

Ökologische Energiegewinnung von Flughafen Grünschnitt

Ecological Energy Production from Airport Grass Clippings

von N. JAEHNEL, Schweinfurt

Zusammenfassung: Die Nutzung des anfallenden Grünschnittes von Flughäfen bietet sehr viele Möglichkeiten, unter Einbezug sämtlicher Fakten eine annehmbare, ökonomische und ökologische Lösung sowohl für den Naturschutz als auch für den Klimaschutz zu erhalten. Dieser Bericht gibt einen Leitfaden, einen Einblick in die Nutzung, der bislang nur mit Kosten verbundenen Pflege von Flughäfen, und praktische Lösungsansätze.

Durch gezielte Planung und Umsetzung können Risiken durch Vogelschlag frühzeitig ausgeschlossen werden und die Nutzung der Flughafengrünflächen verbessert die CO₂ - Bilanz, da ein Teil der benötigten Energie CO₂ neutral erzeugt wird. Erfreulicherweise kommt hinzu, dass die Kosten für die Pflege der Flächen und Kompostierung des Schnittgutes entfallen. Die Kosten für das Mähen und Silieren trägt die Biogasanlage. Weiterhin reduzieren sich die Energiekosten der Flughäfen, da die Bioenergie kostengünstig genutzt werden kann. Die Landtechnik und das landwirtschaftliche Bauwesen bieten mittlerweile sehr gute Lösungen um die Forderungen von Naturschutz, Vogelschlaggefahr und Luftverkehr zu erfüllen. Die Vergärung von Pflanzenresten in Biogasanlagen mit Hilfe der Nassfermentation ist seit Jahren bekannt, hierzu wird die anfallende Gülle (Kot / Harngemisch von Tieren) mit Substraten vergoren und in Biogas verwandelt. Die Trockenfermentation macht es möglich ohne Gülle auch schwierige Substrate wirtschaftlich mit einfacher Technik zu vergären. Damit ist es interessant auch bislang nicht genutzte Bereiche zur Energiegewinnung zu erschließen.

Es ist dadurch sehr gut möglich, vor allem aus der Sicht des Klimaschutzes die Grünflächen der Flughäfen in ein verträgliches Konzept für die Energiegewinnung zu verwandeln und dabei die vorliegenden langjährigen Aufzeichnungen über Vogelschlag, Vogelflug, Naturschutz und Luftverkehr voll zu integrieren.

Summary: The utilization of accumulated grass clippings from airports offers many opportunities of finding an acceptable, economic, and ecologic solution for both nature and climate protection, if all available facts are considered. This report provides a guideline for and insight in the utilization of airport green area

maintenance, that was only associated with costs as yet, and suggests methods to handle the issue.

Targeted planning and implementation helps to avoid risks from bird strike at an early stage, and the utilization of airport green areas favourably influences the CO₂ output, since part of the necessary energy is generated carbon neutrally. An additional fortunate circumstance is that the costs of area maintenance and grass clipping composting are saved. The costs of mowing and ensiling are covered by the biogas plant. Moreover, there is a reduction in the airports' energy expenses, as the bioenergy can be used cost-effectively.

Recent agricultural technology and architecture offer sound solutions to meet the requirements of nature protection, bird strike hazard, and air traffic. The fermentation of vegetable remains in biogas plants by means of wet fermentation has been known for years; to that end, the accumulated manure (dung/urine mixture of animals) is fermented with substrates and converted into biogas. Dry fermentation allows fermenting even difficult substrates with simple techniques in an economical way. Thus it becomes interesting to also tap so far unexploited areas for energy production.

In the light of these findings and especially for the benefit of climate protection, there are good opportunities to include airport green areas in a sustainable concept for energy production, fully integrating the existing long-standing records of bird strike, bird activity, nature protection, and air traffic

1. Einleitung

Grundlage der Nutzung von Grünflächen der Flughäfen sind die vorhandenen Daten und Erfahrungen sowohl des Vogelfluges, Naturschutzes und letztendlich der reguläre Flugverkehr.

Aus dieser Kombination der Information kann schrittweise eine wirtschaftliche ökologische Nutzung der Flächen für die Energiegewinnung ermöglicht werden. Es kann und darf nicht das Ziel sein, diese Flächen intensiv zu nutzen, dies ist nicht die Grundlage dieses Vorhabens!

Im Zuge immer knapper werdender Ressourcen ist es wichtig, auch bislang ungenutzte Bereiche zur Energiegewinnung zu mobilisieren.

Vor dem Hintergrund der globalen Anstrengungen zur Reduzierung der anthropogenen Treibhausgasemissionen ist der Ausbau der erneuerbaren Energien zur Energieproduktion ein wichtiges Element. Die Nutzung von Biomasse als nachhaltige Energiequelle hat den entscheidenden Vorteil, dass die Energie CO₂-neutral produziert werden kann, da nur das klimawirksame Kohlendioxid

freigesetzt wird, dass zuvor bei der Entstehung der Biomasse der Atmosphäre entnommen wurde.

Eine sehr gute Möglichkeit den Aufwuchs von Flughafenflächen zu verwerten bietet dabei die Biogasproduktion durch die Vergärung der Biomasse. (1)

Durch langjährige Versuche haben sich Anlagen zur Biogasgewinnung realisieren lassen, die mit einfacher Technik Substrate vergären, die bis jetzt nicht oder nur sehr schwer vergoren werden konnten.

Die Landtechnik leistet mit der Entwicklung leistungsfähiger, bodenschonender Maschinen mit entsprechender GPS-Steuerung zur Effektivitätssteigerung einen weiteren Beitrag dazu, die Flächen zu nutzen und gleichzeitig die Bodenlebewesen durch geringen Bodendruck kaum zu stören.

Eigene praktische Erfahrungen aus der Landwirtschaft im In- und Ausland auf den unterschiedlichsten Klein- und Großbetrieben unterstützen dieses Vorhaben mit dem rationellen Einsatz von Maschinen unter Einbezug von Ökologie und Ökonomie.

Der Einsatz von Großtechnik gibt beispielsweise die Möglichkeit nicht wirtschaftlich zu bearbeitende Ecken, Winkel oder Senken die regelmäßig mit Wasser gefüllt werden, still zu legen.

2. Gärbiologie

Unter dem Begriff "Vergärung" versteht man den mikrobiologischen Abbau von organischen Stoffen in feuchter Umgebung unter Luftabschluss (anaerobes Milieu). Dieser biologische Zersetzungsprozess (Faulung/Gärung) wandelt die organische Biomasse hauptsächlich in die Bestandteile Wasser, Kohlendioxid und Methan um.

Der Vergärungsprozess läuft prinzipiell in vier voneinander abhängigen biologischen Teilschritten unter anaeroben Bedingungen ab, an denen jeweils verschiedene Gruppen von Mikroorganismen beteiligt sind. Diese Organismen sind an eine flüssige Phase gebunden und verwerten die Produkte der vorangegangenen Abbauschritte und bilden zum Ende der Vergärung Biogas.

Die erste Abbaustufe der Methanvergärung ist die Verflüssigungsphase. Während dieser Phase werden die langkettigen organischen Verbindungen (z. B. Proteine, Fette, Kohlenhydrate) mittels von Bakterien abgesonderten Exoenzymen in einfachere organische Verbindungen (z. B. Aminosäuren, Fettsäuren,

Zucker) zerlegt. Da hierbei die festen Substanzen durch die Abspaltung von Wasser in Lösung gehen, nennt man diesen Schritt auch Hydrolyse.

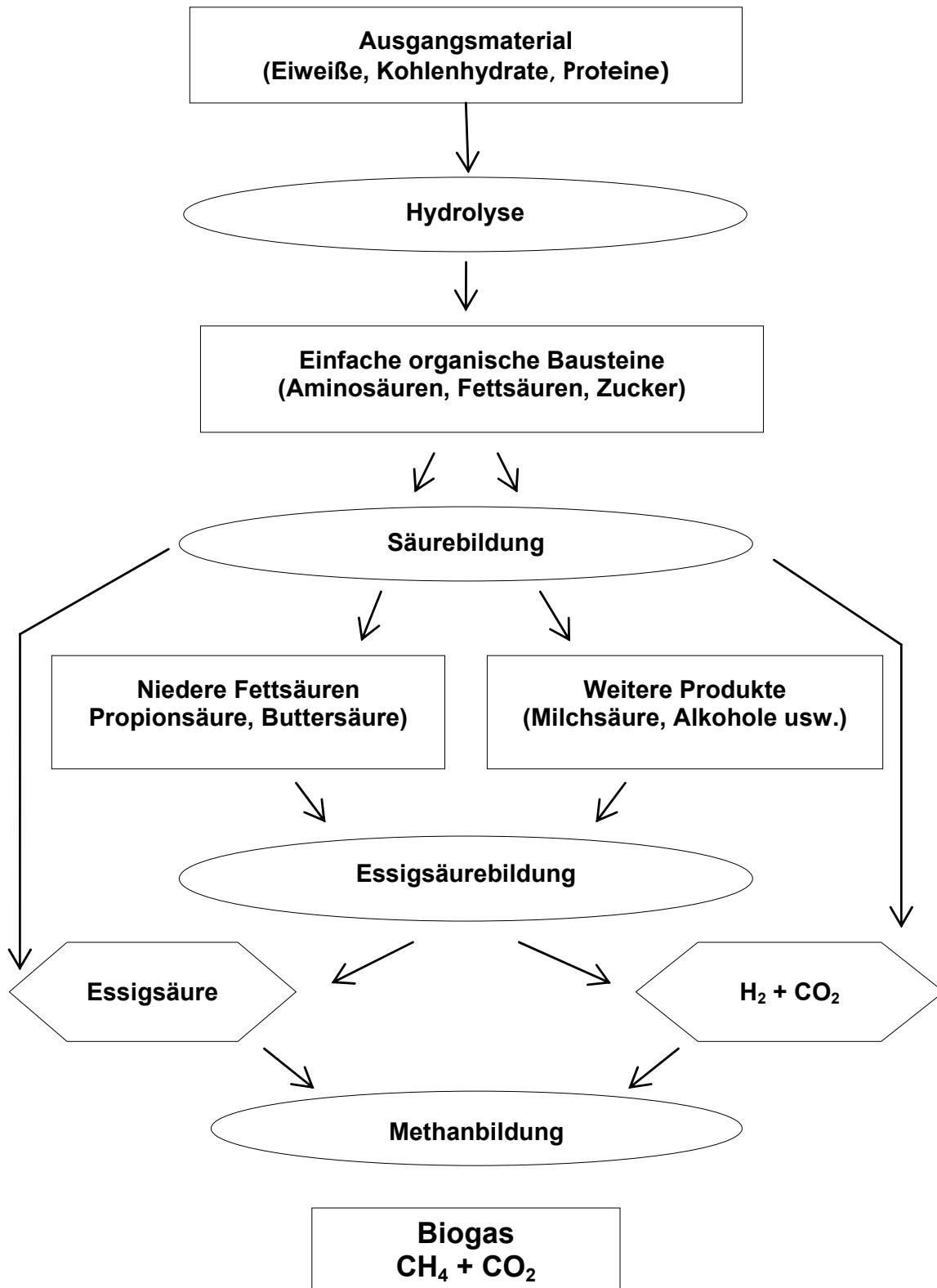


Abb. 1: Biogasbildung (3)

Die Produkte der Hydrolyse werden anschließend in der Versäuerungsphase (Acidogenese) durch säurebildende Bakterien verstoffwechselt und zu organischen Säuren (z. B. Essig-, Propion-, und Buttersäure) abgebaut. Dabei entstehen außerdem Acetat, Wasserstoff und Kohlendioxid, welche als Ausgangsprodukte für die Methanbildung dienen. Das Verhältnis der in dieser Phase entstehenden Produkte zueinander ist vom Wasserstoffpartialdruck, d.h. der Konzentration an elementarem Wasserstoff abhängig. Je niedriger dieser ist, desto höher ist der Anteil an entstehendem Acetat.

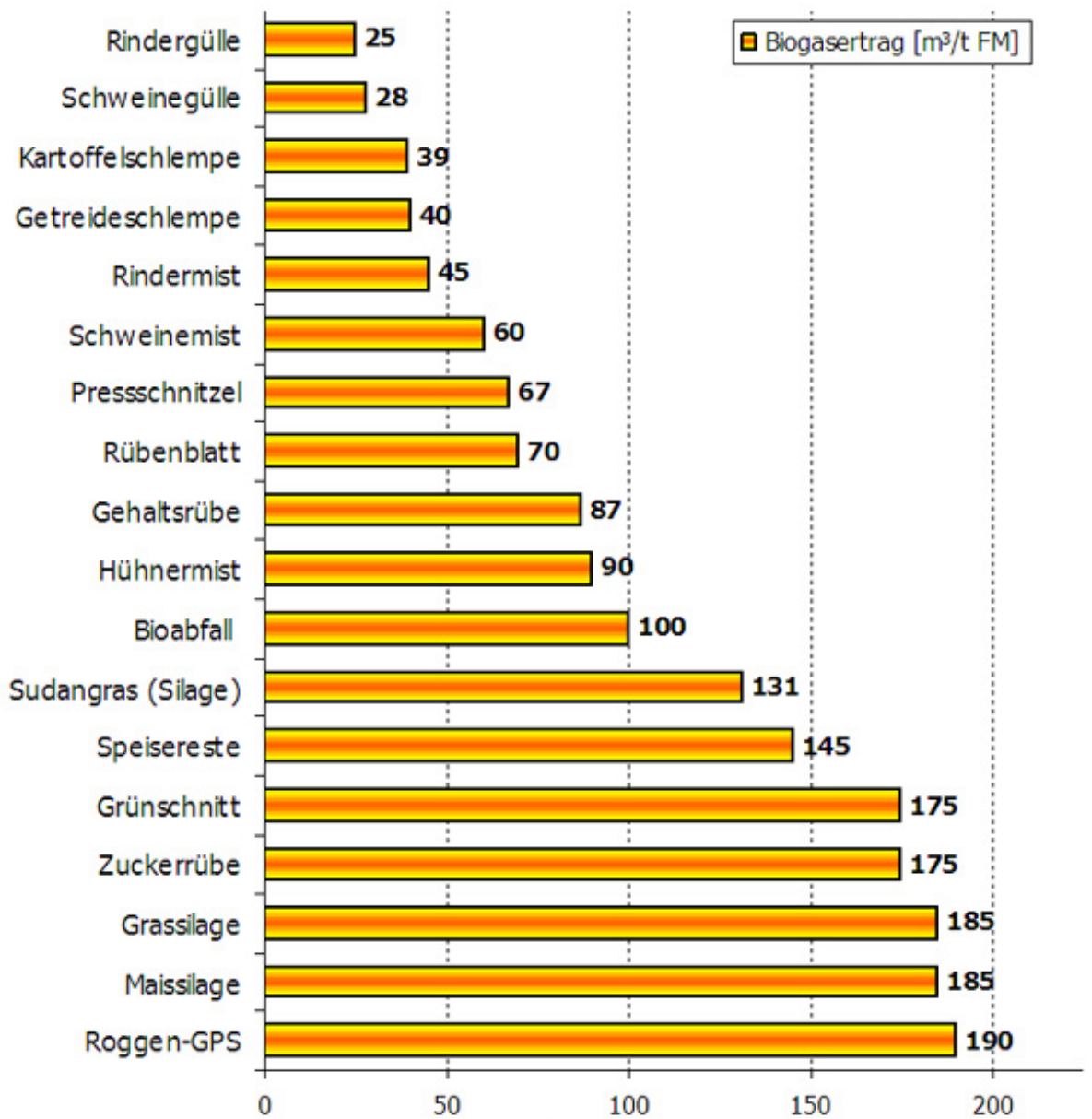


Abb. 2: Durchschnittlicher Biogasertrag in m³/t Frischmasse von Substraten (4)

In der Essigsäurephase (Acetogenese) werden die organischen Säuren und Alkohole von acetogenen Bakterien zu Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid abgebaut. Diese Produkte dienen den methanogenen Mikroorganismen als Substrat. Auch bei dieser Abbauphase spielt die H₂-Konzentration eine entscheidende Rolle, da ein Anstieg des Wasserstoffpartialdrucks den Stoffwechsel der acetogenen Bakterien hemmt. Da die Mikroorganismen der Methanogenese auf die Funktionalität dieser Bakterien angewiesen sind, verbrauchen sie in dieser Phase den Wasserstoff zur Methanbildung und sorgen so für optimale Lebensbedingungen. Somit leben die Organismen beider Abbaustufen in einer mutualistischen Symbiose.

In der vierten und letzten Phase, der Methanbildungsphase (Methanogenese), werden die Produkte der vorangegangenen Phasen durch methanogene Mikroorganismen (Archaea) zu Methan, Kohlenstoffdioxid und Wasser umgesetzt. (2)

3. Substrate

Der zunehmende Bedarf an Substraten für die steigende Anzahl an Biogasanlagen und die damit verbundene intensive Produktion von Energiepflanzen verstärken die Überlegungen das Potential von bisher ungenutzten extensiven Flächen in die Energieproduktion zu integrieren.

Die landwirtschaftlichen Flächen sind begrenzt und können auch nicht komplett zur Energiegewinnung genutzt werden.

Langjährige Versuche mit der Vergärung von Gras mit unterschiedlicher Herkunft und Schnittzeitpunkten bestätigen einen vergleichbaren Gasertrag mit anderen Substraten.

Die Gaserträge vom Schnittgut der Flughäfen werden geringer ausfallen, da hier Schnitthöhe und Schnittzeitpunkt entsprechend Einfluss nehmen.

Dies bedeutet, dass je später der Schnitt erfolgt, desto geringer der Gasertrag, beeinflusst durch den zunehmenden Rohfasergehalt der durch späte Schnittzeitpunkte entsteht, wird der maximale Biogasertrag begrenzt. Die Rohfaser besteht überwiegend aus den Komponenten Hemizellulose und Lignin, die beide bei anaeroben Bedingungen kaum abbaubar sind. (5)

Die geforderte Schnitthöhe reduziert die Gesamtmasse pro Hektar, jedoch ist es wichtiger, die Schnittzeitpunkte so zu wählen, dass ein akzeptabler Gasertrag erzielt werden kann. Untenstehende Tabelle zeigt das Potential des Gasertrages bei unterschiedlichen Schnittzeitpunkten.

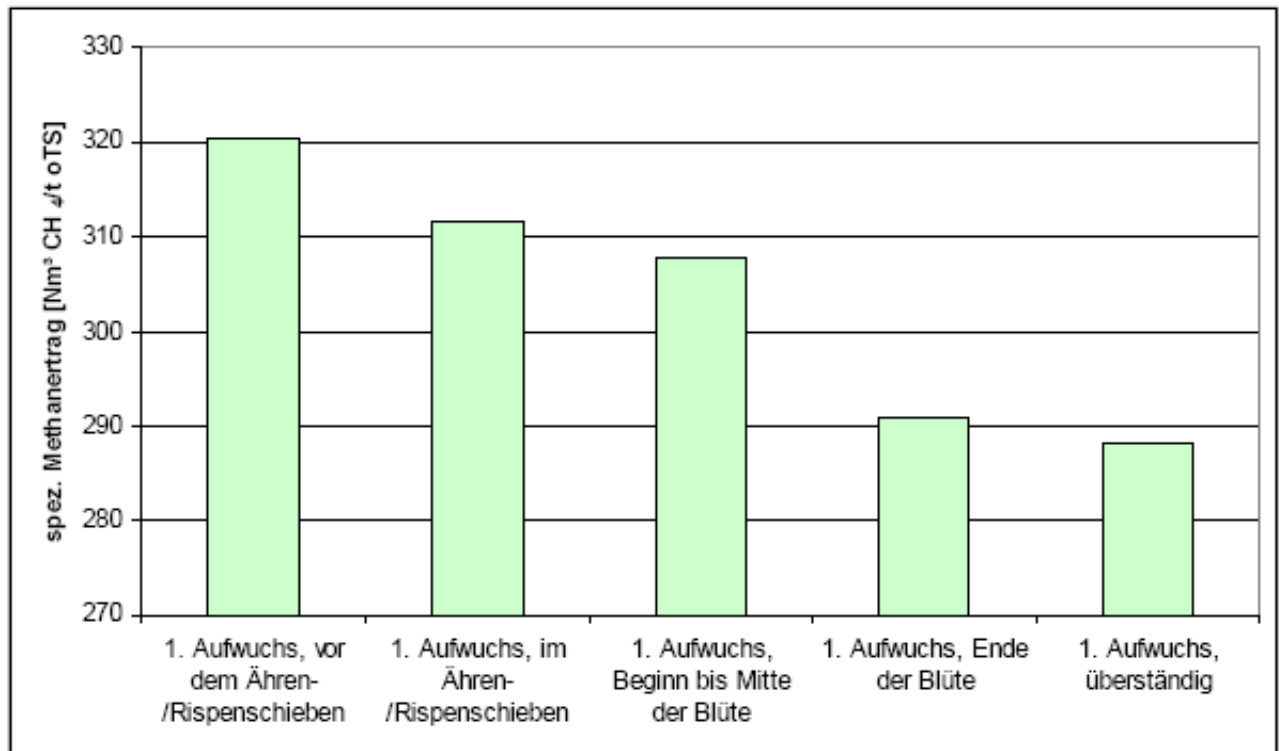


Abb. 3: Spezifische Methanertrag im Vegetationsverlauf (6)

Eine weitere Tabelle zeigt die wissenschaftlichen Ergebnisse von Gärversuchen der verschiedenen Fakultäten die sich mit der Thematik der energetischen Nutzung von Grünland beschäftigen. Daraus ist zu ersehen, dass Grünland sicherlich nicht mit dem ertragreichen Mais zu vergleichen ist, aber Gras bietet eine interessante Alternative zum Mais vor allem wenn ökologische Aspekte hinzu gezogen werden.

Zudem steht bei dem Projekt Flughafen Grünschnitt, Grünland nicht im Wettbewerb zu Mais, sondern zu den Kosten der Pflege der Flächen. Diese wiederum würden wegfallen, da das Mähen und Silieren des Grüngutes zum Kostenblock der Biogasanlage gehört. Dies bedeutet, dass durch entsprechend ausgearbeitete Lösungen unter Einbezug wichtiger ökologischer und Vogelschlag relevanter Aspekte, die Flächen einen zusätzlichen Nutzen darstellen und einen weiteren Beitrag zum Klimaschutz erbringen.

Sicherlich ist es wichtig und notwendig hier gemeinsam an Ort und Stelle eine Lösung zu finden, um zum Einen die Vogelschlaggefahr nicht zu erhöhen, den Schutz der Tiere aufrecht zu halten und zum anderen eine Schnitthöhe zu finden die einen ausreichenden Energieertrag liefert. In diesem Bereich bietet bereits die Pflanzenzüchtung entsprechende Gräserarten, die vielversprechend sind, auch bei höherem Schnitt einen ausreichenden Ertrag zu erzielen.

Tab. 1: Biogas- und Methanerträge von Gras von verschiedenen Untersuchungen (7)

	Spez. Biogasertrag in l/kg oTS	Spez. Methanertrag in l/kg oTS	Methangehalt in %
Prochnow et al. (2005)	500-550 (Juni) 400-420 (Sept.) 280-300 (Jan.)	300 (Juni) 230 (Juli) 190 (Jan.)	48-55
Baserga (1998)	500-550 (NF) 350-380 (TF)		
Krieg und Fischer (2000)	309-654 (in Ab- häng. von Raumbelastung)		54-65
Lemmer und Oech- ner (2001)		80 (NSG-Mähgut) 220 (Extensivgrün- land) 260 (Golfplatzrasen) 390 (Intensivgrün- land)	53-55
Van Dooren (2005)		250	57
Gronauer und Aschmann (2002)	191 (TF)	97 (2. und 3. Schnitt Extensivgrünland)	53
<i>Maissilage (zum Vgl.)</i>	800	300	

4. Technik für das Grünland



Nachsaat in einen Grünlandbestand (8)

In wie weit eine Einsaat von Gräsern in die bestehende Grasnarbe erforderlich ist kann nur direkt vor Ort geklärt werden. Ein Umbruch der Flächen ist nicht tragbar und nicht erforderlich denn für eine Nachsaat von Gräsern in die bestehende Grasnarbe stehen entsprechende Geräte zur Verfügung. Diese Maschinen bringen den Samen direkt in einen kleinen Schlitz ohne die Oberfläche zu bewegen.

Durch entsprechende Technik beim Mähen der Flächen können fast alle Belange von Vogelschlag, Naturschutz weitestgehend erfüllt werden.

So können mit parallelfahr Einrichtungen (GPS-Systeme) ausgestattete Schlepper Streifen exakt stehen lassen, bzw. ein exaktes Mähen ohne Leerfahrten und damit die Reduzierung von zusätzlichen Bodendruck ermöglicht werden.

Durch großdimensionierte Reifen und Fahrzeuge zum Schwaden und Abtransport des Siliergutes ist es möglich den Boden zu schonen, trotzdem eine schnelle, rationelle Ernte durchzuführen und den Flugverkehr nicht zu behindern, dies hat höchste Priorität. Durch die Trockenfermentation kann auch auf den Einsatz eines Feldhäckslers verzichtet werden, es genügen Silierwagen die das Material ausreichend zerkleinern. So sind weniger Fahrzeuge unterwegs, die den Boden



Exaktes Mähen mit GPS-Fahrssysteme (9)



Mähen und Zusammenlegen auf einen Schwad (10)

belasten können, dass spart Energie und damit Kosten. Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist dabei, weniger Fahrzeuge die mit der Ernte der Silage den Flugverkehr stören können (11).



Großschwader (12)



Großtechnik mit bodenschonender Bereifung (13)

Selbst bei der Silierung des Grünschnittes können Kompromisse eingegangen werden. Hierzu ist es notwendig, dass nicht im Fahrsilo siliert wird, sondern mit einer Silopresse. Dies hat den Vorteil, dass die Gärverluste deutlich gerin-

ger sind als im Fahrsilo und bedingt durch die kleine Öffnung, auch ohne Verluste 1 Tag die Silierung unterbrochen werden kann.

Die beiden nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen die geringe Anschnittfläche und damit verbundenen geringen Gärverluste. Nachteil der Silopresse ist der höhere Platzbedarf für die Schläuche, aber dafür sind keine betonierten Flächen für die Ablage der befüllten Siloschläuche erforderlich. Auftretender Sickersaft bleibt bei der Schlauchsilierung im Futterstock erhalten (Schwammwirkung) (14). Bedingt durch die mögliche Unterbrechung der Silierung kann der Transport auch in die Nacht verlegt werden, wenn wenig oder kein Flugverkehr ist. Die Witterungsverhältnisse und die Qualität der Silage sind dabei zu berücksichtigen. Durch entsprechende Zeitfolge beim Mähen können auch hier Kompromisse und Lösungen realisiert werden.



Silopresse im Einsatz (15)



Befüllte Siloschläuche (16)

5. Trockenfermentation

Die Biogastechnik macht derzeit große Fortschritte. Bisher war es nur sehr schwer möglich das anfallende Schnittgut zu vergären und daraus Biogas zu erzeugen, da Gras in Nassfermentationsanlagen zu Problemen führt. Es sind nur sehr kleine Mengen an Gras in diesen Nassfermentationsanlagen möglich, ansonsten wird der Anlagenprozess gestört.

Die Nassvergärung ist das angewandte Verfahren bei Biogasanlagen. Zur Vergärung flüssiger, tierischer Exkreme (Gülle) werden weitere fließfähige Substrate beigemischt und kontinuierlich vergoren.

Mittlerweile existieren Techniken, die es erlauben den anfallenden Grünschnitt und das anfallende Landschaftspflegegrün der Flughafenflächen in Gas, Strom, Wärme und / oder Kälte umzuwandeln.

Bei der Trockenfermentation kommen stapelbare Substrate zum Einsatz, die mit einem Radlader oder Teleskoplader in den entsprechenden Fermenter (Garage) gefahren werden.

Die sogenannten Trocken-Nass-Simultan (TNS) Vergärung ist eine Kombination einer Trockenvergärung mit einer herkömmlichen Nassvergärung. Im Gegensatz zur Nassfermentation ist bei der Trockenfermentation eine Pumpfähigkeit des Substrates nicht erforderlich. Hohe TS-Gehalte der Substrate sind möglich. Der Prozess findet in sogenannten Trockenfermentern (Garagen) sowie im Perkolatspeicher (Nassfermenter) statt.

Die Trockenfermenter werden im zeitlichen Versatz zueinander im Batch-Verfahren betrieben. Es stehen je nach Größe der Anlage 4 oder mehr Fermenter nebeneinander um eine gleichmäßige, kontinuierliche Gasproduktion zu erhalten. Die Beschickung der Trockenfermenter mit den zu vergärenden Substraten mit hohen Feststoffgehalten erfolgt mit Rad- oder Teleskoplader. In der anschließenden drei- bis vierwöchigen Verweilzeit wird das Substrat mit einem komplexen Behandlungsmanagement aus Luft, Perkolat und Wärme entgast. Das entstehende Biogas wird in einen Gasspeicher geleitet und entsprechend aufgearbeitet im Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt oder entsprechend aufgearbeitet und gereinigt auf Erdgasqualität direkt in das Erdgasnetz eingespeist. Auch das betanken von Fahrzeugen mit Biogas ist machbar. (17)

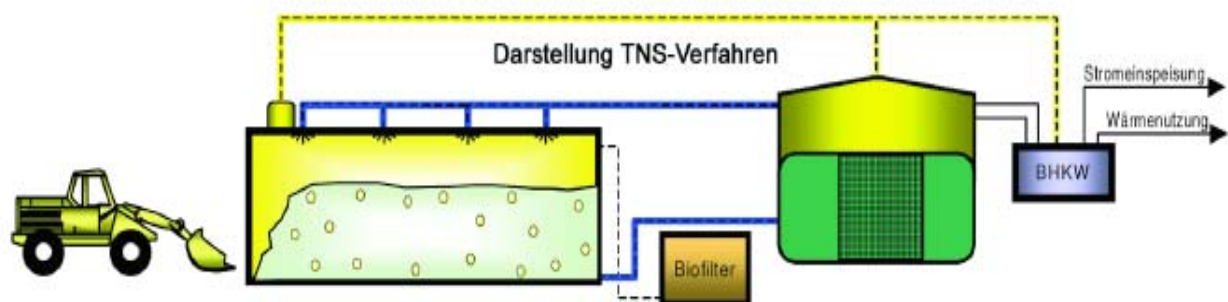


Abb. 4: Systemkomponenten im TNS-Verfahren (18)

Das TNS-Verfahren ist eine einfache Konzeption mit wenig Technik, hat eine hohe Prozesssicherheit, geringen Wasser- und Energiebedarf sowie einen geruchsneutralen, schütt- und stapelfähigen Gärrest.



Ansicht einer 500 KW Anlage (19)



Befüllung eines Fermenters (20)



Stapelbarer Gärrest (21)

Der in der nebenstehenden Abbildung gezeigte stapelbare Gärrest ist geruchsneutral, ein Effekt den die Vergärung in der Biogasanlage mit sich bringt. Damit stellt die Lagerung oder das Ausbringen des Gärrestes keine Beeinträchtigung für den Flughafen und die Bevölkerung dar.

6. Modellrechnung einer Biogasanlage

Nachfolgend ein Beispiel für einen möglichen Energieertrag eines größeren Flughafens.

Angenommen wird eine Grünpflegefläche von 800 ha, diese Fläche würde mittelfristig so gestaltet werden, dass unter Berücksichtigung der Faktoren Vogelschlag und Ökologie ein akzeptabler Gasertrag erreicht wird. Auch ist darüber nachzudenken, ob der anfallende Gärrest im Frühjahr oder Spätherbst auf tragfähigem Boden den Flächen wieder zugeführt wird, um den natürlichen

Stoffkreislauf zu schließen. Dabei müssen die Aspekte der Zugvögel berücksichtigt werden, um eine eventuelle Nahrungsquelle für die Vögel durch das Ausbringen des Gärrestes auszuschließen. (22)

Geht man von einer durchschnittlichen Menge pro Hektar von 27,5 Tonnen Frischmasse aus, so ergeben sich diese unten genannten 22.000 to. Höherwertige Substrate werden von umliegenden Landwirten zugekauft um den Gärungsprozess zu stabilisieren und den Gasertrag zu steigern. Gleichzeitig können diese Landwirte die Anlage auch betreiben. (23)

Modellkalkulation (24)

Substratart	Menge in Mg/a	Dichte int/m ³	Gasertrag m ³ /Mg FM	Gasertrag m ³ /a
Flughafenschnitt	22000 to	0,48	150 m ³ /to	3300000 m ³ Gas
Maissilage	5000 to	0,55	195 m ³ /to	975000 m ³ Gas
		0,52	175 m ³ /to	0 m ³ Gas
Grassilage	5000 to	0,48	155 m ³ /to	775000 m ³ Gas
Getreidekörner gequetscht	1000 to	0,75	540 m ³ /to	540000 m ³ Gas
				5590000 m³ Gas

Verweildauer-Fermenter			30 Tage
BHKW			1500 kW
Gasertrag m ³ /Biogas/Jahr			5590000 m ³ Gas
therm. Wirkungsgrad (%)			49 %
elektr. Wirkungsgrad BHKW (%)			41 %
Motorlaufzeit Std./Jahr	91%	333 Tage	8000 Std.
Energiegehalt Biogas in kWh/m ³			5,5 kWh/m ³
Prozessenergie thermisch (%)			10 %

Gesamtleistung in kW		30745000	kWh/Jahr
Nutzbare thermische Energie		15065050	kWh/Jahr
nutzbare elektrische Energie		12605450	kWh/Jahr
Prozessenergie in kW		3074500	kWh/Jahr
	Kontrolle	30745000	kWh/Jahr

Mit der Integration von umliegenden Landwirten mit dem Anbau von zusätzlichen Energiepflanzen werden zudem noch weitere Arbeitsplätze geschaffen, langfristig gesichert und eine langfristige Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen erlangt.

So würden dem Flughafen in diesem Modell als Wärmeleistung 15 Mio. KWh zur Verfügung stehen, zusätzlich zum erzeugten Strom, beispielsweise können für diese genannten 15 Mio. KWh x 0,04 Cent /KWh berechnet werden, dies entspricht 600.000,00 €.

Rechnet man hier noch die Düngerwirkung mit ein und damit einen etwas größeren Ertrag steigt entsprechend auch die Wärmeleistung.

Diese Modellkalkulation zeigt das Potential der Flughäfen zur Energieerzeugung, dies muss sicherlich im Einzelnen detailliert geprüft und berechnet werden. Es wird nur schwer möglich sein den kompletten Energieaufwand eines Flughafens mit dieser Energieform zu decken, doch ein Teil kann relativ schnell damit abgedeckt werden.

Man kann durchaus noch einen Schritt weiter gehen, und Randflächen im Flughafengelände mit Energiepflanzen in Direktsaat anbauen um den Energieertrag des Flughafengeländes zu erhöhen. Dies ist die Aufgabe vor Ort die entschieden werden muss, unter Einbezug der ökologischen und zur Flugsicherung notwendigen Aspekte.

Literatur

1. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V., Was ist Biogas?
2. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gärbiologie
3. Handreichung Biogasgewinnung und -Nutzung, Publikationen vom Institut für Energetik und Umwelt gGmbH in Kooperation mit der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft und dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V. in Gülzow, 3. Überarbeitete Auflage
4. Durchschnittliche Biogasausbeute verschiedener Substrate, Tabelle von Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V
5. Biomethanisierung von Landschaftspflegeaufwuchs, Jahresverlauf der Biogaserträge

Biogas vom Grünland: Potentiale und Erträge

Annette Prochnow, Monika Heiermann, Axel Drenckhan und Hannelore Schelle, Leibnitz Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim

Schriftverkehr mit Prof. Dr. Grundler Fachhochschule Weihenstephan

6. Tabelle aus Berichte aus Energie und Umweltforschung 1/2006, Biogas Einspeisung und Systemintegration in bestehende Gasnetze, Dr. M. Theibing FH Joanneum Gesellschaft mbH, Wien

Herausgeber, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie in Wien

7. Biogas- und Methanerträge von verschiedenen Gärversuchen, aus Bioenergie und Naturschutz: Sind Synergien durch die Energienutzung von Landschaftspflegegrün möglich?

Interner Zwischenbericht an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Autoren Kerstin Wiegemann, Angelica Heintzmann, Dr. Wolfgang Peters, Anne Scheuermann und Christof Thoss

Möglichkeiten der Verwendung alternativer Verfahren zur Verwertung von Grünlandmähgut: Verbrennen, Vergären, Kompostieren, Martin Elsäßer, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft, Aulendorf, Berichte über Landwirtschaft, 2003, 4

8. Vredo Deutschland GmbH, Evessen, Grünlanddirektschlitzdrillmaschine Werkbild
9. Agrarmanagementsysteme von John Deere, John Deere Vertrieb Deutschland, Werkbild
10. Agrarmanagementsysteme von John Deere, John Deere Vertrieb Deutschland, Werkbild
11. Gespräche mit Looock Biogassysteme und Bioferm, sowie Einbezug von Grundlagen Naturschutzhof Brodowin, Ökodorf Brodowin e.V
12. ROC-Italy Hersteller von Erntetechnik, Werkbild
13. ROC-Italy Hersteller von Erntetechnik, Werkbild
14. Ausgewählte Hinweise zur umweltgerechten Anwendung der Folienschlauchsilierung, Dr. Olaf Steinhöfel, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dr. Udo Weber, BAG Budissa Agroservice GmbH
15. BAG Budissa Agroservice GmbH, Hersteller von Silopressen, Werkbild
16. BAG Budissa Agroservice GmbH, Hersteller von Silopressen, Werkbild
17. Looock Biogassysteme Hamburg, Telefonat mit Herrn Springer, Unterlagen Systembeschreibung,

Gülzower Fachgespräche Band 24, Trockenfermentation – Stand der Entwicklung und weiterer F+E- Bedarf und Agrar Spectrum Band 40, Energie aus Biomasse, DLG-Verlag

18. Loock Biogassysteme Hamburg, Werkbild
19. Loock Biogassysteme Hamburg, Werkbild
20. Loock Biogassysteme Hamburg, Werkbild
21. Loock Biogassysteme Hamburg, Werkbild
22. Gespräche mit Herrn Dr. Morgenroth, DAVVL und Prof. Dr. Grundler FH Weihenstephan
23. Gespräche mit Wurzer Umwelt, Eitting, Dr. Grundler Fachhochschule Weihenstephan, eigene Berechnung
24. Berechnungsprogramme, Uniplan von Werner Ortloff, Ostheim/ Rhön und Brandenburgische Energie und Technologie Initiative, Potsdam. Weiteres Datenmaterial von Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising, KTBL Darmstadt und RKL, Osterronfeld

Anschrift des Verfassers:

Norbert Jaehnel
Projektberatung & Betreuung
Kiliansberg 4 ½
97422 Schweinfurt
Fon 09721 / 477 94 78
Mobil 0176 / 67 213 781
norbert.jaehnel@gmx.de