
Verbesserung der Brennstoffeigenschaften landwirtschaftlicher Biomasse durch eine mechanische Entwässerung von Silagen

J. Reulein, R. Stülpnagel, K. Scheffer und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe,
Universität Kassel

Einleitung und Problemstellung

Der Einsatz von Energieträgern zur Wärmeproduktion bildet in Deutschland etwa 52% des Gesamtenergieverbrauches und damit den darin größten Einzelsektor. Gleichzeitig kann auf dem Weg der thermischen Verwertung nahezu jede Art Energieträger genutzt werden und das mit sehr hohem Wirkungsgrad und unter minimalen Belastungen für die Umwelt. Das gilt auch für biogene Rohstoffe. Diese sind zwar in fast alle Energieträgerformen konvertierbar, allerdings häufig nur mit sehr hohem technischem Aufwand, bedingt durch sehr heterogene Zusammensetzung der Biomassen und die dadurch hervorgerufene Störungsanfälligkeit der Verfahren. Jeder zusätzliche Verfahrensschritt senkt den Wirkungsgrad. Aber auch der

Einsatz von Biomasse als Brennstoff wird durch deren oft sehr hohen Wassergehalt erschwert.

In den letzten Jahren hat sich deshalb zur Nutzung von feuchten Biomassen die Methanproduktion in Biogasanlagen sehr stark entwickelt. Der anaerobe Abbau von organischer Substanz zu Methangas bringt zudem den Vorteil, dass Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Kalium von diesem Prozess nahezu unberührt bleiben und nach der Verwertung wieder als Dünger eingesetzt werden können. Neben der CO₂-Neutralität sind also auch die Mineralstoffkreisläufe nahezu geschlossen.

Durch die zunehmende Substitution von fossilen Energieträgern mit Biomasse steigt die Nachfrage nach Rohstoffen aus der Landwirtschaft, mit der Konsequenz, dass letztendlich die Anbaufläche für diese Rohstoffe zum limitierenden Faktor wird. Abgesehen von der dadurch entstehenden Preiskonkurrenz, oder gerade dadurch, entsteht wieder die Forderung nach effektiveren Nutzungsverfahren, die unter Berücksichtigung der Vorteile der bisherigen Verfahren, auch Biomassen von „geringerer“ Qualität energetisch nutzbar machen können. Die Kombination all dieser Annahmen bedarf eines Systems, womit bei geringem Energieeinsatz aus unterschiedlichsten Biomassen trockene, schadstoffarme Brennstoffe erzeugt werden können und das bei gleichzeitiger Rückführung der Nährstoffe in die Landwirtschaft. All diese Anforderungen können durch das Verfahren der mechanischen Entwässerung von Ganzpflanzensilagen realisiert werden. Das Verfahren wurde von SCHEFFER und STÜLPNAGEL (1993) erstmals beschrieben und wird von WACHENDORF et al. (2007) als Konzept für eine effiziente Konversion von Grünlandbiomasse vorgeschlagen.

Qualität des Festbrennstoffs

Im herkömmlichen Sinn dient die mechanische Entwässerung von Stoffen der effizienten und energiesparenden Trocknung. Werden Biomassen (Silagen) mit einer Schneckenpresse entwässert, so können im Presskuchen Trockensubstanzgehalte im Bereich zwischen 40 bis 50% erreicht werden. Lässt man den Trockenmasseaustrag zunächst unbeachtet so bedeutet das, dass bei der Entwässerung einer Silage mit einem Ausgangs-TS-Gehalt von 25% zu einem Presskuchen mit 50% TS zwei Drittel des Wassers abgetrennt werden. Der dazu nötige Energieaufwand liegt bei etwa 2% der in der Biomasse enthaltenen Energie. Um diese Trocknungsleistung thermisch zu realisieren, würde etwa die 25fache Energiemenge notwendig sein.

Mechanische Entwässerung bedeutet aber auch, dass mit dem Presswasser unvermeidbar eine gewisse Menge Trockenmasse ausgetragen wird. Da in diesem System die aus der Presssaftvergärung gewonnene Energie für den Aufbereitungsprozess Verwertung finden soll, wird gezielt ein Gesamttrockenmasseaustrag in den Presssaft zwischen 30 und 40% angestrebt. Diese Substanztrennung wird im Folgenden als Massenfluss bezeichnet (REULEIN et al., 2007). Im Detail betrachtet zeigt sich, dass sich die Trockenmasseszusammensetzung in den entstehenden Komponenten Pressgut und Presssaft zwar nicht in den einzelnen Stoffgruppen, aber sehr deutlich in deren Konzentrationen unterscheidet. Während im Presssaft im allgemeinen ca. 75% der Kohlenhydrate und etwa 60% des Rohproteins aus dem Ausgangsmaterial enthalten sind, finden sich dagegen nur ca. 15% der Lignocellulose darin wieder. Der Fettanteil in der Trockenmasse bleibt bei den meisten Pflanzenarten dagegen unverändert. Von den anorganischen Bestandteilen des Ausgangsmaterials werden ca. 65% bei der Entwässerung in den Presssaft überführt. Auch hier zeigen sich deutliche Unterschiede in den einzelnen Elementen. Gerade die wasserlöslichen Mineralien wie Kalium und Chlorid können mit diesem Verfahren zu über 90% aus dem Feststoff entfernt werden. Schwefel und Phosphor erreichen im Durchschnitt einen Massenfluss in den Presssaft von etwa 55%. Berechnungen zeigen, dass durch den Einsatz von ca. 35% der geernteten Trockenmasse der Energiebedarf des gesamten Produktionssystems (Wärme und Strom), mehr als vollständig gedeckt werden kann.

Ist der Massenfluss der anorganischen Bestandteile in den Presssaft größer als der Massenfluss der organischen Anteile, dann führt das im Vergleich zum Ausgangsmaterial zu einer Veränderung der Trockenmassezusammensetzung im Presskuchen, also zu einer Verbesserung der Brennstoffqualität. In umfangreichen Versuchsserien konnten biogene Brennstoffe aus Silagen hergestellt werden mit bis zu 2,5% Rohasche. Die Stickstoffgehalte konnten auf bis zu 0,5% reduziert werden. Abb. 1 gibt exemplarisch die Rohasche- und Rohproteingehalte von Mais- und Weizensilagen und den durch mechanische Entwässerung entstandenen Presskuchen wieder.

In den Untersuchungen zeigte sich deutlich, dass bei allen Silagen durch das Abpressen eine Senkung der Asche- und Stickstoffgehalte herbeizuführen war, dass die erreichbaren Gehalte aber immer abhängig von der Pflanzenart und vom Gehalt im Ausgangsmaterial abhängig war. Durch Konditionierungsmaßnahmen wie z. B. das vorherige Anmaischen der Silagen mit Flüssigkeiten kann der Austrag vor allem der wasserlöslichen Pflanzenbestandteile in den Presssaft weiter gesteigert werden und so die Presskuchenqualität hinsichtlich ihrer Brennstoffeigenschaften zusätzlich verbessert werden. Gerade bei den Mineralien Kalium und Chlorid konnte die Abhängigkeit der Gehalte des Presskuchens vom denen des Ausgangsmaterials weitgehend aufgehoben werden. Für nahezu alle untersuchten Silagen konnten in einzelnen Untersuchungsvarianten die in Tab. 1 dargestellten Werte erreicht werden.

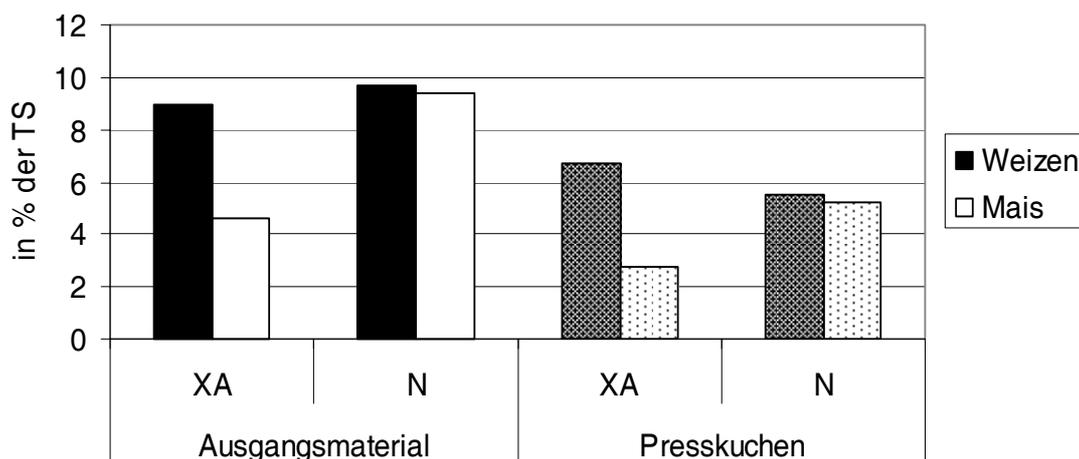


Abb. 1: Vergleich der Rohasche (XA)- und Rohprotein (XP)-Gehalte von Mais- und Weizensilage (% d. TM) und den durch mechanische Entwässerung entstandenen Presskuchen (XP = N x 6,25)

Im Vergleich zu anderen biogenen Festbrennstoffen sind Presskuchen aus Ganzpflanzsilagen derzeit im mittleren Qualitätsbereich einzustufen. In Tabelle 1 sind die brenntechnisch relevanten Parameter durchschnittlicher Presskuchen aus Maissilage und Weizensilage dargestellt und mit gängigen Angaben anderer biogener Festbrennstoffe verglichen. (UNI HOHENHEIM 1997; DIN PLUS).

Der Vergleich zeigt, dass gerade hinsichtlich der stark vom Ausgangsmaterial abhängigen Parameter Rohasche und Stickstoff deutliche Differenzen zu der in der Norm geforderten Pelletqualität für Holz besteht. Erste Aussagen aus noch andauernden Untersuchungen deuten jedoch darauf hin, dass gerade durch das Erreichen geringer Kaliumgehalte das Aschefließverhalten ähnlich zu beurteilen ist wie das von Holz und eine nur geringe Verschlackungsneigung besteht. Dennoch liegt der Ascheschmelzpunkt bei etwa 800 bis 850°C.

Tab. 1: Vergleich der brenntechnisch relevanten Inhaltsstoffe von biogenen Festbrennstoffen mit durchschnittlichen Presskuchenqualitäten (Quellen: UNI HOHENHEIM 1997; DIN PLUS; KALTSCHMITT; 2003; REULEIN 2007A)

Gehalte in % der TS	Holz	Presskuchen Maissilage	Presskuchen Weizen GPS	Weizenkorn	Weizenstroh
Asche	1,50	3,50	5,50	4,00	7,00
Kalium	0,30	0,40	0,60	0,50	1,20
Chlorid	0,03	0,06	0,06	0,06	0,25
Stickstoff	0,30	0,65	0,80	2,60	0,80

Schlussfolgerungen

Laufende Untersuchungen mit Aufwüchsen von geringerer Futterqualität (z. B. extensiviertes Grünland; FRICKE et al., 2007) zeigen, dass dieses Verfahren eine viel versprechende wirtschaftliche und umweltfreundliche Alternative zur Direktverbrennung derartiger Biomassen darstellen kann. Die Weiterentwicklung von Konditionierungsverfahren bieten noch deutliche Potenziale zur weiteren Verbesserung der Brennstoffqualität.

Literatur

FRICKE T., BEYRICH W., EMANUEL M., NEFF R., REULEIN J., STÜLPNAGEL R., WACHENDORF M. (2007) Charakterisierung der Mineralstoff- und Organik-Flüsse bei der mechanischen Abpressung extensiver Grünlandaufwüchse. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

DIN 51731:1996-10 (1996) Prüfung fester Brennstoffe - Preßlinge aus naturbelassenem Holz - Anforderungen und Prüfung, Beuth-Verlag.

KALTSCHMITT M. und HARTMANN H. (2003) Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin.

REULEIN, J; STÜLPNAGEL, R. SCHEFFER, K. WACHENDORF M, (2007A) Massenflüsse in den Presssaft durch mechanische Entwässerung von Silagen. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

REULEIN J. (2007b) Optimierung der energetischen Nutzung von feucht konserverierten Pflanzenarten und Stroh durch Trennung in festen Brennstoff zur Herstellung von Pellets und flüssiges Biogassubstrat mittels Schneckenpresse. Abschlussbericht FNR- FKZ: 220 217 03 (unveröffentlicht).

SCHEFFER, K. STÜLPNAGEL, R. 1993: Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO₂-neutralen Energieträgers Biomasse. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49.

UNIVERSITÄT HOHENHEIM (HRSG.) (1997): DLG – Futterwerttabellen Wiederkäuer, DLG – Verlag, Frankfurt (Main)

WACHENDORF M, FRICKE T., GRAB, R., STÜLPNAGEL R., (2007 C) Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).