

„Stroh macht Strecke“: Zur Wirtschaftlichkeit der (über-)betrieblichen Logistik von C_{org}

Blumenstein, B.¹, Knebl, L.², Gattinger, A.², Brock, C.³, Wufka, A.⁴ & Möller, D.¹

Keywords: soil organic matter, straw manuring, logistics, economics, digestate

Abstract: Straw is an essential constituent of the carbon supply of agricultural soils. Straw-based carbon replacement strategies may display versatile effects on soil organic matter as well as costs, dependent on utilization and logistics. The economic analysis of different straw use strategies identifies straw leaving on the field as most cost efficient but with great potentials of carbon losses. The (intercorporate) use of straw and its return as manures, composts or digestates (MCD) to the field appears to be more cost-intensive. However, holistic analyses of monetary performances must incorporate yield effects, market benefits from straw processing (animal husbandry, biogas) as well as an enhanced C_{org} reproductive capacity of MCDs.

Einleitung und Zielsetzung

Neben dem klassischen Einsatz in der Tierhaltung findet Stroh mittlerweile verstärkt Eingang in lokale und (über-)regionale stoffliche oder energetische Nutzungspfade (vgl. Kaparaju et al. 2009, Halvarsson et al. 2010). Der Strohverbleib auf dem Feld, aber auch die Rückführung des Strohs etwa in Form von Mist, Gärresten oder Kompost stellen einen wichtigen Bestandteil der Kohlenstoffversorgung landwirtschaftlicher Böden dar (Möller 2009, Dannehl et al. 2017), auch und gerade in ökologischen Betriebssystemen. Auch bei überbetrieblicher Strohnutzung können so (über-)regionale Stoffkreisläufe realisiert werden.

Einerseits hat die Nutzungsform des Strohs großen Einfluss auf die Humus- und Nährstoffwirkung. Andererseits bedeuten unterschiedliche Nutzungsrichtungen abhängig von der Verkehrslage des Einzelbetriebs oder der Kooperationspartner sowie den realisierbaren Logistikalternativen höchst unterschiedliche ökonomische Implikationen. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, ausgewählte Strohnutzungsverfahren (C_{org}-Ersatzstrategien) auf Kostenbasis in Abhängigkeit von Mechanisierung und räumlicher Distanz auf ihre ökonomische Vorteilhaftigkeit hin zu vergleichen und dem „Humusnutzen“ im Sinne einer vereinfachten Nutzwertanalyse gegenüber zu stellen.

¹ Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Betriebswirtschaft, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen, D, blumenstein@uni-kassel.de, www.uni-kassel.de/agrar/bwl

² Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Organischen Landbau, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Karl-Glöckner-Str. 21 C, 35394 Gießen, D

³ Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise, Brandschneise 5, 64295 Darmstadt, D

⁴ Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Biomassekonversion und Wassertechnologie, Winterbergstraße 28, 01277 Dresden, D

Methoden

Die Kalkulationen erfolgten im Rahmen des Forschungsprojekts *SOMenergy - Gewährleistung einer ausreichenden Humusreproduktion bei der energetischen Nutzung von Getreidestroh für die Biogasproduktion*. Im interdisziplinären Austausch der Projektpartner wurden Verfahren der Strohnutzung/Humusersatzstrategien definiert und im Rahmen der ökonomischen Logistikkalkulationen die identifizierten Mengengerüste und Stofffrachten berücksichtigt. Als Verfahrensgruppen wurden die Strohabfuhr, der Strohverbleib auf dem Feld ohne/mit N-Zufuhr (*STR/STR+N*), die Strohvergärung ohne/mit Gärrestseparation (*GRflüssig/GRtrocken*), die Strohrückführung im Rottemist (*RM*) und Kompost, sowie der Strohransfer (Cut&Carry) berücksichtigt. Tabelle 1 spezifiziert einzelne für diesen Beitrag ausgewählte Verfahren, deren Besonderheiten im Folgenden näher beschrieben werden sollen. Das Verfahren *STR+N* unterstellt eine N-Ausgleichsdüngung von 111 kg N ha⁻¹ (Gärrestäquivalent) in Hühnertrockenkot. *GRf* bedeutet die Rückführung des gesamten Gärrests auf die Fläche, auf der das Stroh geerntet wurde (Geberfläche). Bei der Separation des Gärrests (*GRtr*) wird die Flüssigphase in der Nähe der Biogasanlage (BGA) ausgebracht (Nehmerfläche, 2 km Entfernung, Kosten der Separation: 3,50 € m⁻³), die Festphase auf die Geberfläche. *GRf-LKW* beinhaltet den Gärresttransport per Lastkraftwagen; bei der Strohnutzung als Einstreu wird zwischen der Rückführung des Rottemists zur Geberfläche (*RM-GF*) und stall-naher Applikation (2 km; *RM-NF*) unterschieden. Der Strohrtransport erfolgt als Quaderballen, lediglich *GRf-PT* berücksichtigt zur Reduzierung des Transportvolumens die Pelletierung des Strohs.

Tabelle 1: Ausgewählte Verfahren der Strohnutzung und -logistik

ID	Verfahrensbeschreibung
STR	Strohverbleib auf dem Feld ohne N-Ausgleichsdüngung
STR+N	Strohverbleib auf dem Feld mit N-Ausgleichsdüngung (Hühnertrockenkot)
GRf	Strohvergärung – Rückführung flüssiger Gärrest zur Geberfläche
GRtr	Strohvergärung – Gärrestseparation, Rückführung Festphase zur Geberfläche, Ausbringung Flüssigphase auf Nehmerfläche in BGA-Nähe
GRf-PT	Strohvergärung – Transport Strohpellets, Rückführung Gärrest zur Geberfläche
GRf-LKW	Strohvergärung – Rückführung Gärrest LKW zur Geberfläche
RM-GF	Rückführung als Rottemist zur Geberfläche
RM-NF	Ausbringung als Rottemist auf Nehmerfläche in Stallnähe

Den Berechnungen liegen standardisierte Kostenrechnungsmethoden (Arbeits erledigungskosten) und Mechanisierungsdaten (KTBL 2018) zugrunde, die einzelbetrieblich natürlich hinsichtlich Maschinenauslastung (Eigen- oder Fremdmechanisierung) bzw. –abnutzungsgrad (Preis, AfA) angepasst werden müssen. Die Kalkulationen unterstellen einen mittleren Mechanisierungsgrad (kW), eine Schlaggröße von 5 ha und einen durchschnittlichen Strohertrag von 7,5 t FM ha⁻¹.

Ergebnisse und Diskussion

Je nach Nutzungsform und räumlicher Distanz unterscheiden sich die gezeigten Verfahren aus betriebswirtschaftlicher Sicht deutlich (Abb. 1). Das Belassen des Stroh auf dem Feld (*STR*) verursacht entfernungsunabhängige Kosten von lediglich 10 € ha⁻¹ (Kosten der Zuschaltung des Häckselaggregats am Mährescher). Die vergleichsweise günstigste Option zur Verbesserung der Umsatzbedingungen des Stroh-C im Boden stellt die Zugabe von Stickstoff in Form von Hühner trockenkot (*HTK*) dar (*STR+N*). Die Verfahren mit tatsächlicher Strohnutzung sind differenziert zu betrachten: Der Rücktransport des Gärrests ist kostengünstiger per LKW- (*GRf-LKW*) als per Schleppermechanisierung (*GRf*) zu organisieren. Die Gärrestseparierung (*GRtr*) zur Erhöhung der Transportwürdigkeit des entwässerten Gärrests verursacht aufgrund der zusätzlichen monetären Aufwendungen vergleichsweise höhere Kosten im Nahdistanzbereich als die Ausbringung des unseparierten Gärrests auf die Geberfläche (*GRf*). Ab einer Entfernung von 27 km dreht sich dieses Verhältnis allerdings um.

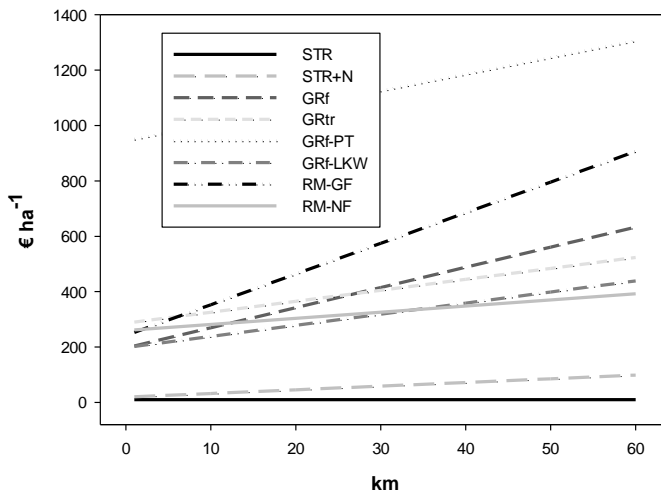


Abbildung 1: Kostenvergleich (€ ha⁻¹) verschiedener Verfahren der Strohnutzung/ Humusersatzstrategien in Abhängigkeit der Transportentfernung

Für die Strohpelletierung müssen deutlich höhere Kosten als für die Ballenbereitung veranschlagt werden (dadurch starke Zunahme der Gesamtkosten des *GRf-PT*-Verfahrens). Allerdings können deutlich niedrigere Strohtransportkosten aufgrund der höheren Lagerdichte sowie Einsparungen von Strohaufbereitungskosten an der Biogasanlage realisiert werden. Die Transportwürdigkeit von Rottemist ist über große Distanzen gering (*RM-GF*), die Ausbringung fern der Geberfläche aber in Stallnähe (2 km; *RM-NF*) kann hier zu einer deutlichen Kostenreduktion beitragen.

Bei einer umfassenden Betrachtung der Verfahren über rein ökonomische Gesichtspunkte hinaus (Nutzwertanalyse) können sich die Nachteile kostenintensiver Verfahren – sowohl aus Sicht des C_{org} -Ersatzes als auch aus ökonomischer Sicht – relativieren. Anzuführen ist hier etwa (i) die C_{org} -Reproduktionsfähigkeit der jeweiligen Substrate. So birgt etwa das kostengünstige Belassen des Strohs auf dem Feld ein großes Potential für Kohlenstoffverluste durch Veratmungsaktivität der Bodenorganismen aufgrund des weiten C/N-Verhältnisses des Strohs. Bei einer (ii) Rückführung des Kohlenstoffs z.B. in Gärrest, Mist oder Kompost sind zudem kurz- und/oder mittel- bis langfristige Nährstoff- und Ertragseffekte zu berücksichtigen, da in der Regel zusätzlicher düngewirksamer Stickstoff appliziert wird. Diese Ertragseffekte können auch monetär wirksam werden und Zusatzkosten dieser Verfahren kompensieren. Weiterhin ermöglicht die Nutzung des Strohs in nachgelagerten Verfahren wie Tierhaltung oder Biogas (iii) die Generierung von Veredelungsprodukten (Milch, Fleisch, Strom), für die der Strohbereitstellende monetär kompensiert werden kann.

Schlussfolgerungen

Die ökonomische Vorzüglichkeit unterschiedlicher Strategien der Strohnutzung/ C_{org} -Ersatzstrategien ist – abhängig vom Logistikverfahren – stark entfernungsabhängig. Verfahren, die den Transport voluminöser und/oder wasserreicher Güter bei steigenden Entfernungen weitgehend vermeiden, sind bei reiner Kostenbetrachtung vorzüglich (Ausnahme Strohpelletierung). Die isolierte Betrachtung der Logistikkosten vernachlässigt jedoch wesentliche sowohl pflanzenbauliche als auch ökonomische Implikationen wie C_{org} -Reproduktionsfähigkeit, Produktivitätseffekte und Marktleistungen des Strohs oder der Umsetzungsprodukte (z.B. Mist, Gärrest). Daher wird eine erweiterte und synergistische, sowohl die C_{org} -Ersatzfähigkeit als auch die Produktivität berücksichtigende ökonomische Betrachtung notwendig.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) für die Förderung des Projekts *SOMenergy* – FK 22402914.

Literatur

- Dannehl T, Leithold G & Brock C (2017) The effect of C:N ratios on the fate of carbon from straw and green manure in soil. *Europ Journal Soil Science*. 68: 988-998.
- Halvarsson S, Edlund H & Norgren M (2010) Wheat straw as raw material for manufacture of medium density fiberboard (MDF). *BioResources* 5 (2): 1215-1231.
- Kaparaju P, Serrano M, Thomsen AB, Kongjan P & Angelidaki I (2009) Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept. *Biores Technol*. 100: 2562-2568.
- KTBL (2018) Online-Anwendung des KTBL e.V., www.ktbl.de
- Möller K (2009) Influence of different manuring systems with and without biogas digestion on soil organic matter and nitrogen inputs, flows and budgets in organic cropping systems. *Nutr Cycl Agroecosyst*. 84: 179-202.