

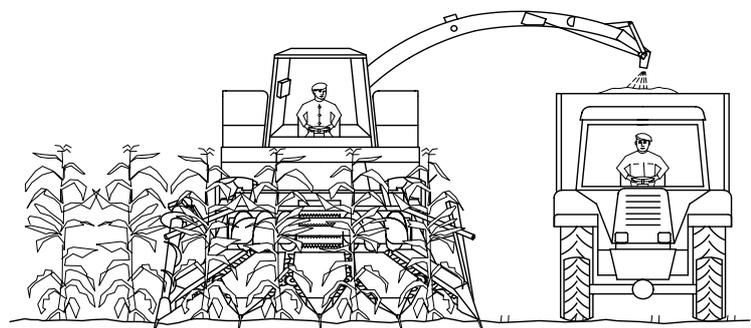


**LfL**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

## NawaRo-Transport

**Konzepte zur Reduzierung der Kosten  
beim Transport von nachwachsenden  
Rohstoffen für Biogasanlagen**



**LfL-Information**

**Impressum:**

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

Redaktion: Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und  
Agrarinformatik  
Menzinger Straße 54, 80638 München  
E-Mail: [Agraroeconomie@LfL.bayern.de](mailto:Agraroeconomie@LfL.bayern.de)  
Tel.: 089/17800-111  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising-Weihenstephan  
E-Mail: [ILT@LfL.bayern.de](mailto:ILT@LfL.bayern.de)  
Tel.: 08161/71-3450

1. Auflage November / 2007

Druck: Lerchl Druck, 85354 Freising

Schutzgebühr: 1,00 €

© LfL



# **Konzepte zur Reduzierung der Kosten beim Transport von nachwachsenden Rohstoffen für Biogasanlagen**

**Dipl.-Ing.(FH) Hans Mitterleitner**

**Dipl.-Ing.(FH) Andreas Schilcher**

**Dr. Markus Demmel**

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		Seite
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Der Einfluss der Transportkosten auf die Rentabilität der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe</b> .....	<b>5</b>
2.1	Ermittlung der Transportkosten unter unterschiedlichen Voraussetzungen .....	5
2.2	Bewertung der Verfahren mit Gespannen Schlepper + Häckselguttransportanhänger .....	7
<b>3</b>	<b>Folgerungen – alternative Konzepte</b> .....	<b>9</b>
3.1	Schwachstellen beim Transport vom Feld bis zur Biogasanlage mit kombiniertem Feld-Straßen-Transport.....	9
3.1.1	Bodenverdichtung .....	9
3.1.2	Einhaltung der Nutzlast.....	9
3.1.3	Straßenverschmutzung .....	9
3.1.4	Futtermverschmutzung.....	10
3.2	Einfluss der Transportkosten auf die Rentabilität der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe mit getrenntem Feld-Straßen-Transport, Vergleichsrechnung .....	10
<b>4</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>11</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....		<b>12</b>

# 1 Einleitung

Die Erzeugung von Biogas mit nachwachsenden Rohstoffen hat in den letzten Jahren in Bayern, aufgrund der Novellierung des EEG im Jahr 2004, stark zugenommen. Auch bei der durchschnittlichen installierten elektrischen Leistung je Biogasanlage - in Bayern im Schnitt 190 kW<sub>el.</sub> - ist eine ähnliche Entwicklung festzustellen. Rund 80 % dieser Anlagen, das hat im Jahr 2006 eine vom Institut für Agrarökonomie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführte Umfrage ergeben, setzen Wirtschaftsdünger und nachwachsende Rohstoffe ein. Unterstellt man, dass im Durchschnitt der eingesetzten Silagen je 10 Tonnen Frischmasse ca. 0,50 kW<sub>el.</sub> (186,6 Nm<sup>3</sup>, 52,7 % CH<sub>4</sub>, 38 % el. Wirkungsgrad, 7.500 Laufzeit BHKW) installiert werden können und unterstellt man weiterhin ca. 13 % TM-Verlust auf dem Weg von der Ernte bis hin zur fertigen Maissilage, so muss eine 200 kW<sub>el.</sub> Anlage jährlich rund 4.600 Tonnen Frischmasse zur Anlage transportieren und rund 3.000 m<sup>3</sup> Gärrest ausbringen. Bei einer 500 kW<sub>el.</sub> Anlage sind es bereits rund 11.500 Tonnen Frischmasse-transport und rund 7.700 m<sup>3</sup> Gärrestausbringung. Zum Vergleich: Ein Betrieb mit 60 Milchkühen einschließlich Nachzucht hat jährlich etwa 1.100 Tonnen Frischmasse Grundfutter und 2.000 m<sup>3</sup> Gärrest zu transportieren.

## 2 Der Einfluss der Transportkosten auf die Rentabilität der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe

### 2.1 Ermittlung der Transportkosten unter unterschiedlichen Voraussetzungen

Die in der Einleitung dargestellte Transportmengenrechnung lässt erahnen, dass die Rentabilität von Biogasanlagen auf NawaRo-Basis, und das ist der überwiegende Teil der betriebenen Anlagen, erheblich empfindlicher auf Änderungen des Kostenfaktors „Futter“ reagiert, als beispielsweise spezialisierte Futterbaubetriebe mit Milchviehhaltung. Die Bedeutung des Einflusses der Transportkosten auf die Substratkosten frei Silo wird zwar durchwegs erkannt, aber in ihrer Dimension leider oft unterschätzt. Je nach Hof-Feld-Entfernung können sich Transportkostenanteile an den Substratkosten frei Silo von über 30 % ergeben.

Nachfolgende Ausführungen sollen zeigen, in welchem Maße die Transportkosten von der Transportentfernung abhängen.

Da die Maissilage als die sogenannte Leitfrucht der NawaRo-Biogasanlagen bezeichnet wird, bezieht sich die Modellrechnung aus diesem Grund allein auf die Transportkosten von Silomais vom Feld bis zum Silo, kann aber genauso mit angepassten Werten auch auf Grassilage und Getreideganzpflanzensilage adaptiert werden.

Stellvertretend für eine Vielzahl von Transportvarianten werden in der Modellrechnung zunächst die zwei in der Praxis überwiegend eingesetzten Transportgespanne betrachtet. Zum einen **Transportgespann A, bestehend aus Schlepper und Häckselguttransportwagen mit 25 m<sup>3</sup> Nutzvolumen** und zum anderen **Transportgespann B mit 40 m<sup>3</sup> Nutzvolumen**. In Tab. 1 sind die für die Berechnung notwendige Daten zusammengestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit beider Varianten bezüglich der variablen und festen Kosten, sind die Kosten für Schlepper und Transporteinheit den aktuellen Verrechnungssatz-Vorschlägen des KBM entnommen, allerdings **ohne Berücksichtigung der Mehrwertsteuer**. Für die Verrechnung der Lohnkosten werden 11,0 €/AKh angesetzt. Aus den Annahmen errechnen

sich Kosten für Transportgespann A inklusive Diesel und Lohn in Höhe von rund 56 € und für Transportgespann B Kosten in Höhe von 68 € je Stunde.

Tab. 1: Grunddaten zur Berechnung der Transportkosten

		Transportgespann A	Transportgespann B	Transportgespann C
Erntemenge	t/ha	50		
Leistung Feldhäcksler	t FM/h	81		
Standardtraktor mit Allradantrieb	kW	103	154	154
MR-Satz Schlepper ohne Diesel netto	€/h	18,00	26,00	26,00
Verbrauch Diesel	l/h	18,40	20,72	20,72
Agrardieselpreis netto	€/l	0,868	0,868	0,868
Häckselguttransportwagen	m <sup>3</sup>	25	40	55
zulässiges Gesamtgewicht	t	18	20	21
MR-Satz Häckselguttransportwagen netto	€/h	11	13	15
Lohnkosten/Lohnansatz	€/h	11	11	11
Raumgewicht Silomais	t/m <sup>3</sup>	0,35	0,35	0,35
Befüllleistung Feldhäcksler	m <sup>3</sup> /min	4,50	4,50	4,50
Dauer Entladen	min	1,5	2,0	2,5

Des Weiteren wird unterstellt, dass der Feldhäcksler laufend mit Transportgespannen bedient wird, um unnötige Stillstandzeiten dieser teuersten Einheit der Erntekette zu vermeiden. Die Tabellen 2 und 3 zeigen die Transportkosten in € je Tonne Frischmasse beider Varianten in Abhängigkeit unterschiedlicher Transportentfernungen. Die Angabe der Transportentfernung ist auf die einfache Hof-Feld-Entfernung bezogen. Die Berechnungen ergeben, dass bei beiden Varianten die Transportkapazität des Transportgespannes in Tonne Frischmasse je Stunde bis zu 4 Kilometer noch sehr hoch ist, dann aber mit zunehmender Entfernung bis etwa 10 Kilometer stark nachlässt. Bei noch größeren Transportentfernungen fallen die Kapazitätsschwankungen jedoch wesentlich moderater aus.

Tab. 2: Berechnung der Transportkosten in Abhängigkeit der Hof-Feld-Entfernung für Transportgespann A (Schlepper + Häckselguttransportwagen 25 m<sup>3</sup>)

Hof-Feld-Entfernung einfach	km	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35
Nutzlast Transportgespann	t	8,75										
Dauer Beladung <sup>1)</sup>	min.	6,1										
Ø Transportgeschwindigkeit	km/h	30	30	35	35	40	40	42	42	42	42	42
Transportzeit Feld-Silo-Feld	min.	10,0	18,0	22,9	29,7	32,5	38,5	45,4	59,7	74,0	88,3	102,6
Gesamtzeit Transport <sup>2)</sup>	min.	17,6	25,6	30,5	37,3	40,1	46,1	53,0	67,3	81,6	95,9	110,2
Dieserverbrauch je Fahrt	l	5,4	7,8	9,3	11,4	12,3	14,1	16,3	20,6	25,0	29,4	33,8
Transportkapazität je Gespann	t FM/h	29,8	20,5	17,2	14,1	13,1	11,4	9,9	7,8	6,4	5,5	4,8
Kosten Transportgespann <sup>3)</sup>	€/Fahrt	16,4	23,9	28,4	34,8	37,4	43,0	49,5	62,8	76,1	89,4	102,8
Transportkosten	€/t FM	1,9	2,7	3,2	4,0	4,3	4,9	5,6	7,2	8,7	10,2	11,7
Transportkosten	€/ha	94	136	162	199	214	246	283	359	435	511	587
Notwendige Transportgespanne	Anzahl	4	5	6	8	8	9	11	13	16	19	21

Tab. 3: Berechnung der Transportkosten in Abhängigkeit der Hof-Feld-Entfernung für Transportgespann B (Schlepper + Häckselguttransportwagen 40 m<sup>3</sup>)

Hof-Feld-Entfernung ein-fach	km	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35
Nutzlast Transportgespann	t	14,0										
Dauer Beladung <sup>1)</sup>	min.	9,8										
Ø Transportgeschwindigkeit	km/h	30	30	35	35	40	40	42	42	42	42	42
Transportzeit Feld-Silo-Feld <sup>2)</sup>	min.	10,0	18,0	22,9	29,7	32,5	38,5	45,4	59,7	74,0	88,3	102,6
Gesamtzeit Transport <sup>3)</sup>	min.	21,8	29,8	34,6	41,5	44,3	50,3	57,2	71,5	85,8	100,1	114,3
Dieserverbrauch je Fahrt	l	7,5	10,3	12,0	14,3	15,3	17,4	19,7	24,7	29,6	34,5	39,5
Transportkapazität je Gespann	t FM/h	38,6	28,2	24,2	20,2	19,0	16,7	14,7	11,7	9,8	8,4	7,3
Kosten Transportgespann <sup>4)</sup>	€/Fahrt	24,7	33,7	39,2	47,0	50,2	57,0	64,8	81,0	97,2	113,4	129,6
Transportkosten	€/t FM	1,8	2,4	2,8	3,4	3,6	4,1	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2
Transportkosten	€/ha	88	120	140	168	179	203	231	289	347	405	463
Notwendige Transportgespanne	Anzahl	3	4	5	5	6	6	7	9	11	12	14

FM = Frischmasse

Fußnoten gelten für Tabelle 1 und 2:

1) Inklusiv 10 % Zeitzuschlag

2) Zusätzliche Unterstellung: Einfache Feldweglänge zur Straße: 500 m; Ø Transportgeschwindigkeit Feldweg: 15 km/h

3) Einschl. Dauer des Entladevorgangs

4) Schlepper, Fahrer und Häckselguttransportwagen

## 2.2 Bewertung der Verfahren mit Gespannen Schlepper + Häckselguttransportanhänger

Transportgespann A kann z. B. bis zu einer Transportentfernung von 2 Kilometern knapp 30 Tonnen und bei 10 Kilometer nur noch rund 13 Tonnen je Stunde Frischmasse vom Feld bis zum Silo transportieren. Das Transportgespann B ist, dank seines größeren Transportvolumens, in der Lage, bis zu 2 Kilometer 38 Tonnen und bei 10 Kilometer Entfernung dann noch ca. 19 Tonnen Frischmasse zu transportieren. Hieraus resultieren auch die enormen Schwankungen der Transportkosten bei zunehmender Entfernung. Das Transportgespann A mit der geringeren Transportkapazität ist lediglich bis zu einer Transportentfernung von 3 Kilometern mit Gespann B konkurrenzfähig. Bei größeren Entfernungen, das zeigt Abbildung 1 sehr deutlich, geht die Kostenschere zu Gunsten der größeren Transporteinheit immer weiter auseinander. Sind bei 2 Kilometer einfacher Transportentfernung bei beiden Varianten noch rund 2 Euro je Tonne Frischmasse Transportkosten aufzuwenden, so müssen bei 10 Kilometer Entfernung etwa 3,6 bis 4,3 Euro und bei 35 Kilometer zwischen rund 9 und 12 Euro in Ansatz gebracht werden. Noch deutlicher werden die Unterschiede, wenn man die Kosten je Hektar betrachtet. Hier können, unterstellt ist eine Transportmenge von 50 Tonnen Frischmasse je Hektar, die Gesamtkosten je nach Entfernung und Transportkapazität zwischen rund 90 Euro und 590 Euro je Hektar schwanken.

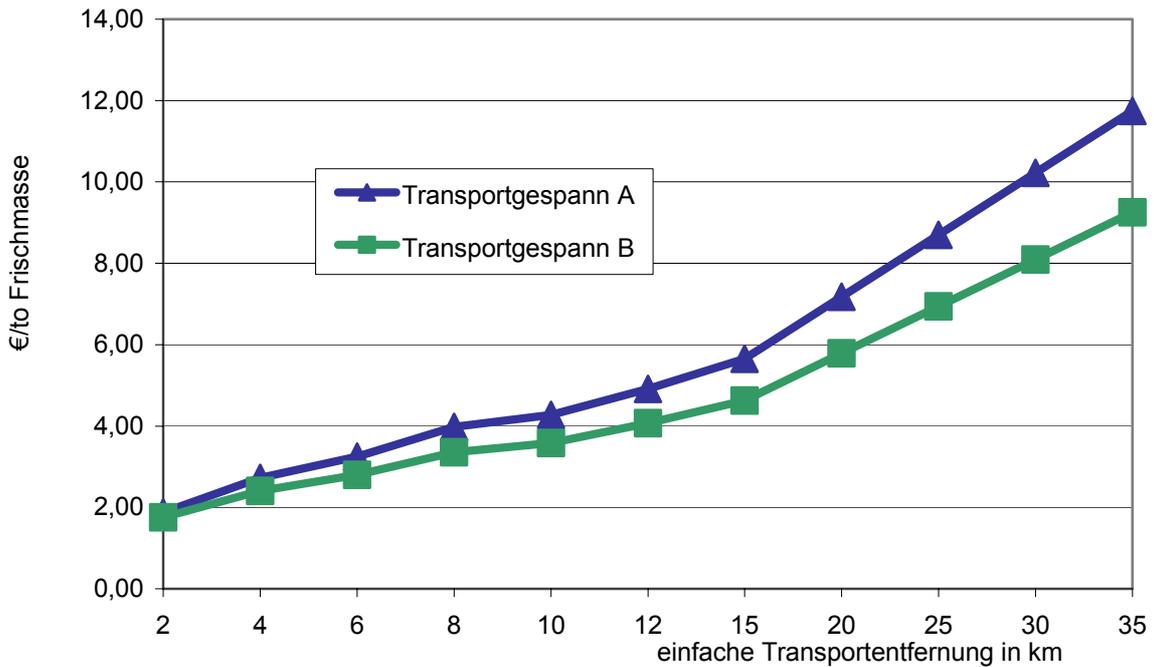


Abb. 1: Transportkostenvergleich zwischen den Transportgespannen A und B

Das **Raumgewicht von Silomais** auf Transportanhängern, das einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Transportkosten ausübt, soll an dieser Stelle näher betrachtet werden.

In unserer Kalkulationen ist ein Silomaisraumgewicht im Transportanhänger von 0,35 t je  $\text{m}^3$  bei einem TM-Gehalt von 32 % unterstellt. Wird beispielsweise ein in der Literatur oft verwendetes Raumgewicht von 0,30 t je  $\text{m}^3$  bei gleichem TM-Gehalt angenommen, so ist in Abbildung 2 eine Steigerung der Transportkosten um jeweils rund 17 % zu erkennen.

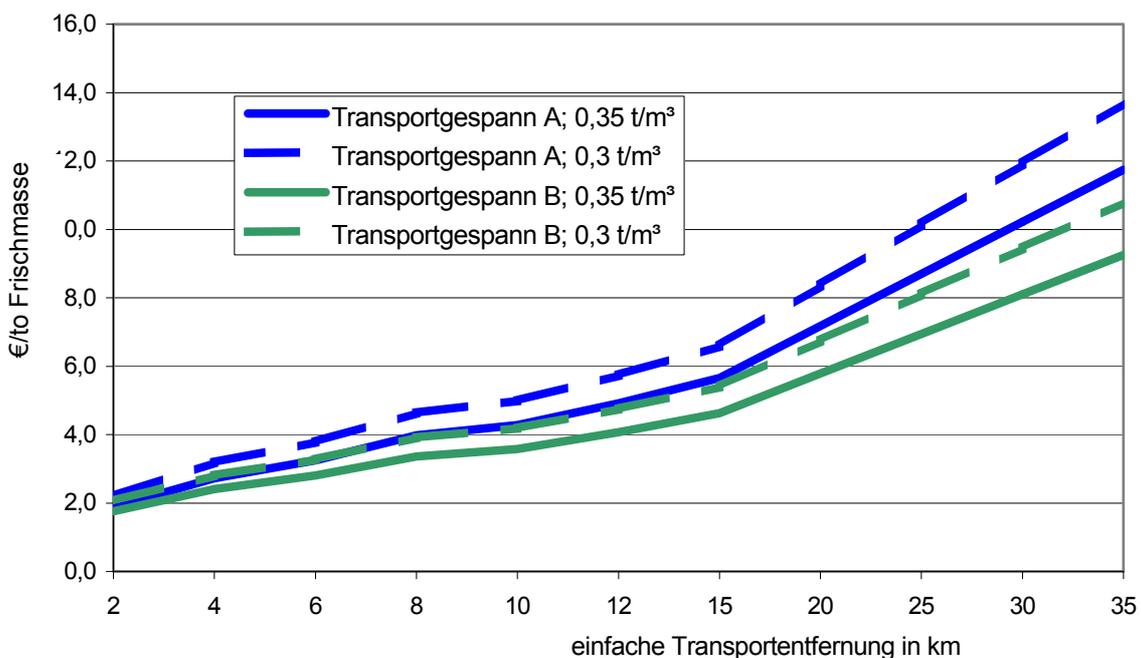


Abb. 2: Transportkostenvergleich zwischen Transportgespann A und B bei verändertem Raumgewicht

Beispiel:

Bei 10 km einfacher Transportentfernung und einer Reduzierung des Raumgewichtes von 0,35 auf 0,30 t je m<sup>3</sup> erhöhen sich bei Transportgespann A die Transportkosten je Tonne Frischmasse um 0,70 € und bei 20 km um 1,20 €. Bei Transportgespann B sind das analog 0,60 € bzw. 0,96 €.

### **3 Folgerungen – alternative Konzepte**

Mit der Tendenz zu immer größeren Biogasanlagen, in Mecklenburg-Vorpommern geht derzeit eine Anlage mit 40 x 500 kW an einer Stelle in Betrieb, spielt der Transport eine immer größere Rolle. Hierbei sind Transportentfernungen von bis über 50 km keine Seltenheit mehr. Es stellt sich die Frage nach der Organisation des NawaRo-Transportes immer deutlicher. Der konventionellen Transporttechnik mit Fahrzeugen mit 25 bzw. 40 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen sind hier, und dies zeigen auch die Berechnungen, Grenzen gesetzt. Schon bei 20 km Feldentfernung müssen bis zu 9 bzw. 13 Transportfahrzeuge bereitgestellt werden, um die Silomaisernnte ohne Zeitverlust durchführen zu können. Bei noch größeren Feldentfernungen mit entsprechend hohen Transportmengen sind alternative Transportverfahren in Erwägung zu ziehen. Vergleichend sollen hier zwei Varianten vorgestellt werden:

#### **3.1 Schwachstellen beim Transport vom Feld bis zur Biogasanlage mit kombiniertem Feld-Straßen-Transport.**

Dieses derzeit gängige Verfahren ist für kurze Entfernungen geeignet, zeigt aber auch hier Schwachstellen. Diese finden sich nicht nur im Bereich der Wirtschaftlichkeit sondern auch bei der Bodenschonung, den Nutzlasten, der Straßen- und Futtermverschmutzung.

##### **3.1.1 Bodenverdichtung**

Die Kombination von Fahren im Feld und auf der Straße ist mit unterschiedlichen Ansprüchen an die Bereifung verbunden. Um Bodenverdichtungen zu vermeiden sollten die Fahrzeuge mit für Feldfahrten geeigneten Reifen und angepasstem (niedrigem) Luftdruck eingesetzt werden. Für Straßenfahrten mit hohen Geschwindigkeiten sind höhere Luftdrücke erforderlich. Extreme Breitreifen sind wegen Fahrzeugüberbreite nicht möglich. Der Hochdruckstraßenreifen wäre optimal, seine Verwendung im Feld scheidet jedoch aus. Somit muss ein Kompromiss getroffen werden, der weder im Feld noch auf Straße eine optimale Lösung darstellt.

##### **3.1.2 Einhaltung der Nutzlast**

Bei großvolumigen Transportanhängern kann sehr feuchter Mais dazu führen, dass bei gefülltem Laderaum die Nutzlast und dadurch das zulässige Gesamtgewicht überschritten wird. Bei der Straßenfahrt stellt dies einen Verstoß gegen die Straßenverkehrszulassungsordnung dar. Zudem werden Fahrwerk, Bremsen und Reifen überlastet.

##### **3.1.3 Straßenverschmutzung**

Ein weiteres und nicht unerhebliches Problem stellt die Verschmutzung von öffentlichen Straßen mit Transportfahrzeugen dar, die im Feld beladen werden. Speziell auf schwereren und feuchten Böden verbleibt beim Verlassen des Feldes relativ viel Erde am Reifen, die erst nach dem Beschleunigen auf der Straße abgeworfen wird und dann ein nicht unerhebliches Risiko für den Straßenverkehr darstellen kann.

### 3.1.4 Futtermverschmutzung

Bei relativ kurzen Feldentfernungen kann aufgrund der oben genannten Zusammenhänge Schmutz mit in das Fahrсило gelangen, vor allem dann, wenn beim Entladen über das Fahrсило gefahren wird.

## 3.2 Einfluss der Transportkosten auf die Rentabilität der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe mit getrenntem Feld-Straßen-Transport, Vergleichsrechnung

Um den Bedürfnissen des minimalen Bodendruckes im Feld sowie eines optimierten Straßentransportes weitestgehend Rechnung zu tragen, ist es sinnvoll, die Arbeitsgänge zu trennen. Im Feld fahren dann entweder von Schleppern gezogene Überladewagen oder Selbstfahrer-Überladefahrzeuge neben dem Häcksler her. Diese Fahrzeug befüllen am Feldrand schleppergezogene Großraumwagen bzw. entsprechende LKW-Züge für den Straßentransport über weitere Entfernungen. Entsprechende Berechnungen zeigt Tab. 4.

Tab. 4: Berechnung der Transportkosten in Abhängigkeit der Hof-Feld-Entfernung für Überlade-Transportgespann C (getrenntes Verfahren)

Hof-Feld-Entfernung einfach	km	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35
<b>Straßentransport</b>												
Nutzlast Transportgespann	t	19,2										
Dauer Beladung am Feldrand <sup>1)</sup>	min.	9,7										
Ø Transportgeschwindigkeit	km/h	30	30	35	35	40	40	42	42	42	42	42
Gesamtzeit Transport	min.-	22,2	30,2	35,1	41,2	44,7	50,7	57,6	71,9	86,2	100,5	114,8
Dieserverbrauch je Fahrt	l	4,3	7,1	8,8	11,1	12,1	14,2	16,5	21,5	26,4	31,3	36,3
Transportkapazität je Gespann	t FM/h	52,0	38,2	32,9	27,5	25,8	22,8	20,0	16,1	13,4	11,5	10,1
Kosten Transportgespann	€/Fahrt	23,0	32,3	38,0	46,0	49,2	56,2	64,3	81,0	97,6	114,3	131,0
Kosten Straßentransport <sup>2)</sup>	€/t FM	1,2	1,7	2,0	2,4	2,6	2,9	3,3	4,2	5,1	5,9	6,8
Notwendige Transportgespanne	Anzahl	2	3	3	4	4	5	5	7	8	9	10
<b>Überladeeinheit</b>												
Nutzlast je Gespann	t FM	9,6										
Dauer Beladung	min.	6,7										
Transportzeit Feld-Feldrand-Feld	min.	3,0										
Dauer Entladung	min.	1,5										
Gesamtzeit Transport <sup>3)</sup>	min.	11,2										
Dieserverbrauch je Fahrt <sup>4)</sup>	l	2,2										
Kosten Überladegespann <sup>5)</sup>	€/Fahrt	9,8										
Kosten Überladen	€/t FM	1,0										
Gesamtkosten Transport	€/t FM	2,2	2,7	3,0	3,4	3,6	3,9	4,3	5,2	6,1	6,9	7,8
Gesamtkosten Transport	€/ha	111	135	149	170	179	197	218	261	304	348	391

1) Dauer des Überladens und Wartezeit auf den zweiten Überladewagen

2) Berechnungsgrundlage: Tabelle 1

3) Einschl. Dauer des Überladevorgangs

4) Dieserverbrauch Schlepper Überladeeinheit: 11,9 l/h

5) Schlepper, Fahrer und Großraum-Silagetransportwagen

Entsprechend der Straßenverkehrszulassungsordnung betragen die maximalen Zuggewichte 40 t. Anstelle spezieller Überladewagen im Feld wäre die Verwendung von standardmäßigen Silage-Transportanhängern (25 oder 30m<sup>3</sup> Volumen) in Verbindung mit einer speziellen Überladestation am Feldrand (ähnlich einem Verladegerät für Zuckerrüben mit Bunker) denkbar. Diese Variante würde eine Große Flexibilität ermöglichen, da bei hofnahen Lagen und kurzen Transportentfernungen die Schleppergespanne alleine eingesetzt werden können und die Überladestation von anderen Nutzern verwendet werden kann.

Abschließend sind die drei einzelnen Verfahren zur besseren Vergleichbarkeit in Abb. 3 zusammengefasst.

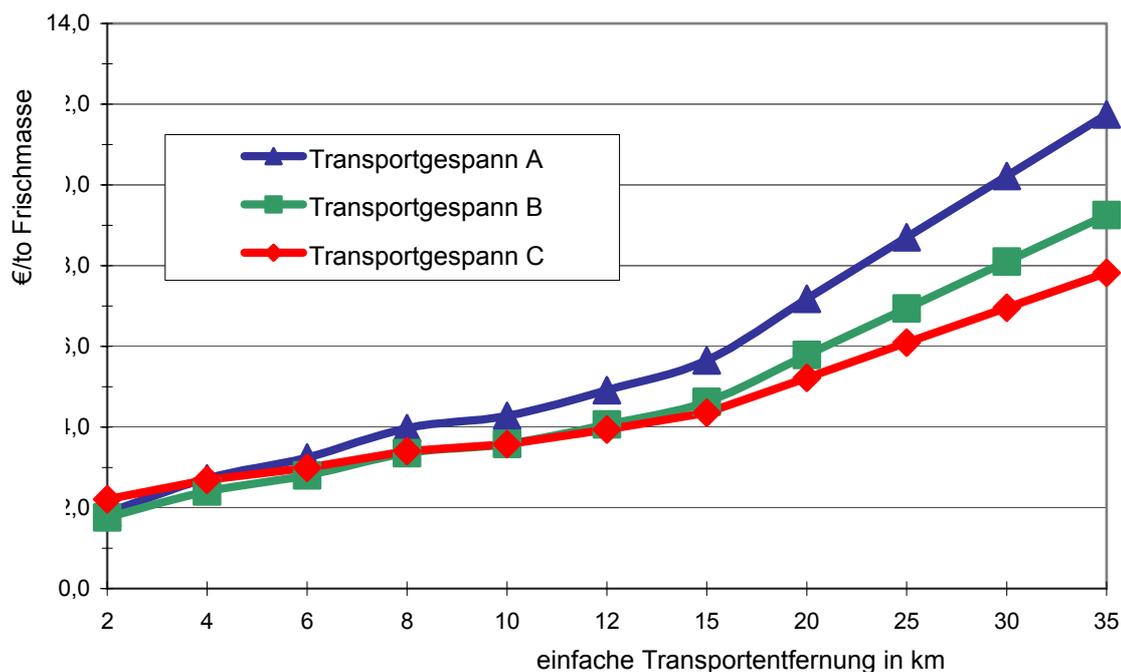


Abb. 3: Transportkostenvergleich zwischen Transportgespann A, B und C

Zwei Zusammenhänge fallen auf: Bei geringen Feldentfernungen unterscheiden sich die drei Verfahren nur gering. Je größer die Transportentfernung ist desto größer werden jedoch die Kostenunterschiede.

## 4 Fazit

Die Modellrechnung hat gezeigt, dass die Transportkosten für Biomasse und damit auch der Einkaufs- oder Verkaufspreis von Silomais frei Silo sehr stark von der Transportentfernung und der sich daraus ergebenden Transportkapazität beeinflusst werden. Je nach Kapazität der Transporteinheiten und Transportentfernungen zwischen 2 und 35 km können die Gesamtkosten zwischen 1,80 Euro/Tonne FM und rund 9,0 Euro/Tonne FM liegen.

Ergibt eine Tonne transportierter Silomais einen Gasertrag von 161,2 Nm<sup>3</sup> (um 13 % TM-Verlust bereinigt) mit einem Methangehalt von 52,3 %, so kann bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 38 % und einem Transformationsverlust von 1 % ca. 317 kWh Strom erzeugt werden. Setzt man die zuvor errechnete Spanne bei den Transportkosten an, so ergeben sich Kosten, bezogen auf den erzeugten Strom, zwischen 0,57 Cent/kWh und 2,84 Cent/kWh. Bei großen Transportentfernungen kann bei nicht angepasster Transporttechnik allein für die Transportkosten fast 50 % des NawaRo-Bonus aufgebraucht werden.

Kleinere Transporteinheiten sind gegenüber größeren Einheiten nur bei kürzeren Entfernungen bis etwa 3 km konkurrenzfähig. Bei größeren Entfernungen sind schlagkräftige große Transporteinheiten auf jeden Fall vorzuziehen. Für den Transport über sehr weite Entfernungen sind Verfahren mit hoher Ladekapazität mit entsprechender Transportgeschwindigkeit einzusetzen. Eventuell ist auch eine Vorverdichtung auf den Transportfahrzeugen zu prüfen. Denn, eins ist klar – hohe Transportkosten gehen auf Kosten des Verfahrens und reduzieren somit den Gewinn.

## Literaturverzeichnis

- [1] Feiler, H. und G. Weiß: Transportkosten von Silomais zur Biogasanlage. In: Schule und Beratung, Heft 7/2006, S. 1-6
- [2] Geringhausen, H.-G.: Wenn 1000 PS ernten – Anforderung an die Logistik beim Maishäckseln. In: Mais, 3/2007, 34. Jg., S. 94-96
- [3] Gruber, W.: Auf die Transportkosten achten – Hof-Feld-Entfernung beeinflusst die Wirtschaftlichkeit verschiedener Substrate. In: Mais erfolgreich erzeugen. Zeitschrift des DMK, S. 32-34
- [4] Horstmann, J.: Konzepte/Transportlogistik bei stark wachsenden Maisbeständen. In: Tagungsbericht Landtechnik für Profis 2007 „Ohne Landtechnik keine Bioenergie“, Magdeburg am 16./17.1.2007, S.107-114
- [5] Kowalewsky, H.-H.: Kräfteressen. In: joule, Heft 3, August 2007, S. 76-78
- [6] Schilcher, A. und H. Mitterleitner: „Zuviel Streckengeld“ - Einfluss Transportkosten auf Biogasrentabilität. In: Bayer. Landw. Wochenblatt, Heft 26 vom 29.06.07, S. 29
- [7] Schilcher, A. und H. Mitterleitner: Vergleich Transportsysteme. In: Bayer. Landw. Wochenblatt, Heft 28 vom 13.07.07, S. 30-32
- [8] Sedlmeier, J.: Transportkosten von Silomais zur Biogasanlage. In: RKL-Schrift; Manuskript zur Vortragstagung in Triesdorf am 5.12.2006
- [9] Keymer, U. und A. Schilcher: Wieviel dürfen Substrate – frei Fermenter – kosten? LfL-Information Biogas, November 2006, 4 Seiten
- [10] Schilcher, A. und U. Keymer: Was kosten Substrate frei Fermenter? LfL-Information Biogas, Oktober 2006, 4 Seiten
- [11] Toews, T. und F. Kuhlmann: Bremsen die Transportkosten große Biogasanlagen aus? In: Lohnunternehmen, Heft 9, Sept. 2007, 62. Jahrgg., S. 34-37