



Kathrin STENCHLY, Frank HENSGEN, Korbinian KAETZL und Michael WACHENDORF

Grünschnitt mit Lupine als potenzielle Energiequelle

Um die Lücke zwischen abnehmenden fossilen Brennstoffen und dem steigenden globalen Energiebedarf zu schließen, wird Bioenergie eine wichtige Rolle im zukünftigen Energiemix spielen. Somit kann Lupine-invasierte Grünlandbiomasse in der Rhön als Energiequelle einen wichtigen Beitrag für regionale Wertschöpfungsketten im ländlichen Raum leisten. Darüber hinaus kann ein validiertes technisches Konzept auch Biodiversität schützen und Treibhausgasemissionen reduzieren und damit maßgeblich zum Umwelt- und Klimaschutz beitragen.

Abbildung 1

Heute überwuchern im Naturschutzgebiet „Lange Rhön“ bereits an zahlreichen Stellen tiefviolett blühende Stauden-Lupinen die artenreichen Bergwiesen und machen sie unbrauchbar als Futter für unsere Nutztiere (Foto: Frank Hensgen).

Einleitung

Der Begriff der Biomasse umfasst alles organische Material pflanzlichen oder tierischen Ursprungs. Zahlreiche Biomassen werden noch nicht vollständig genutzt. Diese „Restbiomasse“ wird im besten Fall kompostiert, aber leider noch häufig als Abfall entsorgt. In den letzten Jahren wird verstärkt nach Lösungen gesucht, diese Restbiomassen beispielsweise zur Energieerzeugung oder zur Herstellung von Plattformchemikalien zu nutzen – aus Abfall wird eine wertvolle Ressource. So können wir unter anderem unsere Abhängigkeit von fossilen Ressourcen verringern, Treibhausgasemissionen (THG) reduzieren, nachhaltige Produkte anbieten und damit die ländliche Entwicklung fördern.

Das Schnittgut von Wiesen mit Dominanz von *Lupinus polyphyllus* gilt ebenfalls als Restbiomasse: Es eignet sich nicht als Heu oder Grünfutter und

eine direkte thermische Nutzung ist aufgrund der hohen Mineralstoffgehalte, die bei der Verbrennung zu Korrosion, Emissionen und Ascheverschlackung führen können, schwer möglich (HENSGEN et al. 2014; HENSGEN & WACHENDORF 2016a, 2016b). Wir wollten daher klären, ob

- Alkaloide aus den Lupinen in der Biogasanlage negative Auswirkungen auf die mikrobiologischen Prozesse haben und
- Lupinensamen nach der Biogasanlage weiter keimfähig sind.

Technik und Konzepte

An der Universität Kassel werden Konzepte zur Wertschöpfung aus diesen kritischen Restbiomassen entwickelt. Die Forschungsgruppe vom Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe hat hierfür eine „Integrierte

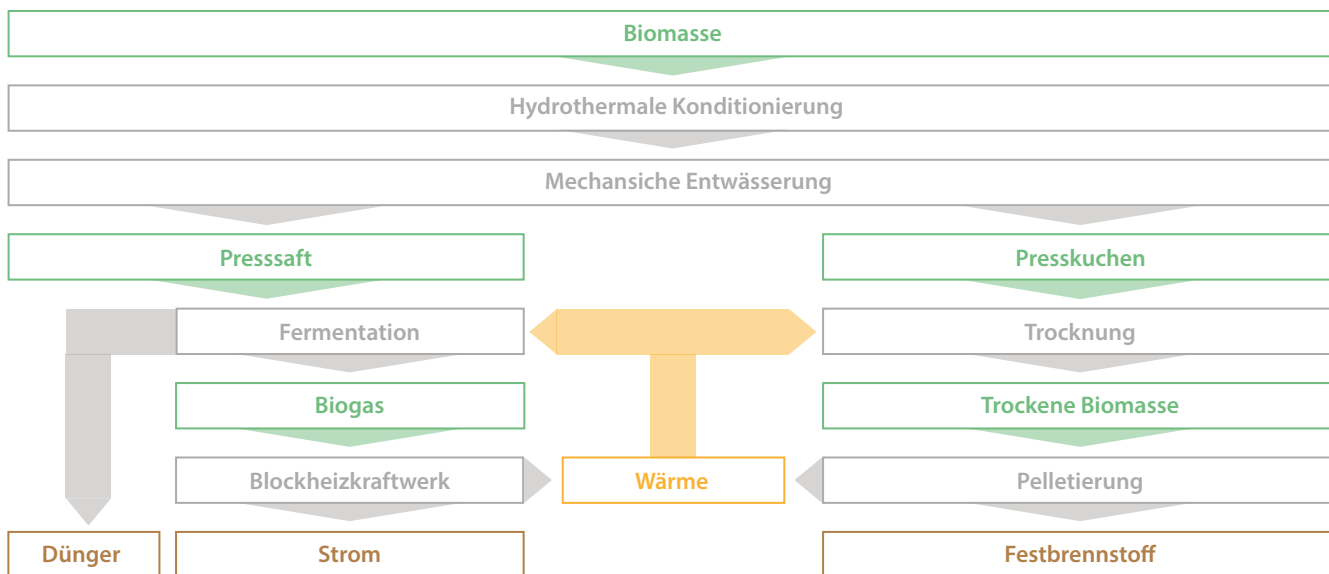


Abbildung 2
Vereinfachte Darstellung des Technikkonzeptes für „Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse“ (kurz IFBB) am Beispiel von Lupine-invasiertem Grünland als Ausgangsbiomasse.

Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse“ (kurz IFBB genannte) Technologie entwickelt (Abbildung 2). Durch Waschen und eine mechanische Auftrennung der Biomasse wird mittels IFBB die Qualität der flüssigen und festen Bestandteile erhöht (GRASS et al. 2008; WACHENDORF et al. 2009). Aus dem festen Anteil wird ein relativ trockener, faserreicher Presskuchen hergestellt. Der flüssige Anteil ist ein Presssaft mit hohem Gehalt von verwertbaren Zuckern. Während des IFBB-Verfahrens werden die in der Rohbiomasse enthaltenen Mineralstoffe zum großen Teil in den Presssaft übertragen und in der Folge kann der Presssaft zur Biogasproduktion verwendet oder als Dünger ausgebracht werden. Der Presskuchen kann als Brennstoff genutzt werden. Im Vergleich zur Rohbiomasse enthält der Presskuchen weniger Mineralien und hat daher einen besseren Heizwert. Die IFBB-Technologie ermöglicht auf diese Weise eine Umwandlung von (geringwertiger) Rohbiomasse zu Produkten mit potenziell höherem Marktwert.

Verschiedene Untersuchungen haben sich mit den THG-Emissionen von Bioenergie aus Restbiomasse befasst und berichten zum Teil über signifikante Einsparungen im Vergleich zu herkömmlichen, nicht regenerativen Energieerzeugungssystemen (BÜHLE et al. 2009; MEYER et al. 2015; JOSEPH et al. 2020).

Bilanzierung der energetischen Verwertung des Lupine-durchsetzten Grünlandmaterials

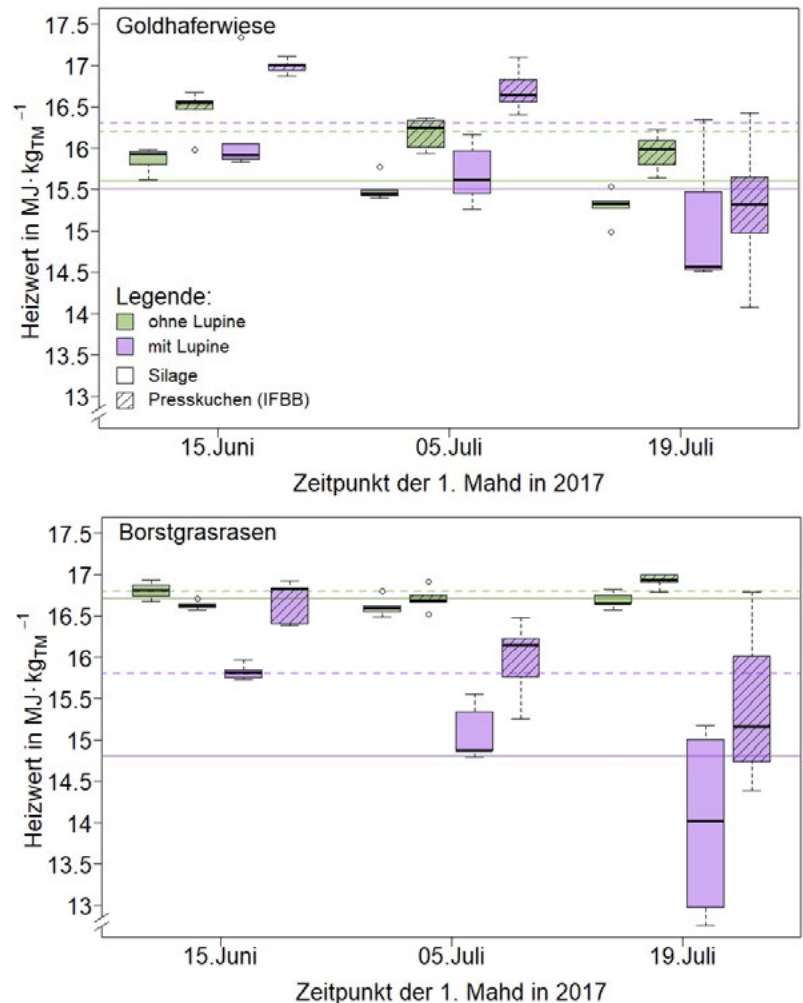
Um die energetischen Parameter von Grünschnitt mit Lupine zu untersuchen, ist ein Feldversuch im bayerischen Teil der Rhön durchgeführt worden. Zwei Flächen mit Lupine und zwei Flächen ohne Lupine, jeweils im Vegetationstyp Borst-

grasrasen und Goldhaferwiese, wurden zu drei unterschiedlichen Schnitzeitpunkten geerntet. Das geerntete Material wurde in Fässern siliert und nach dem IFBB-Verfahren behandelt. Es sollte analysiert werden, ob sich die beiden Vegetationstypen in den energetischen Parametern unterscheiden, ob der Schnitzeitpunkt eine Rolle spielt und ob die Beimischung von Lupine darauf einen Einfluss hat. Zudem sollte geklärt werden, wie stark die Mineralstoffgehalte der Biomassen durch das IFBB-Verfahren reduziert und der Heizwert (Hi) erhöht werden kann. Entgegen unserer Annahmen hatte der Schnitzeitpunkt keinen maßgeblichen Effekt auf den Heizwert, welcher im Mittel zwischen 15.5 MJ/kg Trockenmasse (Goldhaferwiese) und 17.8 MJ/kg (Borstgrasrasen) lag (Abbildung 3). Einen Effekt der Lupine auf den Heizwert gab es nur bei den Biomassen von Borstgrasrasen, wo der Aschegehalt des Festbrennstoffes anstieg und damit der Heizwert sank. Durch das IFBB-Verfahren konnten jedoch die erhöhten Mineralstoffgehalte insbesondere in Biomassen, welche zum frühen Zeitpunkt geschnitten wurden, ausgewaschen und der Heizwert des Presskuchens, also des Festbrennstoffs, erhöht werden. Der Heizwert erhöhte sich dadurch um durchschnittlich 1 MJ/kg und wies damit ungefähr die Hälfte des Heizwertes von Erdgas (rund 35 MJ/kg) auf.

Ein Teil der Silage sowie des mit dem IFBB-Verfahren gewonnenen Presssaftes, wurden im Biogaslabor in sogenannten Kurzzeit-Batchversuchen vergoren und die Methanausbeute beider Substrate miteinander verglichen. Im Mittel lag die Methanausbeute der Silage zwischen 190 und 230 Normliter (lN)/kg organische Trockensubstanz (oTS). Hierbei hatte das Vorkommen

von Lupine keinen signifikant negativen Effekt auf die Methanausbeute (Abbildung 4). Messungen zufolge lag der Lupinenanteil in den Proben maximal bei 58 %, im Schnitt jedoch nur bei rund 30 %. Somit lag die maximale Konzentration an Alkaloiden in den Fermentern etwa bei 2,3 mmol/l und damit weit unter der Konzentration, welche die Aktivität von Mikroorganismen und damit die Methanausbeute beeinträchtigen könnte. Auch der Schnitzeitpunkt zeigte keinen eindeutigen Einfluss auf die mittlere Methanausbeute. Eine anaerobe Vergärung des Presssaftes erbrachte im Mittel eine Methanausbeute zwischen 260 und 330 IN/kg oTS und lag durchschnittlich um 80 IN/kg oTS höher als bei der anaeroben Vergärung der Silage und nahe derer von Maissilage (300–350 IN/kg oTS), dem am häufigsten genutzten Gärsubstrat in Biogasanlagen. Der aufsummierte Biogasertrag bei Borstgrasrasen mit Lupine war ungefähr 10 % höher im Vergleich zum lupinenfreien Material. Dies ist vermutlich auf die höhere Stickstoffkonzentration des Materials zurückzuführen. Werden lupinhaltige Materialien zur Biogasgewinnung verwendet ist zu berücksichtigen, dass bei einer Mahd nach Mitte Juli die Keimungswahrscheinlichkeit der Lupine-Samen nach dem Vergärungsprozess in der Biogasanlage hoch ist (BALTES 2021). Substrat mit Lupine sollte also vor Mitte Juli geerntet werden.

Die durchgeführte Umweltbilanz ergibt bei der energetischen Verwertung von Lupine-durchsetzten Grünlandbiomassen im Vergleich zu Netzstrom und Fernwärmequellen eine Nettoeinsparung bei Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen (JOSEPH et al. 2020). Damit bietet dieses System eine Lösung für den effektiven Umgang mit Grasland mit invasiven Arten, die in Europa immer zahlreicher werden. Auch bietet das IFBB-Verfahren eine enorme Flexibilität bei der Nutzung von Grünlandbiomasse mit unterschiedlicher Artenzusammensetzung und kann so in den meisten Grünlandgebieten Europas eingesetzt werden. Die Herstellung von lagerfähigen Presskuchenbriketts und die Biogaserzeugung aus leicht vergärbaren Pressflüssigkeiten schafft so interessante Perspektiven für ein flexibles System erneuerbarer Energien vor allem in ländlichen Gebieten. Die Tatsache, dass auch Lupine-freie Biomasse von anderen ertragschwachen Standorten mit THG- und Primärenergieeinsparungen umgewandelt werden konnte, weist darauf hin, dass das IFBB-Verfahren langfristig angewendet werden kann, auch wenn die Lupine-Invasion beseitigt wurde.



Fazit

Grundlegend funktioniert dieses Konzept mit diversen Ausgangsbiomassen. Hierbei könnten landwirtschaftliche Restbiomassen aus der Rinderhaltung oder der Herbstschnitt aus Wirtschaftsgrünland beziehungsweise nicht abgeweidetes Restgras von Weideflächen genauso genutzt werden, wie der Randstreifenschnitt von Feldwegen. Invasive Pflanzenarten, wie beispielsweise die Lupine in der Rhön, welche sich schnell und massiv ausbreiten und nach der Mahd beseitigt und entsorgt werden müssen, könnten vielversprechende Restbiomassen sein. Das hier vorgestellte Konzept bedarf jedoch noch weiterer Forschungsarbeiten sowie einer stetigen Weiterentwicklung. Unter gegenwärtigen Marktbedingungen mit niedrigen Preisen für fossile Brennstoffe, ist der produzierte Presskuchen als Brennstoff häufig wirtschaftlich nicht rentabel. Daher haben die Forscher der Universität Kassel eine Möglichkeit zur Aufwertung des Presskuchens entwickelt. Hierbei wird der Presskuchen durch Karbonisierung in Pflanzkohle umgewandelt. Chemisch betrachtet ist sie eine gute Alternative zu fossiler

Abbildung 3

Einfluss des Schnitzeitpunktes auf den Heizwert von Biomassen aus Goldhaferwiese (links) und Borstgrasrasen (rechts) mit und ohne Lupine sowie deren Aufbereitung durch das IFBB-Verfahren (Presskuchen). Linien repräsentieren den mittleren Heizwert der Silage (durchgehende Linie) und des Presskuchens (gestrichelte Linie).

Kohle oder Holzkohle, wie man sie auch zum Grillen nutzt.

Ratschläge für Bewirtschafter und Biogasanlagenbetreiber

Da einige invasive Pflanzenarten wie *Lupinus polyphyllus* für bestimmte Tiere giftig sind, kann die anaerobe Vergärung des Ernteguts eine Nutzungsalternative sein. Landschaftspflegeflächen weisen überwiegend ein Biomasseaufkommen von 2–3 Tonnen Trockenmasse pro Hektar und Jahr auf. Mit einem Methangehalt des Substrats um die 55 Vol.-% ist eine Methanabgabe von 200–250 IN/kg oTS anzunehmen. Biogas-Betreiber haben jedoch bestimmte Qualitätsanforderungen an das Gras: (1) es sollte zerkleinert sein, da lange Fasern zu Verstopfungen der Pumpen und Rohre führen können, (2) der Trockensubstanzgehalt sollte zwischen 30 und 35 % liegen und (3) eine Verunreinigung mit Erde oder Steinen sollte vermieden werden. Wenn diese Kriterien erfüllt sind, kann die maximale

Zufuhr von Gras auf bis zu 50 % der gesamten Zufuhrmischung erhöht werden.

Literatur

- BALTES, J. (2021): Keimfähigkeit von Samen der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus*) nach Vergärung in der Biogasanlage. – Masterarbeit am Institut für Landschaftsökologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- BÜHLE, L., STÜLPNAGEL, R. & WACHENDORF, M. (2009): Die integrierte Biogas-Festbrennstoffherstellung aus Ganzpflanzensilagen. – In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Bd. 21: 71–72.
- GRASS, R., REULEIN, K., SCHEFFER, R. et al. (2008): Die integrierte Biogas- und Festbrennstoffherstellung aus Ganzpflanzensilagen. – Berichte über Landwirtschaft 87: 43–64.
- HENSGEN, F., SIMON, M. P., ECKSTEIN, R. L. et al. (2014): Erhalt der Artenvielfalt von Bergmähwiesen in der Hohen Rhön durch energetische Nutzung nach dem IFBB Verfahren unter besonderer Berücksichtigung der invasiven Art *Lupinus polyphyllus* LINDL. – In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Bd. 26: 180–181.
- HENSGEN, F. & WACHENDORF, M. (2016a): The influence of *Lupinus polyphyllus* LINDL. on energetic conversion parameters of plant biomass from semi-natural grasslands. – Grassland Science in Europe, 21: 597–599.
- HENSGEN, F. & WACHENDORF, M. (2016b): The effect of the invasive plant species *Lupinus polyphyllus* LINDL. on energy recovery parameters of semi-natural grassland biomass. – Sustainability, 8(10): 998.
- JOSEPH, B., HENSGEN, F. & WACHENDORF, M. (2020): Life Cycle Assessment of bioenergy production from mountainous grasslands invaded by lupine (*Lupinus polyphyllus* LINDL.). – Journal of Environmental Management, 275: 111182.
- MEYER, A. K. P. (2015): Sustainable Biomass Resources for Biogas Production – Mapping and Analysis of the Potential for Sustainable Biomass Utilization in Denmark and Europe. – Aalborg Universitet, Department of Energy Technology, Aalborg.
- WACHENDORF, M., RICHTER, F., FRICKE, T. et al. (2009): Utilization of semi-natural grassland through integrated generation of solid fuel and biogas from biomass. I. Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds, and nutrient balances. – Grass and Forage Science, 64: 132–143.

Autoren



Dr. Kathrin Stenchly,
Jahrgang 1980.

Studium der Biologie in Leipzig, Promotion in Göttingen, Habilitation 2020 in Kassel. Wissenschaftliches Profil umfasst Forschungsthemen zur funktionellen Ökologie von Pflanzen- und Tiergemeinschaften, Landschaftsökologie und nachhaltiges Ressourcenmanagement. Seit 2019 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet für Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe an der Universität Kassel.

+49 5542 98 1248
stenschly@uni-kassel.de

Dr. Frank Hensgen,
Jahrgang 1983.
hensgen@uni-kassel.de

Dr. Ing. Korbinian Kaetzl,
Jahrgang 1982.
+49 5542 98 1242
kaetzl@uni-kassel.de

Prof. Dr. Michael Wachendorf,
Jahrgang 1963.
+49 5542 98 1334
mwach@uni-kassel.de

Zitiervorschlag

STENCHLY, K., HENSGEN, F., KAETZL, K. & WACHENDORF, M. (2021): Grünschnitt mit Lupine als potenzielle Energiequelle – ANLIEGEN NATUR 43(2): online preview, 4 p., Laufen; www.anl.bayern.de/publikationen.