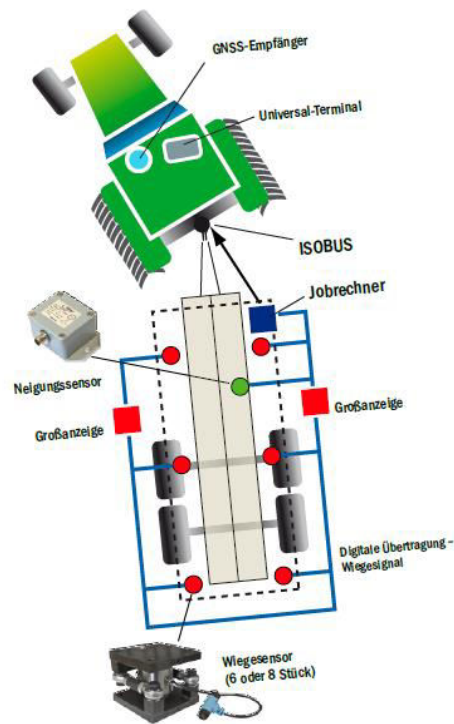
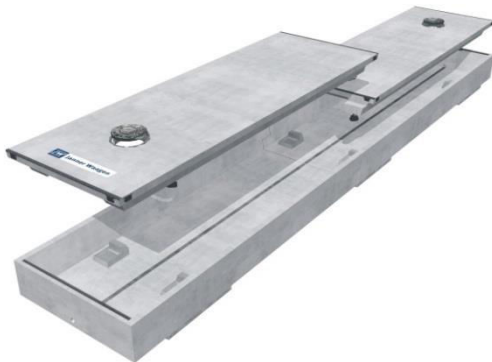


## Teil I: Wiegesysteme und Möglichkeiten der Ertragserfassung für Grüngut – technische Übersicht („Gras- und Maissilage“)



Nr. II - 24/2014

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung) im „Biogas Forum Bayern“ von:



**Christian Ofenbeck**

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Erding



**Stefan Thurner**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung



**Georg Döring**

Fa. Claas



**Siegfried Janner**

Fa. Janner Waagen GmbH

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung/ Vorbemerkung .....	2
2	Ertragserfassung und Messprinzipien .....	2
2.1	Stationäre Ertragserfassung .....	2
2.1.1	Typen von stationären Waagen.....	2
2.1.2	Materialien und Bauweisen .....	3
2.1.3	Achslastwaagen stationär .....	5
2.1.4	Statik beim Waagenbau .....	6
2.1.5	Wägezellen (Hintergrundinformation) .....	6
2.2	Mobile Ertragserfassung.....	8
2.2.1	Radlastwaagen mobil (Einzelrad-Wiegung).....	8
2.2.2	Fahrzeugmontierte Waagen (kleiner Exkurs).....	8
2.2.3	Eichfähige Gewichtsermittlung beim Abschiebewagen.....	9
2.3	Überladesysteme mit Wiegeeinrichtung .....	10
2.4	Ertragserfassung am selbstfahrenden Feldhäcksler .....	10
2.4.1	Volumenstrommessung.....	10
2.4.2	Ablauf der Ertragsmessung .....	11
3	Satellitengestützte Ertragserfassung und -ertragskartierung .....	11
4	Fütterungs-/ Einbringtechniken – Möglichkeiten der Bilanzierung.....	12
5	Trockensubstanzmessung am selbstfahrenden Feldhäcksler .....	13
5.1	Bestimmung mittels NIRS-System.....	13
5.2	Bestimmung durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit .....	14
5.3	TS-Genauigkeit – „absolut“ oder „relativ“ .....	14
6	Zusammenfassende Bewertung für die Praxis .....	15
7	Marktübersicht .....	16
7.1	Transportfahrzeuge mit Wiegeeinrichtung .....	17
7.2	Selbstfahrende Feldhäcksler mit Ertragserfassung.....	17

## 1 Einleitung/ Vorbemerkung

Immer mehr Grüngut wird in der Landwirtschaft gehandelt und sehr oft wird vom Käufer die Ernte übernommen und vom Verkäufer die Bestellung, Pflege, Düngung usw. Die Erträge pro ha sind jedoch auf Käufer- und Verkäuferseite nicht, nicht genau oder nur mit Richtwerten bekannt. Ebenso häufig werden neue Flächen über Pachtverträge in den Betrieb integriert, die dann oft einheitlich bewirtschaftet werden, da zumindest in den ersten Jahren eine genaue Kenntnis der Schläge und somit der Besonderheiten der Fläche fehlen. Bei pauschaler Ertragsschätzung pro ha ist zum einen die Abrechnung oft ungerecht, d.h. „es zieht immer einer den Kürzeren“, zum anderen können vom Verkäufer oder neuen Bewirtschafter kaum schlagspezifische oder gar teilflächenbezogene Bewirtschaftungsmaßnahmen umgesetzt werden. Im Endeffekt profitieren beide von einer genauen Kenntnis des Ertrags oder einer Ertragskartierung, da dann auch bei der Flächenbewirtschaftung differenziert und somit Kosten gespart werden können. Beispielsweise kann durch eine „intelligentere“ Verteilung des Düngers auf der Fläche mit derselben Düngermenge i.d.R. ein höherer Ertrag realisiert werden. Welche Möglichkeiten zur Ertragserfassung und Ertragskartierung es zurzeit gibt, soll in dieser Fachinformation zusammenfassend dargestellt werden. Sollen die erfassten Mengen zu Abrechnungszwecken bzw. für den geschäftlichen Verkehr verwendet werden, ist die rechtliche und praktische Seite der Abrechnung von Bedeutung. Die rechtliche Seite mit Eichung wird in der Fachinformation [„Teil II: Waagen und andere Messgeräte zur Grünguterfassung in der landwirtschaftlichen Biogasproduktion und Tierhaltung \(Praktische Erläuterungen zur Eichpflicht\)“](#) beleuchtet. Die praktische Sicht der Abrechnung, d.h. die Softwaremöglichkeiten werden in einem kommenden Papier behandelt, welches das bestehende Papier [„Substraternte und Gärrestausbringung \(1\) Hinweise zur Organisation und Verrechnung“](#) ersetzt.

## 2 Ertragserfassung und Messprinzipien

### 2.1 Stationäre Ertragserfassung

Die stationäre Ertragserfassung ermöglicht i.d.R. eine schlagbezogene Ertragserfassung. Sofern eine geeichte Waage verwendet wird, ergibt sich der Vorteil, dass die Ertragsdaten auch zur Abrechnung verwendet werden können. Die stationäre Ertragserfassung ermöglicht i.d.R. keine Ertragskartierung, womit eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung z.B. nach Ertragszonen nicht erfolgen kann; sehr wohl kann aber eine schlagspezifische Bewirtschaftung umgesetzt werden.

#### 2.1.1 Typen von stationären Waagen

Grundsätzlich wird bei den stationären Waagen zwischen Unterflurwaagen, sogenannten Einbauwaagen und Überflurwaagen unterschieden. Im Folgenden werden deren charakteristische Kennzeichen und die bevorzugten Einbausituationen dargestellt:

- Charakteristische Kennzeichen von Unterflurwaagen sind:
  - Im Boden versenkt
  - Ebenerdige An- und Abfahrt
  - Entwässerung über Sickerschacht oder Kanalnetz

- Fertigteilelemente bieten im Vergleich zu Ortbetonteilen die Möglichkeit die Waage mit einem gewissen Aufwand zu versetzen und somit an einem andern Ort aufzubauen oder z.B. zu verkaufen
- Unterflurwaagen werden vor allem gebaut
  - wenn keine Einschränkung der Verkehrsfläche möglich ist,
  - bei Bodengefälle bis maximal 3 % und wenn
  - eine höhere Verkehrssicherheit gefordert ist (keine Stolperstellen).
- Charakteristische Kennzeichen von Überflurwaagen sind:
  - Auf dem befestigten Boden aufgebaut
  - Entwässerung über Oberflächenentwässerung (keine zusätzliche Entwässerung nötig)
  - versetzbar ohne Bauarbeiten
  - Befahrbar mit überbreiten Fahrzeugen, sofern keine Schrammborde verbaut sind
- Überflurwaagen werden vor allem gebaut
  - bei hohem Grundwasserspiegel,
  - bei wechselndem Standort der Waage,
  - bei starkem Schmutzaufkommen, da die Waage leichter gereinigt werden kann und
  - bei höherem Geländegefälle (> 3 %).

### 2.1.2 Materialien und Bauweisen

Für den Bau von stationären Waagen kann neben Beton-Fertigteilen oder Ortbeton auch Stahl als Baumaterial in Frage kommen. Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Bauweisen gegenübergestellt:



Quelle: Janner Waagen GmbH

#### Waagen aus Beton-Fertigteilen

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesicherte Betonqualität C45/55 → langlebige Präzisionsfertigteile</li> <li>• Rutschsichere und überbauchte Oberfläche → keine Seenbildung</li> <li>• Geteilte Brücke, geteilte Wanne → kein Durchbiegen der Brücke, kein Bruch der Wannenteile</li> <li>• Schnelle Montage → 1-1,5 Tage</li> <li>• Flache Bauweise</li> <li>• Einstiegsöffnungen für leichtere Wartungs- und Reinigungsarbeiten</li> <li>• Einfach wiederversetzbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf Grund des Transports der Fertigteile vom Produzenten zur Baustelle entstehen höhere Kosten als bei Ortbetonbauweise</li> <li>• Transport der teilweise großen Teile kann bei engen Straßen zu Problemen führen</li> </ul>



Tipp: Für alle Betriebe mit hohem Zu-/Einkauf von Grüngut ist diese Waage die erste Wahl. Hohe Qualität, Rückbaubarkeit und praktikable Eichung und Wartung sprechen für diese Waagenart.


### Waagen aus Ortbeton

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Günstiger, da keine Transportkosten für die Fertigteile anfallen</li> <li>• Bei bestimmten Bauteilen kann Eigenleistung erbracht werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonqualität C20/25, C25/30 → geringere Druckfestigkeit</li> <li>• Eichung bzw. Nacheichung durch evtl. Absenkung der Waagenbrücke nicht mehr bzw. nur nach Reparatur möglich</li> <li>• Oft Seenbildung auf der Brücke → Absenkung</li> <li>• Lange Montagezeiten</li> <li>• Waage bzw. Wägezellen oftmals schlecht zugänglich für Wartung und Reinigung</li> </ul>



Tipp: Auf lange Sicht nicht optimal, geringere Investitionskosten werden mittel-/ langfristig sehr wahrscheinlich durch höheren Aufwand bei Eichung, Reparaturen, etc. aufgehoben!

### Waagen aus Metall bzw. Stahl

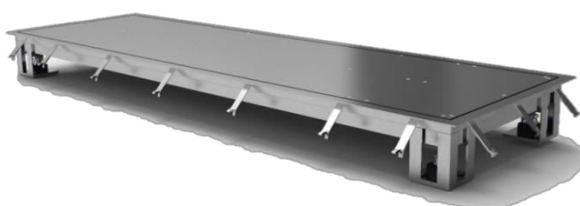
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modularer Aufbau → einfache Montage</li> <li>• Kein Kran notwendig (Stapler, etc. reicht aus)</li> <li>• Auch bei schwierigen örtlichen Gegebenheiten (z.B. unter Stromleitungen, Hallen, etc. kein Problem beim Aufbau)</li> <li>• Problemlos und schnell versetzbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht so langlebig wie Beton-Fertigteile (abhängig von den örtlichen Gegebenheiten)</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>Quelle: Janner Waagen GmbH</p> </div>



Tipp: Sehr gut, wenn der endgültige Standort der Waage noch nicht fest steht oder die Waage oft versetzt wird. Vor allem wenn kein Kran für die Betonfertigteile aufgestellt werden kann z.B. in Hallen, unter Dächern...

### 2.1.3 Achslastwaagen stationär

Neben den klassischen Fuhrwerkswaagen können auch Achslastwaagen für die Ertragserfassung verwendet werden. Wie bei den Fuhrwerkswaagen ist jedoch „nur“ die schlagbezogene Ertragserfassung möglich.



Quelle: Janner Waagen GmbH

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Anschaffungskosten</li> <li>• Statische Achslastwaage (ähnlich einer Bodenwaage) für die Achslast (ist als statische Waage eichfähig, d. h. es kann immer nur eine Achse gewogen werden) Genauigkeit +/- 1-2 Ziffernschritte des angezeigten Wertes Beispiel: Bei einem Bruttowert von 10.000 kg und einer Auflösung von 20 kg entspricht dies +/- 20 kg Abweichung</li> <li>• Dynamische Achslastwaage (hier werden die Werte bei Überfahrt der Waage aufsummiert) ACHTUNG: die Waage ist in diesem Modus eichfähig, jedoch ist eine Eichung betriebswirtschaftlich nicht sinnvoll (siehe Nachteile)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher baulicher Aufwand für begradigte An- und Abfahrt</li> <li>• Genauigkeit der dynamischen Achslastwaage 1 – 2 % des gesamten Bruttowertes bei 40.000 kg entspricht dies +/- 800 kg</li> <li>• Hoher Aufwand bei der Eichung der dynamischen Achslastwaage, da eine Einzelabnahme durch das Eichamt erforderlich ist Die Kosten können bis zu 50 % der Anschaffungskosten betragen; daher ist eine Eichung nicht praktikabel; und die Waage wird nur zur innerbetrieblichen Erntekontrolle bzw. Ertragserfassung verwendet</li> </ul>



Tipp: Waage kann in der Landwirtschaft nur als Erntekontrolle verwendet werden. Sobald Gewerbe bzw. Lieferschein/Abrechnung an Dritte → Eichung nötig → dann nicht praktikabel.

## 2.1.4 Statik beim Waagenbau

Bezüglich der Statik der Brückenwaagen wird empfohlen:

- Lassen Sie sich vom Lieferanten schriftlich bestätigen, dass die Statik der Waage für den entsprechenden Wägebereich, in dem die Waage eingesetzt wird, berechnet wurde und den Anforderungen vor Ort stand hält.
- Setzen Sie die Fahrzeugwaage auf Streifenfundamente → die Hauptbelastung sollte unterhalb der Wägezellen im 45° Winkel in den Boden eingeleitet werden.
- Die Verwendung einer geteilten Brücke und geteilten Wanne verhindert ein Durchbiegen der Brücke → keine Rissbildung der Wanne (Streifen-Fundamente).
- Dass die Auflage der Brückenteile auch mittig (6 Wägezellen) erfolgt, da dies eine bessere Querbefahrung ermöglicht und keine Durchbiegung bzw. Absenkung der Brücke erfolgen kann.

Probleme bei der Statik ergeben sich häufig wenn:

- durchgehende Brücken aus einem Stück verwendet werden → mangelhafte Statik,
- keine Streifenfundamente verwendet werden → Risse und Brechen der Wanne
- nur 4 Wägezellen vorhanden sind bzw. keine mittige Auflage der Brücke erfolgt (6 Wägezellen) → Durchbiegen der Brücke.

## 2.1.5 Wägezellen (Hintergrundinformation)

Neben der Unterscheidung in analoge und digitale Wägezellen gibt es bezüglich der Bauart eine grundsätzliche Unterscheidung bei Wägezellen zwischen den sogenannten Pendelwägezellen und den Ring-Torsions Wägezellen. Die jeweiligen Vor- und Nachteile werden im Folgenden kurz aufgeführt:



Quelle: Janner Waagen GmbH

### Pendelwägezellen (analog)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Günstig da Messkörper einfacher aufgebaut</li> <li>• Integrierter aktiver und passiver Überspannungsschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wägezelle muss gegen verdrehen gesichert werden</li> <li>• Spiel der Wägezelle muss mechanisch begrenzt werden (Stoßfänger, Arretierung)</li> <li>• Nicht gut geeignet für Querbefahrung und Rangieren auf der Waage</li> </ul>

### Pendelwägezellen (digital)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steckbare Leitungen über Kabelsteckverbindung</li> <li>• Integrierter aktiver und passiver Überspannungsschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur von wenigen Firmen lieferbar → Monopolstellung, daher hoher Preis und hohe Ersatzteilpreise</li> <li>• Sicherung gegen Verdrehen nötig</li> <li>• Spiel der Wägezelle muss mechanisch begrenzt werden (Stoßfänger, Arretierung)</li> <li>• Nicht gut geeignet für Querbefahrung und Rangieren auf der Waage</li> </ul>



Quelle: Janner Waagen GmbH

### Ringtorsions-Wägezellen (analog) mit Elastomerlager

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Sicherung gegen Verdrehen nötig</li> <li>• Hoher mechanischer Schutz durch Konstruktion des Messkörpers</li> <li>• Elastomerlager (vulkanisiertes Stahlblech) nimmt hohe Schub und Stoßkräfte auf</li> <li>• Waagen erreichen schneller Stillstand (weniger Schwingungen)</li> <li>• Integrierter Blitzschutz (bis 1500V)</li> <li>• Unempfindlich gegen Querkräfte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höherer Preis (10 – 20 % höherer Aufwand)</li> </ul>



Tipp: Wenn häufig eine Querbefahrung (z.B. durch Lader,...) auftritt, sollten Ringtorsions-Wägezellen eingebaut werden.



## 2.2 Mobile Ertragserfassung

Neben den einfachen, mobilen Radlastwaagen gibt es heute eine Vielzahl an fahrzeugmontierten Waagen die, in einem Fall sogar demnächst eichfähig sein soll und damit auch Daten für die Abrechnung liefern kann.

### 2.2.1 Radlastwaagen mobil (Einzelrad-Wiegung)

Mobile Radlastwaagen entsprechen heute nicht mehr dem Stand der Technik und sollten nur noch in Ausnahmefällen für die schlagbezogene Ertragserfassung verwendet werden. Für Abrechnungszwecke sind mobile Radlastwaagen völlig ungeeignet.



Quelle: Werksbilder Fliegl Agrartechnik GmbH

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobil</li> <li>• Flexibel einsetzbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht eichfähig</li> <li>• Problem oft bei sehr breiten Reifen</li> <li>• Verwiegung nur in der Ebene (keine Neigungssensoren)</li> </ul>



**Tipp:** Für Praxiseinsatz in der Landwirtschaft nicht geeignet, da oft keine ebenen Flächen vorhanden und oft sehr breite Reifen.

### 2.2.2 Fahrzeugmontierte Waagen (kleiner Exkurs)

Fahrzeugmontierte Waagen sind i.d.R. nicht eichfähig und können daher ebenfalls nur für die innerbetriebliche, schlagbezogene Erntemengenerfassung herangezogen werden. Für die Verwiegung von aus dem Silo entnommenen Mengen eignen sich neben Waagen der Klasse III, die z.B. in Radladern oder auch Frontladern verbaut sind auch die Wiegeeinrichtungen an Futtermischwägen. Die in Radladern oder Frontladern verbauten Waagen können auch zur Ertragsermittlung bei der Verwendung zum Überladen eingesetzt werden. Fahrzeugmontierte Waagen können für die schlagbezogene Ertragserfassung verwendet werden.



Quelle: Janner Waagen GmbH

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobiles Wägesystem</li> <li>• Verschiedene Aufnahmen (Schaufel, Heugabel,...)</li> <li>• Direkter Ausdruck des Lieferscheins am Fahrzeug</li> <li>• Zielgenaue Verladung → Fütterungs- / Beschickungskontrolle; kein Überladen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eichfrist: 2 Jahre</li> <li>• Eichzulassung nur für geringwertige Güter (Sand, Kies) → keine Zulassung für Getreide, Dünger, Grüngut etc.</li> <li>• Genauigkeit pro Schaufel +/- 20 kg oder +/- 50 kg (abhängig von der Teilung)</li> <li>• Messergebnis resultiert aus Hydraulikdruck des Fahrzeugs → bei fehlerhaften Hydrauliksystem hohe Messfehler</li> </ul>



Tipp: Für innerbetriebliche Verwägung optimal, v.a. zielgenaues Verwiegen von Schüttgut bei Gefahr von Überladung.

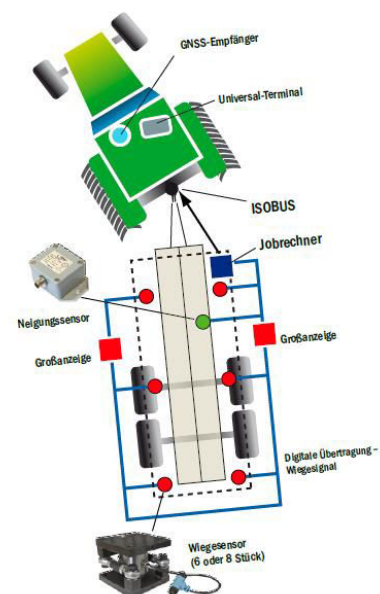
### 2.2.3 Eichfähige Gewichtsermittlung beim Abschiebewagen

Seit 2013 wird von der Firma Fliegl ein eichfähiger Abschiebewagen für die Landwirtschaft angeboten. Es handelt sich um eine statische Waage, die in einem mobilen System eingesetzt wird. Die Eichzulassung wurde beantragt.

Genauigkeit +/- 0,1 % der Nutzlast oder +/- 10 kg

Keine hydraulische Federung nötig.

Eichfähig nur in der Geraden, wegen eines integrierten Neigungssensors. In Hanglagen mit größeren Toleranzen einsetzbar.



Quelle: Werksbilder Fliegl Agrartechnik GmbH

## 2.3 Überladesysteme mit Wiegeeinrichtung



Quelle: Kverneland Group, T-Rex Shuttle

Mobile Überladeeinrichtungen heutiger Ernteketten sind vielfach mit Erntekontrollwaagen nachrüstbar. Wir kennen u.a. Überladebänder, Überladestationen, Überlademäuse, Überladewägen (Shuttle) und Baggersysteme die mit Waagen ausgestattet werden können. Generell kann hier eine schlagbezogene Ertragserfassung erfolgen. Zusätzlich dienen die Waagen in Überladesystemen zur Ladungskontrolle beim Verladen und zur Vermeidung von Überladung des LKW.

## 2.4 Ertragserfassung am selbstfahrenden Feldhäcksler

### 2.4.1 Volumenstrommessung



Quelle: Claas

Prinzipiell handelt es sich bei den heutigen Ertragsmessungen auf dem Feldhäcksler, unabhängig vom Hersteller, immer um eine Volumenstrommessung. Durch Erfassen des Vorpresswalzenausschlages und der Drehzahlen der Vorpresswalzen im Einzug wird ein Volumenstrom errechnet.



**Tipp: Für innerbetriebliche Verwägung optimal, v.a. zielgenaues Verwiegen von Schüttgut bei Gefahr von Überladung.**

## 2.4.2 Ablauf der Ertragsmessung

Mittels wiederholter, manueller Eingabe der tatsächlich geladenen Menge wird die Erntemenge in Tonnen pro Hektar bzw. Tonnen für den jeweiligen Auftrag geschätzt. Der Häckslerfahrer muss zur Kalibrierung beim Beladen eines Wagens am Bordrechner den Kalibriermodus einschalten. Anschließend muss der so gefüllte Wagen z.B. auf einer Fuhrwerkswaage gewogen und nach Abzug des Leergewichts die geladene Menge an Erntegut ermittelt werden. Der Häckslerfahrer gibt den ermittelten Wert für die Frischmasse in den Bordrechner ein. Um ausreichend genaue Ertragsdaten zu erhalten sollte bei jedem Materialwechsel, spätestens jedoch bei einem Sorten- oder Schlagwechsel neu kalibriert werden. Je nach den örtlichen Gegebenheiten kann jedoch auch ein Fuhrwerk aus der Erntekette ständig zum Kalibrieren verwendet werden und idealerweise hat dieses Fuhrwerk eine Wiegeeinrichtung eingebaut, so dass der Häckslerfahrer sofort die angezeigte Lademenge eingeben kann und die Fahrt zu einer Fuhrwerkswaage entfällt.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liefert notwendige Datengrundlage für teilflächenspezifische Bewirtschaftung</li> <li>• Derzeit keine oder nur sehr geringe Kosten (bis zu ca. 15 € pro ha).</li> <li>• Lohnunternehmer bieten Service für „automatische“ Datenauswertung zu günstigen Konditionen an</li> <li>• Automatische Trockensubstanzbestimmung und Ertragskartierung möglich, aber auch „nur“ schlagbezogene Ertragserfassung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten nur für innerbetriebliche Zwecke verwendbar</li> <li>• Aufwand für die regelmäßige Kalibrierung (bei Kombination Häckselkette mit Transportfahrzeug mit Wiegeeinrichtung kein Nachteil)</li> </ul>

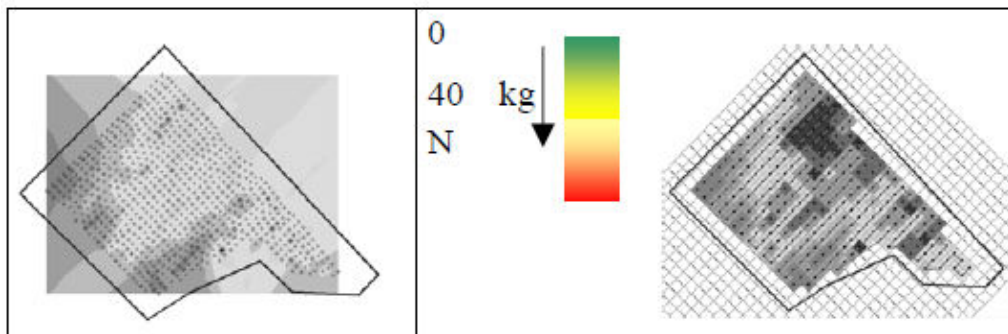


Tipp: Ein Transportfahrzeug mit mobiler Wiegeeinrichtung in der Häckselkette erspart den Weg zur Fuhrwerkswaage und ergänzt das Ertragserfassungssystem am selbstfahrenden Feldhäcksler optimal → Tatsächlich geladene Menge kann sofort eingegeben werden → Ertragsdaten werden sehr genau erfasst. Aber: Keine Abrechnung möglich, da nicht geeichte Mengenerfassung! Je nach Boden (Wasser) und Sorte wird je Schlag eine Kalibrierungswiegung empfohlen.

## 3 Satellitengestützte Ertragserfassung und -ertragskartierung

Seit kurzem bietet die Firma Land-Data Eurosoft die Möglichkeit zur satellitengestützten Ertragserfassung und -kartierung an. Weiterhin kann das System zur Planung und Durchführung aktueller Bewirtschaftungsmaßnahmen eingesetzt werden. Über teils historische Satellitendaten aber auch über aktuelle Satellitendaten wird in Zusammenhang mit weiteren Daten

(z.B. Niederschläge, Temperaturen, Globalstrahlung) und Beobachtungflächen mit Hilfe des Prognosemodells PROMET die aktuelle Biomasse auf der Fläche dargestellt. Diese Daten können ab einer Mindestparzellengröße von 2 ha für die Entscheidung z.B. über die Höhe der nächsten Düngegabe berücksichtigt werden. Zudem ermöglicht das System eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung bei der Ertragszonen definiert und unterschiedlich, z.B. bezüglich der Höhe der Düngegabe, behandelt werden können. Derzeit steht die Anwendung für verschiedene Getreidearten, Silomais und Zuckerrüben zur Verfügung. Weitere Kulturen und Grünland werden nach und nach folgen. Generell kann zum Zeitpunkt der Ernte mit diesem System eine Ertragskarte erstellt werden und die Erntemenge relativ genau vorhergesagt werden.



Darstellung der Ertragskarte gerastert und abgestuft in 8 Klassen (links) und die resultierende Applikationskarte für die Gülle in den Teilflächen (rechts).

(Quelle: Schellberg und Lock (2006))

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzung von historischen und aktuellen Satellitendaten in Kombination mit Wachstumsprognosemodell (in das viele Daten z.B. Niederschläge etc. einfließen) ergeben sehr genaue und stabile Ertragskarten</li> <li>Liefert die notwendige Datengrundlage für teilflächenspezifische Bewirtschaftung (nicht nur historisch sondern auch für den aktuellen Aufwuchs!)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daten nur für innerbetriebliche Zwecke verwendbar</li> <li>Festlegung auf einen Softwareanbieter</li> <li>Derzeit noch relativ hohe Kosten, da Satellitenbilder kostenpflichtig sind (ändert sich mit der Bereitstellung von Sentinel II → Satellitenbilder stehen dann kostenlos zur Verfügung)</li> </ul>

#### 4 Fütterungs-/ Einbringtechniken – Möglichkeiten der Bilanzierung

Bei den meisten Fütterungstechniken wie Mischwagen, Einbringbunker, etc. sind Waagen verbaut. Neben der Möglichkeit der genauen Rationsgestaltung ist diese Technik auch für ein Controlling der Futtermengen brauchbar. Über handschriftliche oder elektronische Aufzeichnung kann somit Bilanz über die Futter-/Substratverbräuche gezogen werden. Im tierhaltenden Betrieb kann über die Rückwiegung der Futterreste genau auf die Trockensub-

stanzaufnahme und somit die tatsächlich gefressene Futtermenge rückgeschlossen werden. Hier gibt es bereits geeignete Software die ein optimales Fütterungscontrolling ermöglicht. Daneben können über eine Bilanzierung der ein- und ausgelagerten Trockenmasse-Mengen die Silierverluste pro Silo ermittelt und so Schwachstellen beim Silieren (z.B. Verdichten) oder an der Siloanlage (z.B. Eindringen von Wasser) schneller erkannt werden.



Tipp: Vorhandene Technik sollte auch für die Bilanzierung verwendet werden. Eine einfache Excel-Datei genügt! Nur so hat man einen Überblick → Futtermengenplanung, Silierverluste, Futtermittelnutzung! Regelmäßige Kontrolle über Fuhrwerkswaage notwendig, ggf. Nachjustierung der Waage am Futtermischwagen



Quelle: Siloking

## 5 Trockensubstanzmessung am selbstfahrenden Feldhäcksler

Das spezifische Gewicht des Ernteguts schwankt ständig. Damit aber der aktuelle Wert zur Verrechnung des genauen Erntegewichtes verwendet wird, nutzen die Hersteller der Feldhäcksler eine Trockensubstanzmessung auf dem Auswurfkrümmer. In Bezug auf die Trockensubstanzmessung werden zwei unterschiedlichen Systeme verwendet: Die TS-Bestimmung mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIR) und mittels dielektrischer Leitfähigkeit.

### 5.1 Bestimmung mittels NIRS-System

Bei den meisten Herstellern erfolgt heute die TS-Bestimmung durch die Nah-Infra-Rot-Spektroskopie (NIRS). Hier werden Lichtwellen ausgesandt. Die Wassermoleküle reflektieren dabei eine definierte Wellenlänge von 1450 nm, die Messung erfolgt 17 - 20 mal pro Sekunde. Das NIRS System kann auch vom mobilen Feldhäcksler abgebaut und für stationäre Zwecke bzw. Messungen umfunktioniert werden. Die Genauigkeit liegt bei 2 – 3 % (bei Grün-

land bis zu 5 %) Abweichung des absoluten Trockensubstanzgehaltes, je nach Hersteller. Zwei DLG-Focus-Test mit Angaben zur Genauigkeit der NIRS-Systeme der Hersteller John Deere und Claas können unter [www.dlg.org/ernte](http://www.dlg.org/ernte) nachgelesen werden.



Mittlerweile beschäftigen sich fast alle Feldhäcksler-Hersteller mit der NIR-Sensorik zur TS-Bestimmung. Eine Inhaltsstoffbestimmung, wie sie von einem Hersteller bereits angeboten wird, dient zur möglichen Errechnung des Biogaspotenziales.

Diese Technologie liefert relativ genaue Werte, die Kosten liegen aber aufgrund der aufwändig zu erstellenden Kalibrationskurven im Hintergrund und der präzisen Mess-Sensorik in einer Preisgröße von 10 – 20.000,- €.

## 5.2 Bestimmung durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit

Ein Hersteller bietet alternativ zum NIRS-System eine TS-Bestimmung mittels elektrischer Leitfähigkeitsmessung an. Dabei werden der Widerstand und auch die Temperatur des Häckselguts erfasst. So wird der Trockensubstanzgehalt errechnet. Mit dieser Technik werden Ergebnisse mit einer Genauigkeit von 3 – 5 % erzielt. Allerdings haben diese Leitfähigkeitssensoren nur einen engeren Messbereich im Vergleich zu NIRS. Insbesondere bei TS-Gehalten unter 30 % und über 50 % können keine verwertbaren Daten geliefert werden.

## 5.3 TS-Genauigkeit – „absolut“ oder „relativ“

Bei aller Diskussion um die Genauigkeit der mobilen Systeme auf den Feldhäckslern, die allesamt nicht eichfähig sind, darf nicht vergessen werden, über welche Abweichungen gesprochen wird – absolut oder relativ in Bezug auf %-TS oder Frischmasse tonnen. Warum bei mittlerer Trockensubstanzabweichung (TS) (absolut) der Trockenmasseertrag TM (relativ) doch ganz erheblich abweichen kann, zeigt nachfolgendes Beispiel:

Ertrag Feldstück:

100 t Frischmasse, Trockensubstanz 30 % = 30 t TM

+ 3,3 % TS mittlere Abweichung absolut = 33,3 t TM

Relativ ist die Abweichung von 30 t TM bezogen auf die durchschnittliche absolute Abweichung von 3,3 % TS dann eine relative Abweichung von 11 %!

$33,3 \text{ t} / 30 \text{ t} = 111 \%$  → Abweichung von 11 % relativ → obwohl absolut nur 3,3 % Abweichung vom TS-Gehalt.

## 6 Zusammenfassende Bewertung für die Praxis

Eine generelle Bewertung kann aufgrund der verschiedensten Betriebsstrukturen nicht gegeben werden. Wird Grüngut gekauft und wird über Gewicht abgerechnet ist generell eine eichfähige Waage Pflicht. Sobald die Wiegeungen nicht für den Verkauf bzw. Einkauf verwendet werden ist es im Grunde immer sinnvoll, eine Waage zu verwenden. Zielführend ist die Waage immer sobald ein Controlling stattfindet, sei es Ertragserfassung, Futtereffizienz, Verluste usw.. Die Ertragskartierung ist nur über die Nutzung der Technik am Feldhäcksler und noch genauer über satellitengestützte Systeme möglich.

Nachfolgende Übersicht gibt einen schnellen Überblick für welchen Zweck, welche Waage geeignet ist:

	Brückenwaage stationär	Brückenwaage mobil	Achslastwaage stationär	Achslastwaage mobil	Ladewagen/ Abschieber	Rad-/ Frontladerwaagen u.a.	Häcksler Ertragserfassung	Häcksler TS-Messung	Satelliten-gestützte Ertragserfassung	Fütterungs-technik
Eichfähig	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nur für geringwertige Güter (Kies, Sand, etc.)	Nein	Nein	Nein	Nein
Für Abrechnung von Ein- und Verkauf von Grüngut	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja, wenn geeicht	Nein	Nein	Unklar --> wird von Eichbehörde derzeit geprüft	Nein	Nein
Für innerbetriebliche Nutzung	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Die zweite Grafik gibt einen Überblick für welchen Betriebstyp unter Einbeziehung der Vor- und Nachteile sowie Kosten welche Waage geeignet ist:





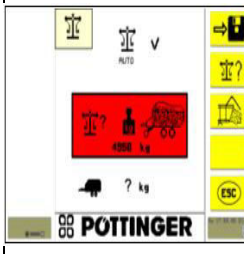
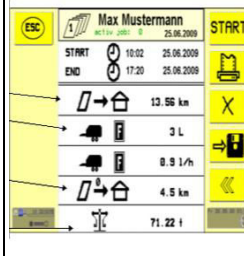
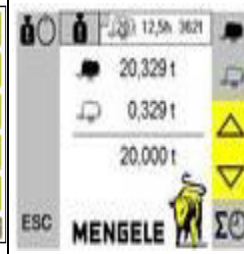
Eignung von -- / - / 0 / + / ++	Brückenwaage stationär	Brückenwaage mobil	Achslastwaage stationär	Achslastwaage mobil	Ladewagen/ Abschieber	Rad-/ Frontladerwaagen u.a.	Häcksler Ertragserfassung	Häcksler TS-Messung	Satelliten-gestützte Ertragserfassung	Fütterungs-technik
Biogasanlagenbetreiber & Tierhalter mit viel Zukauf	++	+	-	--	0	-	++	++	++	++
Tierhalter mit rel. geringem Zukauf	0	--	--	--	0	+	++	++	++	++
Ertragskartierung und teilflächenspezifische Bewirtschaftung	-	-	-	-	-	-	++	++	++	--

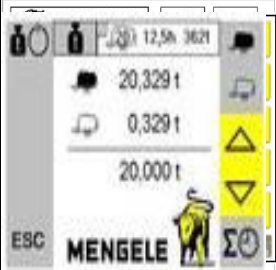
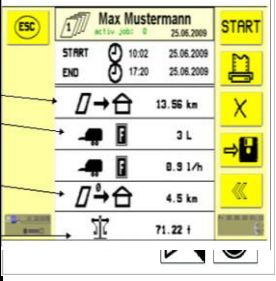




## 7 Marktübersicht

### 7.1 Transportfahrzeuge mit Wiegeeinrichtung

kein Anspruch auf Vollständigkeit, Stand März 2014

Übersicht Wiegesysteme bei Lade-, Kombi- und Häckseltransportwagen				
Hersteller	CLAAS	Krone	Pöttinger	Lely
verbaut bei welchen Typen	Baureihe CARGOS; nur in Verbindung mit hydraulischen Achsaggregaten	Baureihen MX / ZX; nur in Verbindung mit hydraulischen Achsaggregaten	Baureihen Jumbo / Jumbo CombiLine; nur in Verbindung mit hydraulischen Achsaggregaten	Baureihen Tigo R Profi / Combi bzw. RotoBull / DuoBull; nur in Verbindung mit hydraulischen Achsaggregaten
Nachrüstbar ?	ja !	keine Information	keine Information	keine Information
Nachrüstung an Fremdfabrikaten	keine Information	keine Information	keine Information	keine Information
Technik / Messmethodik	in der Deichsel (2 Stk.) und dem Achsbock (2 Stk.) integrierte Drucksensoren	in der Deichsel (1 Stk.) und dem Achsbock (1 Stk.) integrierte Messbolzen; Ermittlung des Gesamtgewichtes über Deichsel- und Achslast	in der Deichsel (1 Stk.) und dem Achsbock (2 Stk.) integrierte Drucksensoren	in der Deichsel (1 Stk.) und dem Achsbock (2 Stk.) integrierte Drucksensoren
	 	 	 	
Genauigkeit des Systems (Herstellerangabe)	+/- 2 % des zul. Gesamtgewichtes	+/- 3 % des zul. Gesamtgewichtes	+/- 2,5 % des zul. Gesamtgewichtes	+/- 3 % des zul. Gesamtgewichtes
Quelle	x	<a href="http://landmaschinen.krone.de/deutsch">http://landmaschinen.krone.de/deutsch</a>	x	x
Eichfähigkeit	nein	nein	nein	nein
Besonderheiten / Grenzen des Systems	- Erfassung der Werte auch im dynamischen Zustand und unabhängig von der Deichselposition möglich - keine Kalibrierung des Systems notwendig	- Messgenauigkeit / Funktion abhängig von der Deichselposition - Wiegen nur im stehenden Zustand möglich - Kalibrierung des Systems notwendig	- Messgenauigkeit / Funktion abhängig von der Deichselposition - Wiegen nur im stehenden Zustand möglich Kalibrierung des Systems notwendig	
sonstiges	Erfassung und Anzeige des aktuellen Gesamtgewichtes, Erfassung des reinen Ladegewichtes und Zuordnung bis zu 20 Kundenaufträgen möglich	Erfassung und Anzeige des aktuellen Gesamtgewichtes, Erfassung des reinen Ladegewichtes und Zuordnung bis zu 20 Kundenaufträgen möglich	Erfassung und Anzeige des aktuellen Gesamtgewichtes, Erfassung des reinen Ladegewichtes und Zuordnung bis zu 7 Kundenaufträgen möglich	Erfassung und Anzeige des aktuellen Gesamtgewichtes, Erfassung des reinen Ladegewichtes und Zuordnung zu Kundenaufträgen möglich
Listenpreis	1.877,00 €	2.605,00 €		2.220,00 €

Hersteller	Annaburger	Fliegl	Fliegl	Kaweco
verbaut bei welchen Typen	alle Fahrzeuge mit hydraulisch gefederten Achsaggregaten	alle Fahrzeuge mit Quadratischem Achsquerschnitt (Fliegl und Fremdfabrikate); auch Kipper !	Abschiebewagen	RADIUM und THORIUM
Nachrüstbar ?	keine Information	ja	nein	nein
Nachrüstung an Fremdfabrikaten	keine Information	ja	nein	nein
Technik / Messmethodik	in der Fahrwerks- und Deichselfederung integrierte Drucksensoren  	Dehnsensoren an der Achse und Deichsel 	Doppelrahmen mit 6 oder 8 digitalen Wiegezellen 	Doppelrahmen mit 4 Wiegezellen (RADIUM) Aufnahme über hydraulische Federung (THORIUM)
Genauigkeit des Systems (Herstellerangabe)	98,5 - 99,0 %	+/- 3 % des zul. Gesamtgewichtes	+/- 0,1 %	0,4% bei RADIUM 3%, bei THORIUM
Quelle	x			
Eichfähigkeit	nein	nein	Eichfähigkeit beantragt	RADIUM ja
Besonderheiten / Grenzen des Systems				Erfassung und Anzeige des aktuellen Gesamtgewichtes, Erfassung des reinen Ladegewichtes und Zuordnung bis zu 7 Kundenaufträgen möglich
sonstiges	Erfassung und Anzeige des aktuellen Gesamtgewichtes, Erfassung des reinen Ladegewichtes und Zuordnung zu Kundenaufträgen möglich			
Listenpreis			10.000,00 €	RADIUM € 11.000,- THORIUM ca. 2.300,-

## 7.2 Selbstfahrende Feldhäcksler mit Ertragserfassung

Hersteller	Claas	John Deere	Krone	New Holland	Fendt
Ertragsmesssystem	Volumenstrommessung über Vorpresswalzen (Höhe und Drehzahl)	Volumenstrommessung über Vorpresswalzen (Höhe und Drehzahl)	Volumenstrommessung über Vorpresswalzen (Höhe und Drehzahl)	Volumenstrommessung über Vorpresswalzen (Höhe und Drehzahl)	In Vorbereitung
Genauigkeit (je nach Häufigkeit der Kalibrierung)	DLG: (in Vorbereitung)	DLG: mittlere Abw. -1,0 %	1 - 3 %	1 - 3 %	keine Angaben
Preisstellung Ertragsmessung €	6.300,--	3.600,--	7.000,--	4.200,--	keine Angaben
Trockensubstanzmessung (NIRS - Messung)	Verfügbar	Verfügbar	Verfügbar	Verfügbar	In Vorbereitung
Genauigkeit TS Messung mit NIR: (Silomais > Luzerne > Klee gras > Grünland)	2 - 5 % (außer Silomais)	2 - 5 % (außer Silomais)	2 - 5 %	2 - 5 %	keine Angaben
Genauigkeit TS Messung mit NIR: (Silomais )	DLG: +/- 2%	DLG: +/- 2%	ca. +/- 3%	ca. +/- 3%	keine Angaben
Messbereich mit NIR (Mais)	DLG: 21 - 40 %	DLG: 26 - 37 %	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
Inhaltsstoffbestimmung mit NIR	In Vorbereitung	Verfügbar	Nein	Nein	Nein
Preisstellung NIR -Sensor €	19.900,--	19.400,--	9.500,--	auf Anfrage	keine Angaben
NIRS Messung vom SFH abbaubar für stationäre Nutzung:	Nicht verfügbar	NIR Sensor vom SFH abbaubar	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar
Stationäre NIRS Box für Einzel-Probenahme:	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	"AGRI-NIR" für TS und Inhaltsstoffe	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar
Trockensubstanzmessung (Leitwertmessung)	Verfügbar	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Verfügbar	Im Test
Messbereich mit Leitwert (Gras und Mais)	28 bzw. 30 - 45 %			keine Angaben	keine Angaben
Preisstellung Leitwert - Sensor €	ca. 3.700,--			3.100,--	keine Angaben

**Zitiervorschlag:**

Ofenbeck, C., S. Thurner, G. Döring, S. Janner (2014): Wiegensysteme und Möglichkeiten der Ertragserfassung für Grüngut („Gras- und Maissilage“). In: Biogas Forum Bayern Nr. II – 24/2014, Hrsg. ALB Bayern e.V., [http://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/nachhaltig-erneuerbar-energie\\_Substratbereitstellung](http://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/nachhaltig-erneuerbar-energie_Substratbereitstellung), Stand [Abrufdatum].

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern.

## **Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)**

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Logistik der Ernte
- Gärrestausbringung
- Konservierung und Silagequalität

## **Mitglieder der Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)**

- **AC Agrar GmbH**
- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Amberg, Erding, Ingolstadt, Nördlingen Pfaffenhofen a. d. Ilm und Uffenheim**
- **Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **CLAAS**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Fliegl Agrartechnik GmbH**
- **Hochschule Weihenstephan-Triesdorf**
- **Janner Waagen GmbH**
- **Kuratorium Bayerischer Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V.**
- **KWS SAAT AG**
- **Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern (LKV) e.V.**
- **Landmaschinenschule Landsberg am Lech, Landshut und Triesdorf**
- **Maschinenring Neuburg-Schrobenhausen und Wolnzach-Geisenfeld-Vohburg**
- **Regens Wagner Hohenwart**
- **Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing**



### **Herausgeber:**

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik  
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.  
Vöttinger Straße 36  
85354 Freising  
Telefon: 08161/71-3460  
Telefax: 08161/71-5307  
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>  
E-Mail: [info@biogas-forum-bayern.de](mailto:info@biogas-forum-bayern.de)