

Andreas Pilz, Frank Döhling, Claudia Kirsten, Nadja Weller und Thomas Zeng

Pelletierung und energetische Verwertung von Landschaftspflegeheu

Vor dem Hintergrund der steigenden Nachfrage nach hochqualitativen Brennstoffsortimenten ist es besonders im Bereich der Wärmebereitstellung wichtig, die Rohstoffbasis zu erweitern. Grünlandnutzflächen werden mitunter nicht mehr vollumfänglich für die Futterwerbung genutzt und können zur Bereitstellung von Biomasse zur energetischen Nutzung dienen. In der vorliegenden Arbeit werden Erkenntnisse zur Pelletierung und Verbrennung von Landschaftspflegeheu vorgestellt, die auf der umfangreichen Wissensbasis zu diesem Thema aufbauen. Durch eine Anpassung ausgewählter Aufbereitungsparameter wird die Herstellung hochqualitativer Pellets aus Landschaftspflegeheu verlässlich ermöglicht. Die Untersuchungen zur Verbrennung zeigen allerdings, dass die gemessenen Emissionen beim Einsatz in einer marktgängigen Kesselanlage meist über den geforderten Emissionsgrenzwerten liegen. Die untersuchten mineralischen Additive verbessern das Abbrand- und Emissionsverhalten dabei deutlich. Eine Optimierung des Emissionsverhaltens durch Primär- und Sekundärmaßnahmen ist aber weiterhin notwendig.

Schlüsselwörter

Alternative Biomassebrennstoffe, energetische Nutzung, Landschaftspflegeheu, Pelletierung, Pelletkessel, Verbrennung

Keywords

Alternative solid biofuels, energy related use, hay from landscape preservation, pelletizing, pellet boiler, combustion

Abstract

Pilz, Andreas; Döhling, Frank; Kirsten, Claudia; Weller, Nadja and Zeng, Thomas

Pelletizing and energy related use of hay from landscape preservation

Landtechnik 68(5), 2013, pp. 349–352, 3 figures, 1 table, 10 references

In the field of heat production, high quality biomass fuels are experiencing an increased demand. Thus, currently unexplored raw materials are gaining considerable interest. Based on the decreasing animal livestock in the past years, hay which is no longer required as fodder becomes available for energy related use. Building upon the extensive knowledge base for wood pellet production and utilization, the current work illustrates how and to which extent available know-how can be applied to fuel production from hay. The adaption of selected parameters led to fuel pellets

with good physical-mechanical properties. However, during combustion tests in a dedicated pellet boiler high emissions above required emission thresholds have been measured. Though employed additives resulted in significantly reduced emissions, further primary and secondary emission control measures are still necessary to comply with regulations and thresholds.

■ Aufgrund des starken Rückgangs der Nutztierhaltung in der Region Havelland [1] wird ein großer Teil der verfügbaren Grünlandflächen nicht mehr beweidet bzw. zur Futtermittelgewinnung genutzt.

Aus Gründen des Naturschutzes und der Landschaftspflege müssen diese Flächen jedoch regelmäßig gepflegt werden. Das dabei anfallende Landschaftspflegeheu soll regional zur Deckung des Wärmebedarfs kleiner und mittelgroßer Verbraucher genutzt werden. Da die Verbrennung von Landschaftspflegeheu in Kleinf Feuerungsanlagen technisch äußerst anspruchsvoll ist, hat sich bisher kein Standardkonzept etabliert. Das anfallende Landschaftspflegeheu muss somit für eine energetische Nutzung aufbereitet und die Verbrennung im Einzelfall geprüft werden.

Pelletierung von Landschaftspflegeheu

Die Pelletierung von Heu ist bei der Verarbeitung von Futtermitteln Stand der Technik [2; 3]. Für die Herstellung von Brennstoffpellets aus Heu müssen jedoch Änderungen im Herstellungsprozess vorgenommen werden, da für die Nutzung als Brennstoff

höhere Festigkeiten und Schüttdichten, das heißt andere physikalisch-mechanische Parameter, gefordert werden.

Im europäischen Raum hat sich für den Einsatz in Feuerungsanlagen ein Pelletdurchmesser von 6 mm etabliert [4]. Hierzu wird in der Pelletpresse eine Matrize mit 6 mm Presskanaldurchmesser verwendet. Die Korngröße des zu pelletierenden Materials sollte bei der Verarbeitung nicht größer als der Durchmesser des Presskanals sein. Das zu untersuchende Landschaftspflegeheu wurde als Quaderballen bereitgestellt. Daher erfolgten zunächst eine Grobzerkleinerung mit einer Strohühle und eine anschließende Feinzerkleinerung mittels Hammerühle und 4 mm Siebeinsatz. Um definierte Wassergehalte einzustellen, wurde ein Zwangsmischer verwendet. Das Ausgangsmaterial wurde mit fünf verschiedenen Wassergehalten zwischen 10 und 18,5 Ma.-% pelletiert, um eine Abhängigkeit der Pelletqualität vom Wassergehalt zu untersuchen und den optimalen Wassergehalt zu ermitteln.

Zusätzlich wurden Pelletierversuche zur Additivbeimischung durchgeführt. Additive werden verwendet, um das Abbrand- und Emissionsverhalten von Brennstoffen zu optimieren. Allerdings können diese auch einen Einfluss auf das Pelletierverhalten des Rohmaterials haben und ggf. auch die Qualität der Brennstoffpellets vermindern. Folgende mineralische Additive wurden untersucht:

- Calciumcarbonat CaCO₃
- Kaolin Al₂Si₂O₅(OH)₄

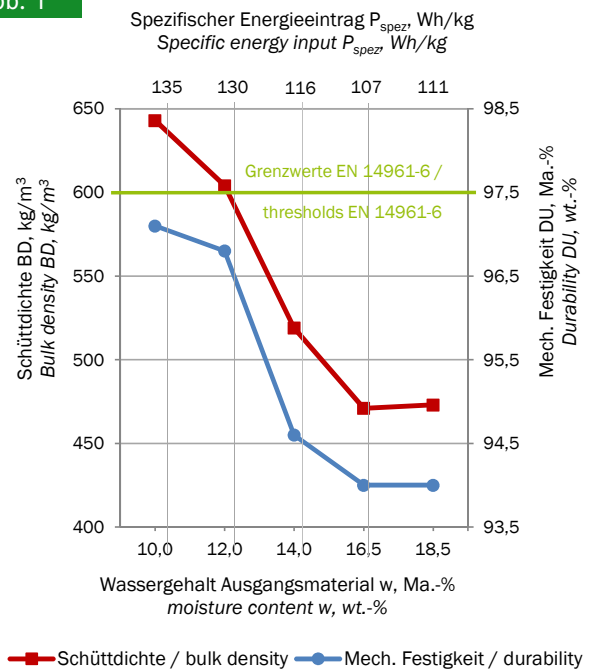
Die Additive wurden in suspensierter Form während der Einstellung des Wassergehalts zugegeben. Die Einstellungen der Prozessparameter der genutzten Pelletpresse entsprachen der Reincharge und wurden konstant gehalten. Alle Versuche wurden mit Versuchsanlagen im Technikumsmaßstab durchgeführt.

Wasser wirkt bei der Pelletierung bis zu einem materialspezifischen Höchstanteil als Bindemittel zwischen den Partikeln und beeinflusst die physikalisch-mechanischen Pelleteigenschaften daher wesentlich. Gleichzeitig kann Wasser die Reibung im Presskanal mindern und beeinflusst somit den spezifischen Energiebedarf. Dieser beschreibt die massenbezogene Energie, die für die Herstellung der Pellets benötigt wurde.

Der spezifische Energiebedarf sinkt mit zunehmendem Wassergehalt deutlich von 135 Wh/kg bei 10 Ma.-% auf 107 Wh/kg bei 16,5 Ma.-% Wassergehalt (**Abbildung 1**). Gleichzeitig hat die Wasserzugabe aber einen negativen Einfluss auf die Schüttdichte, die von 643 kg/m³ bei 10 Ma.-% auf 471 kg/m³ bei 16,5 Ma.-% Wassergehalt abfällt. Auch die Festigkeit sinkt mit der Erhöhung des Wassergehalts; bei 16,5 Ma.-% Wassergehalt liegt die mechanische Festigkeit bei 94 Ma.-% und damit deutlich unter dem nach DIN EN 14961-6 (Klasse A) festgelegten Wert von 97,5 Ma.-% [5].

Für die in **Abbildung 1** dargestellte Charge wird mit dem niedrigsten Ausgangswassergehalt von 10 Ma.-% die höchste Schüttdichte und mechanische Festigkeit erreicht. Allerdings liegen die Werte für die mechanische Festigkeit unter dem Grenzwert der Qualitätsnorm DIN EN 14961-6, sodass weiterer Optimierungsbedarf besteht. Zwar ist zur Herstellung hoch-

Abb. 1



Einfluss des Wassergehalts des Ausgangsmaterials auf die physikalisch-mechanischen Eigenschaften und den Energieeintrag
 Fig. 1: Influence of raw material moisture on physical-mechanical properties and energy input

qualitativer, normgerechter Pellets (z. B. nach DIN EN 14961-6) stets ein hoher Energieeintrag notwendig, dennoch liegen die Werte der Heupelletierung bei vergleichbaren Produkteigenschaften um ca. 20 % unter dem erforderlichen Energieeintrag für Holz (Nadelholz 168 Wh/kg) [6].

Zur Verbesserung des Abbrand- und Emissionsverhaltens wurden außerdem Pelletierversuche mit Additivzugabe durchgeführt. Die mineralischen Additive wurden nach den in **Tabelle 1** aufgeführten Verhältnissen (bezogen auf die Trockenmasse) zugegeben. Zur besseren Einbindung der Additive wurde der Wassergehalt des Ausgangsmaterials auf 12 Ma.-% festgelegt. Durch die Zugabe von mineralischen Additiven wurden die Schüttdichte und die mechanische Festigkeit der untersuchten

Tab. 1

Ergebnisse der Pelletierversuche mit additiviertem Ausgangsmaterial
 Table 1: Pellet properties of raw material with additives

Additiv Additive	Schüttdichte Bulk density	Mechanische Festigkeit Durability	Spezifischer Energieeintrag Specific energy input
	kg/m ³	Ma.-%	Wh/kg
Ohne/Without	604	96,8	130
1 Ma.-% CaCO ₃	682	97,8	- ¹⁾
3 Ma.-% CaCO ₃	698	98,2	156
1 Ma.-% Kaolin/Kaoline	688	97,6	131
3 Ma.-% Kaolin/Kaoline	701	98,0	110

¹⁾ nicht bestimmt/not determined

Charge aus Landschaftspflegeheu deutlich verbessert (**Tabelle 1**). Additive können aufgrund ihrer Bestandteile während der Pelletierung als aushärtende Bindemittel wirken und begünstigen die Ausbildung von formschlüssigen Verbindungen der einzelnen Partikel im Pellet. Dies wirkt sich bei vergleichsweise geringer Erhöhung des Energieeintrags positiv auf das Verdichtungsverhalten und die physikalisch-mechanischen Eigenschaften aus. Ein ähnlicher Effekt ist bei der Zugabe von Bentonit bekannt, das zusammen mit Wasser die Pelletqualität steigert [7]. Dagegen kann bei anderen Biomassen, wie z.B. Miscanthus, durch eine Additivierung eine Verschlechterung der physikalisch-mechanischen Pelleteigenschaften stattfinden [8]. Die mit mineralischen Additiven hergestellten Heupellets halten die Anforderungen der DIN EN 14961-6 an die physikalisch-mechanischen Eigenschaften ein.

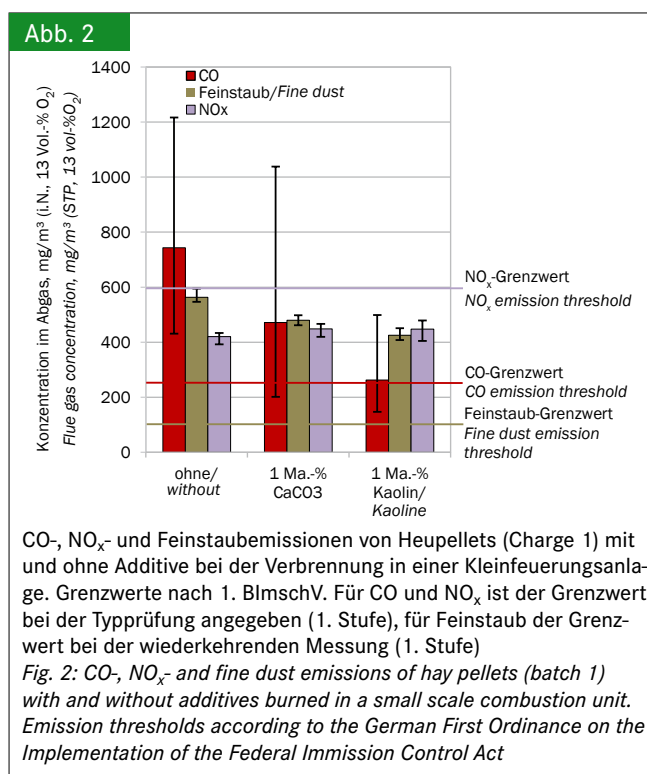
Verbrennung von Landschaftspflegeheu in markt-gängigen Kesselanlagen

Beim Einsatz von nicht-holzartigen biogenen Festbrennstoffen sind Emissionsgrenzwerte nach der Bundesimmissionschutzverordnung (1. BImSchV [9] für nicht-genehmigungsbedürftige Anlagen bei 4–100 kW und 4. BImSchV [10] für genehmigungsbedürftige Anlagen > 100 kW) einzuhalten. Zudem wird in der 1. BImSchV nach § 3, Abs. 1, Nr. 8 für alle Feuerungen, die mit Stroh oder ähnlichen pflanzlichen Stoffen betrieben werden – in diese Gruppe ist Heu einzuordnen –, eine Typprüfung einschließlich Dioxin- und Furanmessungen gefordert. Aufgrund des hohen Aufwandes und der damit verbundenen hohen Kosten dieser Messungen gibt es derzeit keine für die Heuverbrennung zugelassene Feuerung im Leistungsbereich < 100 kW. Im Leistungsbereich > 100 kW müssen die von der genehmigenden Behörde in Anlehnung an die TA Luft geforderten Grenzwerte eingehalten werden. Ist dies nicht durch primäre Maßnahmen möglich, müssen sekundäre Maßnahmen ergriffen werden, wie z.B. die Installation von Filtertechnik.

Für die Verbrennungsversuche wurde aufgrund ähnlicher Brennstoffeigenschaften des eingesetzten Materials und in Ermangelung speziell auf Heu ausgelegter Feuerungstechnik ein für die Strohverbrennung geeigneter marktverfügbarer Pelletkessel mit einer Nennwärmeleistung von 30 kW verwendet. Um die Verbrennungseigenschaften des Heus beurteilen zu können, wurde das pelletierte Heu als Reincharge und mit jeweils 1 Ma.-% Kaolin und 1 Ma.-% CaCO₃ verbrannt. Die Herstellung der Verbrennungschargen erfolgte extern durch einen erfahrenen Holz- und Futtermittelpelletierer.

Während die Reincharge im Verlauf der Verbrennung einen verhältnismäßig hohen Verschlackungsgrad aufwies, konnte dieser durch die Zugabe der mineralischen Additive deutlich vermindert werden. Bezüglich der genehmigungsrechtlich relevanten Emissionen CO, NO_x und Feinstaub ergaben sich teilweise deutliche Unterschiede zwischen dem Reinbrennstoff und den Varianten mit Additiven (**Abbildung 2**).

Die Verwendung der Additive wirkt sich positiv auf die CO- und Feinstaubemissionen aus. Die NO_x-Emissionen bleiben



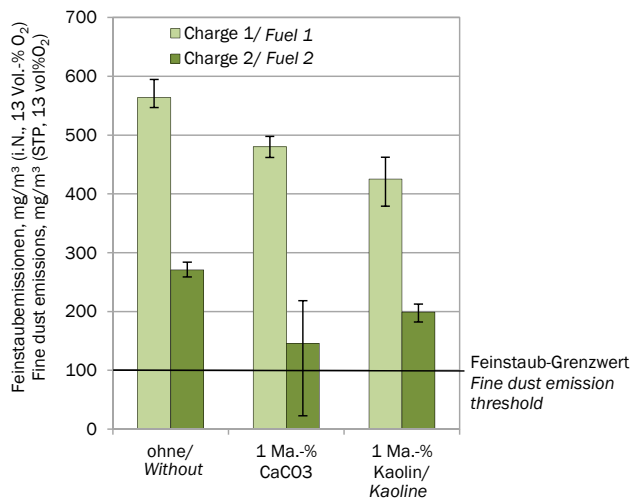
weitgehend unbeeinflusst auf einem Niveau von ca. 440 mg/m³ (i.N., 13 Vol.-% O₂). Alle Emissionsangaben sind auf trockenes Abgas bezogen. Damit liegen alle Varianten deutlich unter dem geltenden Grenzwert von 600 mg/m³ (i.N., 13 Vol.-% O₂).

Obwohl der Einsatz der Additive eine Minderung der Feinstaubemissionen um bis zu 30 % ermöglicht, ist dies nicht ausreichend, um den geforderten Grenzwert von 100 mg/m³ (i.N., 13 Vol.-% O₂) einzuhalten. Dieser wird um das Vier- bis Fünffache überschritten. Auch der bei der Typprüfung aktuell geltende CO-Grenzwert von 250 mg/m³ (i.N., 13 Vol.-% O₂) wird von allen Brennstoffvarianten überschritten. Durch die Optimierung der Luftzufuhr bei der Verbrennungsführung könnten die CO-Emissionen weiter verringert werden.

Um den Einfluss des Standortes und der Bewirtschaftungsform zu verdeutlichen, wurden das Abbrand- und Emissionsverhalten der ersten Heucharge mit einer weiteren Heucharge (Charge 2) verglichen. Gegenüber Charge 1, die von einer mit Gülledüngung bewirtschafteten Fläche stammt, wurde die Charge 2 von einer extensiv bewirtschafteten Fläche bezogen, d.h. es fand keine Düngung statt. Dadurch und auch aufgrund natürlicher Standortfaktoren lag der Anteil an emissions- und verbrennungskritischen Elementen, wie z.B. Kalium, in Brennstoffcharge 2 deutlich niedriger, was sich stark auf den Verbrennungsvorgang und die Emissionen auswirkt. Die Brennstoffe wurden entsprechend der geltenden europäischen Norm für feste Biobrennstoffe analysiert (www.energetische-biomassenutzung.de).

Darüber hinaus konnte bei den Vergleichsversuchen mit Heucharge 2 festgestellt werden, dass diese bei gleicher Kessel-einstellung eine deutlich geringere Verschlackungsneigung zeigt und damit auch niedrigere CO-Emissionen unterhalb des

Abb. 3



Feinstaubemissionen bei der Verbrennung verschiedener Heupelletchargen. Feinstaubgrenzwerte nach der 1. BlmschV bei der wiederkehrenden Messung (1. Stufe)

Fig. 3: Fine dust emissions of two different hay pellet fuels. Emission thresholds according to the German First Ordinance on the Implementation of the Federal Immission Control Act

Grenzwertes erreicht werden (Messwerte nicht dargestellt). Die gemessenen Feinstaubemissionen variieren bei der Verbrennung der unterschiedlichen Heuchargen deutlich (**Abbildung 3**). Die Feinstaubemissionen der Charge 1 sind ungefähr doppelt so groß wie die von Charge 2, sie nehmen durch den Einsatz von Additiven bei beiden Heuchargen ab. Neben diesen Minderungsmaßnahmen sollte jedoch immer eine Anpassung der Steuerungsparameter der Verbrennungstechnik angestrebt werden.

Schlussfolgerungen

Die Pelletierung von Landschaftspflegeheu ist technisch handhabbar. Bei der Pelletierung der Reinchargen weisen die Pellets bei angepasstem Wassergehalt gute physikalisch-mechanische Qualitäten auf, wobei die Normanforderungen zur mechanischen Festigkeit jedoch nicht ganz erreicht werden konnten. Der spezifische Energieeintrag ist bei der Pelletierung von Landschaftspflegeheu um etwa 20% geringer als bei der Pelletierung von Holz. Der Energieeintrag liegt aufgrund der geringen Kapazität der Pelletpresse im Technikumsmaßstab über dem Niveau einer industriellen Pelletieranlage. Eine weitere Optimierung der Rohstoff- und Prozessparameter ist notwendig, um den Energieeintrag der Pelletierung zu senken und die Produktionskosten zu minimieren. Bei den durchgeführten Pelletversuchen werden die physikalisch-mechanischen Pelleteigenschaften der Reinchargen durch die mineralischen Additive verbessert und normative Grenzwerte eingehalten.

Des Weiteren zeigte sich, dass das Abbrand- und Emissionsverhalten des Heus stark von der chemischen Zusammensetzung des Rohmaterials beeinflusst wird. Durch die Verwendung von mineralischen Additiven können die Verbrennungseigenschaften verbessert werden. Allerdings lagen die für wiederkehrende Messungen geforderten Feinstaubemissionen meist

über den geforderten Grenzwerten der 1. BlmschV, sodass Heupellets in nicht-genehmigungsbedürftigen Kleinf Feuerungsanlagen im Leistungsbereich 4–100 kW nach aktuellem Stand in der Praxis nicht ohne Feinstaubfilter eingesetzt werden können. Darüber hinaus sollten auch neuartige technische Ansätze zur Brennstoffoptimierung, wie beispielsweise das florafuel- oder das BtE-Verfahren berücksichtigt werden. Sowohl hinsichtlich primärer als auch sekundärer Emissionsminderungsmaßnahmen werden aktuell verschiedene Forschungsvorhaben durchgeführt, sodass in den nächsten Jahren erste technische Ansätze zur Umsetzung dieser Minderungsmaßnahmen zur Anwendung kommen werden.

Vor diesem Hintergrund ist kurz- bis mittelfristig mit aussichtsreichen Verfahren und technischen Lösungsansätzen zu rechnen, die den Einsatz von Heu der Landschaftspflege in Kleinf Feuerungsanlagen ermöglichen. Davon ausgehend erscheint die Nutzung von Landschaftspflegeheu derzeit bei genehmigungsbedürftigen Anlagen > 100 kW möglich, sofern eine leistungsfähige Filtertechnik, z. B. Zyklon-, Elektro- oder Gewebefilter oder Rauchgaswäsche, eingesetzt wird.

Literatur

- [1] Statistischer Bericht C III 1–3j/10 (2010): Viehbestände im Land Brandenburg (3-Jahresbericht). Potsdam, Amt für Statistik Berlin-Brandenburg
- [2] Cherney, J. H.; Verma, V. K. (2013): Grass pellet Quality Index: A tool to evaluate suitability of grass pellets for small scale combustion systems. Applied Energy 103, pp. 679–684
- [3] Larsson, S. H.; Rudolfsson, M.; Thyrel, M.; Örborg, H.; Kalén, G.; Wallin, M.; Lestander, T. A. (2012): Temperature controlled feed layer formation in biofuel pellet production. Fuel 94, pp. 81–85
- [4] Döring, S. (2010): Pellets als Energieträger: Technologie und Anwendung. Springer, Berlin, Heidelberg
- [5] DIN EN 14961-6 (2012): Feste Biobrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen; Teil 6: Nicht-holzartige Pellets für nichtindustrielle Verwendung
- [6] Unpublizierte Ergebnisse des DBFZ/unpublished results of DBFZ
- [7] Thomas, M.; van Vliet, T.; van der Poel, A. F. B. (1998): Physical quality of pelleted animal feed 3. Contribution of feedstuff components. Animal Feed Science and Technology 70(1-2), pp. 59–78
- [8] Kirsten, C. (2012): Optimierung der Pelletierung von Miscanthus und Anpassung des Brennstoffs zur Eignung in Kleinf Feuerungsanlagen. 7. Internationale Miscanthus-Tagung, 7.–9.11.2012, Klein-Altendorf, S. 29–35
- [9] 1. BlmschV (2010): Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen
- [10] 4. BImSchV (2013): Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Pilz, Dipl.-Ing. Frank Döhling, Dipl.-Ing. Claudia Kirsten, Dipl.-Ing. Nadja Weller und Dipl.-Ing. (FH) Thomas Zeng sind wissenschaftliche Mitarbeiter der Arbeitsgruppe „Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion“ (Bereichsleitung: Dr.-Ing. Volker Lenz) am Deutschen Biomasseforschungszentrum, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig, E-Mail: Andreas.Pilz@dbfz.de

Hinweise

Die vorgestellten Untersuchungen bilden auszugswise die Arbeiten des Projekts „Grünlandenergie Havelland - Entwicklung von übertragbaren Konzepten zur Nutzung von halmgutartigen Landschaftspflegematerialien am Beispiel der Region Havelland“ (FKZ 03KB035) ab und wurden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Verbraucherschutz gefördert. Weiterführende Informationen sowie der ausführliche Projektbericht sind unter folgendem Link zu finden: www.energetische-biomassennutzung.de