

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 83 (2021)

Heft: 3

Artikel: Energie oder Humus?

Autor: Hunger, Ruedi

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082194>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



In der Schweiz wurden 2019 rund 16 000 ha Körnermais geerntet. Bild: R. Hunger

Energie oder Humus?

Maisstroh ist ein hochwertiges Biogassubstrat. Pro Hektar kann mit einem Methanertrag von 1500 m³ gerechnet werden. Der Produktionsumfang der Nahrungs- oder Futtermittelkette wird nicht geschränkt. Auch die Humusbilanz bleibt ausgeglichen.

Ruedi Hunger

«Maisstroh ist deshalb ein hochwertiges Biogassubstrat, weil es bis zur Ernte keinen zusätzlichen Aufwand beansprucht und mit einem ausreichenden Zuckergehalt eine gute Silierfähigkeit aufweist», sagen die Anhänger dieser Verwertungsart. «Stimmt, aber damit steht es dem Boden nicht zur Humusbildung zur Verfügung», betonen die Bodenspezialisten. «Stimmt nicht, die Hälfte der Körnermaisstroh-Trockenmasse bleibt sowieso auf dem Acker und ersetzt damit den Humusentzug der Kultur ...» Der Dialog zwischen Energie- und Humusbefürwortern könnte fast unbegrenzt weitergeführt werden. Eine einfache «schwarz/weiße» Antwort gibt es nicht.

Abbaubarkeit von Körnermaisstroh

Das Biogaspotenzial eines Substrats ist grundsätzlich von der chemischen Struktur der organischen Verbindungen (Fette, Protein, Kohlehydrate) abhängig. Modellierungsversuche der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Freising haben gezeigt, dass Hemicellulose (ADF-ADL)¹ einen positiven Effekt und Lignin (ADL) einen negativen Effekt auf das Biogaspotenzial haben. Da bei Körnermaisstroh der Ligningehalt niedrig und der Hemicellulosegehalt hoch ist, weist es ein hohes Biogaspotenzial auf (rund 85 bis 90 % von Silomais). Grundsätzlich ist Lignocellulose² aufgrund seiner kompakten Struktur lang-

sam abbaubar. Das bedeutet, dass die Hydrolyse der Lignocellulose der zeitlich limitierende Schritt während des anaeroben Abbaus darstellt. Je später Körnermais geerntet wird, desto langsamer ist der zeitliche Ablauf von chemischen Reaktionen (Kinetik) im Körnermaisstroh. Die Abbaukinetik wird durch eine zusätzliche Aufbereitung verbessert. Bereits die Silierung (sozusagen als biologische Aufbereitung) führt zu einer erhöhten Abbaugeschwindigkeit.

Körnermaisstroh konservieren

Damit Körnermaisstroh als Substrat in einer Biogasanlage genutzt werden kann, muss es konserviert, das heißt, siliert

werden. Bei der Aussage «Körnermaisstroh konservieren» kommen ernsthafte Zweifel auf, ob sich dieses aufgrund geringer Zuckergehalte, vergleichsweise hoher Trockenmasse und mangelnder Verdichtung sinnvoll silieren lässt. Erntetechnikversuche am LfL zeigen aber, dass Körnermaisstroh vielfach trockener aussieht, als es ist. Je nach Erntetermin, Sorte, Feldliegezeit und Witterung kann der TM-Gehalt zwischen 40 Prozent und mehr als 70 Prozent liegen. Die Bedenken hinsichtlich Siliereignung werden vom LfL durch Labor- und Praxisversuche widerlegt und die Forscher kamen 2017 zum Schluss, dass Körnermaisstroh unter Sauerstoffabschluss gut siliert und eine hohe aerobe Stabilität aufweist.

Die Silagen wurden dann auch mit 85 bis 100 Punkten bewertet (DLG-Bewertungsschema). Ausnahmen bestätigen die Regel, eine Silage erreichte nur 55 Punkte. Die Verdichtung ist bei Körnermaisstroh in der Tat eine grosse Herausforderung. Selbst bei bester Walzarbeit werden die Zielwerte der Mais-Vollpflanzensilage von rund 245 kg TM/m³ nicht erreicht wer-

Tabelle 1: Hypothetische Rechnung

Körnermaisfläche CH 2019 (Agrarbericht 2020)		16 015 ha (16 000 ha)
Abfuhr Körnermaisstroh für Biogasanlagen	1 ha Total (16 000 ha)	11 t 176 000 t
	43% 53%	75 680 t 93 280 t
Verbleibender Rest für Humusaufbau (Verlustmenge)	57% 47%	100 320 t 82 720 t
Methan-Hektarertrag	1500 m ³ /ha	Rund 24 Mio. m ³
	Ertrag Körnermaisstroh im Vergleich zu Biogas-Silomais	Rund 21%

Annahme: Das Stroh der gesamten Körnermais-Fläche der Schweiz würde der Vergasung in Biogasanlagen zugeführt.

den. Folglich liegt es auf der Hand, dass für Maisstroh wesentlich mehr Siloraum erforderlich ist. Bei der Entnahme gelten die gleichen Grundsätze wie bei der Mais-Vollpflanzensilage, der Vorschub muss entsprechend gross sein. Mit dem Stroh von einem Hektar Körnermais können, vorsichtig geschätzt, rund 0,20 bis 0,25 Hektaren Biogas-Silomais ersetzt werden.

Technisches Potenzial

Der potenziell mögliche, hohe Methan-Hektarertrag von Maisstroh zeigt, dass das nach dem Drusch auf dem Feld verbleibende Maisstroh ein grosses Biogaspotenzial aufweist. Um dieses vollenfänglich zu nutzen, müsste das Maisstroh möglichst verlustfrei und sauber geerntet werden können. In der «Ernte» liegt denn auch die grosse Herausforderung. Daher stellt sich die Frage, welche Verluste bei der Ernte entstehen und welche Mengen und Qualitäten nach der Bergung von Körnermaisstroh noch vorhanden sind. Um diese Fragen zu klären, wurden von 2014 bis 2016 am LfL verschiedene Ernteverfahren durchgeführt und die Erträge bzw. Verluste getrennt für die einzelnen Verfahrensschritte der Strohernte erfasst. Zudem wurde die Qualität anhand der TM-Gehalte sowie des Verschmutzung- und Zerkleinerungsgrades



Wenn, dann muss Körnermaisstroh rasch nach der Ernte siliert werden. Bild: zVg

Bestandteile Humus

Humus besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel. Eine analytische Trennung zwischen organischen und anorganischen Komponenten ist lediglich für Kohlenstoff und bedingt für Stickstoff möglich.

Tabelle 2: Humusbilanzsaldo

Nutzungsart	Humusbedarf	Ertrag dt/ha	Verhältnis Erntegut:Ernterest	Erntereste dt/ha	Humuslieferung	Saldo
Silomais	-560	beliebig	-	0	0	-560
CCM-Mais (62% TM)	-560	120	1:0,7	84	840	+280
		150		105	1050	+490
Körnermais (86% TM)	-560	90	1:1	90	900	+340
		110		110	1100	+540

In Abhängigkeit von Nutzung und Ertrag in kg/ha Humus-C (Handbuch Mais). Humus-C ist der für die Humusreproduktion im Boden anrechenbare Kohlenstoff.

bestimmt. Die Ernteverfahren wurden ein- bis vierphasig durchgeführt (siehe Grafik). Die Trockenmasseerträge lagen in den Versuchsjahren 2014 bis 2016 zwischen 96 und 130 dt/ha, dies bei einem TM-Gehalt zwischen 35 und 45 %. Über die drei Versuchsjahre hinweg konnten keine erwähnenswerten Unterschiede zwischen den Schwadtechniken bezüglich der geschwadeten Maisstrohmengen gefunden werden. Feldhäcksler und Ladewagen erwiesen sich als gleichwertig. Es zeigte sich, dass bei warmer Witterung oder windigem Wetter das Körnermaisstroh je nach Erntetechnik sehr stark abtrocknet, was sich negativ auf die Verdichtung im Silo auswirkt. Deshalb wird empfohlen, das Maisstroh möglichst rasch nach dem Drusch zu Schwaden.

Als Energielieferant

Das Korn-Stroh-Verhältnis erlaubt unter Berücksichtigung einer hohen Ertragsvariabilität von Korn und Maisstroh eine grobe Abschätzung des potenziell erntebaren Maisstrohertrages. In der Praxis empfiehlt sich dabei die Verwendung eines Korn-Stroh-Verhältnisses von 1:0,9. Effektiv genutzt werden konnten rund 5 t TM/ha (43 bis 53%), der Rest sind Feldverluste. Diese können mehr oder weniger problemlos eingearbeitet werden. Die mittlere Methanausbeute des potenziell



Die potenziell erntbare Strohmenge liegt bei 95 bis 130 dt/ha, davon konnten effektiv rund 50 Prozent geerntet werden. Bild: M. Ganal

erntebaren Maisstrohs lag im Versuchsmittel mit $314 \text{ l} \pm 14 \text{ l CH}_4$ (pro kg organische Trockenmasse oTM) relativ hoch und erzielte im Vergleich zur Methanausbeute von Silomais rund 85–90 % (Batchversu-

che). Aus dem erntebaren Maisstroh ergibt sich somit ein Methan-Hektarertrag von rund $1.500 \text{ m}^3/\text{ha}$. Der Unterschied zwischen frühem und spätem Erntetermin betrug fast 20 %. Bei einer Doppelnutzung von Korn und Stroh ist aus Sicht einer optimalen Methannutzung eine möglichst frühe Ernte anzustreben. Stay-green-Sorten zeigen dabei keine eindeutige Überlegenheit. Im Batchtest wurde für den Gärverlauf die doppelte Zeit von Silomais benötigt, um 50 % der Methanausbeute zu erzielen. Das bedeutet für die Praxis, dass unter Umständen die Verweilzeiten angepasst werden müssen, weil die Gasbildung verzögert abläuft. Durch die Abfuhr von Körnermaisstroh und dessen Nutzung in der Biogasanlage werden das Strohmanagement und die Bodenbearbeitung nach Körnermais erleichtert. Durch eine effektive und komplett Zerkleinerung mit anschliessender Ernte von Körnermaisstroh (und Stoppeln) vermindert sich auch das Fusarium-Infektionsrisiko.

Die Humusleistung

Die Humusreproduktion ist ein zentrales Anliegen der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Der Anbau von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen ist im Allgemeinen mit Humusverlusten verbunden. Diese Humusverluste gilt es durch Zufuhr von or-

Tabelle 3: Humussaldo

Humusbedarf kg/ha	Lieferung				Saldo
	FM-Ertrag (33% TM) dt/ha	Gärrestanfall m ³	TM-Gehalt %	Humus-C kg/ha	
-560	400	29	7,5	268	-292
	550	40	7,5	369	-191

Nach Vergärung des Silomais in einer Biogasanlage (Handbuch Mais).

Tabelle 4: Kurzsteckbrief Körnermaisstroh

Erntezeitpunkt	Ab (Mais)Korndruschreife (BBCH) 89
Korn-Stroh-Verhältnis	1 : 0,9
TM-Gehalt	Variabel, zwischen 40 und 50 % TM-Gehalt
Potenziell erntbares Körnermaisstroh	9–10 t TM/ha
Realisierbarer Maisstrohertrag	4–6 t TM/ha
Lagerdichte im Silo	$\pm 125 \text{ kg TM/m}^3$
Methanausbeute im Batchtest	310–320 l CH ₄ /kg oTM
Methan-Hektarertrag	1500 m ³ CH ₄ /ha

Quelle: Biogas Forum

**GIBT'S EINEN,
DER ALLES SCHAFFT?
ABSOLUT.**

**DER NEUE STEYR ABSOLUT CVT
MIT BIS ZU 240 PS.**



STEYR
TRAKTOREN

Worauf du dich verlassen kannst.

CASE STEYR CENTER

Murzlenstrasse 80 · 8166 Niederweningen · Tel.: 044 857 22 00 · Fax: 044 857 25 17
info@case-steyr-center.ch · www.case-steyr-center.ch

Ernteverfahren zur Bergung von Körnermaisstroh



(Quelle: LfL/Biogas Forum)

ganischen Düngern (Hofdünger etc.) und verschiedenen pflanzlichen Quellen für organischen Kohlenstoff, wie ober- und unterirdische Ernterückstände, auszugleichen. Eine Bilanz errechnet sich aus der Gegenüberstellung von Humuszufuhr und Humusabbau durch eine Kultur.

Mais wird aus Sicht der Humuswirtschaft den Hackfrüchten zugeordnet, die einen Humusabbau bewirken. Allerdings muss der Einfluss des Maisanbaus auf die Humusversorgung differenziert betrachtet werden, weil einerseits die unterschiedliche Nutzung von Mais und andererseits die Maisfütterung, mit einem Rücklauf verschiedener Wirtschaftsdünger, eine Rolle spielen. Wie Tabelle 2 zeigt, ergeben sich bei der Körnermaisnutzung hohe bis sehr hohe Saldoüberhänge, die im

realistischen Ertragsbereich selbst bei hohen Humusbedarfswerten positiv bleiben.

Die Silomaisnutzung steht bei uns ausschliesslich mit der Rindviehhaltung in Verbindung. Die dabei anfallenden Hofdünger werden wiederum auf die (Acker)Flächen zurückgeführt. Generell lässt sich (nach verschiedenen Quellen) aus keiner Nutzungsrichtung (Körnermais, Silomais, Silomaisvergärung) eine Gefährdung des Bodenhumusvorrates ableiten. Die Humusbilanz wird zudem positiv beeinflusst, weil durch züchterische Massnahmen in den letzten Jahren die Wurzelmasse markant gesteigert wurde. Zudem wirken sich der Zwischenfruchtanbau (vor dem Mais) und die Etablierung von Untersäaten im Mais positiv auf die Humusbilanz aus.

Humusbilanz bei Körnermaisstroh als Biogassubstrat

Bleibt die gesamte Körnermaisstroh-Menge auf dem Acker, entsteht ein Saldo-Überschuss in der Höhe von rund 540 dt/ha. Die hohen Ernte-Verluste von rund 50% bei der Körnermaisstroh-Abfuhr kommen der Humusbildung zugute und gleichen die Bilanz aus (siehe Tabellen 2 und 3). Zusätzlich werden später mit dem Gärrestanfall zwischen 270 und 370 Humus-C kg/ha aufs Feld geliefert.

Fazit

Körnermaisstroh eignet sich als Kopplungsprodukt bei sauberer Ernte und rascher Konservierung für die Nutzung als Biogassubstrat. Rund 50% des vorhandenen Maisstrohs bleibt als Ernteverlust auf dem Feld. Aus zahlreichen Humusdauer-Versuchen lässt sich aus keiner Nutzungsrichtung von Mais eine Gefährdung des Bodenhumusvorrates ableiten. Eher ist mit einer Anreicherung von Humuskohlenstoff (Humus-C) zu rechnen, was unter dem Aspekt der CO₂-Bindung wünschenswert wäre (aber aus Sicht der unkontrollierten N-Freisetzung kritisch gesehen wird).



Die Ernterückstände von Körnermais sind für Pflug und Grubber immer eine Herausforderung. Bild: R. Hunger

¹⁾ ADF = Zellulosebestandteile wie Zellulose, Hemicellulose und Lignin; ADL = Zellulose und Lignin; ²⁾ Lignocellulose sind die verholzten Zellwände von Pflanzen.

Literatur: Handbuch Mais, Biogas Forum, Fachzeitschrift «Mais» 3/2018, 1/2020, 4/2020.