

Frank Tetzlaff, Ulrich Klee und Peter Pickel, Halle/Saale

# Nutzung biogener Feststoffe zur Energiegewinnung durch thermochemische Umwandlung

*Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse können unter bestimmten Voraussetzungen für Landwirtschaftsbetriebe eine sinnvolle ökonomische und ökologische Alternative gegenüber dem Fremdbezug an Primärenergie sein. Die Wirtschaftlichkeit hängt jedoch sowohl von der dazu notwendigen Anlagengröße und Variabilität in der Prozessführung als auch von dem betriebsspezifischen realen Aufwand für die Bereitstellungskette der eingesetzten Energieträger ab. Verfahrens- und energietechnische Optimierungen in den vorgelagerten Verfahrensschritten können hierbei Einsparpotenziale ermöglichen.*

Dr. Frank Tetzlaff und Dr. Ulrich Klee sind wissenschaftliche Mitarbeiter des Lehrstuhls für Landtechnik, Umwelt- und Kommunaltechnik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Leitung: Prof. Dr. Peter Pickel), Ludwig-Wucherer-Str. 81, 06108 Halle/Saale; e-mail: frank.tetzlaff@landw.uni-halle.de

## Schlüsselwörter

Festbrennstoff, Vergasung, Verfahrenstechnik

## Keywords

Solid fuels, gasification, process engineering

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07117 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Da die meisten Bioenergieträger in fester Form vorliegen, bildet die Verbrennung und damit die Wärmebereitstellung gegenwärtig noch das Haupteinsatzgebiet für die energetische Nutzung im privaten und gewerblichen Bereich (Hackschnitzel- oder Pelletheizungen). Der thermische Wirkungsgrad bezogen auf den oberen Heizwert beträgt bei der Verbrennung etwa 70 %. Wegen des Verzichtes auf Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung erreicht der exergetische Wirkungsgrad nur Werte unter 10 %. Beim Vergasungsprozess sind zum Vergleich 40 bis 50 % möglich.

## Material und Methoden

Im Gegensatz zu den Vergärungsprodukten einer Biogasanlage, die in der Regel als Rest- und Nebenstoffe der Tierproduktion (Rinder- und Schweineflüssigmist, Hühnerkot) und der Pflanzenproduktion (Silomais, Grassilage, Rasenschnitt) kostenneutral anfallen, können beim Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in einer Vergasungsanlage zusätzliche Aufwendungen für den Betreiber entstehen, die je nach den betrieblichen Bedingungen die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses beträchtlich mindern oder sogar in Frage stellen [1]. Die Brennstoffkosten biogener Feststoffe frei Anlage

lassen sich unterteilen in „Bereitstellungskosten“ (Anbau, Pflege, Ernte/Bergung, Fixkosten), „Transportkosten“ und Aufwendungen für die Lagerung (Vortrocknen), Aufbereitung (Schreddern, Pressen, Pelletieren) sowie für die Beschickung des Vorratsbehälters (Silos). Die Summe dieser Kosten steht in Konkurrenz zu den marktabhängigen Brennstoffpreisen der fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas. Dieser Vergleich ist notwendig, weil alle Energieträger im Wesentlichen die gleiche Anlagentechnik zur Erzeugung von Strom und Wärme nutzen. Entscheidend für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sind die ermittelten realen Strom- und Wärmegestehungskosten für jeden Energieträger.

Nach Literaturangaben [2] und ergänzt durch eigene Untersuchungen und Befragungen in verschiedenen Landwirtschaftsbetrieben ergibt sich ein Spektrum möglicher Kosten für verschiedene Bioenergieträger. Demnach können neben Schwach- und Restholz aus der Forstwirtschaft, der Landschaftspflege oder der Holzverarbeitenden Industrie vor allem Rest- und Nebenstoffe aus der primären Pflanzenproduktion wie Stroh oder Mindergetreide einen monetären Vorteil gegenüber den fossilen Energieträgern erreichen. Dies ist zum Beispiel beim Stroh möglich, weil ein großer Teil der Be-

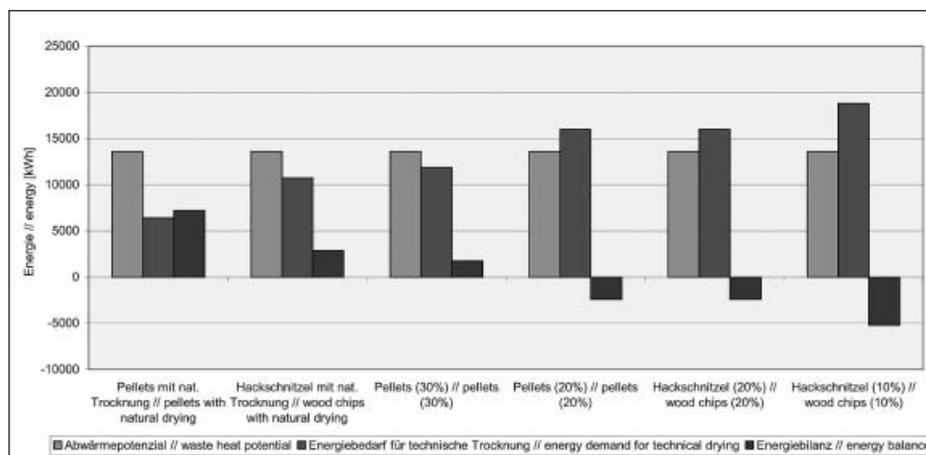


Bild 1: Energiebilanzen der Verfahrenslinien

Fig. 1: Energy balances for the different process models

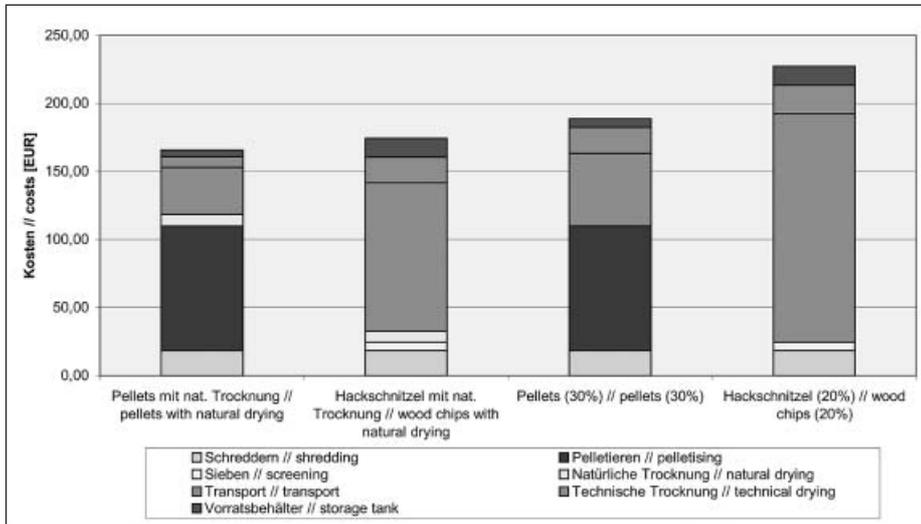


Bild 2: Aufwendungen für die Verfahrenslinie

Fig. 2: Cost comparison of the different process models

reitstellungskosten von der Aussaat bis zur Bergung der Getreideproduktion zugeordnet werden kann.

Am Beispiel des realen Bedarfes einer Vergasungsanlage (thermische Ausgangsleistung 200 kW) werden die Bereitstellungsketten für Holz, Stroh und Festmist näher betrachtet.

### Ergebnisse und Diskussion

Werden innerhalb der gesamten Verfahrenskette der Bioenergieträger den Abschnitten „Bereitstellung“ und „Transport“ bereits effiziente Strukturen unterstellt, dann liegt das Optimierungspotenzial zur Kostendämpfung vorrangig in den Bereichen Lagerung, Aufbereitung und Beschickung.

Ansätze dazu sind gegeben durch konstruktive Lösungen für eine entsprechende Lagerungs- und Aufbereitungstechnik und der Nutzung der energetischen Möglichkeiten zur Wärmetransformation innerhalb dieser vorgelagerten Prozesse.

Dazu werden verschiedene Anlagenkonzepte auf ihre energetische Effizienz untersucht. Variante 1 bildet eine Kombination aus natürlicher und technischer Trocknung, Variante 2 enthält nur eine technische Trocknung.

Der Variantenvergleich erfolgt exemplarisch am Fallbeispiel von naturbelassenem Weichholz, welches als Hackschnitzelgut oder in Form von Pellets verwertet werden soll. Unter der Annahme einer Wochenbevorratung (168-Stunden-Modell) werden die variantenabhängigen quantitativen Brennstoff-Eingangsparemeter für die vorhandene Vergasungsanlage ermittelt. Für den betrachteten Wochenzeitraum beträgt das notwendige thermische Arbeitspotenzial 33 600 kWh. Dazu ist eine Brennstoffmenge von rund 15,3 t notwendig. Durch natürliche oder technische Trocknung würde sich diese

Menge auf 9,9 t (30 % Feuchte) oder auf 8 t (20 % Feuchte) verringern. Gleichzeitig reduzieren sich die Aufwendungen an Energie und Zeit für das Schreddern und Pelletieren, für das Transportvolumen sowie für die notwendige Größe des Vorratsbehälters der Vergasungsanlage. Monetär betrachtet, führt die Verringerung der Brennstofffeuchte von 50 auf 20 % allein bei den Anschaffungskosten für den Vorratsbehälter zu Einsparungen von 16,5 % für Hackschnitzel und von fast 50 % bei Pellets aufgrund der höheren Schüttdichte gegenüber den Hackschnitzeln. Die gleichen Relationen gelten auch für das notwendige Transportvolumen vom Zwischenlager zur Vergasungsanlage.

Das zentrale verfahrens- und energietechnische Optimierungsproblem ist somit die Suche nach effizienten Möglichkeiten zur Reduzierung der Feuchte und damit zur Erhöhung der Energiedichte des Brennstoffes. Parallel dazu ist der Vergleich an technischen und energetischen Aufwendungen zwischen Hackschnitzeln und Pellets innerhalb der Varianten 1 und 2 notwendig.

Unter den experimentell an der Anlage bestätigten Annahmen von einem nutzbaren Wärmepotenzial von 45 bis 50 % der thermischen Ausgangsleistung des Vergasers [3], einem Verlust von 10 % durch Wärmestrahlung im Bereich der technischen Trocknung und unter Vernachlässigung örtlicher Gutfeuchteschwankungen lassen sich die angegebenen Energiebilanzen für die verschiedenen Anlagenkonzepte ermitteln (Bild 1).

Das vorhandene Abwärmepotenzial der Anlage liegt somit für das betrachtete 168 h - Modell im Bereich von 13 600 bis 15 100 kWh. Dieses ist ausreichend zur Trocknung der Pellets oder der Hackschnitzel, deren Ausgangsfeuchten 30 % und kleiner sind. Für die Pellet-Linie der Variante 1 errechnet sich ein Bedarf von 6 400 kWh zur Reduzie-

rung der Feuchte von 30 auf 20 %. Das verbleibende Wärmepotenzial von 7 200 kWh und 8 700 kWh kann unter Zugrundelegung eines Raumwärmebedarf von 70 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr zur Beheizung von 5 400 m<sup>2</sup> und 6 800 m<sup>2</sup> Fläche eingesetzt werden. Diese Flächen reduzieren sich auf etwa die Hälfte, wenn für schlechter isolierte Stallanlagen oder Lagerräume von einem Wert von 150 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr ausgegangen wird. Zur Trocknung der Hackschnitzel von 30 auf 10 % Restfeuchte (Variante 1.2) sind 10 700 kWh aufzubringen, mit der verbleibenden Wärme ließen sich immer noch zwischen 2 100 m<sup>2</sup> und 3 200 m<sup>2</sup> Wohnfläche beheizen. Der Verzicht auf eine natürliche Vortrocknung (Variante 2) ermöglicht nur eine Reduzierung der Feuchte von 50 auf 30 %, da für diesen Prozess rund 11 850 kWh erforderlich sind. Eine weitere Verringerung auf 20 oder 10 % Restfeuchte kann durch das Abwärmepotenzial der vorhandenen thermochemischen Vergasungsanlage nicht aufgebracht werden.

Der Anteil der Aufwendungen für die Pelletierung (siehe Bild 2) liegt bei 55,2 % (Variante 1) oder 48,5 % (Variante 2). Die Transportkosten für die Pellets sind deutlich geringer (20,8 oder 28,3 %) als die Transportkosten für die Hackschnitzel (62,3 oder 73,9 %). Die vorherrschende Annahme, dass die Aufwendungen für Hackschnitzel geringer sind, als die Aufwendungen für Pellets ist offensichtlich nicht zu verallgemeinern. Die Hauptursache dafür sind das geringere Transport- und Behältervolumen für Pellets.

### Zusammenfassung

Eine Erhöhung der Energiedichte vergasungsfähiger fester Biomasse lässt sich effektiv durch eine Kombination aus natürlicher und technischer Trocknung sowohl für Pellets als auch für Hackschnitzel realisieren. Das nutzbare Abwärmepotenzial der Vergasungsanlage kann den Bedarf für die technische Trocknung vollständig abdecken und zusätzlich Wärme für Heizzwecke zur Verfügung stellen.

Bei Verzicht einer vorgelagerten natürlichen Trocknung auf mindestens 30% Restfeuchte reicht das Abwärmepotenzial nicht aus, um die gleichen Energiedichten für das Vergasungsgut zu erreichen, auch nicht, wenn für die rein technische Trocknung das gesamte Wärmevermögen der Anlage eingesetzt wird.

Einige verfahrenstechnische Vorteile der Pellets gegenüber den Hackschnitzeln werden bei einer monetären Betrachtung durch den höheren energetischen Einsatz, der zu ihrer Herstellung notwendig ist, kompensiert.