

Humusbilanzen im Energiepflanzenanbau

Gärreste gezielt rückführen und Fruchtfolgen anpassen



Foto: Deiglmayer, TFZ

Energiepflanzen mit dem Konversionsziel Biogas nehmen einen wachsenden Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche ein. Die Auswirkungen auf die Humusbilanz durch die Änderung der Anbauverfahren und der angebauten Kulturen befinden sich derzeit noch in der wissenschaftlichen Diskussion. Im Rahmen des Projekts EVA (Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen, siehe www.eva-verbund.de), geleitet von der TLL, Jena, wurden Untersuchungen durchgeführt, welche Einflüsse auf die Humusbilanz im Rahmen von Fruchtfolgen mit Energiepflanzen zu erwarten sind.

Matthias Willms, Müncheberg

Im Vergleich zum Markfruchtanbau weist der Anbau von Energiepflanzen zur Vergärung in Biogasanlagen aus Sicht der Humusbilanz folgende Besonderheiten auf:

- es wird üblicherweise die ganze oberirdische Biomasse geerntet,
- der bei der Vergärung entstehende Gärrest wird in der Regel wieder auf die Flächen ausgebracht,
- es findet eine Verschiebung der angebauten Kulturen statt, hin zu Kulturen mit hohen Methanhektarerträgen. Dazu gehören in erster Linie Silomais,

aber auch Sorghumarten oder Ganzpflanzengetreide.

Humusbilanzen werden für die gesamte Fruchtfolge oder Anbaufolge berechnet. Ihr Saldo soll im Rahmen der Rotation ausgeglichen sein. Als optimal wird ein Saldo von -75 bis 100 kg Humus-C/ha bewertet, Saldengruppe C (Tab. 1). Mittelfristig tolerierbar sind die Saldengruppe B und D. Zu vermeiden sind sehr niedrige Bilanzsalden unter -300 kg Humus-C/ha (Gruppe A). Hier ist langfristig mit einer Reduzierung der Boden-

fruchtbarkeit zu rechnen. Bei sehr hohen Salden der Gruppe E mit mehr als 300 kg Humus-C/ha besteht ein vermehrtes Risiko der Stickstoffauswaschung, die N-Effizienz sinkt.

Wie kann ich selbst rechnen?

Der erste Schritt ist die Bemessung der nötigen Stickstoffdüngung zur Kultur. Silomais hat einen Stickstoff-Sollwert von 180 kg/ha. Dieser Wert stellt den langjährigen mittleren Bedarf der Kultur

dar. Um die Höhe der Stickstoffdüngung durch Gärreste zu ermitteln, wurden für dieses Beispiel die N_{\min} -Menge (30 kg/ha, in 0–90 cm Tiefe) sowie die anrechenbare Nachlieferung bei langfristiger organischer Düngung (30 kg/ha) abgezogen. Für die mineralische Unterfußdüngung wurden weitere 20 kg N/ha abgezogen. Der verbleibende Betrag, 100 kg N/ha, wird durch Gärreste gedüngt.

Welche Humuswirkung hat diese Gärrestgabe? Für die Berechnungen wurde von einem Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) von 70 Prozent ausgegangen, welches ein für die N-Düngung von Silomais mit Gärresten allgemein anerkannter Wert ist. Das bedeutet, dass vom gedüngten Gesamtstickstoff aus Gärrest (Tab. 2, Spalte N-Brutto-Menge) 70 Prozent wie mineralischer Stickstoff pflanzenverfügbar sind. Weitere Ausbringungsverluste wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 2 zeigt, dass bei 100 kg N/ha rund 170 bis rund 430 kg Humus-C/ha ausgebracht werden. Die Humuswirkung ist zum einen von der Gärrestmenge, zum anderen von dem TM-Gehalt des Gärrestes abhängig. Da die Gärrestmen-

Tab. 1: Bewertung des Humusbilanzsaldos

Humussaldo		Bewertung
kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹)	Gruppe	
< -200	A sehr niedrig	ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung
-200 bis -76	B niedrig	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus angereicherten Böden
-75 bis 100	C optimal	optimal hinsichtlich Ertragssicherheit bei geringerem Verlustrisiko langfristig Einstellung standortangepasster Humusgehalt
101 bis 300	D hoch	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus verarmten Böden
> 300	E sehr hoch	erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste, niedrige N-Effizienz

Quelle: VDLUFA-Standpunkt Humusbilanzierung, 2004

ge sich jedoch nach dem N-Gehalt berechnet, ist die Humuswirkung zusätzlich vom Stickstoffgehalt abhängig. Der Humusbedarf von Mais beträgt 560 kg Humus-C/ha. Die höchste Humusmenge mit den dargestellten Gärresten wird bei einem Gärrest mit 3 kg/m³ N und 7 Prozent TM erzielt. Der Bilanzsaldo berechnet sich aus 429 - 560 = -131. Damit liegt der Bilanzsaldo im Bereich der Gruppe B, „niedrig“. Für alle übrigen Gärreste

liegt der Saldo zwischen -380 und -220 kg Humus-C/ha. Eine Erhöhung der Stickstoffgabe mit dem Ziel, die Humusbilanz auszugleichen, ist keine Lösung, da hier schnell die Grenzen der guten fachlichen Praxis überschritten werden und die Stickstoffauswaschungen rasch ansteigen. Zusätzlich müssen bei der Bemessung der Gärrestgabe die gesetzlichen Vorgaben zur maximalen Höhe des Phosphorsaldos eingehalten werden.

Wofür brauche ich Humus?

Humus ist ein wesentlicher Faktor für die Bodenfruchtbarkeit und trägt zur Erfüllung wichtiger Bodenfunktionen bei: Humus dient als Nahrung für das Bodenleben, welches die Basis für Nährstoffmineralisation, die Nährstoffmobilisierung und den Abbau von Schadstoffen ist. Humus verbessert die Speicherung und Umsetzung der Nährstoffe. Er erhöht das Wasserhaltevermögen und den Gasaustausch. Durch seinen positiven Einfluss auf die Bodenstruktur werden Wassererosion und Bodenschadverdichtung vermindert.

Ziel der Humusbilanz ist es, langfristig hohe Erträge zu gewährleisten. Dafür ist je nach Bodentyp, Bodenart und Nutzung ein unterschiedlicher Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) im Boden notwendig. Die Bewertung der Humuswirkung von organischen Primärsubstanzen und des Humusbedarfs der Kulturen wurde für den VDLUFA-Standpunkt Humusbilanz auf Basis von Langzeitversuchen mit organischer Düngung abgeleitet.

Im VDLUFA-Standpunkt Humusbilanz werden für die Bewertung der Fruchtarten „untere Werte“ und „obere Werte“ genannt. Die „unteren Werte“ stellen den Mindestbedarf der Kultur an organischer Düngung dar, um die Ertragsfähigkeit und die Bodenfunktionen aufrechtzuerhalten. Die Humusbilanz nach Cross-Compliance verwendet die unteren Werte der VDLUFA-Humusbilanz. Die „oberen Werte“ stellen den Bedarf an organischer Düngung der Kultur dar, der bei erhöhten Anforderungen an die Bodenfunktionen, z. B. Wunsch nach besserer Bodenstruktur und infolgedessen besserer Befahrbarkeit, schnellerer Infiltration von Niederschlägen, geringere Verschlammung der Bodenoberfläche, Verminderung der Gefährdung durch Wassererosion, notwendig ist.

Tab. 2: Höhe der Stickstoffdüngung mit Gärresten und die daraus abgeleitete Menge an Humus-C für die Berechnung von Humusbilanzen

N-Menge kg/ha	MDÄ %	N-Brutto- Menge kg/ha	N-Gehalt kg/m ³	Gülle- menge m ³ /ha	TM % in FM	spezif. Humus-C kg/t FM	Humus-C kg/ha
80	70	114	3	38	4	6,0	229
80	70	114	3	38	7	9,0	343
80	70	114	5	23	4	6,0	137
80	70	114	5	23	7	9,0	206
80	70	114	5	23	10	12,0	274
80	70	114	7	16	7	9,0	147
80	70	114	7	16	10	12,0	196
100	70	143	3	48	4	6,0	286
100	70	143	3	48	7	9,0	429
100	70	143	5	29	4	6,0	171
100	70	143	5	29	7	9,0	257
100	70	143	5	29	10	12,0	343
100	70	143	7	20	7	9,0	184
100	70	143	7	20	10	12,0	245
120	70	171	3	57	4	6,0	343
120	70	171	3	57	7	9,0	514
120	70	171	5	34	4	6,0	206
120	70	171	5	34	7	9,0	309
120	70	171	5	34	10	12,0	411
120	70	171	7	24	7	9,0	220
120	70	171	7	24	10	12,0	294
140	70	200	3	67	4	6,0	400
140	70	200	3	67	7	9,0	600
140	70	200	5	40	4	6,0	240
140	70	200	5	40	7	9,0	360
140	70	200	5	40	10	12,0	480
140	70	200	7	29	7	9,0	257
140	70	200	7	29	10	12,0	343

Möglichkeiten zum Ausgleich der Humusbilanz von Silomais bestehen im Rahmen der Fruchtfolge. Der zusätzliche Anbau von Getreide mit dem Verbleib des Stroh auf der Fläche im Rahmen der Anbaufolge liefert häufig einen positiven Beitrag zur Humusbilanz. In den Beispielen von Tabelle 3, S. 68, für Winterweizen bzw. Winterroggen streut dieser in Abhängigkeit vom Strohertrag zwischen ausgeglichen und 240 kg Humus-C/ha. Alternativ ist auch der Anbau von Zwischenfrüchten und eines Zweikultur-nutzungssystems möglich.

Humusbilanzen ausgewählter Fruchtarten mit deren Koppelprodukten Stroh und Gärrest

Im Rahmen des EVA-Projektes wurden Winterweizen bzw. Winterroggen als Druschfrucht, Senf als Sommerzwischenfrucht und Körnermais mit den Energiepflanzen Silomais und dem Zweikultur-nutzungssystem Grünschnittroggen, gefolgt von Silomais (Zweitfrucht) miteinander verglichen. Für die Druschfrüchte wurde dem Humusbedarf der Kultur die Humuswirkung des Stroh gegenübergestellt. Für die Energiepflanzen wurde dem Humusbedarf der Kultur die Humuswirkung des Gärrestes gegenübergestellt. Dabei wurde rechnerisch unterstellt, dass der Gärrest auf die jeweils angebaute Kultur wieder ausgebracht wird. Für praktische Überlegungen im Rahmen einer Anbaufolge ist daraus abzuleiten, ob die jeweilige Fruchtart inklusive der anfallenden Gärreste zu einer ausgeglichenen Humusbilanz führt oder nicht.

Dabei wurden jeweils drei Ertragsniveaus berücksichtigt. Die Erträge stammen aus den EVA-Versuchen an den Standorten Güterfelde, Ackerzahl 29, Brandenburg, Ascha, Ackerzahl 47, Bayern und Ettligen, Ackerzahl 75, Baden-Württemberg. Da der Standort Güterfelde nicht für Weizen geeignet ist, wurde hier alternativ Winterroggen angebaut. In der Humusbilanz nach VDLUFA werden die Fruchtarten unabhängig vom Ertrag mit einem pauschalen Wert für den Humusbedarf bewertet. Die Humuswirkung der organischen Düngemittel wird jedoch je Tonne berücksichtigt. Daher ist für den Saldo der Druschfrüchte der Strohertrag entscheidend, für den Saldo der Energiepflanzen die Gärrestmenge und deren TM-Gehalt. Einfluss auf die Humuswirkung der Gärreste haben TM- und oTM-Gehalt des Ernteguts, Biogasausbeute und Methangehalt des Biogases.

Für Winterweizen betrug der Humus-saldo zwischen 4 und 258 kg Humus-C/ha. Wesentlich wurde der Humussaldo vom Strohertrag beeinflusst. Auffallend sind dabei die sehr unterschiedlichen gemessenen Stroh-zu-Korn-Verhältnisse. Am Standort Asche wurde 0,52-mal weniger Stroh als Korn geerntet, am Standort Ettlingen dagegen 1,03-mal mehr. Mit den ermittelten Stroherträgen liegen die Bilanzsalden in den Saldengruppen C und D.

Der Körnermais wird wie Silomais mit einem Humusbedarf von 560 kg Humus-C/ha bewertet. Durch den hohen Strohanfall trägt diese Kultur jedoch zur Humusmehrung bei. Das gemessene Stroh-zu-Korn-Verhältnis liegt zwischen 1,1 und 1,9 und hat damit eine sehr weite Spanne.

Silomais hat auch bei vollständiger Rückfuhr der Gärreste einen negativen Saldo. Dieser liegt abhängig vom Ertrag zwischen -75 und -234 kg Humus-C/ha. In diesem Beispiel zeigt sich wiederum, dass Silomais keine ausgeglichene Humusbilanz erzielt und dass weitere Früchte mit positivem Bilanzsaldo in der Anbaufolge notwendig sind.



Durch hohen Strohanfall trägt Körnermais zur Humusmehrung bei

Foto: Landpixel

Die Anbaukombination Grünschnittroggen plus Silomais als Zweitfrucht ist aus Sicht der Humusbilanz deutlich besser als Silomais in Hauptfruchtstellung zu bewerten. Für diese Anbaukombination wird die Winterzwischenfrucht etwas später als üblich ge-

erntet und die folgende Zweitfrucht etwas später als ortsüblich gesät. Dies führt zu einem Ertragsgewinn der Winterzwischenfrucht und zu leichten Ertragsverlusten der Zweitfrucht. Der Gesamtertrag aus Grünschnittroggen plus Mais ist jedoch höher als bei Mais in Haupt-



Grünschnittroggen plus Silomais als Zweitfrucht verbessert die Humusbilanz gegenüber Silomais in Hauptfruchtstellung

Foto: Landpixel

fruchtstellung. Dieses Anbauverfahren kann zusätzlich die Erosionsanfälligkeit über Winter mindern und den Stickstoffaustrag reduzieren. Der Grünschnittroggen wurde an den untersuchten Stand-

orten im Ährenschieben (Ettlingen) bis Anfang der Blüte (Ascha) geerntet. Grünschnittroggen wird in der VDLUFA-Humusbilanz nicht aufgeführt. Auf Basis von Expertenschätzungen wurde der

Mittelwert zwischen Getreide mit Körnernutzung und Winterzwischenfrucht verwendet. Hier sind Forschungen zur genaueren Herleitung dieses Koeffizienten dringend notwendig.

Eine Kennzahl zum Vergleich der Fruchtarten ist die Humuswirkung von Stroh, Gründüngung oder Gärrest je Tonne TM-Erntegut. Hier erreichen die Druschfrüchte hohe Werte. Entscheidend ist der Strohertrag in Relation zum Kornertrag. Für Silomais liegt dieser Wert mit rund 24 kg Humus-C/t TM-Ertrag relativ niedrig. Hier ist der wesentliche Einflussfaktor die Höhe der Biogasausbeute.

Fazit

Die Untersuchungen im Rahmen des EVA-Projektes zeigen, dass bei der Frage nach einer ausgeglichenen Humusbilanz im Energiemaisanbau der Stickstoff- und Trockenmassegehalt der Gärreste entscheidend sind. Die Gärrestmenge ist auf jeden Fall entsprechend der Nährstoffversorgung zur Kultur zu bemessen. Ist kein Ausgleich der Humusbilanz durch die Gärrestdüngung möglich, ist eine Aufweitung der Fruchtfolge notwendig: Dazu eignet sich der Anbau von Getreide mit dem Verbleib des Stroh auf der Fläche, Gründüngung, aber auch der Anbau eines Zweikulturnutzungssystems mit Grünschnittroggen gefolgt von Silomais.

Derzeit befinden sich die Koeffizienten für die Bewertung der Gärreste sowie für die Bewertung der Fruchtarten in der wissenschaftlichen Diskussion und sind Gegenstand mehrerer Forschungsprojekte.

Besonderer Dank gilt den Versuchsanstellern, die die Daten zur Verfügung gestellt haben: dem LELF in Güterfelde (Brandenburg), dem TFZ, Straubing, Bayern für den Standort Ascha sowie dem LTZ, Baden-Württemberg, für den Standort Ettlingen. Die Biogasausbeute wurde vom ATB Potsdam in Gärtests ermittelt. <<

Tab. 3: Humusbilanzen der Standorte Güterfelde, Ascha und Ettlingen für ausgewählte Fruchtarten unter Berücksichtigung der Humuswirkung von Stroh und Gärresten

	Einheit	Standort	W.-Weizen	Senf	Körnermais	Silomais	Grünschnitt-Roggen + Silomais
FM-Ertrag Hauptprodukt	t/ha	Güt	*5,8	4	11,1	43,9	
		Asch	6,4	13	10,1	57,4	
		Ettl	6,4	25	-	68,3	
TM-Ertrag Hauptprodukt	t/ha	Güt	*5,0	0,6	7,1	13,9	3,6 + 11,6
		Asch	5,7	1,8	7,3	17,7	7,3 + 14,8
		Ettl	5,6	3,5	-	21,6	3,9 + 19,0
TM-Ertrag Stroh	t/ha	Güt	3,5		7,2		
		Asch	3,1		13,5		
		Ettl	5,8		-		
Stroh-zu-Korn-Verhältnis (TM)		Güt	0,72		1,1		
		Asch	0,54		1,9		
		Ettl	1,03		-		
Humuswirkung Kultur		untere Werte“	-280	80	-560	-560	-80*** und -560
		„obere Werte“	-400	120	-800	-800	-120*** und -800
spezif. Humusproduktion org. Düngung**	kg/ha Humus-C	Güt	80	8	80	11,4	
		Asch	80	8	80	11,4	
		Ettl	80	8	-	11,6	
spezif. Humusproduktion je Tonne TM-Ertrag	kg Humus-C/t FM	Güt	66	80	95	24	33 + 24
		Asch	67	80	172	24	29 + 28
		Ettl	96	80	-	23	33 + 24
Humus-C aus org. Düngung**	kg/ha Humus-C	Güt	328	45	671	326	379
		Asch	284	146	1256	428	511
		Ettl	538	280	-	485	641
Humussaldo, bei „unteren Werten“	kg/ha Humus-C	Güt	48	125	232	-234	-240
		Asch	4	226	289	-132	-27
		Ettl	258	360	342	-75	-53
Humussaldo, bei „oberen Werten“	kg/ha Humus-C	Güt	-72	165	272	-474	-520
		Asch	-116	266	329	-372	-307
		Ettl	138	400	382	-315	-333

Güt – Güterfelde, Asch – Ascha, Ettl – Ettlingen;
 *Güterfelde: W.Roggen anstelle W.-Weizen; **org. Düngung – auf dem Schlag verbleibendes Stroh, Gründüngung, Gärrest;
 ***basierend auf Expertenschätzung

■ KONTAKT ■ ■ ■

Dr. Matthias Willms
 Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Institut für Landschaftssystemanalyse, 15374 Müncheberg
 Telefon: 033432 82395
 mwillms@zalf.de