

## Verfahrensalternativen für Biomassetransporte



**Nr. II – 9/2010**

---

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

**CLAAS**

**Georg Döring**

Claas Vertriebsgesellschaft GmbH



**Roland Schleicher**

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Schwandorf

# Verfahrensalternativen für Biomassetransporte

## Inhaltsverzeichnis

1	Definitionen: .....	2
2	Silageernteketten – eine Bewertung .....	3
2.1	1-phasige Verfahren.....	3
2.1.1	Traditionell mit Traktoren.....	3
2.1.2	Agrar-LKW .....	3
<b>2.2</b>	<b>1- oder 2-phasige Verfahren</b> .....	<b>4</b>
2.2.1	Traktoren mit Dolly-Auflieger (1- oder 2-achsig) .....	4
2.2.2	Überladewagen am Traktor .....	4
2.2.3	SF Überladewagen als Sonderfahrzeug .....	4
<b>2.3</b>	<b>2-phasige Verfahren</b> .....	<b>5</b>
2.3.1	Bunkersysteme für Seiten- od. Heckentleerung.....	5
2.3.2	Bunkersysteme mit LKW-Auflieger .....	5
2.3.3	Anhänge-Überladewagen.....	5
<b>2.4</b>	<b>3-phasige Verfahren</b> .....	<b>6</b>
2.4.1	SF Überlader als Sonderfahrzeug .....	6
2.4.2	Häckselwagen, Zwischenlager, LKW-Transport .....	6
2.4.3	Häckselwagen, Überladestation. LKW-Transport .....	6
3	Bewertung nach bestimmten Einflussfaktoren .....	7
4	Grenzen der klassischen Logistik in der Silageernte .....	8
<b>4.1</b>	<b>Hohe Kosten bei langen Transportwegen</b> .....	<b>8</b>
<b>4.2</b>	<b>Bodenverdichtung</b> .....	<b>8</b>
<b>4.3</b>	<b>Straßenverkehr</b> .....	<b>8</b>
<b>4.4</b>	<b>Substratverschmutzung</b> .....	<b>8</b>
5	Ökonomische Bewertung der verschiedenen Konzepte.....	8
6	Fazit .....	10

## 1 Definitionen:

Silomiete	Endlager zentral oder dezentral
Zwischenmiete	Umschlagsplatz zum umladen für den Weitertransport, Zwischenlagerzeit max. 6 Stunden
1-phasig:	Ernte im Parallelfahrssystem – Erntegutübernahme und Transport bis zur Silomiete übernimmt das gleiche Transportfahrzeug (z. B. Traktor und Häckselwagen)
2-phasig	Ernte im Parallelfahrssystem – Phase 1: Erntegutübernahme in Überladewagen bzw. Zwischenbunker Phase 2: Überladung zum Weitertransport bis zur Silomiete
3-phasig	Ernte im Parallelfahrssystem – Phase 1: Erntegutübernahme in Überladewagen bzw. Zwischenbunker Phase 2: Überladung zum Weitertransport bis zur Zwischenmiete bzw. Überladestation Phase 3: Umladen und Weitertransport bis zur Silomiete
SF	Selbstfahrer
SFH	Selbstfahrhäcksler

## 2 Silageernteketten – eine Bewertung

Vielfach wird der Silomais mit Traktoren und Häckselwagen vom Feld zum Silo an der Biogasanlage gefahren. Bei heutigen Häckselleistungen und Feld-Silo-Entfernungen fährt ein Ackerfahrzeug häufig nur 15% auf dem Acker, aber 85% auf der Straße. Mit zunehmenden Entfernungen muss man sich Gedanken über andere Systeme des Transportes als Alternative zu konventionellen Transportmethoden machen. Hierfür nachfolgend einige Verfahren anhand von positiven Merkmalen und negativen Aspekten erläutert.

### 2.1 1-phasige Verfahren

positive Merkmale	negative Aspekte
<p><b>2.1.1 Traditionell mit Traktoren</b>                      Traktoren mit Häckselwagen 2- od. 3-achsige mit 30 – 45 m<sup>3</sup>                      direkter Transport zur Silomiete</p> 	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vorherrschende 1-phasige Methode</li> <li>• arbeitswirtschaftlich und ökonomisch sinnvollste Lösung bei kurzen Transportentfernungen</li> <li>• relativ kostengünstig</li> <li>• hohe Flexibilität auch für unterschiedliche Güter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probleme liegen in der Akzeptanz in der Öffentlichkeit</li> <li>• Verschmutzungen der Straßen</li> <li>• Lärmbelästigung durch laute Traktoren bzw. Traktorreifen</li> <li>• wirtschaftlich problematisch ab 5 – 15 km Transportentfernung je nach Bedingung</li> <li>• Reifenverschleiß höher als LKW-Reifen</li> </ul>
<p><b>2.1.2 Agrar-LKW</b>                      Traditionelle Ernte mit Abtransport durch LKW 3- od. 4-achsige als Basisfahrzeug und Aufbauten 35 – 45 m<sup>3</sup> mit Agrarbereitung oder LKW-ähnliches Sonderfahrzeug direkt zur Silomiete</p>  	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökonomisch, da 1-phasiges Verfahren</li> <li>• Agrarbereitung mit Reifendruckregelanlage sorgt für größtmögliche Bodenschonung</li> <li>• Verwendung von Serien-LKWs mit Häckselwagenaufbau</li> <li>• Einsetzbar für Nah- und „Fern“-Bereich</li> <li>• Hohe Flexibilität für unterschiedliche Güter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Lösung gegen Straßenverschmutzung, da der LKW auch auf dem Acker fährt</li> <li>• LKW-Transport zieht ggf. Lenkzeitbeschränkungen und Sonntagsfahrverbot nach sich</li> <li>• Transportvolumen begrenzt</li> <li>• Anschaffungskosten relativ hoch, als Sonderfahrzeug schwer kalkulierbar</li> <li>• Reifenverschleiß und Kraftstoffverbrauch relativ hoch</li> </ul>

## 2.2 1- oder 2-phasige Verfahren

positive Merkmale	negative Aspekte
<p><b>2.2.1 Traktoren mit Dolly-Auflieger (1- oder 2-achsig)</b>                      Traditionelle Ernte mit Abtransport durch Dolly-Auflieger direkt zur Silomiete oder Umsatteln am Feldrand für LKWs</p>	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-phasiges Verfahren direkt zur Silomiete</li> <li>• 2-phasiges Verfahren möglich durch Umsatteln des Aufliegers auf LKW-Zugmaschine</li> <li>• Straßentransport kann optimal gestaltet werden</li> <li>• Je nach Entfernung mit Traktor oder LKW</li> <li>• Hohes Ladevolumen 50 – 70 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umhängen ist zeitaufwendig und benötigt geeignete Fläche</li> <li>• Gefahr von Bodenverdichtungen bei ungeeigneter Bereifung. Nur sinnvoll mit Reifendruckregelanlage</li> <li>• Verschmutzung von Verkehrswegen, wenn Gespann auch im Feld befüllt wird</li> <li>• Verhältnis Nutzlast-Gesamtgewicht zu schlecht bei Traktoren</li> <li>• Einsatz in Hanglagen sehr begrenzt (Abdrift)</li> </ul>
<p><b>2.2.2 Überladewagen am Traktor</b>                      Traditionelle Ernte mit Überladewagen 35 – 45 m<sup>3</sup> angehängt am Schlepper direkt zur Silomiete oder zur weiteren Überladung auf LKW</p>	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-phasiges Verfahren als direkten Transport zur Silomiete</li> <li>• 2-phasiges Verfahren mit Überladung; sehr flexibel einsetzbar</li> <li>• Überladen für Straßentransport kann optimal gestaltet werden</li> <li>• 2 Überladefahrzeuge reichen aus, da nur kurze Entfernungen (zum Feldrand) gefahren werden</li> <li>• Einsetzbar für unterschiedliche Erntegüter bis hin zu Hackschnitzel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überladeleistung z.Z. zu gering; ca. 4-5 min.</li> <li>• Entleerungszeiten bei unterschiedlichen Gütern (Gras, Ganzpflanzen, Mais, etc.) stark schwankend</li> <li>• Keine Überlademöglichkeit zum LKW auf der Straße, da zu geringe Höhe und zu geringe Reichweite</li> <li>• Lockere Schüttung benötigt zu viel Volumen</li> <li>• Eigengewicht des Überladewagens ca. 2 t. höher</li> <li>• Hoher Kraftbedarf min. 250 PS</li> <li>• Mehrkosten gegenüber klassischem Häckselwagen</li> </ul>
<p><b>2.2.3 SF Überladewagen als Sonderfahrzeug</b>                      Traditionelle Ernte mit selbstfahrendem Überladewagen ca. 40 – 45 m<sup>3</sup> direkt zur Silomiete oder zur Überladung auf LKWs</p>	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-phasiges Verfahren zur direkten Silobeschickung</li> <li>• 2-phasiges Verfahren zur Überladung am Feldrand auf LKWs</li> <li>• SFH als Standard-Häcksler bleibt erhalten</li> <li>• Geländegängig auch bei nassen Bedingungen, Allradantrieb</li> <li>• 2 SF-Fahrzeuge reichen meist aus</li> <li>• Geringe Fahrzeugkosten, da meist aus Gebrauchsmaschinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LKW-Beladung nur direkt am Feldrand (ohne Gräben) möglich</li> <li>• Überladekapazität teilweise begrenzt - zu lange Entleerzeiten abhängig vom Volumen</li> <li>• Rangierzeiten für exakte Heckentleerung zu lange</li> <li>• Überladehöhe begrenzt und zu geringe Reichweite</li> <li>• Lockere Schüttung benötigt zu viel Volumen</li> <li>• Kurze Entfernungen heißt direkt zur Silomiete (Achtung: Straßenverschmutzung)</li> <li>• Geeignet zur Überladung in überwiegend ebenem Gelände</li> </ul>

## 2.3 2-phasige Verfahren

positive Merkmale	negative Aspekte
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 70%;"> <p><b>2.3.1 Bunkersysteme für Seiten- od. Heckentleerung</b>                      Ernte durch Bunkerhäcksler mit festem Bunker / Container zur Überladung auf traditionelle Fahrzeuge / LKW während der Fahrt oder am Feldrand</p> </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  </div> </div>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-phasiges Verfahren mit Bunker</li> <li>• Überladen während der Fahrt durch Seitenüberladung möglich; Non-Stop-Verfahren</li> <li>• Keine Rangier- und Stehzeiten</li> <li>• Keine Straßenverschmutzung beim Überladen am Feldrand</li> <li>• Bodendruck reduziert bei Soloernte durch Spurversatz</li> <li>• Einsparung von einem Transportfahrzeug auf dem Feld</li> <li>• Einsatz ggf. von Wechselcontainer</li> <li>• Geringer Personalbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Lösung gegen Straßenverschmutzung bei Überladen während der Fahrt</li> <li>• Kratzboden: Schüttung zu locker, schlecht dosierbar</li> <li>• Bunker zu klein, max. 35 m<sup>3</sup> passt nicht für 45 m<sup>3</sup> Transportfahrzeug</li> <li>• Überladehöhe bei 4,30 – 4,50 m begrenzt</li> <li>• Mangelnde Standfestigkeit in Hanglagen</li> <li>• Ökonomie: Zu teuer</li> <li>• Spezialmaschine mit 2 nicht trennbaren Funktionen; Probleme beim Wiederverkauf</li> </ul>
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 70%;"> <p><b>2.3.2 Bunkersysteme mit LKW-Auflieger</b>                      Ernte durch Häcksler mit fester Sattelplatte für Auflieger zum Umsatteln auf LKWs für Straßenfahrt</p> </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  </div> </div>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-phasiges Verfahren mit Umsatteln</li> <li>• Hohes Ladevolumen bis 70 m<sup>3</sup></li> <li>• Günstige Transportfahrzeug Verwendung von Alu-Auflieger</li> <li>• Ermöglicht LKW-Transport für weite Entfernungen</li> <li>• Hohe Ökonomie durch günstigen Abtransport</li> <li>• LKW-Reifen mit geringem Verschleiß</li> <li>• Geringer Personalbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Lösung gegen Straßenverschmutzung beim Umsatteln</li> <li>• Befahrbarkeit nur auf tragfähigen Boden (Bodendruck !)</li> <li>• Umsatteln nur am Feldrand od. festen Plätzen, zeitaufwendig</li> <li>• Einsatz überwiegend in ebenem Gelände möglich</li> <li>• Einsatz in Hanglagen nur begrenzt (Abdrift)</li> <li>• Einsatz unter nassen Bedingungen begrenzt</li> <li>• Spezialmaschine mit trennbaren Funktionen, ggf. Probleme beim Wiederverkauf</li> </ul>
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 70%;"> <p><b>2.3.3 Anhänger-Überladewagen</b>                      Ernte mit Überladebunker 30 m<sup>3</sup> angehängt am Häcksler zur Überladung am Feldrand oder im Non-Stop-Verfahren</p> </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  </div> </div>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-phasiges Verfahren mit Zwischenbunker</li> <li>• Straßentransport kann mit Häckselwagen gestaltet werden</li> <li>• SFH bleibt als Standard-Häcksler erhalten, kein Spezial-Häcksler</li> <li>• Non-Stop Verfahren bei angehängtem Bunker</li> <li>• Höhere Flächenleistung</li> <li>• Einsparung von Personal und Fahrzeugen</li> <li>• Hohe Flexibilität da der Bunker jederzeit ab- oder angehängt werden kann</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überladekapazität (35 m<sup>3</sup>) zu gering - zu lange Entleerzeiten (4- 5 min)</li> <li>• Keine Überlademöglichkeit auf LKW auf der Straße, da zu geringe Höhe und zu geringe Reichweite</li> <li>• Lockere Schüttung benötigt zu viel Volumen</li> <li>• Für kurze Entfernungen kann nicht direkt zum Silo gefahren werden</li> <li>• Geeignet zur Überladung nur in ebenem Gelände</li> </ul>

## 2.4 3-phasige Verfahren

positive Merkmale	negative Aspekte
<p><b>2.4.1 SF Überlader als Sonderfahrzeug</b>                      Traditionelle Ernte mit Überladung durch NaWaRo-Maus mit Aufnahmetisch für Zwischenlager vom Boden oder in einen Kippbunker</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-phasiges Verfahren</li> <li>• SFH als Standard-Häcksler bleibt erhalten</li> <li>• Extrem flexibel, System unter allen Bedingungen einsetzbar</li> <li>• Ernte mit 2-3 Häckselwagen, paralleles Entleeren in die Aufnahme möglich; Ladeleistung von 200 t/h möglich</li> <li>• Ideal für LKW-Überladung am Straßenrand</li> <li>• Keine Straßenverschmutzung</li> <li>• Überladehöhe 6 m</li> <li>• Überladeweite bis 13 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusätzlicher Personalbedarf (Maus-Fahrer)</li> <li>• Sondermaschine: Rentabilität bei Gebrauchsmaschine</li> <li>• Lockere Schüttung benötigt zu viel Volumen</li> <li>• Für kurze Entfernungen wird direkt vom Feld zum Silo gefahren ohne Überladestation, ohne LKW</li> <li>• Zur Zeit nur als Gebrauchsmaschine (Anschaffung für Neumaschine zu hoch)</li> <li>• Zwischenlager muss bei NAWARO-Maus mit Maismiete in max. 6 h geräumt sein</li> <li>• Gute Lösung gegen Straßenverschmutzung</li> </ul>
<p><b>2.4.2 Häckselwagen, Zwischenlager, LKW-Transport</b>                      Traditionelle Ernte mit Zwischenlager (Platte) und Befüllung von LKWs über Radlader oder Bagger</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-phasiges Verfahren mit Zwischenlager</li> <li>• Kombination aus traditioneller Ernte mit LKW-Weitertransport</li> <li>• Flexibel einsetzbar für nah und fern</li> <li>• Kostengünstig: Traktoren auf dem Acker, Radlader oder Bagger am Zwischenlager und LKW mit Auflieger auf der Straße</li> <li>• Hohe Flexibilität, nur bei weiten Entfernungen mit dem LKW</li> <li>• Hohe Schlagkraft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusätzlicher Personalbedarf (Fahrer)</li> <li>• Zusätzlicher Arbeitsgang (Kosten für Bagger oder Radlader)</li> <li>• Lockere Schüttung benötigt zu viel Volumen</li> <li>• Zwischenlager mit vorbereitet sein am Betrieb oder am Feld Voraussetzung befestigte Platte / Teerfläche</li> <li>• Zwischenlager muss in max. 6 h geräumt sein</li> <li>• Gute Lösung gegen Straßenverschmutzung</li> <li>• Abstimmung der Gesamtkette muss passen</li> </ul>
<p><b>2.4.3 Häckselwagen, Überladestation. LKW-Transport</b>                      Traditionelle Ernte mit Überladestation an befestigtem Platz zur Beladung von LKWs</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-phasig mit Überladung</li> <li>• Kombination aus traditioneller Ernte mit LKW-Weitertransport</li> <li>• Flexibel einsetzbar für nah und fern</li> <li>• Kostengünstig: Traktoren auf dem Acker, LKW auf der Straße</li> <li>• Gut planbar, nur bei weiten Entfernungen mit dem LKW</li> <li>• Günstige Alternative zum Überladewagen; 2 Fahrzeuge für den Feldtransport reichen durch die kurzen Entfernungen aus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ernteleistung wird durch Überladeband begrenzt</li> <li>• Umsetzten mit zusätzlichem Fahrzeug / Personal</li> <li>• Lockere Schüttung benötigt zu viel Volumen</li> <li>• Umschlagsplatz am Betrieb oder am Feld notwendig; Voraussetzung befestigte Platte / Teerfläche</li> <li>• Zusatzkosten für Überladestation / -band</li> <li>• Personal und Traktor für das Umsetzten zwingend notwendig</li> <li>• Gute Lösung gegen Straßenverschmutzung</li> </ul>



### 3 Bewertung nach bestimmten Einflussfaktoren

Verfahren	Fruchtart		Hof-Feld-Entfernung		Schlaggröße			Geländebedingung		Boden-Befahrbarkeit			Personal für Ernte + Transport					
	Silomais	Ko.mais, CCIII, LKS	Gras, GPS, Luzerne	nah < 2 km	mittel bis 5 km	weit > 5 km	< 2ha	2 - 5 ha	> 10 ha	flach	kuppelt	hängig	trocken	leicht	nass	gering 2/3 Pers.	mittel 3/4 Pers.	hoch 4/7 Pers.
2.1.1 Traktor + Häckselwagen	+++	++	+/-	+++	+/-	..	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+/-	..		X	
2.1.2 LKW m. Breitreifen /Agrar-LKW	+++	++	+/-	++	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++		X	
2.2.1 Traktoren mit Dolly-Auflieger	+++	++	+/-	..	+++	+++	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+/-	+++		X	
2.3.1 Bunkersyst. Seitenteilerung	+/-	+++	+/-	+/-	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	X		
2.3.2 Bunkersyst. LKW-Auflieger	+++	+++	+/-	+++	+++	+++	..	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	X		
2.2.2 Überladewagen am Traktor	+++	+++	..	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			X
2.3.3 Anhänger-Überladewagen	+++	+++	..	+++	+++	+++	+/-	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	X		
2.2.3 SF Überladewagen	+++	+++	..	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			X
2.4.1 SF Überlader als Sonderfahrzeug	+++	+++	..	+++	+++	+++	..	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			X
2.4.2 Häckselw.+Zwischlag.+LKW-Transp.	+++	+++	+/-	+++	+++	+++	.	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			X
2.4.3 Häckselw.+ÜL-Station+LKW-Transp.	+++	+++	+/-	+++	+++	+++	.	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			X

Legende
+++ sehr günstig
++ günstig / gut
+/- neutral
.. ungünstig
.. sehr ungünstig

Die objektive Bewertung nach bestimmten Maßgaben wie Funktionalität und Abstimmungshemmnissen der Verfahren untereinander bzw. deren Einbindung gegenseitig ist für eine erste Beurteilung von großer Wichtigkeit. Möchte man nun für den eigenen Betrieb bzw. den Kundenkreis genauere Analysen durchführen, ob nun das eine oder das andere System in Frage käme, sind weitere, wichtige Einflussfaktoren zu beachten. Hierbei gilt neben dem Augenmerk, was gerntet wird (Feldfrucht) auch, wo das jeweilige Feld anzutreffen ist (Hof-Feld-Entfernung) sowie die Geländeausformung. Dies und auch die Befahrbarkeit haben Einfluss auf die Schlagkraft als einem wichtigen Entscheidungskriterium für oder gegen ein Verfahren. So ist das klassische System (1.) bei kurzen Feld-Hof-Entfernungen zu bevorzugen wohingegen es bei nassen Bodenverhältnissen von Nachteil ist. Aus diesem Grund dient nachfolgende Tabelle dazu, sich eine weitere Einschätzung bestimmter Verfahren zu Recht zu legen. Die Beurteilung erfolgte auch hier nach objektiven Einschätzungen, die im Einzelfall natürlich zu anderen Ergebnissen führen kann.

## 4 Grenzen der klassischen Logistik in der Silageernte

### 4.1 Hohe Kosten bei langen Transportwegen

Je größer die Transportentfernung desto größer die Kostenunterschiede unterschiedlicher Transportkapazitäten. Als Grundsatz hier gilt, möglichst viel Masse möglichst effizient zu transportieren. Die Effizienz einzelner Verfahren hierbei ändert sich mit sich ändernden Einsatzbedingungen. Einzelne Verfahren müssen zwar den vorhandenen Erfordernissen angepasst sein, jedoch nicht kompromisslos.

### 4.2 Bodenverdichtung

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Kombination von Fahren im Feld und auf der Straße mit unterschiedlichen Ansprüchen an die Bereifung verbunden ist. Der Kompromiss hier ist zu suchen zwischen breiten Reifen bei niedrigem Luftdruck und Reifen für hohe Geschwindigkeiten bei hohem Luftdruck. Hoher Luftdruck bedeutet auf der einen Seite hohe Traglast der Reifen, aber auch hohen Bodendruck! Entweder getrennte Erntesysteme (Feld – Straße) oder sich schnell anpassende Reifennendrucke wären hier das Bindeglied.

### 4.3 Straßenverkehr

Bei großvolumigen Transportanhängern besteht die Gefahr, dass das zulässige Gesamtgewicht bzw. die Nutzlast schneller überschritten wird. Ergänzend hierfür gilt das Geheft des AID „landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr“ (ISBN 3-89661-896-5). Verschmutzung von öffentlichen Straßen mit Transportfahrzeugen, die im Feld beladen werden stellen ein Risiko dar und sollten sehr kritisch beurteilt werden.

### 4.4 Substratverschmutzung

Beim Entladen des Gespannes auf dem Fahrsilo kann die Silage durch Erdanhang an Reifen und Fahrzeug verschmutzt werden. Die Folgen wären hier eine Verschlechterung der Qualität der Silage, welche gleichbedeutend in Tierfutter oder Biogasanlagenverwertung auf hohem Sauberkeitsniveau liegen muss.

## 5 Ökonomische Bewertung der verschiedenen Konzepte

Ø Feldgröße		2 ha
Ø Ertrag		40 t/ha
Einsatzdauer im Mais **		300 h
Hof-Feld Entfernung [km]		variabel
Ø km/h Straße	Traktor	25 km/h
	LKW und Mulde	35 km/h
	Agrar LKW	32 km/h
Dieselpreis		0,95 €/l
Ladevolumen	Ladewagen	40 m <sup>3</sup>
	Auflieger	60 m <sup>3</sup>
	Überladewagen	40 m <sup>3</sup>
Ø Durchsatzleistung	SFH	225 t/h
	FS	210 t/h
Anschaffungspreise		
Nutzungsdauer		
Dieselverbräuche		
** entspricht bei 5km Hof-Feld Entfernung	SFH	ca. 750 ha
	FS	ca. 620 ha

Eine rein statische Tabellenkalkulation zur Berechnung der Häcksel- und Transportkosten lässt eine erste wirtschaftliche Abschätzung und Bewertung der Verfahrensketten zu. Ziel sollte hier sein, die relative ökonomische Vorzüglichkeit einzelner Verfahren in Abhängigkeit der Feld-Hof-Entfernung zu beurteilen. Betrachtung der gesamten Verfahrenskosten bei Steigerung der Hof-Feldentfernung von 1 bis 50km.

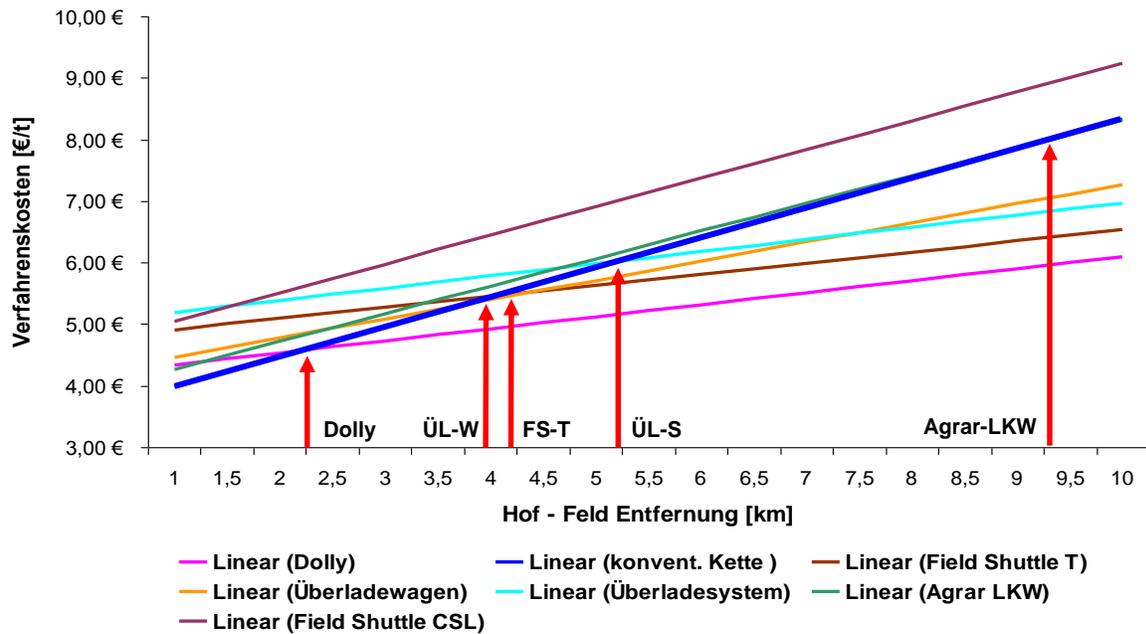
Alle Variablen sind Durchschnittswerte, die aus Praxisdaten berechnet wurden. In der Berechnung sind folgende Grunddaten vorausgesetzt:

Als Kalkulationsbasis galten weiterhin folgende Anschaffungspreise der einzelnen Glieder der Verfahrensketten:

<b>Selbstfahrhäcksler (SFH)</b>	<b>300.000 €</b>
<b>Traktor</b>	<b>90.000 €</b>
<b>Häckselwagen</b>	<b>42.000 €</b>
<b>Überladewagen</b>	<b>50.000 €</b>
<b>LKW</b>	<b>72.000 €</b>
<b>Aufliegemulde</b>	<b>48.000 €</b>
<b>Siga Nova (Dolly)</b>	<b>22.000 €</b>
<b>Agrar LKW</b>	<b>250.000 €</b>
<b>Überladesystem</b>	<b>75.000 €</b>
<b>SF-Häcksler mit Bunker (FS)</b>	<b>530.000 €</b>

Bei der nachfolgend dargestellten Bewertungen der verschiedenen Transportverfahren ist die Bezugslinie ist die konventionelle Erntekette (traditionelles Parallelverfahren = blaue Linie).

**Ausgangsdiagramm (linearisiert)**



Quelle:  
Diplomarbeit TU Berlin und CLAAS



<b>Kennung</b>	<b>Transportsystem</b>	<b>Verfahrensbeschreibung</b>
	2.2.1	= Traktoren mit Dolly-Auflieger (1- oder 2-achsig)
	2.2.2	= Überladewagen am Traktor
	2.3.1	= Bunkersysteme für Seiten- od. Heckentleerung
	2.1.1	= Traditionell mit Traktoren
	2.2.3	= SF Überladewagen als Sonderfahrzeug
	2.3.2	= Bunkersysteme mit LKW-Auflieger
	2.1.2	= Agrar-LKW

Die Verfahrenskosten-Schnittpunkte im Vergleich zur konventionellen Ernte mit parallel fahrendem Traktorengespann, hier gekennzeichnet mit roten Pfeilen, zeigen eine Überschneidung im Bereich über 2 km Hofentfernung bis hin zum Agrar-LKW, der sich am ca. 9 km Entfernung gegenüber dem konventionellen System rechnen kann.

In der Ergebnisübersicht dargestellt sind die Verfahrenskosten in €/t Frischmasse in Abhängigkeit der Hof-Feld-Entfernung. Es zeigt sich zwar auf der einen Seite die oben genannte Annahme, dass das klassische System mit Traktor und Transportanhänger bei naher Entfernung kostengünstiger darzustellen ist als andere Systeme, jedoch mit zunehmender Entfernung die Kosten pro t deutlich ansteigen (blaue Linie). Getrennte Systeme (Überladewagensysteme) zeigen zwar anfänglich relativ teure Produktionskosten, die mit zunehmender Entfernung weniger stark ansteigen als z. B. das konventionelle System. Grund hierfür dürfte vor allem sein, dass verhältnismäßig große Mengen schnell auf der Straße transportiert werden können.

## 6 Fazit

Neben dem klassischen Parallelfahrssystem mit Häckselwagen wurden mittlerweile eine Reihe von unterschiedlichen Systemen für Transport und Überladung entwickelt. Auch wenn die Kosten klar aufgedeckt werden können, gibt es in der Praxis Gründe, warum sich nur das eine oder andere System heraus kristallisiert hat. Dies mag in der Infrastruktur oder Topografie begründet sein, oder aber auch an der innerbetrieblichen Organisation. Ebenso können Witterungseinflüsse ein maßgebliches k.o.-Kriterium sein, warum sich ein vordergründig günstigeres Verfahren nicht durchsetzen kann. Daher muss immer für den jeweiligen Betrieb die individuelle Lösung gefunden werden. Die angegebenen Systemkosten können nur eine Hilfestellung bei der Entscheidung sein, sollten aber keinesfalls ein Entscheidungsgrund sein.

## 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)

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bayreuth, Pfaffenhofen und Schwandorf**
- **Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.**
- **Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten**
- **Hochschule Weihenstephan-Triesdorf**
- **Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **EBA-Zentrum Triesdorf**
- **Firma Claas**
- **Fachverband Biogas**
- **Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung**
- **Landwirtschaftliche Lehranstalten des Bezirkes Oberfranken**
- **Kuratorium Bayerischer Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V.**
- **Regens Wagner Stiftung**



**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)