

Verbrennung von Grünlandaufwüchsen: CO₂- und Energieeinsparpotenzial

B. Tonn, U. Thumm, W. Claupein

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), 70593 Stuttgart,
btonn@uni-hohenheim.de

Einleitung und Problemstellung

Bioenergieerzeugung stellt eine Nutzungsalternative für futterbaulich nicht mehr benötigte oder verwertbare Grünlandaufwüchse dar. Aufgrund der verhältnismäßig geringen spezifischen Methanerträge älterer Grünlandaufwüchse (PROCHNOW *et al.*, 2007) ist die Vergärung in Biogasanlagen für extensiv genutzte Grünlandbestände weniger geeignet. Für diese erscheint die Verbrennung in Halmgutfeuerungsanlagen als das derzeit günstigste Konversionsverfahren. Eine solche Nutzung der Aufwüchse von Naturschutz- und Offenhaltungs-Grünland könnte neben der Bereitstellung erneuerbarer Energien dazu beitragen, die entsprechenden Pflegekosten zu senken.

Die Bewirtschaftung von Extensivgrünland ist mit relativ geringen Energie- und Betriebsmittelaufwendungen verbunden. Aufgrund der geringen Energiedichte von Heu und den daraus folgenden großen Transportvolumina ist dagegen mit verhältnismäßig hohem Treibstoffbedarf für den Transport zu rechnen. Zudem sind die Biomasseerträge von Extensivgrünlandflächen deutlich geringer als die anderer zur Verbrennung genutzter Energiepflanzen, wie beispielsweise Miscanthus. Ist allein Offenhaltung und nicht der Erhalt einer naturschutzfachlich wertvollen Pflanzenbestands-Zusammensetzung das Ziel der Grünlandpflege, muss zudem entschieden werden, welche Bewirtschaftungsweise für die Energieproduktion am effizientesten ist. In einer Ökobilanz des Systems „Wärmegewinnung aus Grünlandaufwüchsen“ wurde daher untersucht,

- welches Einsparpotenzial von Treibhausgasen gegenüber Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern besteht und welche Energienutzungseffizienz erreicht werden kann,
- welche Prozesse zum Energiebedarf und zur Emission von Treibhausgasen beitragen und
- wie diese durch Höhe des Ertrags und Bewirtschaftungsweise (Schnitthäufigkeit, N-Düngung) beeinflusst werden.

Material und Methoden

Das bilanzierte System umfasste die Teilprozesse

- Produktion (Mähen, Zetten, zweimaliges Wenden, Schwaden, Pressen von Rundballen, Transport und Ausbringen von N-Dünger)
- Transport (Entfernung Feld-Hof: 10 km, Entfernung Hof-Heizanlage: 25 km)

- Verbrennung (3 MW_{th}-Grundlastkessel eines 5 MW_{th}-Heizwerkes zur Fernwärmeversorgung; Vorschubrostfeuerung mit Ballenauflöser)
- Entsorgung (Rückführung der Grobasche auf die Grünlandbestände; Transport der schwermetallreicheren Feinasche auf eine 100 km entfernte Deponie)
- Herstellung von N-Dünger und durch N-Düngung bedingte N₂O-Emissionen

Als funktionelle Einheit wurde 1 MW bereitgestellte Wärmeenergie frei Heizwerk gewählt. Die Vorketten der Herstellung und Bereitstellung von Dieselmotorkraftstoff, Maschinen und elektrischem Strom wurden einbezogen, die der Infrastruktur dagegen nicht berücksichtigt. Diesem Bioenergieszenario wurde ein fossiles Referenz-Szenario gegenübergestellt. Es unterstellt, dass die entsprechenden Grünlandflächen einmal jährlich gemulcht werden und die Wärmebereitstellung durch Verbrennung von leichtem Heizöl erfolgt. Detaillierte Angaben über die der Sachbilanz zu Grunde liegenden Literaturquellen finden sich in TONN *et al.* (2009).

Bilanziert wurden der kumulierte Energieaufwand (KEA, in GJ) sowie das Treibhauspotenzial (kg CO₂-Äquivalente) als Aggregat der CO₂-, CH₄- und N₂O-Emissionen gemäß IPCC (2001). Für die Bioenergieszenarien wurden folgende Größen errechnet:

- Relativer KEA = KEA Bioenergieszenario / KEA fossiles Referenzszenario
- Relatives Treibhauspotenzial = Treibhauspotenzial Bioenergieszenario / Treibhauspotenzial fossiles Referenzszenario
- Energienutzungseffizienz (Energy Use Efficiency, EUE)
= bereitgestellte Wärmeenergie ab Heizwerk / KEA
- CO₂-Minderungspotenzial = Treibhauspotenzial fossiles Referenzszenario – Treibhauspotenzial Bioenergieszenario

Als Datenbasis für die Trockenmasseerträge sowie den Asche- und N-Gehalt der Grünlandaufwüchse wurden Daten eines 17-jährigen Feldversuchs des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg (ELSÄßER & BRIEMLE, 2002) genutzt. Als Grundlage für die Bioenergieszenarien wurden folgende vier Varianten ausgewählt:

- 1 Schnitt, keine Düngung, mittlerer Ertrag 48,9 dt TM ha⁻¹
- 2 Schnitte, keine Düngung, mittlerer Ertrag 60,8 dt TM ha⁻¹
- 1 Schnitt, N-Düngung 113 kg N ha⁻¹, mittlerer Ertrag 66,8 dt TM ha⁻¹
- 2 Schnitte, N-Düngung 163 kg N ha⁻¹, mittlerer Ertrag 100,1 dt TM ha⁻¹

Die Düngung erfolgte in Form von Rindergülle. Es wurde jedoch davon ausgegangen, dass auf dem gut mit P und K versorgten Standort diese beiden in der Gülle ebenfalls ausgebrachten Nährstoffe über den Versuchszeitraum nicht ertragswirksam waren. Die Bilanzierung unterstellt deshalb, dass in allen Szenarien die Grobasche auf die Grünlandflächen rückgeführt wurde und in den gedüngten Szenarien N in Form von Ammoniumsulfat ausgebracht wurde. Für das Referenzszenario wurden mittlere Erträge (66,2 dt TM ha⁻¹) in N-Gehalte (1,44 %) der einmal jährlich gemulchten Versuchsvariante zugrunde gelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Gewinn von Wärmeenergie in den vier Bioenergieszenarien lag zwischen 44,9 und 91,9 GJ ha⁻¹, was etwa 900 bis 1850 l leichtem Heizöl entspricht. Im Vergleich zum fossilen Referenzszenario betrug der kumulative Energieaufwand zur Bereitstellung dieser Wärmeenergie 13,3 bis 20,8 % (Abb. 1). Je nach Szenario lag der Anteil des Transports an diesem Energieaufwand zwischen 20 und 31 %. Einen ebenso großen Anteil hatte auch der Netzstrombedarf der Verbrennungsanlage. In den gedüngten Varianten wurde etwa ein Fünftel der aufgewandten Energie für die Herstellung des N-Düngers benötigt. Die N-Düngerherstellung und mit der Ausbringung verbundenen N₂O-Emissionen machten auch bis zu 64 % der in den gedüngten Szenarien emittierten Treibhausgase aus (Abb. 1.). Dies führte dazu, dass das Treibhauspotenzial dieser beiden Szenarien 39,8 und 42,8 % des im fossilen Referenzszenario verursachten Treibhauspotenzials erreichte.

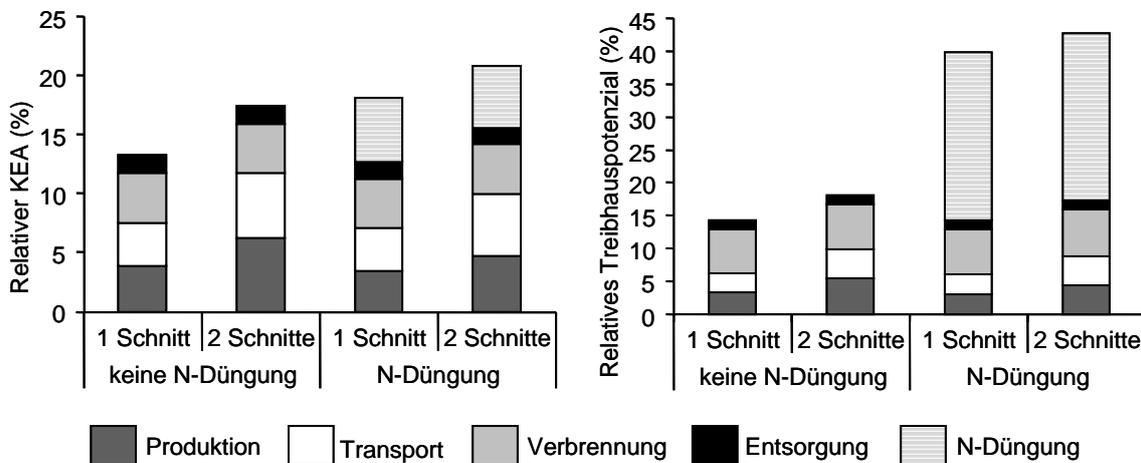


Abb. 1: Relativer kumulativer Energieaufwand (KEA) und relatives Treibhauspotenzial der vier Bioenergieszenarien im Verhältnis zum fossilen Referenzszenario und jeweiliger Anteil der verantwortlichen Teilprozesse.

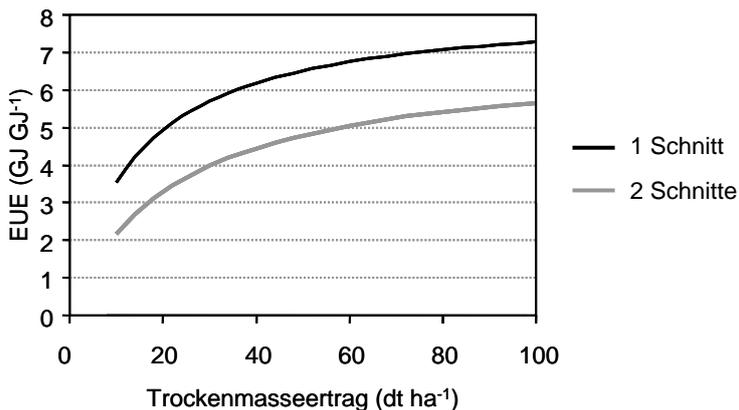


Abb. 2: Sensitivitätsanalyse zum Einfluss von Ertrag und Schnitzzahl auf die Energienutzungseffizienz (EUE) (Grünland ohne N-Düngung).

Der Einfluss des Ertrages auf die EUE ist in Abb. 2 dargestellt. Auch bei sehr geringen Trockenmasseerträgen von nur 10 dt ha⁻¹ wäre der Energieertrag bei einem Schnitt noch mehr als dreimal so hoch wie der Energieaufwand. Ein

zweiter Schnitt würde bei dadurch realistischerweise erzielbaren Mehrerträgen stets eine geringere EUE zur Folge haben.

Auch Stickstoffdüngung würde bei den damit erreichbaren Ertragsgewinnen zu einer Verringerung der EUE führen. Der starke Einfluss der N-Düngung auf die Emission klimarelevanter Gase hat zur Folge, dass bei Ertragszuwächsen von weniger als 20 kg TM je kg N sogar das CO₂-Minderungspotenzial je Hektar abnimmt (Abb. 2).

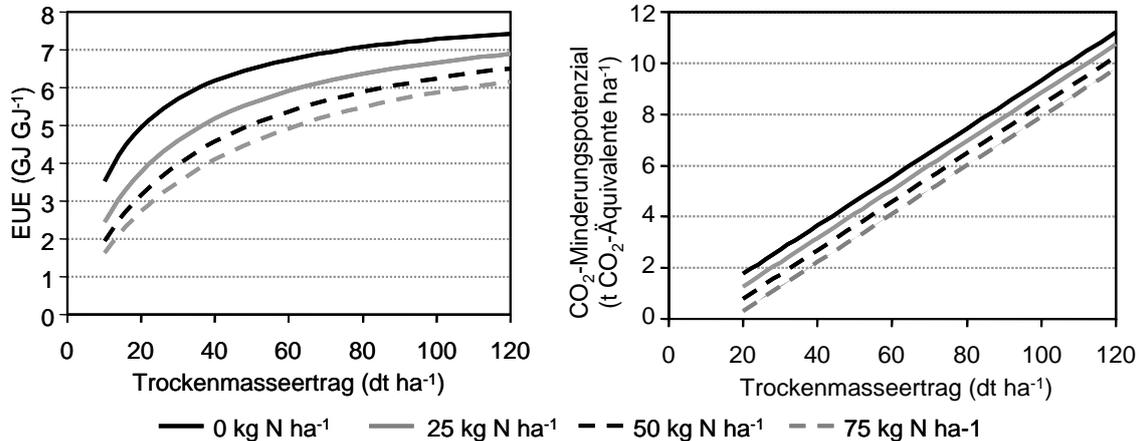


Abb. 3: Sensitivitätsanalyse zum Einfluss von Ertrag und Höhe der N-Düngung auf die Energienutzungseffizienz (EUE) und das CO₂-Minderungspotenzial (Grünland einmal jährlich geschnitten).

Schlussfolgerungen

- Die Verbrennung ungedüngter Grünlandaufwüchse erlaubt gegenüber der Wärmebereitstellung aus Heizöl eine Einsparung von über 80 % an Energie und Treibhausgasen.
- Selbst bei erheblichen Mehrerträgen hat eine Zwei-Schnitt gegen über einer Ein-Schnitt-Nutzung eine geringere Energienutzungseffizienz.
- Mineralische N-Düngung erhöht den Energiebedarf und vor allem die Treibhausgasemissionen stark und sollte daher bei der Nutzung von Grünland zur Brennstoffgewinnung unterbleiben.

Literatur

ELSÄßER, M., BRIEMLE, G. (2002): Grassland extensification - the first 10 years of the "Aulendorf experiment". *Grassland Science in Europe* 7, 770-771.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2001): *Climate change 2001: the scientific basis; contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 881 S.

PROCHNOW, A., HEIERMANN, D., DRENCKHAM, A., SCHELLE, H. (2007): Biomethanisierung von Landschaftspflegeaufwuchs. Jahresverlauf der Biogaserträge. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 39, 19-24.

TONN, B., THUMM, U., CLAUPEIN, W. (2009): Life-cycle analysis of heat generation using biomass from semi-natural grasslands in Central Europe. *Grassland Science in Europe* 14, im Druck.