

Martin Kratzeisen und Joachim Müller

Energie aus Samenschalen von *Jatropha curcas*

Die Schalen der Kerne der Ölfrucht *Jatropha curcas* stellen einen vielversprechenden Brennstoff in den Tropen und Subtropen dar. Die thermische Energie kann vielfältig eingesetzt werden, zum Beispiel für die Trocknung von *Jatropha* Nüssen oder im Herstellungsprozess von Biodiesel aus *Jatropha*öl. Der Heizwert der Schalen liegt zwischen 16-17 MJ/kg und erreicht somit die Werte von Holz, welches bis heute eine Hauptenergiequelle in Entwicklungsländern darstellt. In dieser Studie wurden die physikalischen und chemischen Eigenschaften von *Jatropha*schalen als Brennstoff untersucht und eine robuste, funktionelle Verbrennungseinheit für den Einsatz in tropischen und subtropischen Ländern entwickelt.

Schlüsselwörter

Jatropha curcas, Verarbeitungsabfälle, Verbrennung, Bioenergie

Keywords

Jatropha curcas, processing residues, combustion, bioenergy

Abstract

Kratzeisen, Martin and Müller, Joachim

Energy from seed shells of *Jatropha curcas*

Landtechnik 64 (2009), no. 6, pp. 391-393, 4 figures, 2 tables, 3 references

The seed shells of the oleiferous fruit *Jatropha curcas* is a promising fuel in tropical and subtropical countries. The thermal energy can be applied in many ways for example for drying *Jatropha* nuts or processing biodiesel from *Jatropha* oil. The calorific value of the shells is between 16-17 MJ/kg and thus similar to wood, which is a main energy source in developing countries until now.

■ Der zunehmende Anbau von *Jatropha curcas* in Indien, China, Indonesien sowie in Südamerika und Afrika wird in Zukunft zu einem vermehrten Aufkommen an *Jatropha* in diesen Regionen führen. Bei der Herstellung von Pflanzenöl aus *Jatropha*kernen wird oft der Kern mit Schale gepresst. Der Rückstand ist reich an Protein und kann nach einem Entgiftungsprozess als Tierfutter eingesetzt werden. Aber durch den

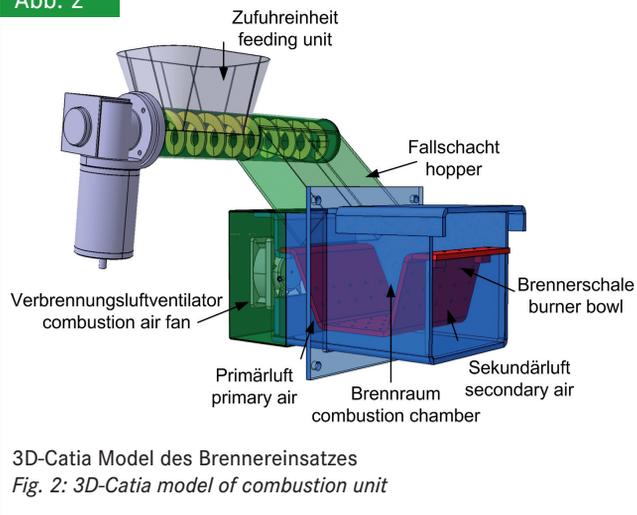
Schalenanteil weist der Pressrückstand einen hohen Rohfasergehalt auf, welcher für den Einsatz als Tierfutter nachteilig sein kann. Deshalb wird die Produktion von Pflanzenöl aus geschälten *Jatropha*kernen angestrebt, um ein hochwertiges, proteinreiches Tierfutter zu gewinnen. Die Schalen der Kerne stellen an sich einen vielversprechenden Brennstoff für Entwicklungsländer dar, da sie als Nebenprodukt der Ölproduktion auf diese Weise optimal verwertet werden können.

Die Samenschalen aus dem Schälprozess sind ein schüttfähiges Material, vergleichbar mit Reisspelzen (**Abbildung 1**). Die thermische Energie aus der Verbrennung von *Jatropha*schalen kann vielfältig eingesetzt werden. Der Heizwert des Materials beträgt rund 16-17 MJ/kg. Das entspricht in etwa dem Heizwert von Holz, das für die Menschen in Entwicklungsländern immer noch eine Hauptenergiequelle darstellt. Zur Gewinnung des Brennmaterials werden die *Jatropha*kerne mit einer Schälmaschine geöffnet und anschließend mithilfe von Windsichtern in Kerne und Schalen getrennt. Da eine Pelletierung oder Bri-



Jatrophaschalen. Foto: Kratzeisen
Fig. 1: Shells of *Jatropha curcas*

Abb. 2



kettierung zur Volumenreduktion und Steigerung der Energiedichte derzeit nicht vorgesehen ist, scheidet ein Transport über weitere Entfernungen aus wirtschaftlichen Gründen aus. Prinzipiell sind Verbrennungseinheiten für diese Art von Brennstoffen bekannt, sie müssen jedoch bezüglich des Verbrennungsverhaltens und der Emissionen optimiert werden [2], da die Prozessführung die Effizienz und die Entstehung toxischer Abgaskomponenten wesentlich beeinflusst.

Material und Methoden

Die in dieser Studie untersuchte Feuerungsanlage wurde nach dem Prinzip „Abwurfheizung/ohne Rost/Schalenbrenner“ nach [3] konzipiert. Mit besonderem Augenmerk auf den späteren Einsatzort der Verbrennungseinheit in Entwicklungsländern wurde auf komplizierte mechanische Bauteile verzichtet, um den Betrieb und die Wartung verlässlich und einfach zu gestalten. Der Brenner wird gestartet, indem eine vorgegebene Menge an Jatrophaschalen über die Dosierschnecke zugegeben

Tab. 1

Eigenschaften von Jatrophaschalen

Table 1: Properties of *Jatropha curcas* shell

Parameter	Ergebnis	Methode
Heizwert, MJ/kg	16,5±0,1	DIN 51 900-2
Wassergehalt, %	8,9±0,3	DIN 51 718
Partikeldichte, g/cm ³	0,9±0,1	DIN CEN/TS 15 150
Schüttdichte, kg/m ³	250,8±0,5	DIN CEN/TS 15 103
Schüttwinkel, °	44,9±0,4	DIN EN 12047
Kohlenstoffgehalt, %	50,9	DIN 51 732
Wasserstoffgehalt, %	5,8	
Stickstoffgehalt, %	0,8	
Sauerstoffgehalt, %	39,5	
Chlorgehalt, %	0,1	DIN 51 577-3
Schwefelgehalt, %	0,1	DIN EN ISO 20884
Aschegehalt, %	3,8	DIN 51 719

wird. Diese in der Brennerschale ruhenden Schalen werden manuell mithilfe von Anzündhilfen in Brand gesetzt. Danach werden kontinuierlich Brennstoff und Verbrennungsluft zudosiert, bis die optimale Einstellung entsprechend der gewünschten Leistung erreicht ist.

Abbildung 2 zeigt ein 3D-Modell des Brennereinsatzes. Die Konstruktion mittels Catia 3D-Applikation ist Grundlage für eine spätere Strömungssimulation unter Verwendung des Zusatzmoduls „Fluent für Catia V5“. Der Brennraum als Grundeinheit besteht aus abgewinkelt Edstahlblech, an welches Fallschacht und Verbrennungsluftventilator angebaue sind. Die Brennerschale ist als Einschub ausgeführt; sie und ihre Abdeckung sind abnehmbar. Dieses erleichtert eine turnusmäßige Reinigung des Brennraumes zur Beseitigung etwaiger Verbrennungsrückstände. Der Brennereinsatz wird als Ganzes in einen gemauerten Kessel eingesetzt, in welchem die Rauchgase ausbrennen sowie die Wärme abgegeben wird. Auf eine Verbrennungsregelung wurde im ersten Schritt bewusst verzichtet, um die Verbrennungseinheit einfach zu halten. Die Einstellung der Luftzufuhr für eine vollständige Verbrennung wurde empirisch mithilfe der Abgaskontrolle im Versuchsbetrieb ermittelt. Die physikalischen Eigenschaften, die Brennstoffzusammensetzung und die Ascheerweichungstemperaturen wurden nach DIN ermittelt (Tabelle 1 und Tabelle 2).

Ergebnisse

Die physikalischen Eigenschaften sowie die Brennstoffzusammensetzung sind Tabelle 1 zu entnehmen. Auffallend ist der hohe Aschegehalt von 3,8 % im Vergleich zu Holz mit circa 0,5 % [3]. Des Weiteren sind die Elemente Stickstoff, Chlor und Schwefel zu nennen, welche Auswirkungen auf den Schadstoffausstoß bei der Verbrennung haben. Im Verhältnis zu Fichtenholz ist der Stickstoffgehalt von *Jatropha* 6-fach erhöht, der Chlorgehalt 20-fach und der Schwefelgehalt 6,5-fach [3].

Tabelle 2 zeigt die Ascheerweichungstemperaturen, welche für den verlässlichen Betrieb der Verbrennungseinheit von außerordentlicher Bedeutung sind. Bei geringen Ascheerweichungstemperaturen, wie zum Beispiel 700 °C für Getreidekörner, sind Anbackungen im Feuerraum und am Feuerrost nur durch spezielle konstruktive Maßnahmen zu umgehen. Der Erweichungspunkt der Asche von Jatrophaschalen beträgt 980 °C und ist demnach vergleichbar mit halmgutartigen Brennstoffen [3]. Durch Abkühlung der Brennerschale im unteren Bereich mit Primärluft wird diese in ihrer maximalen Temperatur begrenzt und Anbackungen, welche die Lufteintrittslöcher

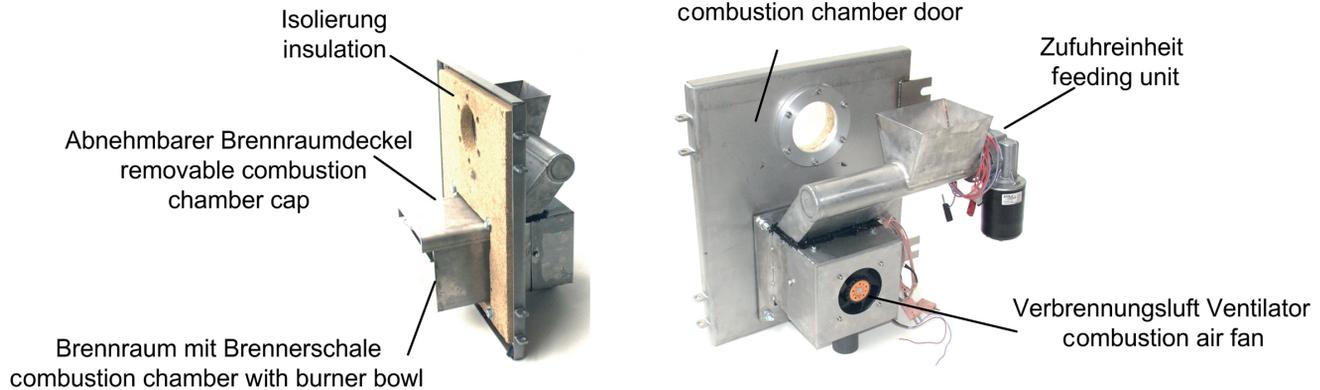
Tab. 2

Ascheerweichungstemperaturen

Table 2: Ash melting temperatures

Parameter	Ergebnis	Methode
Ascheerweichungspunkt, °C	980	DIN 51 730
Halbkugelpunkt, °C	>1550	
Fließpunkt, °C	>1550	

Abb. 3



Brennereinsatz

Fig. 3: Combustion unit

verschließen würden, können vermieden werden. Dadurch wird eine kontinuierliche Versorgung mit Primärluft und somit ein Aufrechterhalten der Verbrennung gewährleistet.

Abbildung 3 stellt den Brennereinsatz dar. Erste Versuche zeigen, dass die maximal zu erreichende Leistung bei einem Feuerungswirkungsgrad von 91 % ungefähr 20 kW beträgt. Dies entspricht einem Brennstoffmassenstrom von circa 4,8 kg Jatrophaschalen pro Stunde. Bei der Durchführung der Verbrennungsversuche ist weder eine Ascheerweichung noch ein Versintern der Asche im Brennerraum aufgetreten. Während des Versuches hat sich auf dem Rost ein etwa 2,5 cm hohes Aschebett aufgebaut, welches sich nach Versuchsende problemlos entfernen ließ. Ein Zusetzen der Verbrennungsluftlöcher im Rost wurde nicht beobachtet.

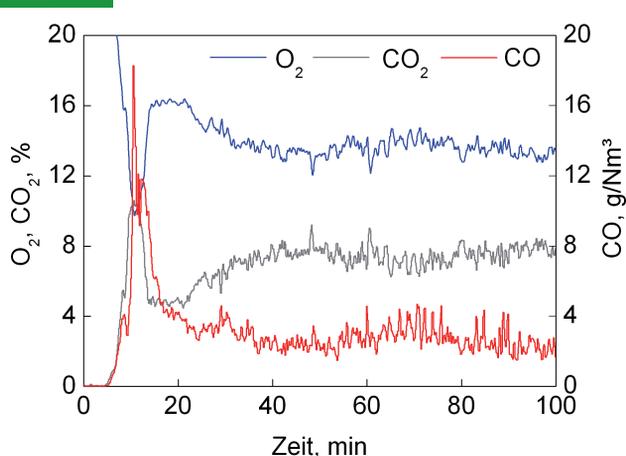
In **Abbildung 4** ist der zeitliche Verlauf der Abgaszusammensetzung bei der Verbrennung von Jatrophaschalen bei einer Leistung von 20,2 kW dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Konzentration an Kohlenstoffmonoxid bezogen auf einen Sauerstoffgehalt von 13 % nach dem Startvorgang über die restliche

Betriebszeit um durchschnittlich 2,8 g/m³ schwankt. Nach der 1. BImSchV liegt der Grenzwert für Kohlenstoffmonoxid für Anlagen unter 50 kW für die Verbrennung von naturbelassenem Holz bei 4 g/m³ [1]. Die im Versuch entstandenen Kohlenmonoxidemissionen sind vergleichbar mit denen von Grund- und Kachelöfen [3].

Schlussfolgerungen

Die Verbrennung von Schalen der Jatrophanuss ist auch ohne vorhergehende Aufbereitungsschritte, beispielsweise eine Pelletierung, möglich. Dadurch können die Brennstoffkosten gering gehalten werden. Allerdings sollte der Brennstoff aufgrund seiner geringen Schüttdichte unmittelbar am Entstehungsort verbrannt werden, um hohe Transportkosten zu vermeiden. Probleme mit einer etwaigen Ascheerweichung sind bei der beschriebenen Feuerungsanlage nicht aufgetreten. Die Konzentration von Kohlenstoffmonoxid bleibt unterhalb geltender Vorschriften; jedoch soll in einem nächsten Schritt soll die Verbrennungseinheit mit einer einfachen Regelung ausgestattet werden.

Abb. 4



Abgaszusammensetzung bezogen auf 13 % Sauerstoff bei einer Leistung von 20,2 kW

Fig. 4: Composition of the flue gas related to 13 % oxygen during operation with a power of 20.2 kW

Literatur

- [1] BImSchV – 1. Verordnung zur Durchführung des BImSchG (Verordnung über Kleinfeuerungsanlagen). Neufassung 14.03.1997, Bundesgesetzblatt I S. 490, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Köln, 1997
- [2] Braunbeck, C. M.: Development of a rice husk furnace for preheating of the drying air of a low-temperature drying system. Dissertation. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik in den Tropen und Subtropen, Stuttgart, 1998
- [3] Hartmann, H.; K. Reisinger, K. Thuncke, A. Höldrich und P. Roßmann: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, 2007

Autoren

Dipl.-Ing.(FH), M.Eng. Martin Kratzeisen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Agrartechnik in den Tropen und Subtropen (Leitung: **Prof. Dr. Joachim Müller**), Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart, E-Mail: martin.kratzeisen@uni-hohenheim.de

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin für die Finanzierung des Projektes 0330799A.