

Werner Daries, Volkhard Scholz und Thomas Hoffmann

Herstellung von Energiepellets aus feucht geerntetem Grüngut

Für die nachhaltige Energieversorgung kann feucht geerntetes Grüngut zu Energiepellets verarbeitet und anschließend verbrannt oder vergast werden. Das Ernten des Grüngutes und das Konservieren in Siloschläuchen sind bekannte Verfahren mit geringem Energieaufwand. Deutlich höher ist der Bedarf an Primärenergie für das mechanische Abpressen mit Schneckenpressen mit 0,26-2,02 GJ/t_{TM}. Der Trockenmassegehalt kann je nach Art des Grüngutes um 4- bis 21-%-Punkte gesenkt werden. Das Trocknen benötigt 4,73-13,7 GJ/t_{TM}. Der Energieaufwand für die gesamte Verfahrenskette entspricht etwa 65 % des Heizwertes der Pellets.

Schlüsselwörter

Pellets, Energie, Energiepflanzen

Keywords

Pellets, energy, energy crops

Abstract

Daries, Werner; Scholz, Volkhard and Hoffmann, Thomas

Production of energy pellets from wet harvested greenery

Landtechnik 66 (2011), no. 1, pp. 42-45, 2 figures, 1 table, 6 references

Wet harvested greenery can be processed to energy pellets to be burned or gasified for sustainable energy supply. The harvest of the forage and the preservation in plastic tubes are known processes with low energy consumption. The mechanical dewatering of the silage with screw presses requires a higher energy demand with 0.26 to 2.02 GJ/T_{DM}. The dry matter content can be reduced with screw presses by 4 to 21 percentage points depending on the kind of forage. The drying process requires an energy demand of 4.73 to 13.7 GJ/t_{DM}. The total energy demand of the complete processing line corresponds to 65 % of the heating value of the pellets.

■ Zur möglichst vollständigen Nutzung des verfügbaren Biomassepotenzials für eine nachhaltige Energieversorgung bietet es sich an, Energiepellets aus feucht geerntetem Grüngut zu vergasen oder zu verbrennen. Die Verfahrenskette umfasst

Konservierung, Trocknung, Pelletierung und Verbrennung bzw. Vergasung. Unbekannt sind bei der energetischen Nutzung von frisch geerntetem Ackerfutter sowie von Mais- und Ganzpflanzensilage folgende Aspekte:

- prozesstechnische Parameter
- erforderliche Ausrüstung und Logistik
- ökonomische und ökologische Perspektiven

Grüngut wird unter mitteleuropäischen Klimabedingungen überwiegend in feuchtem oder angewelktem Zustand geerntet und ist ohne Konservierung nicht lagerfähig. Die Silierung ist ein Konservierungsverfahren für Grüngut, das in der Landwirtschaft etabliert ist. Dabei behält das Material seine Gutfeuchte weitestgehend bei. Zur Weiterverarbeitung der feuchten Silage zu trockenem Festbrennstoff liegen kaum Erkenntnisse vor.

Zum Trocknen der Silage sind prinzipiell Grüngut-Trocknungswerke geeignet, aber bisher wird in solchen Anlagen vor allem frisches Grüngut getrocknet, das für die Verfütterung vorgesehen ist. Diese Trocknungsanlagen für Futter sind so ausgelegt, dass beim Wasserentzug Nährstoffe und Mineralien weitestgehend erhalten bleiben. Bei der Verwendung von Grüngut als Brennstoff sind dagegen Stickstoff, Kalium, Schwefel und Chlor als umweltrelevante Schadstoffe unerwünscht. Somit stellt sich die Frage, ob sich durch mechanisches Abpressen Schadstoffe über den Presssaft entfernen lassen und welche Energieeinsparungen sich durch das Abpressen für die Trocknung ergeben.

Weil zu den einzelnen Aufbereitungsprozessen, Maschinen und Leistungsparametern kaum Erkenntnisse vorlagen, waren in Versuchen unter praxisnahen Bedingungen Kennwerte ermittelt worden [1].

Ermittlung von Verfahrensparametern

Als Versuchsmaterial der im Folgenden vorgestellten Untersuchung wurden Anwelkgras (1. und 2. Schnitt), Gerste und Roggen als Ganzpflanze sowie Silomais verwendet. Die Häck-

Tab. 1

Ermittelte Energiedaten im Vergleich mit Literaturwerten

Table 1: Measured energy values in comparison to values from literature

Gut / Crop	Verfahrensabschnitt / Process step	Prozessenergieaufwand / Process energy demand						
		Messung / Measurement					Literatur / Literature	
		n ¹⁾	Verbrauchsenergie / Energy consumption			Primärenergie ³⁾ / Primary energy	Primärenergie / Primary energy	Quelle / Source
			Diesel / Diesel l/t _{TM}	Kohle / Coal GJ/t _{TM}	Strom / Electricity kWh/t _{TM}	Gesamt / Total GJ/t _{TM}	Gesamt / Total GJ/t _{TM}	
Mais / Maize	Ernte / Harvest	1	2,57	-	-	0,11	0,07	[2]
	Silierung / Ensiling	1	2,32 ²⁾	-	-	0,11	0,015	[2]
	Abpressen / Mechanical dewatering	9	-	-	28,7-42,2	0,28-0,41	-	
	Trocknung / Drying	42	-	4,1-7,19	47,4-123,3	4,73-8,68	7,52	[3]
	Pelletierung / Pelletizing	8	-	-	41-131	0,39-1,27	0,5	[4]
	Gesamt / Total	-	-	-	-	5,62-10,58	-	
Roggen / Rye	Ernte / Harvest	1	4,98	-	-	0,22	0,08	[2]
	Silierung / Ensiling	1	1,52 ²⁾	-	-	0,07	0,029	[5]
	Abpressen / Mechanical dewatering	43	-	-	28-179	0,27-1,7	-	
	Trocknung / Drying	17	-	3,7-4,0	59,9-60,2	4,43-4,7	-	
	Pelletierung / Pelletizing	30	-	-	62-217	0,60-2,11	0,5	[4]
	Gesamt / Total	-	-	-	-	5,59-8,8	-	
Gras / Grass	Ernte / Harvest	1	8,70	-	-	0,36	0,31	[2]
	Silierung / Ensiling	1	4,34 ²⁾	-	-	0,19	0,08 ⁴⁾	[2]
	Abpressen / Mechanical dewatering	38	-	-	27-208	0,26-2,02	-	
	Trocknung / Drying	25	-	7,4-11,5	93,9-178,6	8,61-13,7	12,46	[3]
	Pelletierung / Pelletizing	18	-	-	67-309	0,65-3,0	0,5	[4]
	Gesamt / Total	-	-	-	-	10,07-19,27	-	
Gerste / Barley	Ernte / Harvest	-	-	-	-	-	-	
	Silierung / Ensiling	-	-	-	-	-	-	
	Abpressen / Mechanical dewatering	12	-	-	88-120	0,86-1,17	-	
	Trocknung / Drying	19	-	9,23	158	11,14	-	
	Pelletierung / Pelletizing	9	-	-	65-108	0,63-1,05	0,5	[4]
	Gesamt / Total	-	-	-	-	12,63-13,36	-	

¹⁾ Messwiederholungen / Repeated measures.²⁾ Schlauchpressenantrieb und Befüllung / Tube press drive and filling.³⁾ Primärenergetische Nutzungsgrade: Steinkohle 95,5 %; Braunkohle 96,9 %; Dieselöl 89,4 %; Elektroenergie 37,0 % / Primary-energetic levels of utilization: hard coal 95.5 %; brown coal 96.9 %; diesel oil 89.4 %; electric energy 37.0 %.⁴⁾ Nur Werte vom Horizontalsilo / Only values of the horizontal silo.

sellängen betragen 4-20 mm bei verschiedenen Trockenmasse-Gehalten (TM-Gehalt). In der Verfahrenskette von der Ernte bis zur energetischen Nutzung von Grüngut wurden Parameter für die Verfahrensschritte Ernten, Silieren, Abpressen, Trocknen und Kompaktieren ermittelt.

Aus den gemessenen Werten der verbrauchten Energie ergaben sich mithilfe von Wirkungsgraden Werte für den Bedarf an Primärenergie. Das Anliegen der Untersuchung war es, Richtwerte für die einzelnen Prozessschritte zu gewinnen. Bei der Ernte wurden bei den Teilprozessen Schneiden, Schwaden und Häckseln der Arbeitszeitbedarf und der Kraftstoffverbrauch nach Beendigung des Arbeitsganges gemessen. Das Grüngut wurde nach der Ernte mit einer Schlauchpresse AG-Bagger G 6700 in Schläuche mit 2,4 m Durchmesser gefüllt. Als Antriebsquelle diente ein Schlepper mit 103 kW Motornennleistung. Der Massestrom beim Befüllen lag zwischen 40 und 75 t/h. Weil der Massestrom der Erntetechnik deutlich höher war als der Massestrom der Schlauchpresse, musste das Grüngut vor dem Pressen zwischengelagert und dann mit einem Radlader (132 kW) der Presse zugeführt werden.

Zum Abpressen kamen die Schneckenpressen Typ Avz mit 5,5 kW Motornennleistung und Typ DZvv mit 45 kW Nennleistung der Firma Anhydro GmbH zum Einsatz. Gras- und Roggensilage wurde nach der Schlauchlagerung im Oktober abgepresst, die Maissilage im April des Folgejahres. Das abgepresste Gut wurde anschließend mit einem Radlader in den

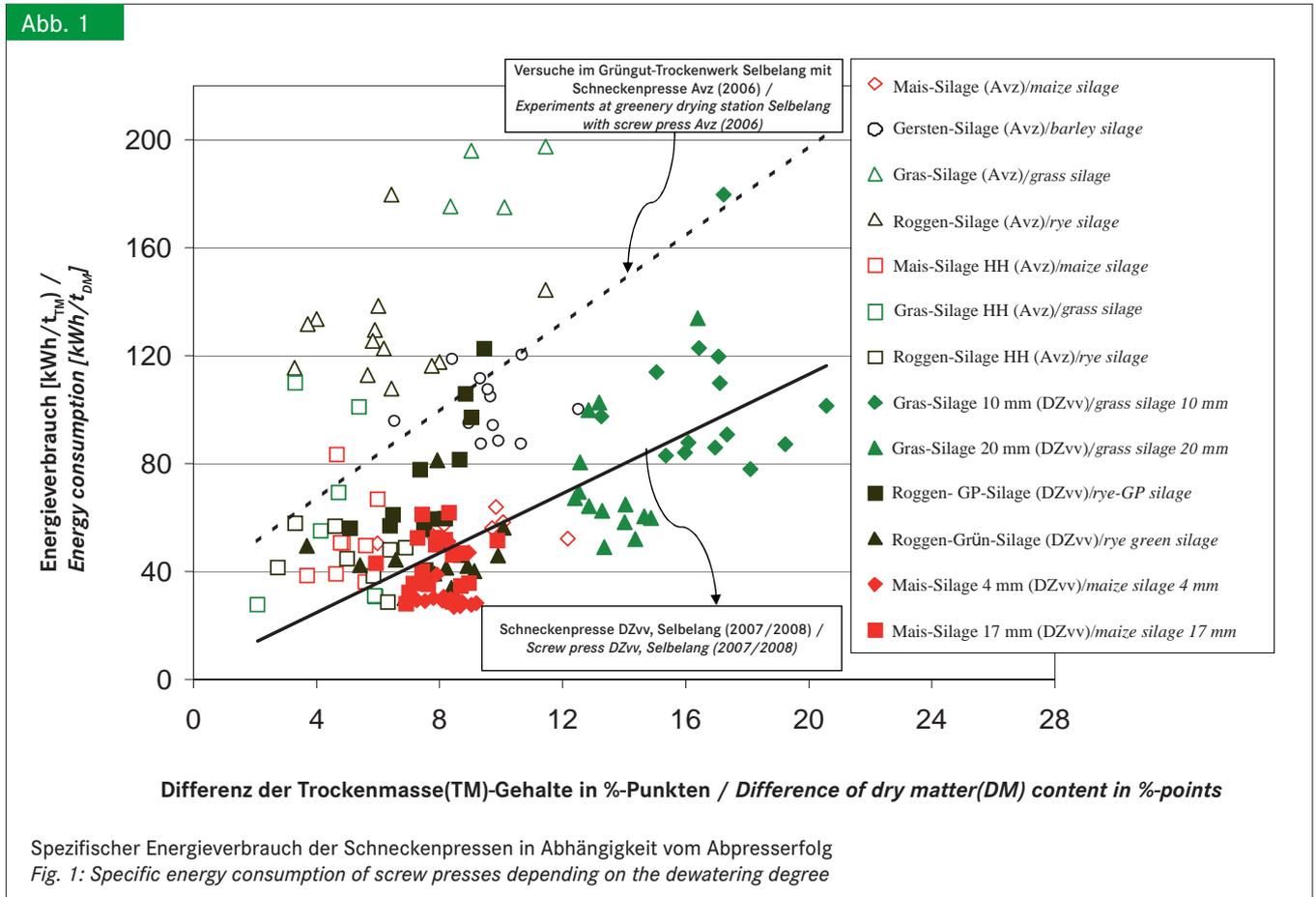
Annahmeförderer eines Trommelrockners UT 67/2 im Grüngut-Trockenwerk Selbelang gegeben und auf einen Trockenmassegehalt von 87-96 % getrocknet.

Der Festbrennstoff wurde mit einer Pelletpresse Typ 39-1000 der Firma Amandus Kahl GmbH & Co. KG mit 8 oder 15 mm Sieblochdurchmesser kompaktiert. Der Brennwert des trockenen Festbrennstoffs wurde experimentell mit einem Bombenkalorimeter des Typs C 200 der Firma IKA durch Verbrennung unter Sauerstoffüberdruck bestimmt. Für die Messung wurden Tabletten hergestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Ernten betrug der Primärenergiebedarf 0,11 GJ/t_{TM} bei Maissilage, 0,22 GJ/t_{TM} bei Roggen-Ganzpflanzensilage und 0,36 GJ/t_{TM} bei Anwelksilage (Tabelle 1). Vor allem bei Roggen lag der gemessene Wert über dem aus der Literatur bekannten Wert. Der Dieselbedarf beim Befüllen des Siloschlauches einschließlich der Beschickung mit dem Radlader betrug 1,52-4,34 l/t_{TM} (Tabelle 1). Auf den Antrieb der Schlauchpresse entfielen bei Anwelkgras 1,72 l/t_{TM}, bei Roggen-Ganzpflanzensilage 0,88 l/t_{TM} und bei Maissilage 0,98 l/t_{TM}. Das Beschicken der Schlauchpresse mit einem Radlader verdoppelte in etwa den Dieselverbrauch für diesen Prozessschritt und ist somit für die Praxis nicht zu empfehlen.

Beim Abpressen wurden bei Grassilage mit 11- bis 21%-Punkten die höchsten Trockenmassedifferenzen erreicht



(**Abbildung 1**), wobei dieser Effekt auf den hohen Wassergehalt der Silage zurückzuführen war. Bei Roggen- und Maissilage lagen die Trockenmassedifferenzen bei der Schneckenpresse DZvV nur zwischen ca. 4- und 10%-Punkten.

Beim Energiebedarf war eine hohe Variabilität der Messwerte festzustellen (**Tabelle 1**). Durch die Funktionsweise der Schneckenpressen entstand eine enge Korrelation zwischen Abpresserfolg, Durchsatz und Energiebedarf [6]. Mit steigendem Abpresserfolg stieg auch der Energiebedarf (**Abbildung 1**). Der spezifische Energieverbrauch schien zwar auch von der Gutart abhängig zu sein, war jedoch primär auf die Durchsatzabhängigkeit zurückzuführen. Der Trockenmassegehalt im Presssaft schwankte von 9-15 % bei Gras und 15-17 % bei Roggen. Bei Maissilage wurden durchschnittlich 13 % erreicht.

Der Anteil an Nährstoffen (N, P, K, Ca, Mg, S, Cl) im Presssaft, bezogen auf den ursprünglichen Anteil in der Silage, variierte von 1,5-40 %. Chlor erreichte in dieser Hinsicht einen Spitzenplatz. So wurden aus Maissilage bis zu 40 % des ursprünglich enthaltenen Chlors über den Saft abgepresst.

Der mit Abstand energieintensivste Prozess in der gesamten Verfahrenskette war das Trocknen des Presskuchens (**Tabelle 1**). Um die abgepresste Silage von einem TM-Gehalt von 45 % auf etwa 90 % zu trocknen, wurden mit einem direkt befeuerten Trommeltrockner, wie er in landwirtschaftlichen Trockenwerken verwendet wird, etwa 4-11,5 GJ/t_{TM} Wärme und etwa 50-180 kWh/t_{TM} elektrische Energie benötigt. In der Summe ergab sich ein Primärenergieaufwand von 4,4-13,7 GJ/t_{TM}.

Durch mechanisches Abpressen der Silagen mittels Schneckenpressen (**Abbildung 2**) konnte der Energieaufwand für die Trocknung reduziert werden. Um z. B. den Trockenmassegehalt einer Silage um absolut 20 % zu erhöhen, benötigte die Schneckenpresse nur etwa halb soviel Primärenergie (1,1 GJ/t_{TM}) wie der verwendete Trommeltrockner (2,3 GJ/t_{TM}).



Mithilfe von Schneckenpressen kann der Trockenmassegehalt der Silage mit relativ geringem Primärenergieaufwand gesteigert werden. Foto: ATB

Fig. 2: The dry matter content of silage can be reduced with relative low primary energy demand by the aid of screw presses

Zum Pelletieren wurden 0,39-3,0 GJ/t_{TM} Primärenergie benötigt (**Tabelle 1**). Die gemessenen Werte waren höher als die Angaben in der Literatur. Diese Tatsache und die hohe Variabilität deuten darauf hin, dass auch beim Pelletieren ein Optimierungspotenzial vorhanden ist. Der Mindest-Heizwert der Pellets betrug bei Grassilage 16,8 GJ/t_{TM}, bei Roggen-Ganzpflanzensilage 16,3 GJ/t_{TM} und bei Maissilage 16,5 GJ/t_{TM}.

Schlussfolgerungen

Das zweifellos wichtigste Ergebnis der Untersuchung sind die Aussagen zum Gesamtenergieaufwand. Unter den vorgefundenen Praxisbedingungen beträgt der Primärenergieaufwand für das Ernten, Silieren, Abpressen, Trocknen und Pelletieren in der Summe je nach Gutart 5,59-19,27 GJ/t_{TM}. Der Mittelwert aller Varianten beläuft sich auf 10,74 GJ/t_{TM}. Damit werden für die Herstellung der Pellets durchschnittlich etwa 65 % ihres Heizwertes benötigt. In dieser Kalkulation sind Masseverluste noch nicht berücksichtigt. Die Energieeffizienz der untersuchten Verfahrenskette zur Herstellung von Pellets aus silierten Energiepflanzen entspricht demnach nicht den Erwartungen.

Literatur

- [1] Scholz, V.; Idler, C.; Daries, W.; Poschmann, T. (2008): Entwicklung und Erprobung einer neuen Verfahrenslinie zur Herstellung von Energiepellets aus Ganzpflanzensilage sowie Ermittlung der Leistungsparameter und des Energieaufwandes. Abschluss-Teilbericht 2.2 zum FNR-Verbundprojekt BioLog. <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22031505.pdf>, Zugriff am 29.11.2010
- [2] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hg.) (2006): Energiepflanzen. Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. KTBL-Datensammlung mit Internetangebot
- [3] Poschmann, T. (2008): Untersuchungen zur Energiebilanz von Silage-Pellets. Diplomarbeit, FHTW Berlin und ATB Potsdam
- [4] Bossel, U. (1983): Brikettieren und Pelletieren von Biomasse. Bericht zur Tagung Erzeugung von Biobrennstoffen durch Brikettieren und Pelletieren von Biomasse. Hg. Solentec - Gesellschaft für solare und energiesparende Technologien mbH
- [5] Institut für Landtechnik des Ministeriums für Landwirtschaft und Landesentwicklung, Ungarn (FVM Műszaki Intézet Gödöllő) (2002): Silopresse AG Bagger G-7000 zur Befüllung von Folienschlauch-Tunnel. Prüfbericht Test-Nr. 91/2002
- [6] Scholz, V.; Daries, W.; Rinder, R. (2009): Mechanische Entwässerung von Silage. Landtechnik 64(5), S. 333-335

Autoren

Dipl.-Ing. Werner Daries war Wissenschaftler in der Abteilung „Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung“ im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam.

Dr.-Ing. Volkhard Scholz leitete als Wissenschaftler der Abteilung das Projekt im ATB.

Dr. rer. agr. Thomas Hoffmann ist Leiter der Abteilung „Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung“ im ATB, E-Mail: THoffmann@atb-potsdam.de