

Optimierungsmöglichkeiten für Feldernte und Lagerhaltung von Halmgut-Biomasse

Der niedrige Energiegehalt von Halmgut legt dessen Verdichtung sowie Bergung mit Restwassergehalten unter 20 % nahe. Dazu sollte die Biomasse möglichst bei niedriger relativer Luftfeuchte und Schönwetter geerntet werden, um gegebenenfalls eine Bodentrocknung zu ermöglichen. Von hoher relativer Vorzüglichkeit sind Großballen und hier insbesondere Quaderballenvarianten. Deren Überlegenheit resultiert aus dem schlagkräftigen Zusammenspiel der Technik, dem guten Preis-Leistungs-Verhältnis moderner Pressen sowie der Möglichkeit der kompakten Offenlagerung der Ballen.

Dr. agr. Ingo Ackermann leitet die Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe am Institut für Agrartechnik Bornim (ATB), Dr. sc. agr. Ralf Schlauderer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung; Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim.

Schlüsselwörter

Biomasse, energetische Nutzung, Logistik, Verfahrensvergleich

Keywords

Biomass, use as energy, logistics, comparing operations

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 99314 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Eine neuere Studie aus dem Deutschen Institut für Luft- und Raumfahrt [1] räumt den regenerativen Energieträgern langfristig einen beachtlichen Anteil an unserer Energieversorgung ein. Wenn Biomasse zu diesem Szenario relevante Anteile beisteuern soll, müssen noch erhebliche Anstrengungen sowohl zur Entwicklung kostengünstiger Technik als auch zur wirkungsvollen Integration von Systemkomponenten unternommen werden. Im nachfolgenden Beitrag werden ausgewählte Biomasse-Logistikverfahren im Hinblick auf Kostenkomponenten näher untersucht.

Wechselwirkungen von Materialeigenschaften und Verfahrenstechnik

Halmgut-Brennstoffe sind im Vergleich zu fossilen Brennstoffen durch relativ hohe Chlor- und Kaliumkonzentrationen sowie einen niedrigen Energiegehalt zwischen 9 und 15 MJ/kg charakterisiert. Der Beitrag beschränkt sich auf die der Verbrennung vorgelagerten Prozesse mit Schwerpunktbildung von der Ernte über die Lagerung des Materials. Die Transportaktivitäten werden mit berücksichtigt, um vollständige Verfahrensketten zu bewerten.

Für die thermische Verbrennung ist zunächst einmal eine möglichst geringe Feuchtigkeit des Brennmaterials anzustreben. Dies, weil die Gutfeuchte Fäulnis- und Schimmelprozesse während der Lagerung fördert und zum Anderen den Heizwert des Materials mindert. Aus diesen Gründen sind Grenzwerte des Restwassergehaltes anzustreben. In Abhängigkeit von der Gutform sollten Ballen beim Einlagern einen Restwassergehalt von 18% und Pellets einen Restwassergehalt von 12% nicht überschreiten.

Wenn die angestrebten Grenzwerte zum Erntezeitpunkt nicht erreicht werden, muss eine Trocknung der Biomasse durchgeführt werden.

Darüber hinaus führt der niedrige Energiegehalt der Materialien zu einem hohen Massenaufkommen. Um den Primärenergiewert von 1 t Heizöl EL zu erreichen, sind etwa 3 t Stroh erforderlich. Für die Lagerung

Parameter	Bezug	Rechenwert
Energiebedarf	GJ/a	250000
KTBL-Klimagebiet		8
Zinsansatz (Kapital)	%	6
Lohnansatz (Fachkraft)	DM/h	23,5
Lohnansatz (Hilfskraft)	DM/h	16,5
Brachflächen-		
aufwuchs		
- Bruttoertrag	t/ha	9
- Flächenverfügbarkeit	%	5
- Anbaukosten	DM/ha	155
Stroh		
- Bruttoertrag	t/ha	4,5
- Flächenverfügbarkeit	%	15
Großgras		
- Bruttoertrag	t/ha	30
- Flächenverfügbarkeit	%	5
- Anbaukosten	DM/ha a	1808

Tab. 1: Kalkulationsgrundlagen der Optimierungsrechnung mit "Biomass"

Table 1: Model assumptions for the optimization calculation with the Biomass software

wie auch den Transport ist die Ausnutzung des verfügbaren Raumvolumens der entscheidende Faktor. Eine lose Gutkette in Form von gehäckseltem Material ist aufgrund des geringen spezifischen Gewichts (40 bis 80 kg/m³) keine geeignete Lösung. In diesem Fall wären etwa 37 bis 75 m³ Raumvolumen erforderlich, um Biomasse mit dem Primärenergiewert von 1 t Heizöläquivalent bereitzustellen. Aus diesem Grunde ist eine Verdichtung des Materials bei Entfernungen ab 4 km und bei vorgesehener Lagerung unabdingbar. Dies kann mit herkömmlichen Großballenpressen oder mittels Pelletier- oder Brikettiertechnik erreicht werden. Für die Pelletierung von Halmgut gibt es stationäre Pressen sowie als Neuentwicklung einen selbstfahrenden Feldpelletierer (Biotruck 2000). Aufgrund der Wahl der Verfahrenskette können unterschiedliche Varianten definiert werden. Dies soll im folgenden Beispiel für die Pelletierung von Brachflächenaufwuchs dargestellt werden:

Variante 1: Schneiden mit SF-Schwadmäher, Bodentrocknung, Gutaufnahme mit Ladewagen, Fahrt zum Lager, pelletieren mit stationärer Presse, einlagern.

Variante 2: Schneiden mit Feldhäcksler und überladen auf parallel fahrenden Ladewa-

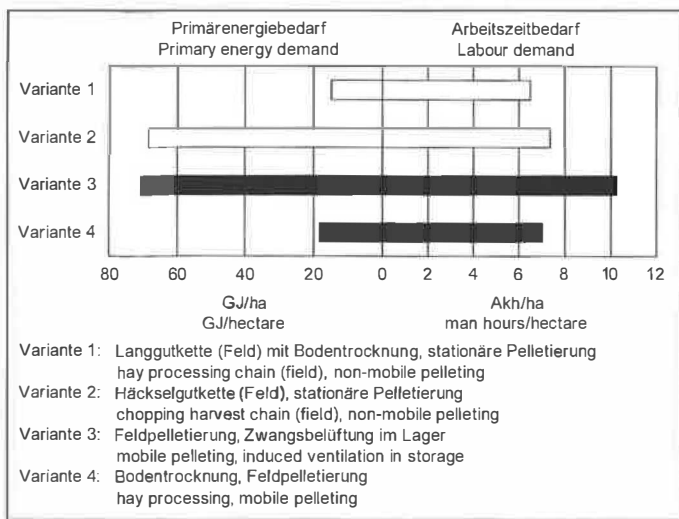


Bild 1: Ausgewählte Kennziffern für Pelletvarianten (Brachflächen-aufwuchs)

Fig. 1: Selected results of pellet variants (growth from fallow land)

gen, Fahrt zum Lager, pelletieren mit stationärer Presse, trocknen, einlagern.

Variante 3: Schneiden und pelletieren mit SF-Pelletierpresse, überladen aufTransportzug, Fahrt zum Lager, trocknen, einlagern.

Variante 4: Schneiden mit SF-Schwadmäher, Bodentrocknung, Gutaufnahme mit SF-Pelletierpresse, überladen aufTransportzug, Fahrt zum Lager, einlagern.

Die skizzierten Varianten unterscheiden sich vor allem durch die Art der Trocknung sowie durch den Zeitpunkt der Pelletierung. Bei den Varianten 1 und 2 mit stationärer Pelletierung ist eine „lose Gutkette“ vom Feld bis zum Lager vorgeschaltet, während das Gut bei den Varianten 3 und 4 auf dem Feld zu seiner Endform aufbereitet wird. In Bild 1 sind die errechneten Kennwerte für den Arbeitszeitaufwand und den Primärenergieaufwand der Varianten dargestellt. Es wurden jeweils Erträge von 10 t/ha, mit 40% TS-Gehalt zum Schnittzeitpunkt sowie Feld-Lager-Entfernungen von durchschnittlich 4 km unterstellt. Die Varianten mit Feldpelletierung sind schraffiert dargestellt. Im Vergleich schneiden die Varianten mit Bodentrocknung (Nr. 1 und 4) im Primärenergieaufwand deutlich günstiger ab. Gemessen

am Arbeitszeitbedarf ist die Variante 3 mit kalkulierten 10,3 Akh/ha ungünstiger zu beurteilen, die anderen Varianten liegen in einer engen Bandbreite von 6,5 bis 7,3 Akh/ha. Bei den Verfahrenskosten schneiden analog zum Energieaufwand die Varianten 1 und 4 mit Bodentrocknung auf dem Feld am günstigsten ab.

Die Berechnungen zeigen, dass die Bodentrocknung einer Zwangsbelüftung im Hinblick auf die Kosten und den Energieeinsatz trotz erhöhter Ernteverluste jederzeit vorzuziehen ist. Wie aber schneiden die Pelletvarianten im Vergleich zu Großballenvarianten ab?

Verfahrensvergleiche mittels Optimierungssoftware

Ein orientierender Verfahrensvergleich sollte sowohl Materialien unterschiedlicher Art als auch grundsätzlich unterschiedliche Verfahren berücksichtigen. Für die Berechnungen wurden daher Technikvarianten ausgewählt, die neben Schüttgutverfahren (Pellets und Häckselgutkette) sowohl gängige landwirtschaftliche Großballen als auch die für energetische Zwecke favorisierten Hesston-

Ballen (120/130) umfassen. Weitere für die Interpretation der Ergebnisse relevante Vorgaben sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Anbaukosten für Brachflächenaufwuchs leiten sich aus dem Mehraufwand für die energetische Nutzung im Vergleich zur planmäßigen begrüntem Rotationsbrache ohne Bergung des Aufwuchses ab. Die Lagerung des Materials unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Gutform erheblich. Bei den Großballenvarianten wird eine Bergung mit Ballenladewagen und eine Feldrandlagerung der gestapelten Ballen angenommen. Der Stapelauf- und -abbau wird per Teleskoplader durchgeführt. Bei den Pelletvarianten wird eine Unterdachlagerung (100 DM/m³ Baukosten) mit Belüftungsmöglichkeit sowie die Ein- und Auslagerung des Materials mit Frontlader unterstellt. Für das Häckselgut wird eine einfache Unterdachlagerung (90 DM/m³ Baukosten) angesetzt.

Auf der Grundlage dieser Vorgaben wurde die Optimierungssoftware „Biomass“ [2] eingesetzt. Im Ergebnis zeigt sich, dass die hohe relative Vorzüglichkeit der Ballenvarianten deutlicher noch als in der Rangfolge anhand der Kostenunterschiede abgelesen werden kann (Tab. 2). Dabei scheint die Wettbewerbskraft der Ballenvarianten nicht gutartspezifisch zu sein. Der Vergleich in Tabelle 2 zeigt auch, dass Hesston-Ballen im Berechnungsbeispiel bis zur Anlieferung im Kraftwerk keine signifikanten Kostenvorteile gegenüber der kleineren Quaderballenvariante (120/90) besitzen. Der Grund hierfür ist, dass die Kostenvorteile des Hesston-Formats beim Ballenumschlag und beim Ein- und Auslagern der Ballen im Rechenbeispiel durch die höheren Maschinenkosten auf dem Feld kompensiert werden.

Ein Grund für die Überlegenheit der Ballenvarianten gegenüber den Pelletvarianten ist in der kostengünstigen Feldrandlagerung der Ballen zu sehen. Bei der Feldrandlagerung ist es ausreichend, auf einen sorgfältigen Stapelaufbau und eine trockene Stapelsohle zu achten, um die Brennstoffqualität zu erhalten [3]. Eine zusätzliche Folienabdeckung der Stapeloberseite dürfte die Lagerverluste minimieren. Die Kostenvorteile einer feldnahen Offenlagerung sind erheblich und schlagen in den Modellrechnungen, etwa für Stroh, mit bis zu 3 DM/GJ zu Buche (siehe Tab. 2). Vorteile lassen sich für die Pelletvariante lediglich beim Transport ableiten; die Transportkostendifferenzen wurden zum Beispiel für Stroh, bei annähernd gleichen Entfernungen, mit 0,14 bis 0,38 DM/GJ kalkuliert. Diese Vorteile würden unter den vorgegebenen Rahmendaten erst bei sehr hohen und für die angestrebte Nutzung unrealistischen Transportentfernungen (Radius über 100 km) zu Kostenvorteilen für die Pelletvariante führen.

Tab. 2: Ergebnisse der Optimierungsrechnungen mit „Biomass“

Table 2: Results of the optimization calculations with the Biomass software

Variante	Rang	Verfahrenskosten [DM/GJ]			Arbeitszeitbedarf [Akh/ha]		Flächenbedarf [ha]	Transportradius [km]
		Feld	Lager	Gesamt	Fachkraft	Hilfskraft		
Stroh/Quaderb. (120/90)*	1	1,87	0,17	2,86	1,49	0,23	4079	9,23
Stroh/Rundb. (120/150)	2	3,0	0,33	4,39	2,18	0,40	4079	9,23
Stroh/Pellets	5	9,81	3,21	13,70	4,54	0,39	3810	8,92
Heu/Quaderb. (120/90)*	3	6,73	0,14	8,32	3,01	0,15	4624	16,94
Heu/Rundb. (120/150)	4	6,99	0,2	8,80	3,41	0,22	4624	16,94
Großgras/Häckselgut	6	10,04	14,14	24,86	14,63	15,66	920	7,6
Großgras/Pellets	7	23,19	7,53	31,33	23,94	2,96	878	7,4
Heu/Pellets (Lagertrocknung)*	8	26,78	12,59	40,67	7,17	0,49	3920	15,6
Ersatzvarianten für *								
Heu/Pellets (Bodentrocknung)	6	17,19	3,09	21,58	6,82	0,20	4624	16,94
Stroh/Hesston-Ballen	1	1,91	0,12	2,86	1,43	0,15	4079	9,23
Stroh/Hesston-Ballen	3	6,81	0,09	8,38	2,98	0,10	4624	16,94