

Energie- und Emissionsbilanz verschiedener Bewirtschaftungsformen des Extensivgrünlands

L. Bühle¹, F. Hensgen¹, I. Donnison², K. Heinsoo³, M. Wachendorf¹

¹UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET GRÜNLANDWISSENSCHAFT UND NACHWACHSENDE ROHSTOFFE,
Steinstr. 19, 37213 Witzzenhausen, DE, buehle@uni-kassel.de

²INSTITUTE OF BIOLOGICAL, ENVIRONMENTAL AND RURAL SCIENCES, ABERYSTWYTH,
Gogerddan, Aberystwyth, SY23 3EB, UK

³ESTONIAN UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES,
Riia 181, Tartu 51014, EE

1. Einleitung und Problemstellung

Viele europäische Regionen stehen vor der Herausforderung, alternative Konzepte für die Bewirtschaftung extensiver Grünlandflächen und für die Nutzung der dabei anfallenden Biomassen zu entwickeln. Hintergrund sind die sich verschlechternden sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen der Grünlandbewirtschaftung in benachteiligten Gebieten und die daraus resultierenden rückläufigen Tierbestände. Die energetische Verwertung der Grünlandaufwüchse bietet vielversprechende Perspektiven für eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige Bewirtschaftung und Nutzung, die für den Erhalt der vorherrschenden Vegetationen unerlässlich ist.

Aufgrund der fortgeschrittenen Lignifizierung durch den späten Schnitttermin sowie der großen Heterogenität in der stofflichen Zusammensetzung stellt Grünlandbiomasse von artenreichen, extensiv bewirtschafteten Flächen besondere Ansprüche an die energetische Verwertung im Vergleich zu ackerbaulichen oder forstwirtschaftlichen Rohstoffen. Geringe Biogasbildungsraten als Folge limitierter Abbaubarkeit machen diese Biomasse unrentabel für die anaerobe Vergärung, und hohe Mineralstoffgehalte erschweren eine direkte thermische Verwertung über die Verbrennung in herkömmlichen Öfen.

Das Verfahren der „Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse“ (IFBB) ist in mehrerer Hinsicht an die Eigenschaften der extensiver Grünlandbiomasse angepasst, da es durch eine stoffliche Trennung mineralische Schadstoffe aus der Biomasse für die Brennstoffnutzung weitestgehend entfernt und dabei gleichzeitig ein hochverdauliches Flüssigsubstrat für die Biogaserzeugung zur Verfügung stellt (Wachendorf *et al.*, 2009).

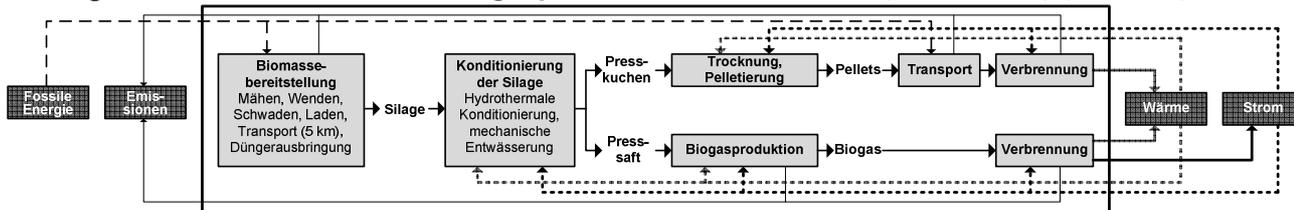
Dieser Beitrag bewertet das IFBB-Verfahren im Rahmen der Energie- und Emissionsbilanzierung und vergleicht es mit alternativen Konversionstechniken wie der Trockenfermentation und Heuverbrennung. Zusätzlich wird die tierische Verwertung über die Rindviehhaltung sowie nicht veredelnde Verfahren wie Mulchen und Kompostierung analysiert.

2. Material und Methoden

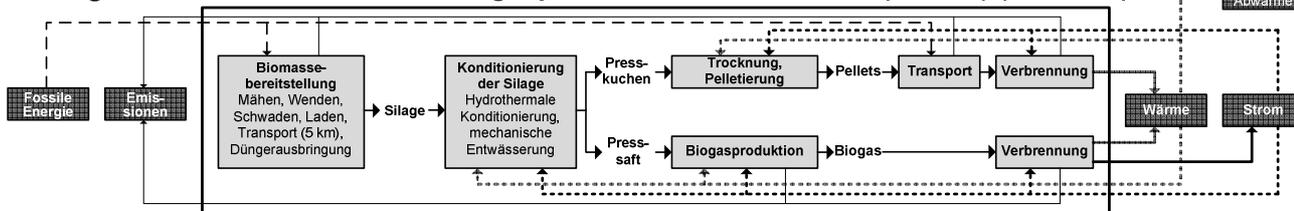
Die Untersuchung wurde nach den Prinzipien der Lebenszyklusanalyse (DIN, 2006) durchgeführt und betrachtet damit die gesamte Prozesskette der Produktbereitstellung von der Biomassebereitstellung über die Verwertung bis hin zu der Entsorgung von Reststoffen. Die betrachteten Produktionsverfahren sind in Abb. 1 dargestellt. Die Datengrundlage der hier betrachteten Biomassen bilden 18 europäische Grünlandvegetationen in Deutschland, Wales und Estland, die im Rahmen des EU-Projekts PROGRASS untersucht wurden (Bühle *et al.*, 2010). Der mittlere Ertrag, der der Analyse zugrunde gelegt wurde, betrug $3,8 \text{ t TM ha}^{-1}$.

Hinsichtlich der Konversionseffizienz wurde für die Verfahren der Energieproduktion (1-4) untersucht, in welchem Maße die in der Biomasse chemisch gespeicherte Energie in die Nutz- bzw. Endenergie Wärme und Strom umgewandelt wird. Verfahreninterne Bedarfe in Form von Wärme und Strom wurden dabei berücksichtigt und vom Output abgezogen. Darüberhinausgehend bewertet die Ökobilanzierung aller untersuchter Verfahren (1-7) die Einsparpotenziale an fossilen Energieträgern und Treibhausgasen durch die Verwertung der Grünlandbiomassen auf flächenspezifischer Basis. Als Referenzverfahren diente dabei bezüglich der Energie produzierenden Verfahren die konventionelle Wärme- und Stromerzeugung auf Basis des Durchschnittswerts der deutschen Energieversorgungsstruktur unter zusätzlicher Berücksichtigung konventioneller Düngerprodukte, die durch die Ausbringung von Gärresten und Aschen eingespart werden. Hinsichtlich der tierischen Verwertung wurde als Referenzverfahren die Fleischproduktion auf der Grundlage von intensiv bewirtschaftetem Grünland herangezogen, wobei die bilanzielle Äquivalenz der Versorgungsaufgabe auf Basis des flächenspezifischen Ertrags an metabolischer Energie der Grünlandbiomasse erfolgte. Weiterhin wurde davon ausgegangen, dass durch die Grünlandverwertung keine bestehenden Verfahren verdrängt werden und insofern kein entgangener Nutzen berücksichtigt werden muss, da Extensivgrünland zunehmend aus der Nutzung fällt.

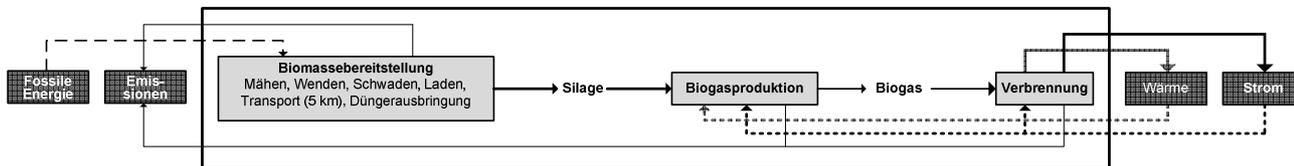
1. Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (stand-alone) (IFBB-SA)



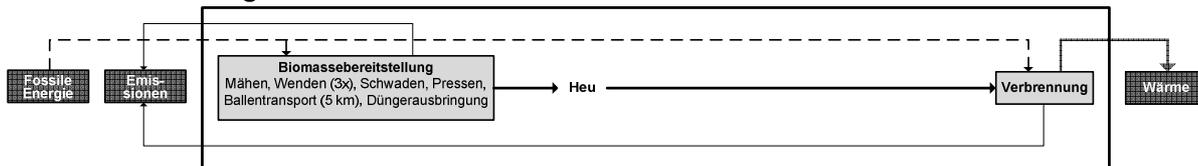
2. Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (add-on) (IFBB-AO)



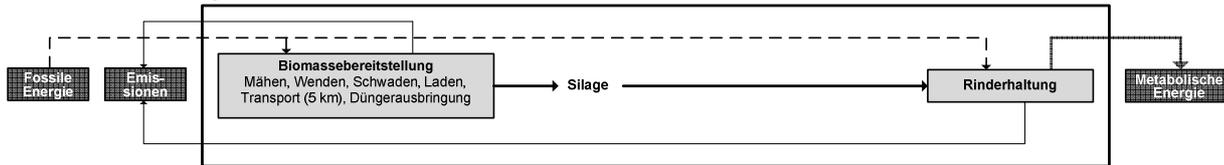
3. Trockenfermentation



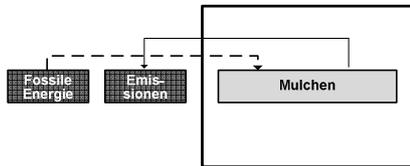
4. Heuverbrennung



5. Rinderhaltung



6. Mulchen



7. Kompostierung

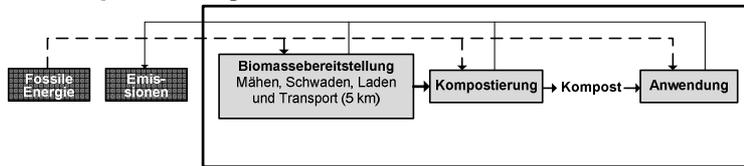


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung der Energieproduktion durch die Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse als eigenständige stand-alone-Anlage und als add-on-Anlage zu einer Biogasanlage, die Trockenfermentation und die Heuverbrennung sowie der Futternutzung über die Rindviehhaltung und der nicht veredelnden Verfahren Mulchen und Kompostierung.

3. Ergebnisse und Diskussion

Bei der Konversion der Grünlandbiomasse über das IFBB-Verfahren (IFBB stand-alone) werden ca. 45 % der in der Biomasse gespeicherten Energie (Bruttoenergieertrag) in Nutzwärme überführt (Abb. 2). Der bereitgestellte Strom wird vollständig für den verfahrensinternen Betrieb elektrischer Geräte benötigt, darüber hinaus werden ca. 15 % des Bruttoenergieertrages als interner Wärmeverbrauch, vorwiegend für die Trocknung, genutzt. Die wesentlichen Verluste entstehen über die Konservierung als Silage und als Wärmeverluste bei der Verbrennung. Durch die Kombination des IFBB-Konzepts mit einer Biogasanlage mit Überschusswärme (IFBB add-on) kann der Wert der Wärmebereitstellung auf ca. 53 % des Bruttoenergieertrages gesteigert werden. Die Verwertung des Grünlands über die anarobe Vergärung der Ganzpflanzsilage in einer herkömmlichen Biogasanlage ohne vorhergehende Behandlung resultiert in einem Output an Wärme und Strom von 7 bzw. ca. 10 % des Bruttoenergieertrages bei einer unterstellten Abwärmenutzung von 50 % der ausschleusbaren Wärme. Die höchsten Verluste entstehen dabei durch den unverdauten Gärrests, der bei spät geerntetem Grünland aufgrund der fortgeschrittenen Lignifizierung besonders hoch ist. Vergleichbar mit dem IFBB add-on-Verfahren erreicht die Verbrennung des feldgetrockneten Heus mit ca. 54 % Wärmeoutput die höchste Konversionseffizienz der dargestellten Verfahren. Dabei ist zu bedenken, dass der Heubrennstoff von weitaus geringerer Qualität als der IFBB-Brennstoff ist, da mineralische Schadstoffe wie beispielsweise Kalium und Chlor in hohen Konzentrationen enthalten sind und aus technischer Sicht ein problematisches Asheerweichungs- und Korrosionsverhalten mit sich bringen. Außerdem birgt die Heuproduktion aufgrund der hohen Wetterabhängigkeit in vielen europäischen Regionen ein hohes Risiko bzw. ist eine Bodentrocknung nicht möglich.

Die bilanzielle Analyse der Einsparungen und Aufwendungen an primärenergetisch bewerteten Energiemengen und Treibhausgasen zeigt die höchsten Einsparpotenziale an fossilen Energieträgern und Treibhausgasen für das IFBB add-on-Verfahren (Abb. 3). IFBB stand-alone und die Heuverbrennung liegen in etwa gleichauf auf etwas geringerem Niveau, während die ausschließliche Biogasverwertung als Trockenfermentation die geringsten Einsparpotenziale aufweist. Durch das geringe Substitutionspotenzial an mineralischen Düngemitteln durch die Kompostproduktion bzw. die ausbleibende Wertschöpfung im Mulchverfahren verfügen diese Landschaftspflegeverfahren nicht über Einsparpotenziale, sondern tragen zum Verbrauch von fossilen Energieträgern und Ausstoß von Treibhausgasen bei. Hinsichtlich der Treibhausgasbilanz ergeben sich für die Fleischproduktion vom Extensivgrünland im Vergleich zum Referenzverfahren auf Basis des intensiven Grünlands kaum Unterschiede, da höhere Methanausstöße durch Düngegutschriften kompensiert werden.

Kurzvorträge: Sektion Energetische Nutzung

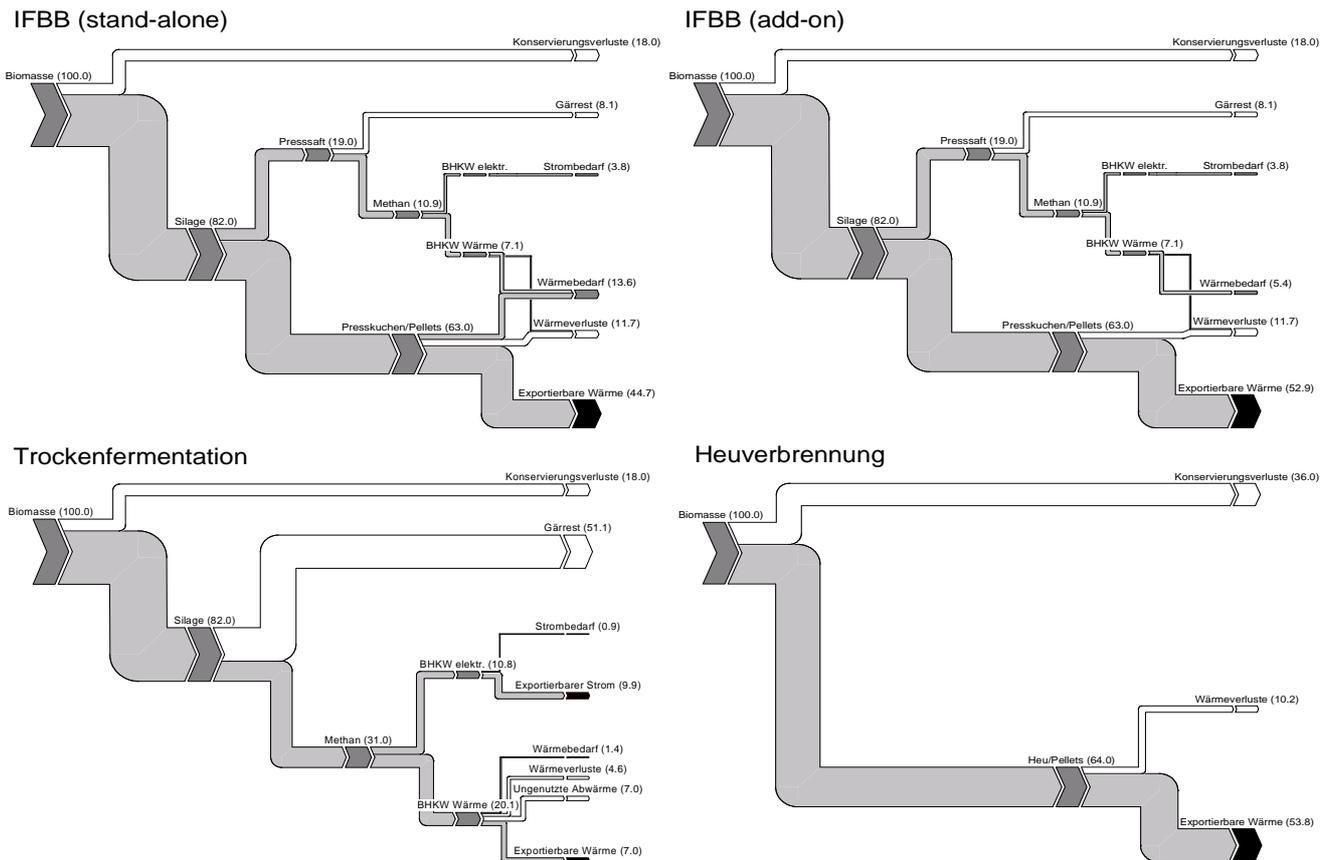


Abb. 2: Konversionseffizienz bei der Umwandlung zu Wärme und Strom bei der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB) als stand-alone- und add-on-Verfahren, der Trockenfermentation und der Heuverbrennung (in Klammern ist die Energiemenge in % vom Bruttoenergieertrag des Grünlandbestands angegeben).

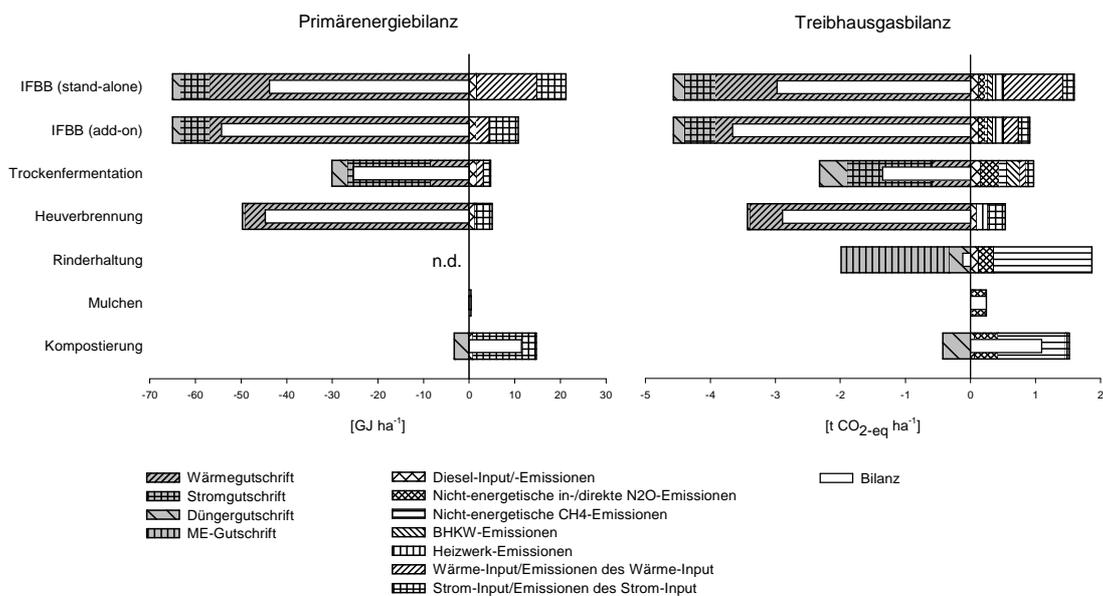


Abb. 3: Flächenbezogene Primärenergie- und Treibhausgasbilanz der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB) als stand-alone- und add-on-Szenario, der Trockenfermentation und der Heuverbrennung sowie der Rinderhaltung, des Mulchens und der Kompostierung.

4. Schlussfolgerungen

Bezüglich der Konversionseffizienz und den Einsparpotenzialen an fossilen Energieträgern und Treibhausgasen bei der energetischen Verwertung von Extensivgrünland stellen sich Verfahren der thermischen Konversion als vorteilhaft dar. Das Verfahren der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse liefert dabei einen qualitativ deutlich aufgewerteten Brennstoff im Gegensatz zur unbehandelten Biomasse. Minimale Landschaftspflegeverfahren wie das Mulchen oder die Kompostierung erweisen sich als nachteilhaft in Bezug auf die genannten Umweltwirkungen.

Literatur

- BÜHLE, L., DONNISON, I., HEINSOO, K., SÜDEKUM, K.-H. & WACHENDORF, M. (2010): PROGRASS - Erhalt von Naturschutzgrünland durch eine dezentrale energetische Verwertung. In: Märländer, B., Christen, O., Düker, A., Kenter, C. & Tiedemann, S. v. (eds.): *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*: Band 22, 275-276.
- DIN (2006): DIN EN ISO 14040. Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. DIN Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- WACHENDORF, M., RICHTER, F., FRICKE, T., GRAß, R. & NEFF R. (2009): Utilisation of semi-natural grassland through an integrated generation of solid fuel and biogas from biomass I: Effects of hydrothermic conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds, and nutrient balances. *Grass and Forage Science* 64/2, 132-143.