

Shkelqim Karaj und Joachim Müller

Optimierung der mechanischen Ölgewinnung aus Jatrophakernen

Die Verknappung fossiler Energievorräte und die Klimarelevanz zunehmender CO₂-Emissionen erfordern die Erschließung alternativer Energiequellen. In diesem Zusammenhang zeigen pflanzliche Öle ein gewisses Lösungspotenzial. Sie sind erneuerbar, umweltfreundlich und in ländlichen Regionen leicht bereitzustellen. In den letzten Jahren wurden Entwicklungen vorangetrieben, um pflanzliche Öle als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren zu verwenden. Das Öl der Jatropha pflanze ist dabei besonders interessant, da es ungenießbar ist und deshalb nicht in direkter Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion steht.

Schlüsselwörter

Expeller, mechanische Presse, Ölextraktion, *Jatropha curcas*

Keywords

Expeller, mechanical press, oil extraction, *Jatropha curcas*

Abstract

Karaj, Shkelqim and Müller, Joachim

Optimization of mechanical extraction of *Jatropha curcas* seeds

Landtechnik 64 (2009), no. 3, pp. 164 - 167, 3 figures, 4 tables, 12 references

Reduction of world fossil fuel reserves and increase of CO₂ emissions are calling for appropriate alternative fuels. In this context, vegetable oils show several advantages – they are renewable, environmental friendly and are produced easily in rural areas. In the recent years systematic efforts have been made by several research groups for using vegetable oils as fuel in engines. *Jatropha curcas* is such a plant which might be used as alternative fuel and since it is a non-edible vegetable oil it is not in direct competition with food supply.

■ *Jatropha curcas* ist ein Strauch oder Baum, der gegen die Dürre widerstandsfähig ist und zur Familie der Euphorbiaceae gehört [1;2] (**Abbildung 1**). *Jatropha* wurde ursprünglich in Südamerika angebaut und von den portugiesischen Seefahrern nach Südostasien, Indien und Afrika verbreitet [3]. Sie vermehrt sich durch Ableger und wird vorwiegend als Hecke verwendet, um angrenzende Felder vor grasenden Tieren zu schützen. Die Pflanze und deren Kerne sind für Tiere und Men-

Abb. 1



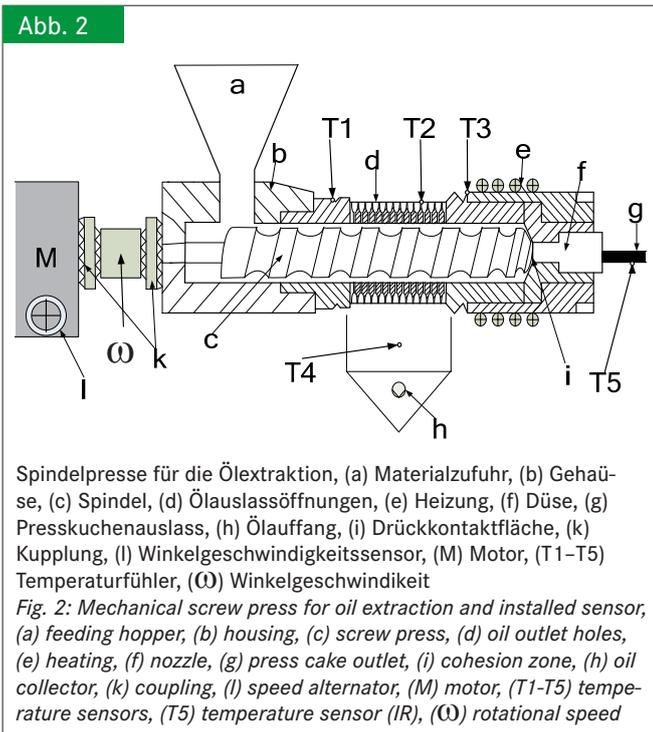
Jatropha curcas Früchte und Samen
Fig. 1: *Jatropha curcas* fruits and seeds

schen ungenießbar (toxisch); die Toxizität der Kerne ist auf die Inhaltsstoffe Curcin und Deterpine zurückzuführen [1;4].

Die Verbreitung von *Jatropha* zeigt, dass deren Einführung am erfolgreichsten in den trockenen Gegenden der Tropen ist. Sie wächst auf Böden mit guter Entwässerung und Luftdurchlässigkeit und ist für marginale Böden mit niedrigem Nährstoffgehalt geeignet [1]. *Jatropha* kann für vielfältige Zwecke verwendet werden, beispielsweise als Erosionsschutz, als Brennholz oder als natürlicher Zaun. Außerdem ist die Rinde tanninreich und produziert einen dunkelblauen Farbstoff. Die Blätter werden in der Seidenraupenzucht verwendet sowie zum Färben und in der Medizin als entzündungshemmendes Mittel. Die Kerne werden als Insektizid, in der Seifenproduktion und in der Lackindustrie eingesetzt. Presskuchen werden als Düngemittel, fester Brennstoff oder zur Erzeugung von Biogas verwendet. Nichttoxische Sorten oder entgiftete Expeller (Presskuchen) werden als Tierfutter verwendet [2;5]. Trotz der großen Verwendungsmöglichkeiten ist die Anwendung als Kraftstoff aus wirtschaftlichen sowie ökologischen Gesichtspunkten bei Weitem am interessantesten.

Vier grundlegende Methoden für die Gewinnung von pflanzlichen Ölen aus Kernen, Nüssen und Früchten sind bereits untersucht worden [6]:

Abb. 2



1. Nassverfahren, bei welchem das ölhaltige Material im Wasser gekocht und das Öl abgestrichen wird
2. Mechanische Korbpresse
3. Mechanische Spindelpresse
4. Lösungsmittel-Extraktion [6; 7]

Spindelpresse und Solvent-Extraktion sind die am häufigsten verwendeten Methoden für die kommerzielle Ölextraktion. Die Ausbeute beim Spindelpressverfahren beträgt 90-95%, während die Ausbeute bei der Solvent-Extraktion bis zu 99% beträgt [7; 8].

Technische Eigenschaften des Jatrophaöls

Das Potenzial von Jatrophaöl für die Herstellung von Biodiesel oder als direkte Beimischung zu Biodiesel ist in [2; 9; 10] untersucht worden. Der Heizwert und die Cetanzahl von Jatrophaöl sind ähnlich wie die von Diesel. Dichte und Viskosität sind jedoch wesentlich höher [11]. Bei kleineren Presseeinheiten gelangen während der Herstellung unerwünschte Rückstände von pflanzlichem Rohmaterial ins Rohöl. Diese Verunreinigungen können während der Verbrennung in Pflanzenölkochern und

Motoren zu Rückständen führen und dabei die Lebensdauer sowie die Instandhaltungsintervalle verringern.

Die Ziele der vorliegenden Untersuchung waren:

- die Optimierung des Ölpressverfahrens, um eine möglichst große Ölmenge gewinnen zu können,
- die Entwicklung eines Rohölsreinigungsverfahrens und
- die Standardisierung für die Verwendung des Jatrophaöls in Pflanzenölkochern.

Material und Methoden

Für diese Untersuchung wurden getrocknete Jatrophakerne aus Indien importiert. Die Kerne stammten aus Regionen mit einem jährlichen Niederschlag von 1000-1200 mm und einem Temperaturbereich von 15-35 °C. Die Jatrophaanlagen wurden vor 11 bis 12 Jahren angepflanzt und sind mit Erträgen in der Größenordnung von 7500 kg/ha im Vollertrag. Die Kerne wurden von November bis Dezember 2007 manuell geerntet und in Jutesäcke bei einer Temperatur von 14-30 °C gelagert. Die Jatrophakerne wurden mit einer Pressluft/Sieb-Trennungsvorrichtung gereinigt, bevor sie bei Umgebungstemperatur zwischengelagert wurden.

Die Experimente wurden mit einer Spindelpresse durchgeführt, Typ Komet D85-1G, mit einem maximalen Massenstrom von 25 kg/h. Die Spindelpresse wurde von einem elektrischen Motor (3,0 kW) angetrieben (**Abbildung 2**).

Die Spindelpresse wurde mit verschiedenen eingebauten Sensoren modifiziert, um Öldurchsatz, Temperatur und Drehzahl

Tab. 1

Abmessungen von Spindelpresse und Düse

Table 1: Screw press and nozzle size dimensions

Mechanical screw press	Size dimensions (mm)	Nozzle	Size dimensions (mm)
Length (a)	253	Length (a)	50
Choke between worm shaft (b)	16	Outlet diameter (b)	19
Worm shaft (c)	8	Nozzle diameter (c)	32
Choke ring (d)	41	Compression size (d)	12
Worm shaft diameter (e)	56	Nozzle wall (e)	9
Axial worm (f)	30		

Abb. 3



Abmessungen von Spindelpresse und Düse, vergleiche Tabelle 1

Fig. 3: Screw press and nozzle size dimensions, see table 1

zu messen. Die Temperatur wurde an 5 Stellen gemessen (T1 bis T5), siehe hierzu **Abbildung 2**. Die Öldurchsatz wurde gravimetrisch bestimmt. Die Spindeldrehzahl wurde mittels eines variablen Geschwindigkeitsreglers zwischen 0 und 600 min^{-1} eingestellt. Die Spindel- und Düsengröße wurden nicht geändert (**Abbildung 3** und **Tabelle 1**). Die Variation der Versuchsparameter ist in **Tabelle 2** dargestellt. Bei jedem Versuchsdurchgang wurden 10 kg Jatrophakerne verwendet. Der Presskuchen wurde mit dem Soxhlet-Verfahren gemäß der DGF-Methode analysiert [12]. Die kinematische Viskosität und Gesamtverschmutzung wurde nach DIN-Norm analysiert. Die Daten der Sensoren wurden kontinuierlich mit einem Datenlogger (HP-34970A) erfasst und mit der OriginLab-8 Software verarbeitet.

Ergebnisse

Eigenschaften des gewonnenen Jatrophoöls. **Tabelle 3** zeigt die Temperaturen während der Pressung an den 5 verschiedenen Positionen bei veränderter Spindeldrehzahl und Presszylinderöffnung. Die Spindelgeschwindigkeit in den Experimenten $P_{1,5 \omega_{230}}$ bis $P_{1,5 \omega_{365}}$ wurde von 220 min^{-1} auf 365 min^{-1} erhöht. Zu Beginn erhöhte sich die Temperatur mit zunehmender Spindeldrehzahl für beide Presszylinder (P_1 und $P_{1,5}$). Der Presszylinder mit der 1-mm-Bohrungen entwickelte aufgrund höherer Reibung mehr Wärme als derjenige mit den 1,5-mm-Bohrungen. Die Temperatur an der Ölaustrittsöffnung (T2) erhöhte sich mit zunehmender Spindeldrehzahl. Die höchste Temperatur wurde an der Druckzone der Spindelpresse gemessen (siehe hierzu auch **Abbildung 2**).

Einflüsse auf die Öltemperatur. Die Temperaturen stiegen mit zunehmenden Spindeldrehzahlen für die Experimente $P_{1,5 \omega_{230}}$, $P_{1,5 \omega_{295}}$ und $P_{1,5 \omega_{365}}$. Für die Experimente $P_1 \omega_{220}$, $P_1 \omega_{260}$ und $P_1 \omega_{365}$ zeigte sich am Anfang eine hohe Temperatur, gefolgt von einer Temperaturreduzierung. Die Öltemperatur (T4) am Ölauffang stieg bei Erhöhung der Spindeldrehzahl bei beiden Presszylindern (P_1 und $P_{1,5}$). Die höchsten gemessenen Temperaturen für die Experimente $P_{1,5 \omega_{295}}$ und $P_{1,5 \omega_{365}}$ waren $85,8 \text{ }^\circ\text{C}$ beziehungsweise $97,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Es wurde festgestellt, dass die Werte für die Standardabweichung der Öltemperaturen ziemlich hoch waren, die auf die Position eines Umgebungstemperatursensors zurückzuführen

Tab. 2

Variation der Versuchsparameter
Table 2: Variable test parameters

Nr.	Bezeichnung	Presszylinderbohrung (mm)	Spindeldrehzahl min^{-1}
1	$P_1 \omega_{220}$	1	220
2	$P_1 \omega_{260}$	1	260
3	$P_1 \omega_{365}$	1	365
4	$P_{1,5 \omega_{230}}$	1,5	230
5	$P_{1,5 \omega_{295}}$	1,5	295
6	$P_{1,5 \omega_{365}}$	1,5	365

ren war. Die höchsten gemessenen Presskuchentemperaturen (T5) für $P_1 \omega_{260}$ und $P_{1,5 \omega_{295}}$ waren $106,1 \text{ }^\circ\text{C}$ beziehungsweise $87,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Die größte Ölausbeute wurde bei dem Experiment $P_{1,5 \omega_{230}}$ mit $3,2 \text{ kg Öl}/10 \text{ kg Kerne}$ erreicht, siehe **Tabelle 4**. Mit zunehmender Spindeldrehzahl bei $P_{1,0 \omega_{230}}$ und $P_{1,0 \omega_{365}}$ reduzierte sich die benötigte Presszeit für $10 \text{ kg Jatrophakerne}$ von 156 auf 90 Minuten. Die Ölgewinnung wurde von $3,2 \text{ kg}/10 \text{ kg Kerne}$ auf $3,1 \text{ kg}/10 \text{ kg Kerne}$ reduziert und der Ölgehalt im Presskuchen ist von $7,85 \%$ auf $9,26 \%$ gestiegen. **Zeitbedarf, Viskosität und Schmutzpartikel.** Eine zunehmende Spindeldrehzahl ($P = 1,5 \text{ mm}$) von $\omega = 230 \text{ min}^{-1}$ auf $\omega = 365 \text{ min}^{-1}$ bedeutet, dass die benötigte Zeit, um 10 kg Kerne zu pressen, 147 min beziehungsweise 95 min beträgt. Andererseits nimmt die Ölausbeute ab und der Ölgehalt im Presskuchen nimmt von $7,96 \%$ auf $8,92 \%$ zu.

Die Ergebnisse zeigen, dass die kinematische Viskosität abnimmt, wenn die Spindeldrehzahl zunimmt. Die höchste kinematische Viskosität war bei den Experimenten $P_{1,5 \omega_{230}}$ ($84,20 \text{ mm}^2/\text{s}$) und die niedrigste bei den Experimenten $P_1 \omega_{365}$ ($42,2 \text{ mm}^2/\text{s}$) zu verzeichnen.

Größere Partikel im Öl führen zu Problemen bei der Verbrennung in Motoren und können darüber hinaus zur Verstopfung der Filter führen. Der höchste Wert der Gesamtverschmutzung wurde bei Experiment $P_1 \omega_{220}$ und der geringste bei Experiment $P_1 \omega_{365}$ ermittelt. Dies deutet daraufhin, dass die Gesamtverschmutzung im Rohöl verringert werden kann, wenn die verschiedenen Parameter der Spindelpresse verändert werden.

Tab. 3

Temperatur an unterschiedlichen Stellen der Spindelpresse
Table 3: Temperature behaviour at different points on the screw press

Bezeichnung	T1 Ausgangspunkt ($^\circ\text{C}$)	T2 Ölauslass ($^\circ\text{C}$)	T3 Druckzone ($^\circ\text{C}$)	T4 Ölauffang ($^\circ\text{C}$)	T5 Presskuchen ($^\circ\text{C}$)
$P_1 \omega_{220}$	$50,8 \pm 1,0$	$80,6 \pm 0,9$	$106,5 \pm 0,9$	$77,3 \pm 6,9$	$83,3 \pm 2,0$
$P_1 \omega_{260}$	$51,9 \pm 3,5$	$80,2 \pm 2,2$	$115,7 \pm 0,7$	$81,0 \pm 5,8$	$106,1 \pm 2,3$
$P_1 \omega_{365}$	$54,1 \pm 0,7$	$82,9 \pm 0,7$	$108,8 \pm 0,8$	$81,8 \pm 6,1$	$84,6 \pm 3,9$
$P_{1,5 \omega_{230}}$	$48,4 \pm 0,9$	$83,8 \pm 0,5$	$108,8 \pm 0,5$	$72,0 \pm 6,2$	$73,1 \pm 9,2$
$P_{1,5 \omega_{295}}$	$51,6 \pm 0,6$	$86,2 \pm 0,9$	$111,1 \pm 0,9$	$85,8 \pm 4,3$	$87,9 \pm 3,1$
$P_{1,5 \omega_{365}}$	$53,7 \pm 0,6$	$87,6 \pm 0,9$	$111,4 \pm 0,5$	$97,2 \pm 8,5$	$85,0 \pm 7,3$

Tab. 4

Ölpresse-Experiment für Jatrophaernte (9 % Feuchtigkeitsgehalt)

Table 4: Oil pressing experiment from jatropha seeds (9 % moisture content)

Bezeichnung	Zeit min	Ölausbeute kg	Presskuchen kg	Ölgehalt im Presskuchen %	Kinematische Viskosität mm ² /s 20 °C	Gesamtverschmutzung mg/kg
P_1 ω ₂₂₀	156	3,2	6,58	7,85	82,4 ±0,06	2999 ±5,2
P_1 ω ₂₆₀	130	3,1	6,66	7,95	47,8 ±0,10	411,6 ±4,0
P_1 ω ₃₆₅	90	3,1	6,56	9,26	42,2 ±0,00	401,6 ±1,5
P_1,5 ω ₂₃₀	147	3,2	6,56	7,96	84,2 ±0,10	540,0 ±2,0
P_1,5 ω ₂₉₅	115	3,2	6,52	8,33	47,9 ±0,10	655,3 ±12,0
P_1,5 ω ₃₆₅	95	3,2	6,58	8,92	42,8 ±0,00	1344 ±10,8

Zusammenfassung

Ölausbeute, Viskosität und Gesamtverschmutzung bei der mechanischen Extraktion von Jatrophaöl sind abhängig von der Spindeldrehzahl und der Geometrie des Presszylinders. Der Entscheidung über den Arbeitspunkt der Spindelpresse stellt einen Kompromiss zwischen Durchsatzleistung, Ölausbeute und Ölqualität dar. Basierend auf den Ergebnissen kann eine Pressezylinder-Bohrungen von 1 mm und eine Spindeldrehzahl von 260 min⁻¹ empfohlen werden. Weitere Untersuchungen werden durchgeführt, um die Ölqualität in Bezug auf die Verbrennung in Motoren und Pflanzenölkochern zu verbessern.

Literatur

- [1] Heller, J.: Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome 1996
- [2] Sirisomboon, P., P. Kitchaiya, T. Pholpho und W. Mahuttanyavanitch: Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels. *Biosystems Engineering* 97 (2007) H. 2, S. 201-207
- [3] Gübitz, G. M., M. Mittelbach und M. Trabi: Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology* 67 (1999) H. 1, S. 73-82
- [4] De Jongh, J., Rijssenbeek und T. W. Adriaans: *Jatropha Handbook*. (2006), S. 45
- [5] Openshaw, K.: A review of *Jatropha curcas*: An oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19 (2000) H. 1, S. 1-15
- [6] Bredeson, D. K.: Mechanical oil extraction. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society* 60 (1982) H. 2, S. 211-213
- [7] Beerens, P.: Screw-pressing of *Jatropha* seeds for fuelling purposes in less developed countries. Eindhoven University of Technology, 2007
- [8] Shahidi, F.: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products (A Primer on Oils Processing Technology)*. 6 ed: John Wiley & Sons 2005
- [9] Augustus, G. D. P. S., M. Jayabalan und G. J. Seiler: Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. *Biomass and Bioenergy* 23 (2002) H. 3, S. 161-164
- [10] Narayana, J. und A. Ramesh: Parametric studies for improving the performance of a *Jatropha* oil-fuelled compression ignition engine. *Renewable Energy* 31 (2006) H. 12, S. 1994-2016
- [11] Namasivayam, C., D. Sangeetha und R. Gunasekaran: Removal of anions, heavy metals, organics and dyes from water by adsorption onto a new activated carbon from *Jatropha* husk, an agro-industrial solid waste. *Process Safety and Environmental Protection* 85 (2007) H. 2 B, S. 181-184
- [12] DGF-Einheitsmethoden: Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen. Stand: 2 (2006)

Autor

M.Sc. Shkelqim Karaj 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: karaj@uni-hohenheim.de



Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas

www.ktbl.de „Kalkulationsdaten“

Der Biogasrechner ist eine Entscheidungshilfe zur Vorplanung von Biogasanlagen. Auf Basis der KTBL-Daten zu Substrateigenschaften und Biogasanlagen können Gasausbeute, Stromerzeugung und die Wirtschaftlichkeit der Anlagen individuell errechnet werden.




Kalkulationsdaten online abrufen und berechnen www.ktbl.de