahrzeug empfohlen. Die angestrebten Lagerungsdichten bei Maissilage konnten von der Pistenraupe nicht ganz erreicht werden. Die Zielvorgabe von 225 kg TM/m<sup>3</sup>

(Richter et al., 2009) wurde mit einem Wert von  $195 \text{ kg TM/m}^3$  nur zu 87 % erreicht. Bei Grassilage hingegen wurde die angestrebte Lagerungsdichte von  $215 \text{ kg TM/m}^3$  mit einem Wert von  $228 \text{ kg TM/m}^3$  sogar übertroffen. Ein wichtiger Sicherheitsvorteil ist die gute Standsicherheit der Pistenraupe, die vor allem bei großen und stark überwölbten Silohäufen, wie sie häufig bei Biogasanlagen anzutreffen sind, zum tragen kommt.

Gute Ergebnisse in Bezug auf die **Verdichtungsleistung** konnten mit einer **Vibrationswalze** in Versuchen an der Humboldt Universität Berlin erzielt werden. Die vom Trockenmassegehalt abhängigen empfohlenen Lagerungsdichten von  $255$  bzw.  $285 \text{ kg TM/m}^3$  konnten in einem Fall vollständig, und in zwei weiteren Fällen zu 93 % bzw. 92 % erreicht werden (Häbler et al., 2008). Als Nachteil der Vibrationswalzen wurde ähnlich wie bei der Pistenraupe die fehlende Straßenzulassung angeführt, wodurch zum Transport ein Tieflader erforderlich ist. In einer Studie von Richter et al. (2009), bei der u.a. die Lagerungsdichten bayerischer Silagen überprüft wurden, zeigte sich das obere Drittel des Silostocks als Problemzone mit den niedrigsten Verdichtungswerten und dadurch häufig starker Nacherwärmung mit entsprechenden Verlusten. Ein besonderes Augenmerk sollte daher auf eine ausreichende Verdichtung der oberen Schichten gelegt werden. Ein konsequentes **Silocontrolling** in Kombination mit ausreichend verdichteten und mit Folie abgedeckten Silagen sowie einem entsprechendem Vorschub bei der Entnahme führen zu minimalen Verlusten.



Abb. 2: Links: Feldhäcksler beim Häckseln von Gras-Anwelkgut mit Online-Ertrags- und Feuchtemesssystem  
Rechts: Pistenraupe beim Befüllen einer Siloanlage mit Maissilage

**Futtermischwagen** werden von fast allen Herstellern mit **Wiegetechnik** und Aufzeichnung der entnommenen Futtermengen angeboten. Diese Technik wird für das Zusammenstellen der TMR verwendet, eignet sich jedoch auch zur Bilanzierung der entnommenen Futtermengen aus den einzelnen Siloanlagen. Dadurch ermöglichen Futtermischwagen mit Wiegetechnik in Verbindung mit den Techniken zur Online-Ertragserfassung eine genaue Ermittlung der aktuell verfügbaren Futtervorräte und somit eine bessere Planung hinsichtlich eines möglichen Futterüberschusses oder einer Futterknappheit.

## 4 Fazit und Ausblick

Durch konsequente Verfahrensplanung und optimierte Verfahrensketten mit moderner, schlagkräftiger Technik können Verluste bei der Ernte verringert sowie die Qualität der Silagen deutlich verbessert werden. Mit moderner Entnahmetechnik lassen sich die Futter- bzw. Substratvorräte besser planen und mit einem an die Silogröße angepasstem Viehbe-

stand bzw. Vorschub wird eine optimale Futterqualität bis zum Trog bzw. Substratqualität bis zum Fermenter sichergestellt.

Derzeit werden in einem gemeinsamen Projekt zur Optimierung der Grobfuttereffizienz und der Nährstoffflüsse der Institute für Tierernährung sowie Landtechnik und Tierhaltung weitere Untersuchungen zur Genauigkeit der unterschiedlichen Online-Feuchtemesssysteme sowohl bei Grassilage als auch bei Maissilage durchgeführt. Erste Ergebnisse aus der Silomaisernte 2009 ergaben beim Vergleich des Trockenmasseertrags für den Leitfähigkeitssensor eine mittlere relative Abweichung von 14,9 %. Im Vergleich dazu wurde bei derselben Untersuchung für das NIRS System eine mittlere relative Abweichung von 6,2 % festgestellt. Dabei liegen die ermittelten Werte in der Tendenz beim NIRS System geringfügig unter und beim Leitfähigkeitssensor leicht über den Referenzwerten. Ziel ist es, die Genauigkeit der Systeme zusammen mit den Herstellern auf ein Niveau anzuheben, damit sie im Futterbaubetrieb oder der Biogasanlage zum Management der Fütterung und zur Optimierung der Grobfuttereffizienz eingesetzt werden können. Darauf aufbauend werden im kommenden Jahr in drei Regionen Bayerns weitere Betriebe in die Untersuchung einbezogen.

Nach wie vor ist die ordnungsgemäße Verdichtung dünn und gleichmäßig in das Silo eingebrachter Materialschichten bei vielen Silierketten der Engpass. Eine ungenügende Verdichtung, vor allem im oberen Drittel des Silostocks (Richter et al., 2009), die bei zu hohen Anfuhrleistungen pro Verdichtungsfahrzeug bzw. Verteil- und Verdichtungsfahrzeug auftreten kann, führt bei der Entnahme häufig zu erheblichen Verlusten durch Nacherwärmung der Silage. Um die erreichte Verdichtung sicher feststellen zu können ist ein einfach zu bedienendes und schnell einsetzbares Messgerät dringend notwendig.

## 5 Literaturverzeichnis

- Bucholtz, J. (2007): Maislogistik auf dem Prüfstand. In: MR aktuell 3/07, Seiten 6-8.
- DLG (2010): Pistenbully 300 GreenTech - Verteilen und Verdichten von Silage. DLG Focus Test 05/10, Prüfbericht 5936F, 12 Seiten, Verfügbar unter: <http://www.dlg-test.de/pbdocs/5936F.pdf>, zuletzt aufgerufen am 04.10.2010.
- DLG (2009): HarvestLab – Feuchtemessung im Mais im mobilen Einsatz auf John Deere Feldhäcksler 7550i. DLG Focus Test 10/09, Prüfbericht 5913F, 6 Seiten, Verfügbar unter: <http://www.dlg-test.de/pbdocs/5913F.pdf>, zuletzt aufgerufen am 04.10.2010.
- Eichhorn, H. (1999): Landtechnik. Verlag E. Ulmer, Stuttgart, 7. Aufl., 1999, Seiten 385-386.
- Häbler, J., Tölle, R. und Hahn, J. (2008): Vibrationswalzen zur Verdichtung von Siliergut. In: Landtechnik 63, Heft 1/2008, Seiten 28-29.
- Matthias, J. (2001): Trends bei der Technik für die Futterernte. In: Landtechnik 56, 6/2001, Seiten 386-387.
- Mitterleitner, H., Schilcher, A. und Demmel, M. (2007): Konzepte zur Reduzierung der Kosten beim Transport von nachwachsenden Rohstoffen für Biogasanlagen. LfL-Information, 1. Aufl., Nov. 2007, Seite 5.
- Müller, J. und Bauer, R. (2006): Futterkonservierung. In: Munzert, M. und Frahm, J., Pflanzliche Erzeugung, BLV-Verlagsgesellschaft München, 12. Aufl., 2006, Seiten 865-932.

- Nußbaum, H. (2008): Konservierung von Energiepflanzen. In: [energie] 01/08, Seiten 56-59.
- Nußbaum, H. (2009): Der neue Grundfutterreport Baden-Württemberg – aktuelle Praxisdaten und Konsequenzen für die Beratung. In: 15. Alpenländisches Expertenforum, 26.03.2009, Raumberg-Gumpenstein, Seiten 21-24.
- Nußbaum, H. (2010): Top-Silomais von der Ernte bis in den Trog. In: Innovation 3/2010, Seiten 20-21.
- Oechsner, H. (2006): Biogaspotenziale bei der Vergärung von Nachwachsenden Rohstoffen. In: Internationaler Workshop Biogas: „Bioenergie aus Biogasanlagen: Status und Perspektiven“ 23.3.2006 in Husum, Deutschland, Seiten 37-42.
- Oechsner, H. und Lemmer, A. (2002): Gras vergären: Eine Alternative für Restgrünland? In: Biogas, Strom aus Gülle und Biomasse. Top agrar Fachbuch, Landw. Verlag Münster, Seiten 92-96.
- Pflaum, J. (2007): So halten Sie Silierverluste gering. In: Milchpur 1/2007, Seite 13.
- Richter, W., Zimmerman, N., Abriel, M., Schuster, M., Kölln-Höllrigl, K., Ostertag, J., Meyer, K., Bauer, J. und Spiekers, H. (2009): Hygiene bayerischer Silagen: Validierung einer Checkliste zum Controlling am Silo. In: LfL-Schriftenreihe Heft 09/2009, 130 Seiten.
- Sauter, J. (2008): Verluste bei der Futterbergung – Vom Schwader bis zur Ballenpresse. In: ART-Schriftenreihe 7, Tagung vom 14./15. Mai 2008 in Feldkirch, Seiten 29-33.
- Sauter, J. und Dürr, L. (2006): Rundballen-Presssysteme. In: FAT-Berichte 655, Schweizer Landtechnik Aug. 2006, Seiten 43-46.
- Sauter, J. und Latsch, R. (2008): Bröckelverluste beim Raufutter. In: Informationstag Landtechnik, 13./14.10.2008, Forschungsanstalt ART, Tänikon, Seiten 2-27.
- Schiel, A. und Winter, P. (1996): Gute Silage aus dem Schlauch. In: top agrar, 8/1996, Seiten 72-75.
- Schön, H., Auernhammer, H., Bauer, R., Boxberger, J., Demmel, M., Estler, M., Gronauer, A., Haidn, B., Meyer, J., Pirkelmann, H., Strehler, A. und Widmann, B. (1998): Die Landwirtschaft, Landtechnik/Bauwesen, Bd. 3. BLV-Verlagsgesellschaft München, 9. Aufl., 1998. Seite 344.
- Thaysen, J. (2007): Futterernte mit der Ballenpresse – was sind die Erfolgsfaktoren? In: Futterernte auf dem Grünland – Technik für Qualität und Leistung. DLG-Grünlandtagung 2007 und interne Sitzung des DLG-Ausschusses „Grünland und Futterbau“ in Arnstadt, 21.6.2007, Seiten 51-54, Verfügbar unter <http://www.dlg.org/gruenlandtagung2007.html>, zuletzt aufgerufen am 04.10.2010.

---

## Futter und Substrat optimal nutzen

Hubert Spiekers<sup>1</sup>

Mathias Effenberger, Konrad Koch, Andreas Gronauer<sup>2</sup>

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),

<sup>1</sup> Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

<sup>2</sup> Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising

### Zusammenfassung

Über die Ausgestaltung der Futter- und Substratwirtschaft lässt sich die Effizienz der Flächennutzung im Hinblick auf die Erzeugung von Milch, Fleisch und Energie stark beeinflussen. Zunächst gilt es die Verluste bei der Lagerung und Vorlage zu minimieren. Der zweite Ansatzpunkt ist die Ausgestaltung der Produktion über Leistungshöhe, Erstkalbealter, Nutzungsdauer bzw. Verfahrensgestaltung und Energieverwertung bei der Biogasanlage. Ferner ist zu überlegen wie die optimale Verwertung der möglichen Futter und Substrate erfolgen kann. Maissilage hat hier klare Vorteile im Hinblick auf Bioenergie. Grasprodukte finden eine relativ bessere Verwertung im Rindertrog. Zur gezielten Realisierung der einzelbetrieblichen Reserven ist ein passendes Mess- und Regelsystem zu verwenden. Die Angebote in der Verbundberatung können hier wertvolle Hilfestellung leisten. Für die Zukunft gilt es die Fragen zur kombinierten Produktion von Milch und Biogas stärker zu erforschen, um die Aussagen für Schule und Beratung zu präzisieren. Ein Ansatz ist die kombinierte Nutzung von Futtermitteln als Futter (Eiweißanteil) und Energielieferant.

### 1 Einleitung

Über Anbau, Ernte und Futter- bzw. Substratkonservierung können wesentliche Schritte zur Verbesserung der Flächeneffizienz realisiert werden. Weitere Punkte betreffen die Auslagerung aus dem Silo und die Nutzung in der Tierernährung bzw. im Fermenter zur Erzeugung von Biogas. Im Weiteren werden die grundsätzlichen Möglichkeiten zur Optimierung im Futter- und Substratbereich aufgezeigt und Empfehlungen für die Praxis und der weitere Forschungsbedarf abgeleitet. Von besonderem Interesse ist auf Grund der derzeitigen Ausgestaltung des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) mit dem Güllebonus und der Minderung von Methanemissionen aus der Gülle die gemeinsame Nutzung von Futter und Substrat für die Erzeugung von Milch, Fleisch und Biogas. Mögliche Synergieeffekte und offene Fragen zur Kombination von Milch und Biogas werden angesprochen.

### 2 Futter und Fütterung beim Rind

Bei der Nutzung des Futters zur Erzeugung von Milch und/oder Rindfleisch besteht eine große Bandbreite in der Futtergrundlage, den Fütterungssystemen und der Höhe der Leistung. Hierbei gilt es den Aufwand an Futterenergie je kg erzeugter Milch bzw. Rindfleisch zu optimieren. Aus der Tabelle 1 ist der Aufwand an NEL je kg Milch in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Remontierungsquote ersichtlich. Je nach Leistungshöhe

und notwendiger Jungrinderaufzucht schwankt der Aufwand an NEL zwischen 6,0 und 8,1 MJ je kg energiekorrigierter Milch (ECM) (Spiekers et al., 2009a). Für den Milchviehhalter ergeben sich somit erhebliche Möglichkeiten zur Anpassung. Über die Ausschöpfung des Leistungsvermögens der Milchkühe, Optimierung des Erstkalbealters und der Erhöhung der Nutzungsdauer kann bei gleicher Milcherzeugung der Energie- und somit der Futterbedarf erheblich gesenkt werden.

Tab. 1: Aufwand an NEL je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Remontierungsquote

Milchleistung, kg ECM je Kuh und Jahr	NEL (MJ/kg ECM)				
	Aufzucht *		Milch	Gesamt *	
	30 %	40 %		30 %	40 %
6.000	1,6	2,1	6,0	7,6	8,1
8.000	1,2	1,6	5,4	6,6	7,8
10.000	1,0	1,3	5,0	6,0	7,0

\* Remontierungsquote, Erstkalbealter 27 Monate

Leistungssteigerungen sind aus Sicht der Futtereffizienz und der Ökonomie solange sinnvoll, wie diese der Gesundheit der Tiere nicht abträglich sind und nicht über Luxuskonsum realisiert werden. Die Auswertungen aus der Betriebszweigauswertung Milch (BZA) zeigen, dass vielfach ein ineffizienter Einsatz von Kraftfutter erfolgt (Dorfner und Hofmann, 2008). Hohe Leistungen sollten mit der passenden Kraftfutterergänzung erzeugt werden (Spiekers et al., 2009b). Die Zusammenhänge gelten prinzipiell auch für den Bereich der Rindermast. Mit der Erhöhung der Tageszunahmen vermindert sich der Futteraufwand. Zu beachten ist dabei, dass bei Leistungssteigerungen der Futteraufwand je Tierplatz eher steigt und somit im Einzelbetrieb der Futterbedarf bei allerdings höherer Produktion an Milch und/oder Fleisch nicht fällt.

Zur Ausfütterung der Tiere ist eine entsprechende Qualität der Futtermittel in Bezug auf Energie, Nähr- und Wirkstoffe sowie Hygiene erforderlich. Eingestellt wird diese über die Qualität der zumeist betriebseigenen Grobfutter und der Menge und Qualität der eingesetzten Kraftfuttermittel. Das Rind ist so zu versorgen, dass eine genügende Futteraufnahme und eine Wiederkäuer gerechte Fütterung gewährleistet werden. Die beschränkte Futteraufnahmekapazität erfordert eine relativ schnelle Passage durch den Magen/Darmtrakt. Bei Milchkühen beträgt die Passagerate zwischen 4 und 8 % je h. Das heißt, zur Fermentation des Futters im Vormagen stehen 15 bis 25 h zur Verfügung. Im Gegensatz dazu verweilt das Substrat im Biogas-Fermenter bis zu 100 Tagen. Dies erklärt,

dass die Anforderungen an die Futtermittel und an Substrat stark unterschiedlich sind. Dies schlägt sich auch in der relativen Wertigkeit zur Milch- und Biogaserzeugung nieder.

In der Tabelle 2 sind einige Futtermittel auf Basis NEL und der fermentierbaren organischen Substanz (FoTS) nach Weißbach (2010) in Relation zur Maissilage = 100 % rangiert. Es zeigt sich, dass Grassilage oder auch Luzernesilage im Vergleich zu Maissilage auf Basis FoTS erheblich stärker abfällt als auf Basis der NEL. Wenn zusätzlich die höheren Gehalte an Eiweiß- und Mineralstoffen und die Strukturwirkung der Grasprodukte berücksichtigt werden, ergibt sich eine klare relative Vorzüglichkeit der Maissilage für Biogas und der Grasprodukte für die Milchviehhaltung. Ähnlich ist es bei den Kraftfuttermitteln. Die hohe Verdaulichkeit z.B. beim Weizen ist für das Rind erheblich wertvoller als für die Biogasanlage. Im Gegensatz zur Energiebewertung bei der Milchkuh ist die Bewertung der Substrate für die Gewinnung von Biogas noch relativ wenig erforscht und standardisiert. Die Bewertung nach Weißbach (2010) ist eine der diskutierten Methoden.

Tab. 2: Vergleich der Gehalte an Energie (NEL) und an „fermentierbarer organischer Substanz“ (FoTS) nach Weißbach (2010) in ausgewählten Futtermitteln im Vergleich zu guter Maissilage = 100 %

	XA	XF	NEL	NEL Rel.	FoTS	FoTS Rel.
	g/kg TM		MJ/kg TM	%	g/kg TM	%
Maissilage:						
- gut	42	185	6,6	100	819	100
- mittel	47	210	6,4	97	792	97
Grassilage 1. Schnitt:						
- jung	110	230	6,5	98	760	93
- mittel	110	260	6,1	92	724	88
Luzernesilage 1. Aufwuchs						
- Knospe	125	294	5,4	82	638	78
Winterweizen	19	29	8,5	129	916	112
Zuckerrüben	80	52	8,0	121	875	107

Die wesentlichen Ansatzpunkte zum effizienten Futtereinsatz liegen in der Vermeidung von Verlusten bei der Futterlagerung, -entnahme und -vorlage sowie in der Rationsgestaltung und dem „Controlling“. Zur Rationsplanung liegen klare Empfehlungen vor (Spiekers, 2007 und 2009). Diese werden über die Beratungsinstrumente Gruber Tabelle und

das Rationsberechnungsprogramm Zifo in Schule und Beratung umgesetzt. Entscheidend ist neben der generellen Planung im Betrieb die Steuerung über entsprechende Messgrößen. Aus der Abbildung 1 ist ein Schema zur Erfassung der Mengen- und Nährstoffflüsse ersichtlich.

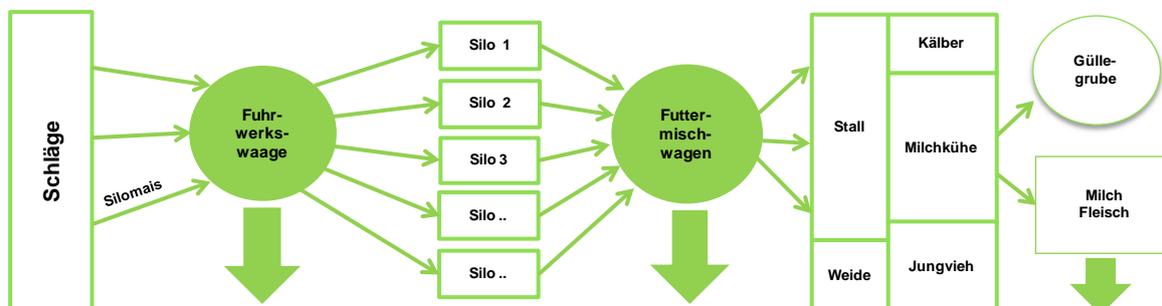


Abb. 1: Messstellen und Technik zur Prozesssteuerung im Milchviehbetrieb nach Köhler, 2010

Die zentralen Messstellen im Betrieb sind die Erfassung der Erträge und der zu gekauften Futtermittel sowie die Futterentnahme bzw. Futtervorlage. Aus dem Beitrag von Demmel et al. (s.v.) sind die entscheidenden Mess- und Eingriffsmöglichkeiten für die Futterwirtschaft ersichtlich. Der Häcksler mit Ertragserfassung ist hier die Schlüsselmaschine. Im Betrieb ist der Mischwagen mit Wiegetechnik die maßgebende Messstelle. Über einen Mischwagen mit Wiegetechnik lassen sich die tatsächlich verfütterten Mengen an Gesamtfutter und an Einzelkomponenten erfassen. Zur Verarbeitung der Daten steht entsprechende Software zur Verfügung. Die Daten dienen zur Überprüfung der Futtermengen und zur Ermittlung des Futteraufwandes.

Anwendung findet dies im Rahmen eines Forschungsvorhabens an den Versuchsbetrieben der LfL (Köhler et. al., 2010). Für alle Gärfuttersilos wird die eingelagerte und die zur Fütterung entnommene Menge an Futter erfasst. Als Differenz resultieren die Futterverluste. Aus der Abbildung 2 sind die Verluste im Silo für je 10 Mais- und Grassilos zu entnehmen. Zwischen den Silos zeigen sich erhebliche Differenzen. Die Ursachen sind im Bereich der Gärverluste, der Nacherwärmung und dem Silomanagement zu suchen. Die teils höheren Verluste auf Basis Trockenmasse sind durch Wassereintritt und Niederschlag an der Anschnittfläche zu erklären. Im Hinblick auf eine effiziente Futternutzung sollten die Verluste an Energie unter 10 % und an Trockenmasse unter 8 % liegen. Die Untersuchungen werden weitergeführt und sollen konkretere Benchmarks und Empfehlungen zur Optimierung der Futtereffizienz im Praxisbetrieb ermöglichen.

Ein weiterer Ansatzpunkt ist der Einsatz geeigneter Siliermittel. Nähere Information hierzu ist dem Praxishandbuch Futterkonservierung (DLG, 2006) zu entnehmen.

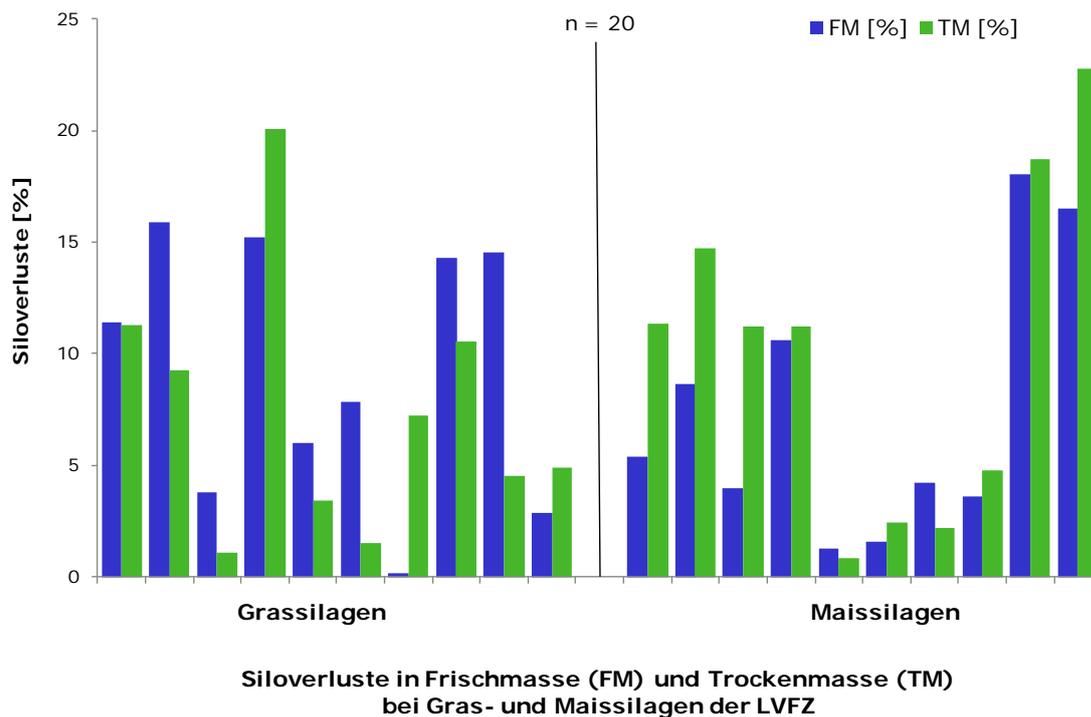


Abb. 2: Siloverluste bei Gras- und Maissilagen von Silos der Lehr- und Versuchszentren der LfL im Rahmen des Forschungsvorhabens zur Effizienz der Futterwirtschaft

Zur Optimierung der Futterwirtschaft und dem effizienten Futtereinsatz kann die Beratung einen wesentlichen Beitrag leisten. Konkrete Empfehlungen sind aus dem Forschungsvorhaben zur Hygiene bayrischer Silagen ersichtlich (Richter et al., 2009). Im Rahmen der Verbundberatung hat sich die Fütterungsberatung des LKV-Bayern bewährt (LKV, 2009). Eine vielversprechende Weiterentwicklung stellt das Angebot im Rahmen des „Kombipakets“. Wesentliche Informationen zur Steuerung der Fütterung liefern weiterhin die Leistungsdaten, die Milchkontrolldaten und die Beobachtungen am Tier (Spiekers, 2009).

### 3 Biogaserzeugung

Biogas aus landwirtschaftlichen Reststoffen und Energiepflanzen ist ein vielseitiger erneuerbarer Energieträger mit beträchtlichem Potential und gehört mittlerweile zu den bedeutendsten Erzeugnissen der Landwirtschaft in Bayern. Die Biogasproduktion tritt damit teilweise in Konkurrenz zur herkömmlichen pflanzlichen und tierischen Erzeugung und berührt zunehmend auch Fragen des Natur- und Landschaftsschutzes. Während die Vergärung von Fest- und Flüssigmist im Vergleich zu deren konventioneller Lagerung beträchtliche Mengen an klimaschädlichen Emissionen vermeidet und positive Nebenwirkungen hat, ist die Produktion von Energiepflanzen mit einem Energieaufwand und auch mit Emissionen verbunden. Bei der Biogasgewinnung aus solcher gezielt produzierter Biomasse ist deshalb besonders darauf hinzuwirken, dass deren Energiegehalt möglichst weitgehend genutzt wird. Dies umfasst neben einer möglichst weitgehenden Umwandlung der organischen Substanz in Methan auch die effiziente Verwertung des Biogases. Im Folgenden wird ein Überblick über die wesentlichen Ansatzpunkte zur möglichst weitgehen-

den Ausschöpfung des Methanertragspotentials der Substrate gegeben. Die anschließende Verwertung des Biogases liegt außerhalb des Betrachtungsrahmens dieses Beitrags.

### **Auswahl der Substrate**

Die anaerobe Behandlung („Vergärung“) tierischer Exkremente birgt mehrere Vorteile. Gegenüber unbehandelter, konventionell gelagerter Gülle wird das Gasbildungspotenzial auf ein Minimum reduziert, was sich in einer deutlichen Minderung der Methan- und Lachgasemissionen niederschlägt. Auch die Pflanzenverfügbarkeit wichtiger Elemente (v.a. Stickstoff) wird durch die anaerobe Stabilisierung verbessert. Als Produkt des Gärprozesses entsteht Methan, welches zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden kann. Das Methangaspotenzial aus Flüssigmist bezogen auf die Masse ist wegen des hohen Wassergehaltes allerdings verhältnismäßig gering. Durch die gemeinsame Vergärung von Flüssigmist mit landwirtschaftlichen Reststoffen und Energiepflanzen (z.B. aus der Grünlandpflege) wird die Biogasausbeute bezogen auf die Masse der Einsatzstoffe deutlich erhöht.

Durch diese sogenannte Co-Fermentation kann auch ein geeignetes Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis (C/N-Verhältnis) des Gärgemisches eingestellt werden. Die säurebildenden Bakterien tolerieren dabei einen relativen weiten Bereich des C/N-Verhältnisses von 10 bis 45, während die Methanbildner einen deutlich engeren Wachstumsbereich von 20 bis 30 aufweisen (Weiland, 2001). Ist das C/N-Verhältnis zu hoch (viel C und wenig N), kann der vorhandene Kohlenstoff nicht vollständig umgesetzt werden und das Methanbildungspotenzial wird nicht ausgeschöpft. Im umgekehrten Fall kommt es durch Stickstoffüberschuss zur Bildung von Ammoniak, der schon in geringen Konzentrationen die Bakterien in ihrem Wachstum hemmt und sogar zum völligen Zusammenbruch des anaeroben Abbauprozesses führen kann. Aus diesem Grunde ist auf ein ausgewogenes Verhältnis beider Elemente im Gärsubstrat zu achten. Das C/N-Verhältnis tierischer Exkremente liegt mit 10-15 für Hühnerkot über 12-18 für Schweinegülle bis 15-20 in der Regel jenseits des Optimums (Ohly, 2006). Auch für Grassilage schwankt das C/N-Verhältnis in Abhängigkeit der dominanten Grassorten, der Düngungsintensität und des Erntezeitpunktes im Bereich von 11 bis 18 (Andrade et al., 2009). Im Gegensatz dazu liegen die C/N-Verhältnisse von Maissilage (35 - 40), Triticale-GPS (55 - 60) und Weizenstroh (70) deutlich höher. Folglich kann bereits bei der Auswahl der Einsatzstoffe einer möglichen Hemmung des Biogasprozesses vorgebeugt werden.

Auch die Versorgung der Mikroorganismen mit essenziellen Spurenelementen ist durch die Zugabe eines Anteils an Flüssig- oder Festmist in der Regel sichergestellt. Berichte über Mangelsituationen stammen nahezu ausschließlich von Anlagen, die in Monofermentation betrieben werden (v.a. Maissilage). Außerdem wirkt sich die Co-Fermentation auch positiv auf die Pufferkapazität und damit auf die Stabilität des gesamten Prozesses aus. In Versuchen mit der Zugabe von Gülle werden oft höhere spezifische Gaserträge bei gleichzeitig höheren Methangehalten erreicht (Ohly, 2006). Synergieeffekte konnten auch für die Co-Fermentation von nachwachsenden Rohstoffen mit Bioabfällen festgestellt werden (Kusch, 2007). Der Grund für den höheren Gasertrag der Mischung gegenüber der jeweiligen Monovergärung der Einzelfractionen wird neben der erhöhten Prozessstabilität auch im cometabolischen Abbau ansonsten schwer abbaubarer Substanzen gesehen.

Unabhängig von der Art des Substrates sind die Ansprüche der Biozönose mit denen der Tiere gleichzusetzen. Auch hier gilt es, einen optimalen Erntezeitpunkt festzulegen. Ein

sehr junges Gras bereitet aufgrund des hohen Wasseranteils große Probleme beim Silieren, ganz abgesehen von den Verlusten über Siliersäfte. Ein überständiges Gras weist aufgrund des erhöhten Ligninanteils und des steigenden Inkrustierungsgrades von Cellulose und Hemicellulose eine eingeschränkte Verdaulichkeit auf. Auch bei anderen Pflanzen sollten Verkrautung und Verholzung vermieden werden. Beim Mais bietet sich allein schon aus Sicht der Silierung in der Regel die sogenannte Teigreife an.

### **Vorbehandlung der Substrate**

Insbesondere beim Einsatz lignocellulosehaltiger Substrate kann sich eine Vorbehandlung positiv auf die Methanausbeute in der Anlage auswirken. Grundlegend lassen sich physikalische, thermische und biologische Verfahren unterscheiden. Am weitesten verbreitet sind Aggregate, die vor bzw. während der Einbringung eine mechanische Zerkleinerung und/oder Zerfaserung des Materials bewirken. Dadurch wird die spezifische Oberfläche des Substrates und damit die Angriffsfläche für die Mikroorganismen vergrößert. In Batchtests im Labormaßstab führte die Extrudierung von Maissilage bzw. Grassilage zu einer Erhöhung der Methanausbeute um bis zu 14 bzw. 26 % (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2008). Dies wurde vor allem auf die Vergrößerung der spezifischen Oberfläche des Pflanzenmaterials zurückgeführt. In einer Praxisanlage, die überwiegend mit Klee gras beschickt wurde und in der fortlaufend Verstopfungen auftraten, konnte durch den Einsatz einer elektrokinetischen Desintegration in Verbindung mit einem Mazerator die Anlagenauslastung deutlich verbessert und der Strombedarf für das Rühren signifikant erniedrigt werden (Lehner et al., 2007). Ein signifikanter Effekt auf die Methanausbeute konnte in diesem Fall nicht nachgewiesen werden.

Deutlich komplexer sind thermische Verfahren wie etwa die Thermodruckhydrolyse, wobei die notwendige Energie für die Temperaturerhöhung durch Kraft-Wärme-Kopplung aus dem Rauchgas des BHKW stammt (Faulstich & Prechtel, 2005). Aufgrund der Prozessbedingungen der thermischen Hydrolyse entfällt eine separate Hygienisierungsstufe. Folglich bieten sich solche Verfahren überwiegend für Anlagen an, auf denen ohnehin eine Hygienisierung vorgesehen ist. Ob der höhere Methanertrag durch eine Substratvorbehandlung die Kosten für diese Behandlung überkompensiert, muss für den Einzelfall durch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung geprüft werden.

### **Prozessführung**

Die Bildung von Biogas ist ein mehrstufiger, komplexer biologischer Prozess, an dem eine Vielzahl unterschiedlicher Gruppen von Mikroorganismen beteiligt sind, die teilweise unterschiedliche optimale Wachstumsbedingungen aufweisen. Bei einer sogenannten einphasigen Prozessführung, wie sie auf der Mehrzahl der landwirtschaftlichen Biogasanlagen praktiziert wird, stellen die Prozessbedingungen einen Kompromiss zwischen den Ansprüchen der beteiligten Mikroorganismen dar. Da tierische Exkremate und Ganzpflanzensilagen als Haupteinsatzstoffe für landwirtschaftliche Biogasanlagen vergleichsweise langsam abbaubar sind, ist ein mindestens zweistufiges Gärverfahren zu empfehlen, d. h. es gibt einen (oder mehrere) Fermenter (Hauptgärbehälter), der mit frischem Substrat beschickt wird und einen (oder mehrere) Nachgärbehälter, in dem der Ablauf des Hauptgärbehälters weiter verarbeitet wird. Im Gärrestlager findet in jedem Fall ein weiterer, verlangsamer Abbau unter unkontrollierten Bedingungen statt.

In Abhängigkeit des eingesetzten Substrates kann die erforderliche Verweilzeit in den einzelnen Stufen individuell angepasst werden. Der höhere bauliche Aufwand für ein mehrstufiges Verfahren wird durch eine verbesserte Substratausnutzung und höhere Flexibilität gerechtfertigt. Beispielsweise kann in einer zweistufigen Anlage eine Übersäuerung des Hauptgärbehälters durch die Rezirkulation von Gärrest aus dem Nachgärbehälter abgefangen werden.

Als zentrale verfahrenstechnische Prozessgröße gilt die Temperatur, wobei für die Vergärung von landwirtschaftlicher Biomasse in der Regel nur der mesophile (30 °C – 40 °C) und der thermophile Bereich (50 °C – 60 °C) interessant sind. Gemäß der Arrhenius-Gleichung sind sämtliche chemische Reaktionen temperaturabhängig. Dabei gilt, dass eine Temperaturerhöhung immer eine Beschleunigung der Reaktionsgeschwindigkeit nach sich ziehen wird. Dieses Gesetz zur Reaktionskinetik findet allerdings nur bedingt Anwendung, da die biochemischen Abbauvorgänge größtenteils enzymatisch katalysiert werden und eine übermäßige Erwärmung zur Denaturierung der Enzyme und somit zum Erliegen der Reaktion führen würde. Die psychrophile Betriebsform mit einem Temperaturoptimum um 15 °C hat sich nicht durchgesetzt, weil dem geringen Energiebedarf durch die langen Aufenthaltszeiten deutlich höhere Kosten für ausreichende Behältervolumina gegenüberstehen. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass Biozönosen, die in höheren Temperaturbereichen agieren, meist auch größere Stoffumsätze erzielen. Da jedoch beim anaeroben Abbauprozess kaum Wärme entsteht, muss auch mehr Energie zur Aufrechterhaltung der Prozesstemperatur eingesetzt werden. Selbst in Anbetracht des Selbsterhitzungseffektes von Nawaro-Anlagen, der je nach eingesetztem Substrat und Jahreszeit zu einer maximalen Temperaturerhöhung auf 45 °C führt (Lindorfer et al., 2006), kommen thermophil betriebene Anlagen nicht ohne zusätzliche Wärme aus.

In der landwirtschaftlichen Biogasfermentation hat sich aus mehreren Gründen vor allem der mesophile Temperaturbereich durchgesetzt. Zum einen ist der notwendige Energieeintrag zum Erreichen der notwendigen Prozesstemperatur geringer. Zum anderen ist der mesophile Prozess leichter zu steuern, da das Spektrum aktiver Mikroorganismen im mesophilen Temperaturbereich deutlich breiter ist als bei höherer Temperatur (Weiland, 2001) und folglich die Anfälligkeit gegenüber Stressfaktoren weitaus geringer ist. Zudem werden beim Einsatz proteinreicher Substrate während des Abbaus größere Mengen an Ammonium frei, welches sich mit dem bakterienhemmenden Ammoniak im Gleichgewicht befindet (Anthonisen et al., 1976; Calli et al., 2005). Allein durch eine Temperaturerhöhung vom mesophilen (38 °C) in den thermophilen Bereich (55 °C) ergibt sich daraus bei einem identischen pH-Wert von 8,0 eine Erhöhung des hemmenden Ammoniakanteils um den Faktor 2,3 (von 12 % auf 28 %).

Neben der Temperatur ist insbesondere die Verweilzeit des Substrates im Fermenter von entscheidender Bedeutung. Unabhängig vom Substrat zeigt die Gasbildungsrate in der Regel einen logarithmischen Verlauf, der sich asymptotisch einem Maximalwert annähert. Folglich steigt mit höheren Verweilzeiten im System der Abbaugrad und damit die Biogasausbeute. Demgegenüber sind aus ökonomischer Sicht ein hoher Substratdurchsatz und damit eine hohe Methanproduktivität pro Volumeneinheit Fermenter wünschenswert. Die Verweilzeit ist in Abhängigkeit der Art des eingesetzten Substrates sowie der Prozessführung zu wählen. Sehr kurze Verweilzeiten tragen nicht nur zur suboptimalen Nutzung des Energiegehaltes bei, sondern erhöhen auch das Restgaspotenzial des Gärrestes und sind deshalb nicht zu empfehlen.

Zur Maximierung der Biogasausbeute trägt auch die Vermeidung potenzieller Biogas- und damit Energieverluste aus der Biogasanlage bei. Die vielfach praktizierte, offene Bauweise von Anmisch- bzw. Hydrolysebehältern sowie von Gärrestlagern ist unbedingt zu vermeiden. Stichprobenuntersuchungen von Praxisanlagen zeigen, dass das sogenannte Restgaspotenzial im Gärrest aus Biogasanlagen erheblich sein kann (Johann Heinrich von Thünen-Institut, 2009). Tendenziell schlechter aufgestellt sind hierbei einstufige Biogasanlagen mit vergleichsweise kurzer Verweilzeit (Lehner et al., 2009). Des Weiteren ist die Dichtigkeit des gesamten Gassystems sicher zu stellen und der Gasspeicher in Abhängigkeit von Gasbildungsrate und Durchsatz des Blockheizkraftwerkes (BHKW) entsprechend zu dimensionieren, um ein Abblasen von überschüssigem Biogas in jedem Fall zu vermeiden.

### **Einsatz von Gärhilfsstoffen**

Zur Steigerung der Effizienz des Abbaus können diverse Hilfsmittel beitragen, die Mangelerscheinungen oder der Akkumulation von Hemmstoffen entgegenwirken. In Abhängigkeit der eingesetzten Substrate, aber auch der Fermentationsbedingungen und anderer Faktoren ergeben sich unterschiedliche Gründe für den Einsatz von Gärhilfsstoffen. Insbesondere bei einem verhältnismäßig monotonen Substratangebot (z.B. Monofermentation von Mais) kann die Zugabe von Spurenelementen den Biogasprozess positiv stimulieren (Lebuhn et al., 2008). Hemmende Substanzen können durch die Zugabe von Ionentauschern dem System entzogen werden. Ferner besteht die Möglichkeit den Abbauprozess durch die Zugabe von Enzymen oder ausgewählten Mikroorganismen zu beschleunigen (Koch et al., 2010). Analog der Vorbehandlung müssen auch hier Aufwand und Nutzen gegeneinander abgewogen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine optimale Nutzung des Substrates in Biogasanlagen vor allem bedeutet, die Verluste an Methanertragspotenzial entlang der Prozesskette der Biogasproduktion zu minimieren. Die kumulierten Verluste können im aller schlechtesten Fall nahezu die Hälfte der potenziellen Methanausbeute aus der eingelagerten Biomasse betragen (Abb. 3).

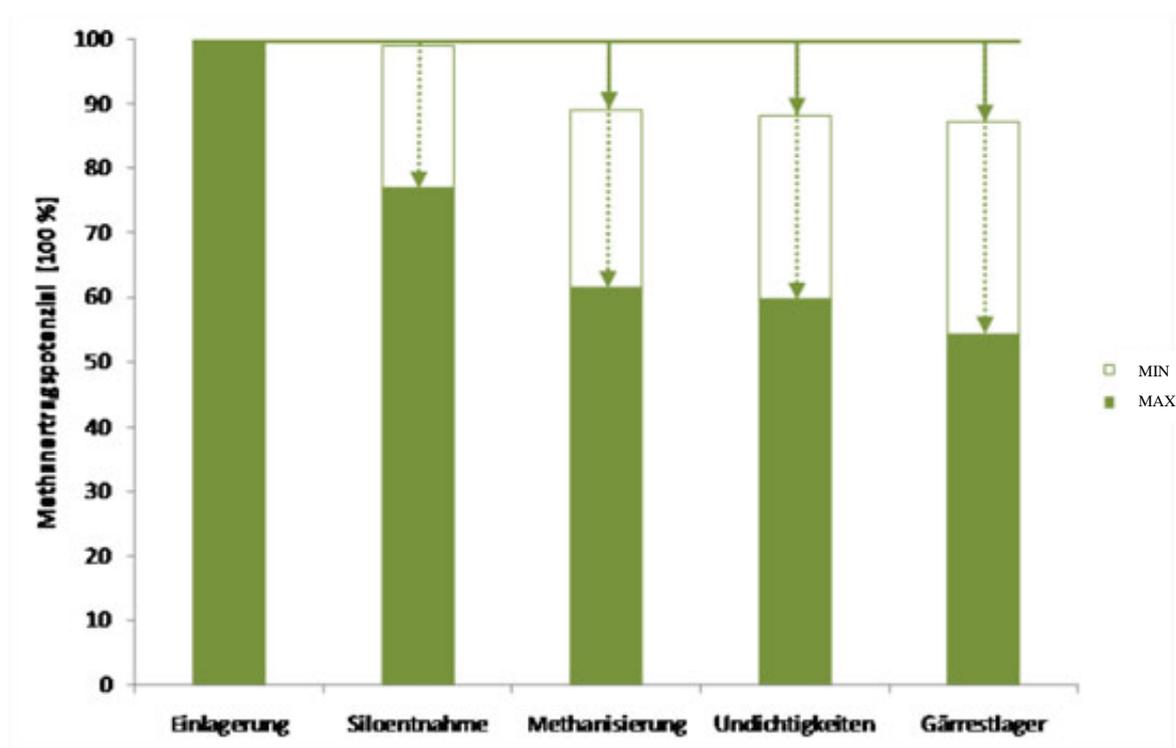


Abb. 3: Kumulierte potenzielle Verluste an Methanertragspotenzial von der Einlagerung der Substrate im Silo bis zur Übergabe des Gases an das BHKW (Minimal- / Maximalschätzung)

## 4 Kombination von Biogas und Tierhaltung

Ganz im Sinne des integrierenden Ansatzes der Tagung ist die Kombination von Biogas und Tierhaltung. Dies betrifft insbesondere die Kombination von Milch und Biogas. „Milch und Biogas optimal kombinieren“ wurde z. B. bei der diesjährigen Tagung der DLG-Spitzenbetriebe in einem eigenen Arbeitskreis diskutiert, weil ein Teil der Betriebe dies bereits praktiziert und eine Reihe von Betrieben vor der Entscheidung stehen, ergänzend in Biogas zu investieren. Aus der Schnappschuss-Analyse des von Thünen-Instituts (vTI) ergibt sich für die beteiligten Spitzenbetriebe, dass ca. 15 % Biogas erzeugen und weitere 15 % im Bereich Biogas größere Investitionen planen.

### Welche Gründe führen zu der Diskussion Milch und Biogas?

- Das neue EEG ist mit dem Güllebonus in Höhe von 4 ct/kWh bis 150 kWh und weitere 1 ct/kWh für 151 bis 500 kWh für Tierhalter lukrativ.
- Biogas kann über die feste Einspeisevergütung stabilisierend auf das Betriebseinkommen wirken.
- Biogas kann bei optimaler Technik und Organisation Methan-Emissionen aus der Güllelagerung mindern; dies ist aus ökonomischer und ökologischer Sicht und im Hinblick auf das Image der Milchviehhaltung von Bedeutung.

- Biogas kann überschüssige Futtermittel (Begrenzung im Tierbesatz durch Düngeverordnung), schlechtere Futterqualitäten und Futterreste gewinnbringend verwerten.
- Es erfolgt eine gemeinsame Nutzung von Maschinen, Lagerplätzen, Arbeitskräften etc.
- Vorhandenes „know how“ aus der Futterwirtschaft und Milchviehhaltung kann für den Bereich Biogas genutzt werden.

Im Rahmen der bereits angesprochenen DLG-Konferenz Spitzenbetriebe Milcherzeugung 2010 wurden unter dem Gesichtspunkt Kostenmanagement die Möglichkeit, Milch und Biogas optimal zu kombinieren, thematisiert. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass sich bei passender betrieblicher Konstellation Kostenvorteile und Gewinnsteigerungen durch die Kombination von Milch und Biogas ergeben können. Bei der konzeptionellen Weiterentwicklung steht Biogas aber in strategischer Konkurrenz zur Ausweitung der Milcherzeugung. Als Ergebnis des Arbeitskreises wurden die in Tabelle 3 aufgeführten Punkte erarbeitet. Diese Punkte eignen sich, um zu prüfen, ob Biogas eine sinnvolle Ergänzung zur Milcherzeugung sein kann und welche Synergieeffekte und Problembereiche resultieren können.

*Tab. 3: Ergebnisse des Arbeitskreises beim Forum der DLG-Spitzenbetriebe Milch 26.02.2010 Hohenrohda: Biogas und Milchvieh erfolgreich kombinieren!*

<b>1. für welche Betriebe eignet sich Biogas und Spitzenmilcherzeugung?</b>	<b>2. welche Synergieeffekte sind möglich, was könnte zu kontroversen Zielen / Problemen führen?</b>	<b>3. welche Bedingungen sind einzuhalten, um in beiden Bereichen erfolgreich zu sein?</b>
ausreichend Fläche zu günstigen Konditionen	Futterreste, Silorandschichten usw. können relativ problemlos in der Biogasanlage verwertet werden	Top-Fütterung, im Bsp.-Betrieb mit Selbstfahrer-TMR, exakte Trennung Randschichten, hohe Schlagkraft, sauberer Anschnitt => hohe Effizienz in der Futter- und Substratwirtschaft
keine Konkurrenz ums Futter, sondern Ergänzung in der Verwertung	Grassilage (Rohprotein) vorrangig für Jungvieh und Kühe, Maissilage für Biogas	volle Nutzung Gülle- und NaWaRo-Bonus, KwK-Bonus durch sinnvolle Wärmenutzung
ausreichend Arbeitskapazität	1. - 2. Schnitt: Milchvieh 3. - 4. Schnitt: Biogas und Jungvieh	kompetente, neutrale Beratung, effizientes Controlling (Produktion und Ökonomik), "Benchmarks" in beiden Bereichen

1. für welche Betriebe eignet sich Biogas und Spitzenmilcherzeugung?	2. welche Synergieeffekte sind möglich, was könnte zu kontroversen Zielen / Problemen führen?	3. welche Bedingungen sind einzuhalten, um in beiden Bereichen erfolgreich zu sein?
geeigneter Standort aus Sicht des Futterbaus und Baurecht bzw. Immissionsschutz	Risikoverteilung, zwei Standbeine, die i.d.R. gerade entgegen gesetzt auf volatile Märkte reagieren - Futter- bzw. Substratkosten belasten beide Verfahren	regelmäßiger Erfahrungsaustausch, Beratungsdienst, DLG-Spitzenbetriebe, Biogas-Arbeitskreise
ausreichend Gülle bzw. Festmist; passende Anordnung der bestehenden Ställe, Lagerbehälter etc. zur optimalen Nutzungsmöglichkeit der Gülle etc.für Biogas	Liquidität besser durch feste Einnahme über Biogas	optimale(s) Nährstoffmanagement und -verteilung, Schleppschlauch, ausreichende Lagerkapazität
Interesse an Biogas und Management großer Umlaufvermögen	ähnliches „know how“ notwendig	evtl. Separation
Futterwirtschaft muss in der Milcherzeugung bereits gut laufen	Verbesserung Schlagkraft, Festkostenverteilung und Futterkosten durch großen Futterflächenbedarf	Sicherung der Futter- und Substratversorgung – „Pflege der Verpächter“ etc.
	gemeinsame Nutzung der Siloanlage und der Maschinen zur Futterwirtschaft	positive Öffentlichkeitsarbeit und Imagepflege klare Zuteilung der Verantwortlichkeiten für beide Betriebszweige

**Quelle:** LEL Schwäbisch Gmünd und LfL Grub (2010), s.a. DLG (2010)

An Beispielsbetrieben kann gezeigt werden, dass die Strategie Milch plus Biogas erhebliche Synergien ermöglicht. Dies betrifft insbesondere die Verwendung der Gülle als Gärsubstrat und die Nutzung des Aufwuchses als Futter bzw. Biogas zu. Folgende Fachaussagen bedürfen noch der weiteren Klärung:

- Welche Qualitäten sind für Futter und Substrate anzustreben?
- Wie und wo soll die Verwendung von Grasprodukten im Biogasbereich erfolgen?
- Gemeinsamkeiten und Differenzen in der Futter- und Substratwirtschaft prüfen (aus einem Silo füttern?)
- Optimale Verwertung der Gärreste, Konzepte zum Nährstoffmanagement
- Stall- und Anlagenbau mit geringeren Methan-Verlusten
- Optimierung der Logistik auf Feld und Hof

Zur Abklärung der Fragen ist zum Teil weitere Forschung und eine fächerübergreifende Abstimmung der Fachgremien erforderlich. Darüber hinaus ist die kombinierte Nutzung von Pflanzen z.B. Proteinfraction fürs Tier und Stärke und Fett für Biogas ein interessanter und weiter zu erforschender Ansatz.

## 5 Fazit/Empfehlungen

In der Ausgestaltung der Futter und Substrate sowie dessen Einsatz in der Fütterung bzw. der Biogaserzeugung stecken erhebliche Reserven, um die Flächen effektiver zu nutzen. Wichtige Ansatzpunkte liegen in der Minderung der Lagerungs- und Vorlageverluste und der Ausgestaltung der Produktion. Das betriebliche Management ist entsprechend einzustellen. Voraussetzung ist die Erfassung und Nutzung der erforderlichen Daten zur Steuerung der Produktion. Die Futterströme sind konkret zu fassen. Die Waage am Futtermischwagen ist hier die zentrale Größe. In der Beratung ist der Nutzung dieser Daten ein Hauptaugenmerk zu schenken.

Offene Fragen bestehen insbesondere hinsichtlich der Nutzung der Synergien im Bereich der Kombination von Milch und Biogas. Hier sind die vorhandenen Informationen zu bündeln und in konkrete Empfehlungen umzusetzen. Innovativ kann die verstärkte kombinierte Nutzung von Feldfrüchten sein: Protein für die Fütterung und Kohlenhydrate zur energetischen Nutzung.

## 6 Literaturverzeichnis

- Andrade, D., H. Heuwinkel, A. Gronauer, 2009: Potentiale zur alleinigen Vergärung von Grassilage: Aspekte der Silagenqualität und Fermentationsbedingungen. Abschluss-Symposium des Biogas Crops Network, 07.05.09, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte, Band 68.
- Anthonisen, A.C., R.C. Loehr, T.B.S. Prakasam, E.G. Srinath, 1976: Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. *Journal of Water Pollution Control* 48 (5), 835 – 852.
- Calli, B., B. Mertoglu, B. Inanc, O. Yenigun, 2005: Effects of high free ammonia concentrations on the performances of anaerobic bioreactors. *Process Biochemistry* 40 (3-4), 1285 – 1292.
- DLG, 2006: Praxishandbuch Futterkonservierung, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- DLG, 2010: Trendreport Spitzenbetriebe Milchviehhaltung, DLG-Verlag, Frankfurt a.M. i. D.
- Dorfner, G; G. Hofmann, 2008: Milchreport Bayern 2007 – mit Sonderauswertungen. LfL Institut für Betriebswirtschaft, München.
- Faulstich, M., S. Pechtl, 2005: Studie zur nachhaltigen Verwertung von Gärresten. Abschlussbericht, ATZ Entwicklungszentrum, Sulzbach-Rosenberg.
- Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.), 2009: Bundesmessprogramm zur Bewertung neuartiger Biomasse-Biogasanlagen: Abschlussbericht, FNR-FKZ: 22003405. Braunschweig, Januar 2009.

- Koch, K.; S. Gepperth; D. Andrade; F. Ebertseder; A. Gronauer, 2010: Hilfsmiteileinsatz bei der Biogaserzeugung – Überblick und Erfahrungen aus Labor und Praxis. Gülzower Fachgespräche, Band 35 (Einsatz von Hilfsmitteln zur Steigerung der Effizienz und Stabilität des Biogasprozesses), Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) e.V., Gülzow.
- Köhler, B.; H. Spiekers; M. Demmel; M. Diepolder; S. Thurner, 2010: Effizienz der Futtermirtschaft: Erträge von Silomais und Genauigkeit der Ertrags- und (TM)-Messung am Feldhäcksler, in: DMK-Tagung Futterkonservierung und Fütterung (2010), LfL-Schriftenreihe 06/2010, S. 63 – 70.
- Kusch, S., 2007: Vergärung von Grassilage in berieselten Feststoffschüttungen. Wasser und Abfall 9 (6), 40 – 44.
- Lebuhn, M., H. Liu, H. Heuwinkel, A. Gronauer, 2008: Biogas production from monodigestion of maize silage—long-term process stability and requirements. Water Science and Technology 38 (8), 1645 – 1651.
- LKV, 2009: Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Rinderzucht in Bayern 2009 – Ergebnisse und Auswertungen. Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V., München.
- Lehner, A., M. Effenberger, A. Gronauer: Effekte einer Substratkonditionierung bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen. 16. Symposium Bioenergie, 22./23. November 2007, Kloster Banz, Bad Staffelstein, OTTI, Regensburg, ISBN 978-3-934681-62-0: 185 – 190.
- Lehner, A., M. Effenberger, R. Kissel, A. Gronauer, 2009: Restgaspotenzial in Gärresten aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Landtechnik 5/2009, 330 – 332.
- Lindorfer, H., R. Braun, R. Kirchmayr, 2006: Self-heating of anaerobic digesters using energy crops. Water Science and Technology 53 (8), 159 – 166.
- Ohly, N., 2006. Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Optimierung der Biogasgewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- Richter, W.; N. Zimmermann; M. Abriel; M. Schuster; K. Kölln-Höllriegel; J. Ostertag; K. Meyer; J. Bauer; H. Spiekers, 2009: Hygiene bayerischer Silagen: Validierung einer Checkliste zum Controlling am Silo. Endbericht. LfL-Schriftenreihe, 1. Auflage 2009, Freising.
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), 2008: Biomasseaufbereitung zur Vergärung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 19/2008, Dresden.
- Spiekers, H., 2007. Rationsplanung und Rationskontrolle; in: Precision Dairy Farming, Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung. KTBL-Schrift 457, Darmstadt, 39 – 52.
- Spiekers, H., 2009: Milcherzeugung aus Sicht der Fütterung. 2. Täglicher Melktechniktagung. ART-Schriftenreihe 9, 15 – 24.
- Spiekers, H.; G. Dorfner; M. Diepolder, 2009a: Effiziente und nachhaltige Grünlandnutzung mit Rindern im Alpenvorland. VDLFA Schriftenreihe 65, Kongressband Teil 1, 131 – 143.

- 
- Spiekers, H.; H.-J. Nussbaum, V. Potthast, 2009b: Erfolgreiche Milchviehfütterung, 5. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- Weißbach, F., 2010: Die Bewertung von Mais als Substrat für die Biogasgewinnung, in: DMK-Tagung Futterkonservierung und Fütterung (2010), LfL-Schriftenreihe 06/2010, 53 – 62.
- Weiland, P., 2001: Grundlagen der Methangärung – Biologie und Substrate. VDI-Verlag (3-18-091620-6), Düsseldorf.



---

# **Knappe Flächen optimal nutzen? – Ohne betriebswirtschaftliche Auswertungen nicht möglich!**

Josef Bosch

LBD – Landwirtschaftlicher Buchführungsdienst der Bayerischen Jungbauernschaft

## **Zusammenfassung**

Eine optimale Nutzung der knappen Ressourcen eines Betriebes lässt sich letzten Endes ohne betriebswirtschaftliche Auswertungen weder zielgerichtet planen noch überprüfen. Wer anders als die Buchführungsgesellschaften wäre besser geeignet diese Auswertung zu erstellen.

## **1 Einleitung**

Die Buchführungsgesellschaften Bayerns verfügen über stichhaltige und langjährige Daten ihrer Mandanten, die sie mit größter Vertraulichkeit im Sinne ihrer Mandanten erfassen und auswerten. Da die meisten Betriebe hauptsächlich zum Zweck eines steuerlichen Abschlusses zur Buchführung motiviert sind, schlummert in den Finanzdaten bis heute ein enormes Potential für weitergehende betriebswirtschaftliche Auswertungen.

## **2 Ausgangslage**

Beim LBD war die betriebswirtschaftliche Auswertung und Beratung landwirtschaftlicher Betriebe in der Gründungsphase eigentliche Triebfeder beim Aufbau der Dienstleistung „Buchführung“. Deshalb gehörte von Anfang an die erweiterte Erfassung von Naturaldaten, eine unbedingte Voraussetzung für eine betriebswirtschaftliche Auswertung, zum Konzept der Buchführung. Getrieben von den Notwendigkeiten des vorgeschriebenen steuerlichen Abschlusses haben die Mandanten und mit ihnen zwangsläufig die Buchführungsgesellschaften sich in den letzten Jahrzehnten zunehmend auf die Aufgabe der Buchführung im Sinne der Finanzbehörden fokussiert. Auch wenn wir seit der Gründung unverändert die betriebswirtschaftliche Auswertung als Nebenprodukt der Buchführung in breiter Masse angeboten haben, spielte sie im Tagesgeschäft der Landwirte eine eher untergeordnete Rolle. Nur besonders sorgfältige Betriebsleiter nutzten das Potential dieser speziellen Auswertungen und waren auch bereit, die hierfür notwendigen Naturaldaten in der ausreichenden Genauigkeit zu liefern.

## **3 Aktuelle Entwicklung**

Globalisierung, Liberalisierung und Rückzug des Staates aus der Marktpolitik haben einen gravierenden Einfluss auf die Volatilität der Preise für landwirtschaftliche Produkte. Das führt dazu, dass die Wirtschaftlichkeit von einzelnen Maßnahmen heute tagtäglich und die Wirtschaftlichkeit ganzer Betriebszweige von Jahr zu Jahr neu überprüft werden muss.

Die vermeintliche Stabilität vergangener Jahre, die einen gewissen Erfahrungswert für den Erfolg eines Betriebszweiges ermöglichte, ist vorbei. Damit ergibt sich für die landwirtschaftlichen Betriebe eine neue Herausforderung, die sie auch an die Beratung weitergeben. Deshalb war es auch nur folgerichtig, dass die Landwirtschaftsverwaltung Bayerns unter dem Druck der wachsenden Unsicherheiten für den Einzelbetrieb das Thema einer standardisierten Betriebszweigauswertung (BZA) auf die Tagesordnung setzte.

Im Sinne einer rationellen und kompetenten Durchführung war es dann auch logisch, dass die Arbeit der Buchführungsgesellschaften ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Beratung von landwirtschaftlichen Betrieben sein wird. Die Aufbereitung der in der Buchführung erfassten Finanzdaten und deren Ergänzung mit den notwendigen Naturaldaten ist der effektivste und sicherste Weg zu einer fundierten betriebswirtschaftlichen Auswertung. Unter heutigen Bedingungen erkennt auch die produktionstechnische Beratung immer mehr, dass die betriebswirtschaftliche Analyse der Betriebszweige eines Betriebes erst die Grundlage schafft für eine am Einzelbetrieb orientierte erfolgreiche Beratung. Eingedenk dieser Erkenntnisse war es folgerichtig, dass die Buchführungsgesellschaften von der Bayerischen Staatsregierung in das Konzept einer Verbundberatung integriert wurden.

Die Buchführungsgesellschaften, der LBD auf jeden Fall, sehen im Ausbau der betriebswirtschaftlichen Beratung in Ergänzung zum steuerlichen Abschluss eine Kernaufgabe ihres Tätigkeitsfeldes. Dabei ist von elementarer Bedeutung, dass nach wie vor der Mandant der Buchführungsgesellschaft alleiniger Herr über seine Daten bleibt. In seinem Auftrag und in seinem Sinne werden wir diese Auswertungen erstellen und auf seinen Wunsch so aufbereiten, dass sie als Grundlage einer folgenden produktionstechnischen Beratung dienen können. Die Entscheidung der Officialberatung, dies in Form der Betriebszweigauswertung nach DLG-Norm auszuführen, unterstützen wir, wie wir auch die Federführung der LfL bei der Festlegung von Standards bei der Erstellung der BZA für zweckmäßig erachten.

## **4 Fazit/Ausblick**

Die eingeleiteten Schritte zur Stärkung der betriebswirtschaftlichen Beratung in Form der BZA sind ein wichtiger und richtiger Schritt im Bemühen um eine nachhaltige und wirtschaftlich erfolgreiche Nutzung knapper Ressourcen. Diese Erkenntnis, die die Officialberatung wie deren Verbundpartner durchdrungen hat, hat in der landwirtschaftlichen Praxis selbst noch keinen breiten Einzug gehalten. Sowohl die Inhalte einer BZA, als auch deren Wichtigkeit sind den landwirtschaftlichen Betrieben in der Masse heute noch nicht klar ersichtlich. Hier ist noch eine Menge an Aufklärung und Koordination im System der Verbundberatung notwendig. Die Buchführungsgesellschaften werden sich dieser Aufgabe im Sinne ihrer Mandanten auf den Gebieten stellen, auf denen sie kompetent und handlungsfähig sind. Sie können aber letztendlich als Wirtschaftsunternehmen nur auf eine vorhandene Nachfrage durch die Landwirtschaft reagieren. Um der BZA tatsächlich zu einer Breitenwirkung zu verhelfen, bedarf es daher einer gemeinsamen Anstrengung von Staat und Privatwirtschaft.