

## Die Humusreproduktionsleistung von Biogasgärresten aus der Ganzpflanzenvergärung von Mais

Ein Beitrag von Dr. J. Reinhold (Förderverband Humus e.V.) aus der VDLUFA-Arbeitsgruppe „Präzisionen zur Humusbilanzierung“

Die Ganzpflanzenvergärung von Mais ist als besonders energieertragreich je Flächeneinheit anerkannt. Durch die gute Silierbarkeit von Maisganzpflanzen kann eine ganzjährige Versorgung von Biogasanlagen gewährleistet werden. Aus diesem Grunde wird Mais bevorzugt als Energiepflanze zur Versorgung von Biogasanlagen angebaut. Die Selbstverträglichkeit von Mais ermöglicht den direkten Nachbau von Mais auf Mais. Das wird in extremen Fällen bis zur Monokultur getrieben.

Mais hat einen geringen Vorfruchtwert. Das trifft besonders für Körnermais zu, während Grünmais infolge seines dichteren Bestandes und damit stärkeren Bodenbedeckung eine bessere Bodengare hinterlässt. Der Anbau von Mais ist in der Regel mit erhöhtem Humusabbau im Boden verbunden. Das trifft wiederum besonders auf Körnermais zu.

Bei der Humusbilanzierung nimmt der Maisanbau eine Stellung zwischen den Hackfrüchten (z.B. Kartoffeln, Zuckerrüben) und den Getreidearten ein. Jedem Anbau von Mais wird im VDLUFA-Standpunkt „Humusbilanzierung“ ein Humusabbau im Boden von 560 bis 800 kg Humus-C zugeordnet. Das gilt für Körner und für Grünmais, wobei das Stroh von Körnermais als organische Primärschubstanz bei Verbleib auf dem Acker humusreproduzierend wirkt. Bei Grünmais wird dagegen die gesamte oberirdische Pflanzenmasse vom Acker abgefahren, sodass keine Ernterückstände zur Humusversorgung beitragen können.

Beim Anbau von Grünmais als Energiepflanze zur Versorgung von Biogasanlagen besteht die Möglichkeit der Rückführung von Gärresten auf die Anbauflächen. Es wird häufig pauschal behauptet, dass damit eine ausreichende Humusversorgung der Böden in jedem Fall gesichert ist. Belegt wird das durch einfache Berechnungen auf mittlerem Niveau von Ertrag, Methanisierungsrate von organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) und Abbaustabilität der Gärreste. Eine differenziertere Betrachtung soll das am Beispiel einer Nassvergärung näher beleuchten.

Die Frischmasseerträge bei der Ganzpflanzenernte von Mais werden mit 40 bis 90 t/ha angenommen. Bei Trockenmassegehalten von 28 % in der Frischmasse,  $C_{org}$ -Gehalten von 45 % in der Maistrockenmasse und 15 % Ernte- und Silierungsverlusten liegen damit die Biomasseerträge zwischen 4,3 bis 9,6 t  $C_{org}$ /ha. Die Umwandlung von organischem Kohlenstoff in Methan ist bei der Nassvergärung von Grünmais nach dem Stand der Technik zwischen 70 bis 80 % anzustreben. In der Praxis werden teilweise deutlich geringere Methanisierungsleistungen erreicht, jedoch nicht unter 40 %. Eine höhere Biomethanisierung wird im Rahmen von Entwicklungsarbeiten angestrebt, wobei 90 % ein sehr anspruchsvolles Ziel darstellt.

Mit höherer Methanisierungsrate geht eine Zunahme der Abbaustabilität der organischen Substanz der Gärreste einher. Die spezifische Humusreproduktionsleistung der verbleibenden  $C_{org}$ -Reste nimmt zu. Für den VDLUFA-Standpunkt „Humusbilanzierung“ wurde davon ausgegangen, dass von den  $C_{org}$ -Anteilen in den Gärresten zwischen 26 bis 31 % humusreproduktionswirksam werden, also tempo-

rär in die Humusmatrix des Bodens eingehen. Für Gründüngung mit Ganzpflanzen, also für Pflanzenmasse ohne Vergärung, wird dagegen nur von einer 14 %-igen Humusreproduktionswirksamkeit des organischen Kohlenstoffs ausgegangen.

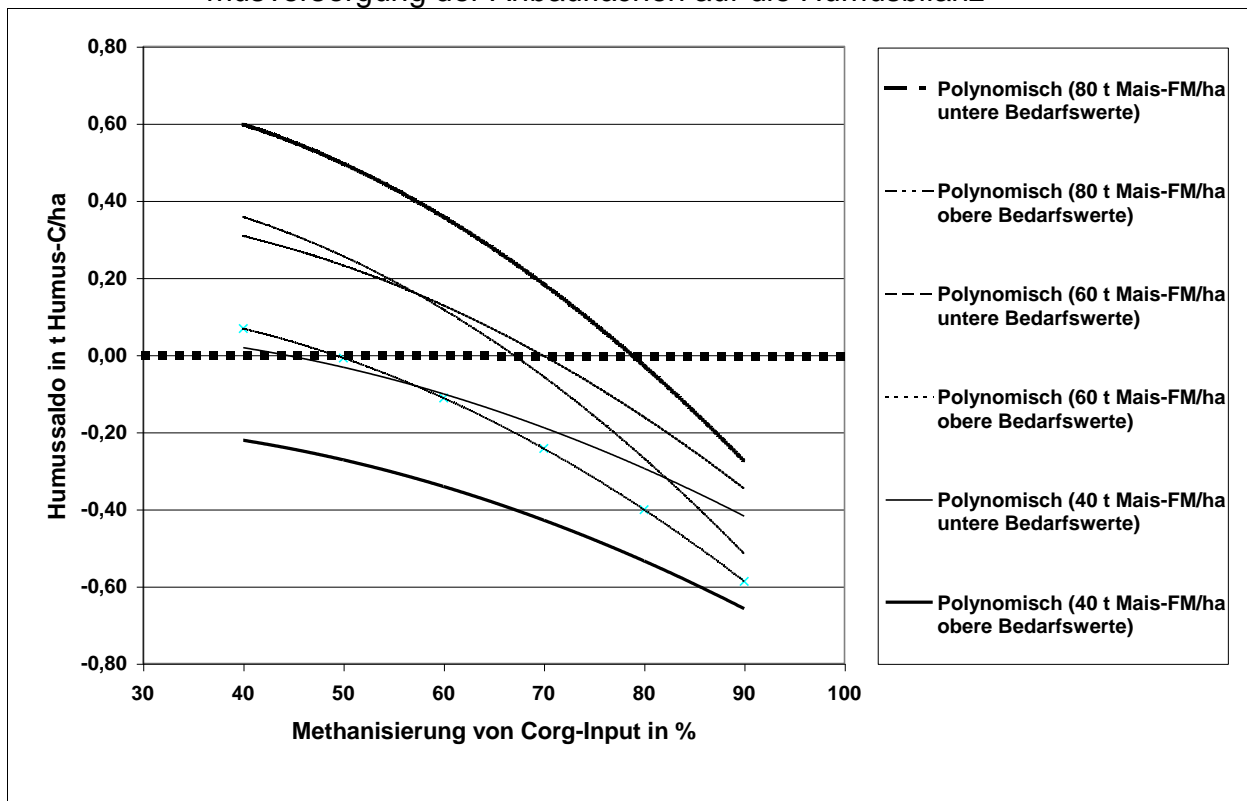
Unter Berücksichtigung der oben genannten Grundlagen für die Erarbeitung des VDLUFA-Standpunktes „Humusbilanzierung“ lässt sich folgender Zusammenhang von Methanisierungsrate von Maisganzpflanzen und Humusreproduktionsleistung durch Interpolation ableiten:

Tabelle 1: Zusammenhang von Methanisierungsrate von Maisganzpflanzen und Humusreproduktionsleistung von Gärrückständen

Methanisierung von Input- $C_{org}$ in %	Anlagenbewertung	Humus-C in % von Gärrück- rest- $C_{org}$
90	Entwicklungsziel	33,2
80	Stand der Technik	31,1
70		28,9
60	tolerierbare Praxiswerte	26,8
50		24,7
40	unzureichende Vergärung	22,7

Der Einfluss der Methanisierungsrate bei der Nassvergärung von Grünmais wird in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

Abbildung 1: Einfluss der Methanisierungsrate bei der Nassvergärung und der Frischmasseerträge beim Grünmaisbau sowie der vorherigen Humusversorgung der Anbauflächen auf die Humusbilanz

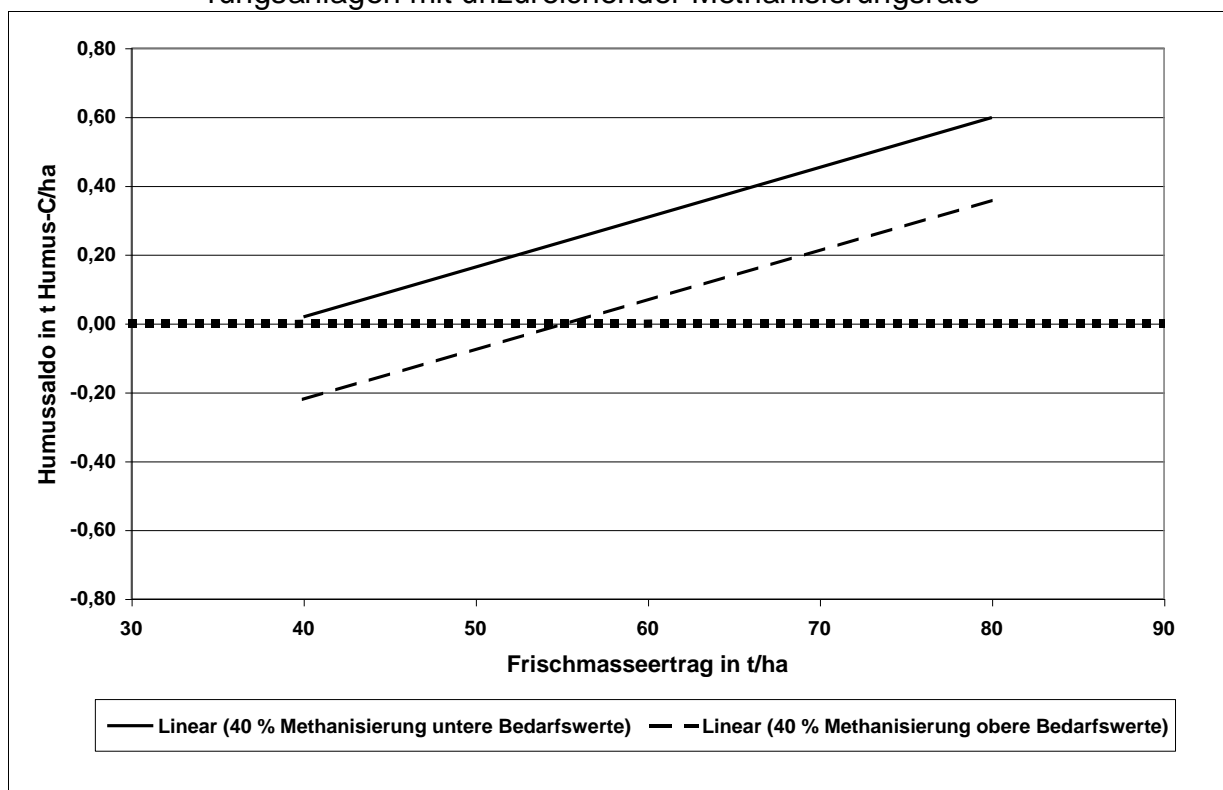


Hier wird deutlich, dass mit steigender Methanisierungsrate eine progressiv abnehmende Humusversorgung verbunden ist. Bei geringen Methanisierungsraten treten die

Auswirkungen der Maiserträge stärker hervor, als bei hohen Methanisierungsraten. Eine vor dem Maisanbau gute Humusversorgung der Flächen (untere Humusbedarfswerte) führt zu einer besseren Humussaldierung. Insgesamt kann vor allem bei Maisfrischmasseerträgen über 40 t/ha, Methanisierungsraten unter 70% und bisher guter Humusversorgung der Flächen eine anforderungsgerechte Humusversorgung gewährleistet werden.

Im Folgenden sollen die in Tabelle 1 aufgezeigten Anlagenbewertungen nach ihrer Methanisierungsrate separat betrachtet werden – beginnend mit Anlagen, die eine unzureichende Methanisierung von nur 40 % erreichen (siehe Abbildung 2).

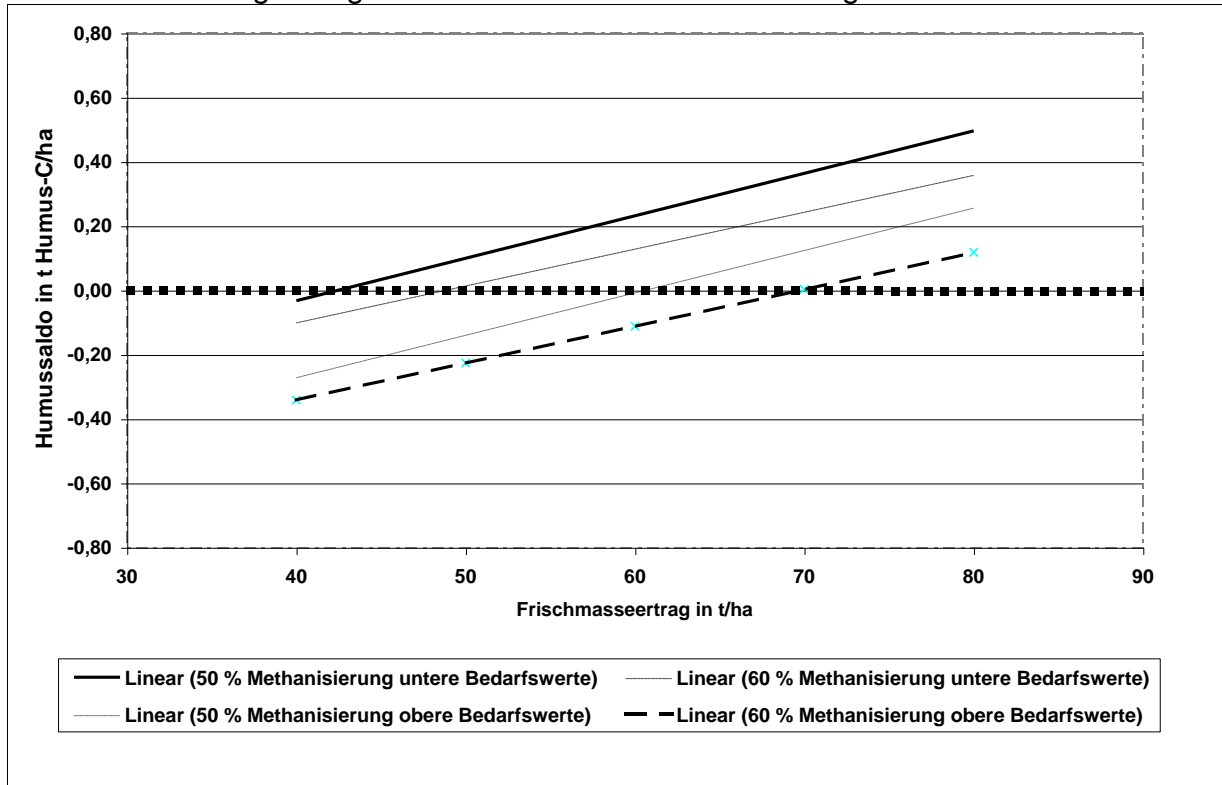
Abbildung 2: Einfluss der Frischmasseerträge beim Grünmaisbau und der vorhergehenden Humusversorgung der Anbauflächen auf den Ausgleich des Humusabbaus durch Aufbringung der Gärrückstände aus Nassvergärungsanlagen mit unzureichender Methanisierungsrate



Mit Grünmais betriebene Nassvergärungsanlagen mit unzureichender Methanisierungsrate können durch die Anwendung der Gärrückstände die beim Maisanbau eintretenden Humusverluste ohne Probleme ausgleichen. Ab Frischmasseerträgen über 55 t/ha kann sogar vorhergehende Humusunterversorgung ausgeglichen werden. Zuvor ausreichend humusversorgte Maisanbauflächen mit Erträgen über 60 t/ha können bei Rückführung der gesamten Gärrückstände auf die Anbaufläche schon als humusübersorgt eingestuft werden, was mit einem erhöhten Risiko für Stickstoffverluste einhergeht. Für die effektive Anwendung der Gärrückstände sind hier zusätzliche Flächenbereitstellungen zu empfehlen.

In der Abbildung 3 sollen durch Grünmais beschickte Nassvergärungsanlagen mit praktisch tolerierbaren Methanisierungsraten (50 bis 60 % vom Input- $C_{org}$ ) vorgestellt werden.

Abbildung 3: Einfluss der Frischmasseerträge beim Grünmaisbau und der vorhergehenden Humusversorgung der Anbauflächen auf den Ausgleich des Humusabbaus durch Aufbringung der Gärrückstände aus Nassvergärungsanlagen mit tolerierbarer Methanisierungsrate



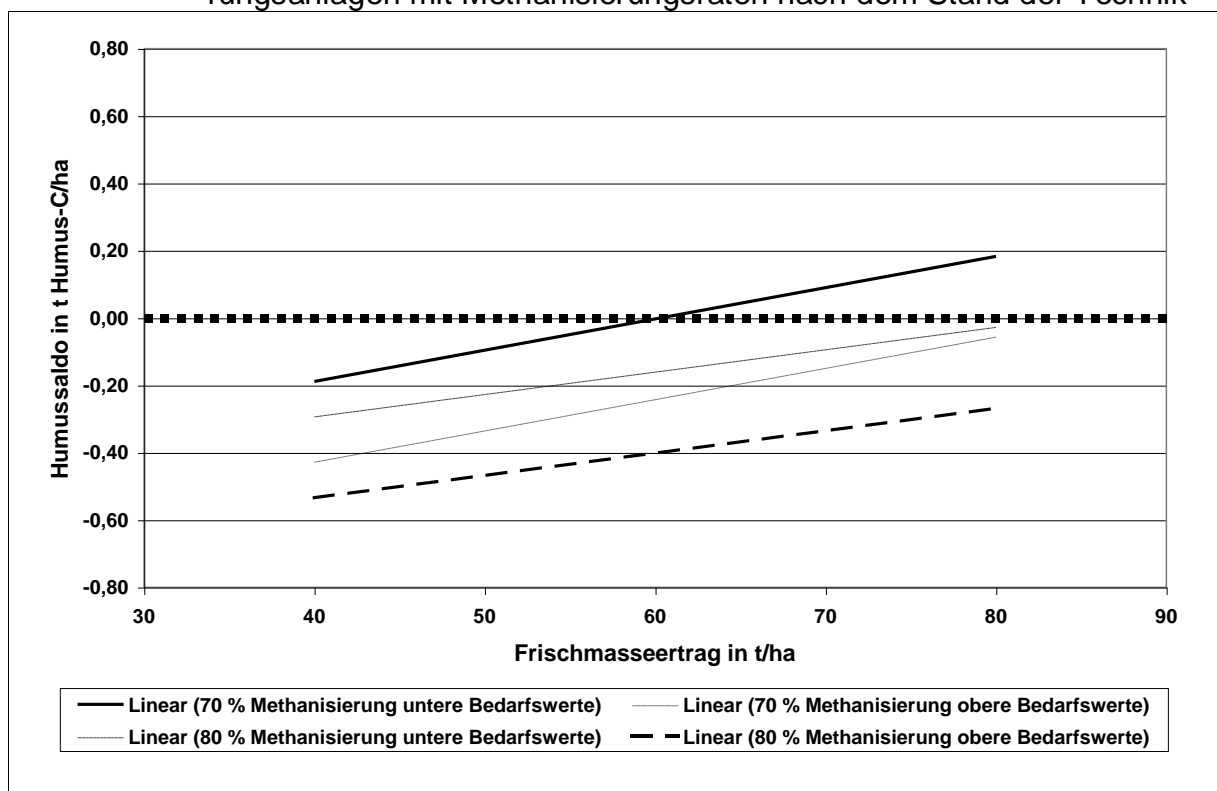
Es kann davon ausgegangen werden, dass die eine große Anzahl der Anlagen mit Nassvergärung von Grünmais Methanisierungsraten zwischen 50 bis 60 % aufweist. Sie streben in der Regel an, künftig den Stand der Technik in ihrem Anlagenbetrieb zu erreichen. Die Anlagen mit tolerierbaren Methanisierungsraten können durch Rückführung der Gärrückstände auf die Maisanbaufläche sowohl Humusmangel als auch Humusüberschüsse bewirken.

Deutliche Humusunterversorgung tritt auch bei Rückführung der gesamten Gärrückstände nur ein, wenn die Maisanbauflächen zuvor unzureichend humusversorgt gewesen sind und die Grünmaiserträge keine 50 t/ha erreichen. Bei Grünmaiserträgen über 65 bis 75 t/ha kann dagegen die Humusversorgung durch Gärrückstandsrückführung so hoch ausfallen, dass schon eine niedrige Stickstoffeffizienz und erhöhte Stickstoffverluste zu besorgen sind.

In der Abbildung 4 sollen durch Grünmais beschickte Nassvergärungsanlagen mit Methanisierungsraten nach dem Stand der Technik (70 bis 80 % vom Input-C<sub>org</sub>) vorgestellt werden.

Werden Nassvergärungsanlagen mit Grünmaisbeschickung nach dem Stand der Technik betrieben, so können sie nur noch in Ausnahmefällen eine ausgeglichene Humusversorgung durch alleinige Rückführung der Gärrückstände gewährleisten (zuvor gute Humusversorgung, 70 % Methanisierungsrate, Ertrag über 60 t/ha). Alle anderen Bedingungen sind mit Humusmangel verbunden.

Abbildung 4: Einfluss der Frischmasseerträge beim Grünmaisbau und der vorhergehenden Humusversorgung der Anbauflächen auf den Ausgleich des Humusabbaus durch Aufbringung der Gärrückstände aus Nassvergärungsanlagen mit Methanisierungsraten nach dem Stand der Technik

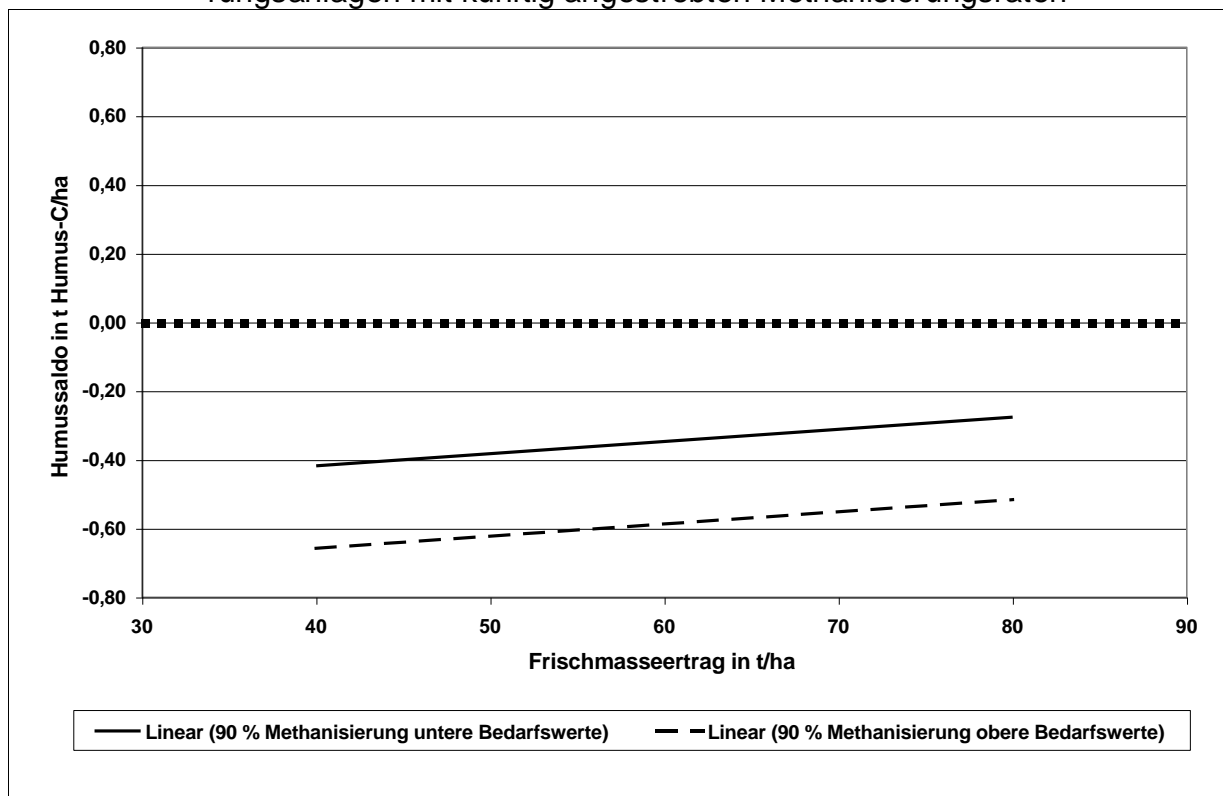


Tendieren die Methanisierungsraten gegen 80 % vom  $C_{org}$ -Input muss schon ein Frischmasseertrag von über 55 t/ha erreicht werden, um bei alleiniger Humusproduktion durch Gärrückstände nicht in absolute Humusunterversorgung zu verfallen. Zuvor schon unterversorgte Böden können auch bei sehr hohen Maiserträgen durch rückgeführte Gärrückstände überhaupt nicht mehr bedarfsgerecht humusreproduziert werden. Insgesamt kann eine nach Stand der Technik betriebene Grünmaisnassvergärung aus eigener Kraft auf Dauer keine ausreichende Humusversorgung der angeschlossenen Flächen gewährleisten.

In der Abbildung 5 sollen durch Grünmais beschickte Nässvergärungsanlagen mit künftig angestrebten Methanisierungsraten (90 % vom Input- $C_{org}$ ) vorgestellt werden.

Heute werden Entwicklungsarbeiten geleistet, die künftig eine Methanisierungsrate bei der Grünmaisnassvergärung von 90 % erreichen lassen sollen. Die Rückführung der dabei anfallenden Gärrückstände kann in keinem Falle mehr den Humusbedarf der Flächen auch nur annähernd decken. Es müssen in Größenordnung andere Humusquellen erschlossen werden. Das führt entweder zu einer Abnahme der Biomasseerträge je Flächeneinheit (z.B. bei Ackergrasanbau) oder zu einem Bedarf an externen Quellen organischer Primärsubstanzen, insbesondere in Form humusreproduktionsleistungstarker organischer Dünger wie z.B. Kompost.

Abbildung 5: Einfluss der Frischmasseerträge beim Grünmaisbau und der vorhergehenden Humusversorgung der Anbauflächen auf den Ausgleich des Humusabbaus durch Aufbringung der Gärückstände aus Nassvergärungsanlagen mit künftig angestrebten Methanisierungsraten



Zusammenfassend ist festzustellen, dass die technische Entwicklung der Nassvergärung von Grünmais und ein hoher Stand beim Qualitätsmanagement des Anlagenbetriebs zwangsläufig mit einer Verminderung der Humusversorgung der Maisanbauflächen durch Gärückstandsrückführung verbunden sind. Je anspruchsvoller der Anlagenbetrieb, umso geringer wird das interne Humusreproduktionsvermögen.

Diese zurückgehende Humusversorgung ist verbunden mit einer gleichbleibenden Nährstoffmenge in den Gärückständen bei zunehmender Löslichkeit und damit direkter Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe. Flüssige Gärückstände tendieren also hinsichtlich ihrer Qualität in Richtung flüssiger Mineraldünger. Diese Tendenz ist damit verbunden, dass vor allem wegen der hohen löslichen Stickstoffanteile sich die Anwendung solcher Gärückstände immer mehr der von Stickstoffmineraldüngern annähern muss. Ansonsten stehen zunehmende Stickstoffverluste ins Haus, einschließlich Lachgasfreisetzung und Grundwassereinträge.

Die erste und wichtigste Schlussfolgerung daraus ist, dass die Anstrengungen für die Entwicklung und die Einführung von Qualitätssicherungssystemen bei der Erzeugung von Gärprodukten und bei der Gärproduktanwendung verstärkt werden sollten. Eine alleinige bzw. vorrangige Ausrichtung der Anstrengungen auf die Energiegewinnung ist wenig zielführend und gefährdet die Nachhaltigkeit der Grünmaisvergärung.

Eine zweite Schlussfolgerung ist in folgender Richtung zu ziehen: Die Humusunterversorgung (bei weitgehender Nährstoffbedarfsdeckung) durch alleinige Anwendung von Gärprodukten als organische Primärsubstanzbedarf verlangt eine ergänzende Humusbedarfsdeckung. Soll das bei hoher Biomasseversorgung von den Bodenflä-

chen gewährleistet werden, so macht sich eine Zusatzversorgung mit nährstoffarmen, möglichst abbaustabilen organischen Düngern bzw. Bodenverbesserungsmitteln erforderlich. Hier sind Komposte, insbesondere mit hohen Grüngutanteilen gefragt. Die Nachhaltigkeit einer leistungsstarken Biomasseerzeugung wird so gefördert.