

YEARBOOK

# Agricultural Engineering

Herausgeber/Editors:

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms, Dr. F. Meier

Band 19  
2007 VDMA Landtechnik  
VDI-MEG  
KTBL

JAHRBUCH Agrartechnik



# 17. Agrartechnik in den Tropen/Subtropen und in Transformationsländern Agricultural Engineering in Tropics/ Subtropics and in Transformation Countries

## 17.1 Agrartechnik in den Tropen und Subtropen Agricultural Engineering in Tropics/Subtropics

J. Müller, Stuttgart-Hohenheim und M. Gummert, Los Banos, Philippinen

Da in den Tropen und Subtropen neben dem Einsatz motorisierter Geräte immer noch die Handarbeit und die Tieranspannung weit verbreitet ist, weist auch die agrartechnische Forschung ein weites Spektrum an Entwicklungen auf. Oft werden an nationalen Forschungseinrichtungen Standardtechnologien aus Industrieländern mit einfachen Mitteln nachgebaut mit dem Ziel, die Kosten bei möglichst geringem Verlust an Effizienz zu senken [1; 2]. Andererseits beteiligen sich aber auch Industrienationen wie Japan an der Weiterentwicklung tiergezogener Geräte für den Einsatz in Entwicklungsländern [3; 4]. Neben dieser Entwicklung von Prototypen für die Pflanzenproduktion wurden jedoch auch Verfahren der Nacherntetechnologie und der Energietechnik weiterentwickelt, auf welche im Folgenden ausführlicher eingegangen werden soll.

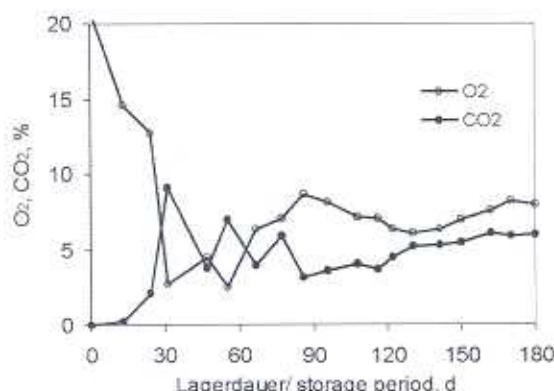
### Nacherntetechnologie

Reis stellt mit ca. 60% der weltweit genutzten Ackerfläche das wichtigste Grundnahrungsmittel dar. In den meisten tropischen Ländern wird Reis überwiegend in Kleinbetrieben für die Eigenversorgung und als Einkommensquelle zur Finanzierung der Betriebsmittel angebaut. Die Erzeugerpreise zeigen meist jahreszeitliche Zyklen mit Tiefstpreisen zu den Erntezeiten. Die Farmer sind deshalb bestrebt, die Reisernte zur Erzielung höherer Preise einzulagern. Quantitative und qualitative Verluste durch Nager, Insekten und mikrobiellen Verderb stellen jedoch ein erhebliches wirtschaftliches Risiko dar. Da der Einsatz von Insektiziden teuer, gefährlich und wenig umweltfreundlich ist, wird wieder vermehrt auf die luft-

Since manual labour and draught animal work are still common in the tropics and subtropics in addition to the use of motorized implements, agricultural engineering research also shows a wide range of developments. Often, standard technologies from industrialized countries are imitated using simple means at national research institutions. The goal is to reduce costs while keeping efficiency losses as low as possible [1; 2]. Moreover, industrialized nations, such as Japan, also participate in the improvement of implements drawn by animals for use in developing countries [3; 4]. In addition to the development of prototypes for plant production, however, methods of post-harvest technology and energy technology are being improved. These developments will be discussed in more detail below.

### Post-Harvest Technology

Rice is cultivated on approximately 60% of the agricultural areas used worldwide and is thus the most important kind of basic food. In most tropical countries, rice is mainly cultivated on small farms for subsistence and as a source of income for the financing of farm inputs. Generally, producer prices show seasonal cycles with the lowest prices at the time of the harvest. Therefore, farmers try to store the harvested rice in order to reach higher prices. However, quantitative and qualitative losses caused by rodents, insects, and microbial rotting are a significant economic risk. Since the use of insecticides is expensive, dangerous, and not very environmentally friendly, airtight storage is gaining in importance again. In several tropical countries, the Volcani Center (Bet



**Bild 1:** O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Konzentration im Kopfraum eines Lagerbehälters aus Ferrozement während der sechsmonatigen Lagerung von Reis [8].

**Figure 1:** O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in the headspace of a ferro-cement bin during six months' storage of rice [8].

dichte Lagerung zurückgegriffen. Das Volcani Center (Bet-Dagan, Israel) propagiert in mehreren tropischen Ländern den Einsatz von PVC-Planen, um aufgestapelte Reissäcke weitgehend luftdicht einzupacken [5 bis 7]. Durch die Atmung der Reiskörner sowie der eingeschlossenen Insekten wird der Sauerstoffgehalt abgesenkt und der Kohlendioxidgehalt steigt an, wodurch die Insekten abgetötet werden. In Bild 1 ist dieser Verlauf der Gaskonzentrationen für einen luftdichten Lagerbehälter aus Ferrozement dargestellt, welcher an der Wageningen University (Niederlande) entwickelt wurde.

Nach 30 Tagen Lagerdauer war der Sauerstoffgehalt unter 3% gesunken und somit zu gering für das weitere Überleben von Insekten. Entsprechend gering war der Masseverlust durch Insektenfraß von 0,16% im Vergleich zur Kontrolle mit 2,46% nach einer Lagerdauer von sechs Monaten [8; 9]. Der Ferrozementbehälter wird derzeit unter der Regie des National Engineering Research & Development Centre (Je-Ela, Sri Lanka) in mehreren Regionen Sri Lankas von lokalen Handwerkern gefertigt und auf bäuerlichen Kleinbetrieben eingesetzt (Bild 2). Durch den Preisanstieg nach halbjähriger Lagerung amortisiert sich die Investition nach 1 bis 2 Ernten.

Für den in Südostasien weit verbreiteten Transport und die Lagerung in Säcken wurde am International Rice Research Institute die hermetische Super Bag entwickelt [10]. Der Super Bag vereint die Vorteile der luftdichten Lagerung mit der Fle-

Dagan, Israel) promotes the use of PVC film for the largely air-tight storage of stacked rice bags [5 to 7]. The respiration of the rice grains and the enclosed insects reduces the oxygen content and increases the carbon dioxide content, which kills the insects. Figure 1 shows this course of gas concentration in an air-tight ferro-cement bin, which was developed at Wageningen University (Netherlands).

After 30 days of storage, the oxygen content fell below 3%, which is too little for insects to survive. Accordingly, mass losses due to insect feeding were small (0.16%) as compared with a reference batch (2.46%) after a storage period of 6 months [8; 9]. The ferro-cement bin is currently manufactured by local craftsmen in several regions of Sri Lanka under the direction of the National Engineering Research & Development Centre (Je-Ela, Sri Lanka) and used on small farms (figure 2). Due to the price increase after a 6-month storage period, the investment pays off after one to two harvests.

For transport and storage in bags, which is very common in South-East Asia, the hermetic Super



**Bild 2:** Luftdichter Lagerbehälter aus Ferrozement für Reis in Sri Lanka.

**Figure 2:** Air-tight ferro-cement bin for the storage of rice in Sri Lanka.

xibilität für den Einsatz von Säcken mit vier bis acht Monaten Lagerdauer während der Erntezeit [11]. Die Myanmarnesien

## Energ

In lateinamerika sind die Energiekosten für die Herstellung von Holz bei unterschiedlichen Preisen sind bei der Verarbeitung der Holzstücke zentralisiert gefähersterbe Folgen durch



**Bild 3:** Koche...  
**Figure 3:** Leyte

xibilität der Lagerung in Säcken und ist vor allem für den kleinbäuerlichen Einsatz zur Lagerung von Saatgut geeignet. In Versuchen in Vietnam mit vier verschiedenen Reissorten wurde nach acht Monaten Lagerung in den Super Bags eine durchschnittliche Keimrate von 96% erzielt, während die Keimrate in der traditionellen Lagerung auf durchschnittlich 43% abgesunken war [11]. Die Super Bag wird derzeit von Farmern in Myanmar, Laos, Vietnam, Kambodscha und Indonesien erprobt.

### Energietechnik

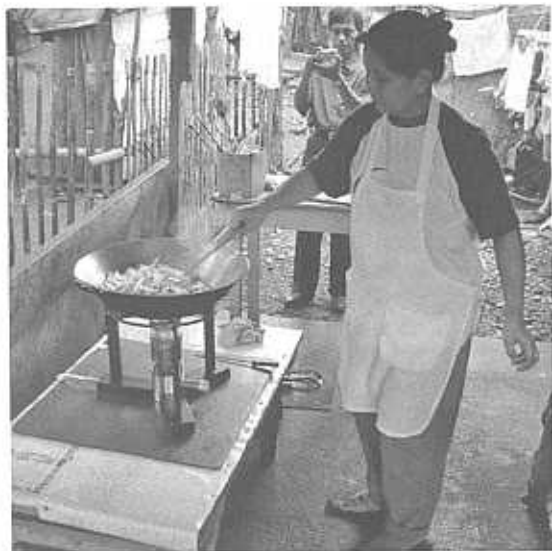
In ländlichen Regionen der Tropen und Subtropen stellt Holz nach wie vor die wichtigste Energiequelle dar. Der stetig steigende Holzverbrauch der Haushalte trägt maßgeblich zur Entwaldung bei und verursacht somit gravierende ökologische und sozioökonomische Probleme. Derzeit sind bereits mehr als eine Milliarde Menschen von der Verknappung von Feuerholz betroffen [12]. Darüber hinaus stellen die Rauchgase der ineffizienten Feuerstellen eine ernsthafte Gesundheitsgefährdung dar. Nach Schätzungen der WHO sterben jährlich 1,6 Millionen Menschen an den Folgen von Atemwegserkrankungen, verursacht durch die Emissionen offener Feuerstellen. Da der

Bag was developed at the International Rice Research Institute [10]. The Super Bag combines the advantages of air-tight storage with the flexibility of storage in bags and is primarily suitable for seed storage on small farms. During trials with four different rice varieties in Vietnam, an average germination rate of 96% was reached after 8 months of storage in Super Bags, whereas the germination rate in traditional storage had dropped to an average of 43% [11]. The Super Bag is currently being tested by farmers in Myanmar, Laos, Vietnam, and Cambodia, and Indonesia.

### Energy Engineering

In rural regions of the tropics and subtropics, wood is still the most important source of energy. The constantly growing wood consumption of the households is one of the main reasons for deforestation and thus causes grave ecological and socio-economic problems. Currently, more than one billion people are already affected by an increasing scarcity of fire wood [12]. In addition, the smoke gas from inefficient fire places poses a serious danger to health. According to WHO estimates, 1.6 million people die each year as a consequence of diseases of the respiratory tract caused by the emissions of open fire places. Since the use of petroleum or gas instead of wood is too expensive, locally produced vegetable oils, such as palm- or coconut oil, are an interesting alternative. Conventional petroleum stoves, however, cannot be used due to the higher viscosity and the higher flash point of vegetable oils. Therefore, a special stove was developed at Hohenheim University which allows vegetable oils to be used without special previous treatment [13]. This vegetable oil stove emits 370 times fewer hydrocarbons than an open wood fire [14]. Research is currently focusing on the reduction of clogging, which is caused by the sedimentation of combustion products. The stove is meanwhile produced locally on the Philippines by the company BSH Bosch and Siemens Hausgeräte GmbH and sold under the brand name "Protos". Figure 3 shows a Protos stove in use in a traditional cook shop on the island of Leyte (Philippines).

In tropical countries, the drying of the harvested rice also requires a lot of energy. The use of high-yielding varieties enabled the vegetation period to be shortened, which allowed the number of harvests to be increased to 2 to 2.5 per year.



*Bild 3: Einsatz eines mit Pflanzenöl betriebenen Kochers in einer Garküche auf Leyte (Philippinen).*

*Figure 3: Plant oil stove in a traditional cookshop on Leyte (Philippines).*

Einsatz von Petroleum oder Gas anstelle von Holz zu teuer ist, stellt die Verwendung von lokal erzeugten Pflanzenölen, wie beispielsweise Palm- oder Kokosöl, eine interessante Alternative dar. Allerdings können herkömmlich Petroleumkocher aufgrund der höheren Viskosität und des höheren Flammpunktes von Pflanzenölen nicht eingesetzt werden. An der Universität Hohenheim wurde deshalb ein spezieller Kocher entwickelt, in welchem Pflanzenöle ohne besondere Vorbehandlung verwendet werden können [13]. Die Emission des Pflanzenölkochers an Kohlenwasserstoffen ist 370 mal geringer als die eines offenen Holzfeuers [14]. Die Forschung konzentriert sich derzeit auf die Verringerung der Verstopfungsneigung, welche auf der Ablagerungen von Verbrennungsprodukten beruht. Der Kocher wird inzwischen auf den Philippinen durch die Firma BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH lokal produziert und unter dem Markennamen „Protos“ vertrieben. Bild 3 zeigt einen Protos-Kocher im Einsatz in einer traditionellen Garküche auf der Insel Leyte (Philippinen).

Ein weiterer, großer Energiebedarf besteht in tropischen Ländern zur Trocknung der Reisernte. Durch den Einsatz von Hohertragsorten konnte die Vegetationsdauer verkürzt werden, wodurch die Anzahl von Ernten auf 2 bis 2,5 pro Jahr gesteigert werden konnte. Allerdings fallen Ernten jetzt auch in regenreiche Perioden, welche keine Sontrentrocknung erlauben. Der Einsatz von Wärmelufttrocknungsanlagen ist unumgänglich und somit ein Energieeinsatz von 10 bis 15 l Kerosin pro t Reis. Hier liegt es nahe, die Reisspelzen als Brennstoff zu nutzen, welche bei der Aufbereitung von Reis anfallen. In einer Zusammenarbeit mit der Nong Lam University (Ho Chi Minh City, Vietnam) und dem IRRI (Los Banos, Philippinen) wurde ein an der Universität Hohenheim entwickeltes Konzept der Reisspelzenverbrennung [15] in einer Belüftungstrocknungsanlage realisiert, das im Vergleich zu herkömmlichen manuell befüllten Reisspelzenöfen über eine automatische Spelzenzufuhr und Entaschung verfügt. Ein zeitgesteuerter Kolben führt der Brennkammer eine genau definierte Spelzenmenge zu, wodurch eine optimale Verbrennung mit hohem Wirkungsgrad erreicht wird (Bild 4).

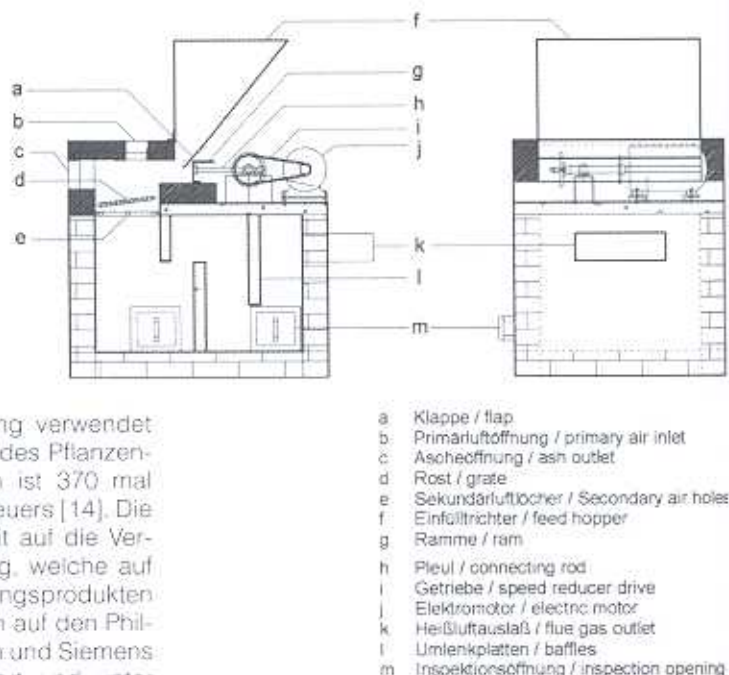


Bild 4: Automatischer Reisspelzenofen [16]

Figure 4: Automatic down-draft rice husk furnace [16].

However, the rice harvest now also takes place during rainy periods, which are not suitable for sun drying. This means that hot air dryers are required, which need energy in the form of 10 to 15 litres of kerosene per tonne of rice. Here, the use of rice hulls, which are a by-product of rice processing, as fuel suggests itself. In cooperation with Nong Lam University (Ho Chi Minh City, Vietnam) and the IRRI (Los Banos, Philippines), a concept of rice hull combustion in a ventilation dryer developed at Hohenheim University [15] was realized, which in contrast to conventional rice hull furnaces features automatic hull feeding and ash discharge. A time-controlled piston feeds a precisely defined quantity of hulls into the combustion chamber, which provides optimal combustion at a high degree of efficiency (figure 4).

As compared with conventional furnaces, which require the hulls to be fed manually into the combustion chamber every five minutes, the new furnace is filled only every 60 minutes. A modified furnace which consumes 25 kg of hulls per hour at an efficiency of 65% is currently being tested for hot-air dryers having a capacity of 4 t in a commercial rice mill and in cooperatives in Vietnam.

Im Vergleich zu herkömmlichen Öfen bei denen die Spelzen alle 5 Minuten manuell der Brennkammer zugeführt werden müssen, wird der neue Ofen nur alle 60 Minuten befüllt. Ein modifizierter Ofen mit 25 kg/h Spelzenverbrauch bei einem Wirkungsgrad von 65 % wird derzeit für Heißluftsatzstockner mit einer Kapazität von 4 t in einer kommerziellen Reismühle und bei Kooperativen in Vietnam erprobt.

#### Literatur / Bibliography

- [1] Gupta, R. A., Mohnot, P., Satasiya, R. M. und R. B. Marvia: Development and testing of a seed-cum-fertilizer drilling attachment to tractor-driven cultivator. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 35 (2004) H. 2, S. 15-20.
- [2] Roy, K. C., Wobah, M. A. und A. D. M. Gulam Mustafa: Design and development of a low-cost potato grader. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 36 (2005) H. 2, S. 28-31.
- [3] Tsujimoto, T., Sakurai, H., Hashiguchi, K. und E. Inoue: Study on the development of agricultural machines for small-scale farmers, Part 2 (applied technology to the improvement of an animal-drawn plow for Morocco and Africa). *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 36 (2005) H. 2, S. 14-20.
- [4] Tsujimoto, T., Sakurai, H., Hashiguchi, K. und E. Inoue: Study on the development of agricultural machines for small-scale farmers, Part 1 (applied technology for Morocco and Africa). *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 36 (2005) H. 1, S. 79-84.
- [5] Donahaye, E. J., Navarro, S., Sabio, G., Rindner, M., Azrak, A. und R. Dias: Reflective covers to preserve condensation in sealed storages in the tropics. In: *International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*, 29.10.-3.11.2000, Fresno (CA), S. 227-230.
- [6] Donahaye, E. J., Navarro, S., Ziv, A., Blauschild, Y. und D. Weerasinghe: Storage of paddy in hermetically sealed plastic liners in Sri Lanka. *Tropical Science* 31 (1991) S. 109-121.
- [7] Varnava, A., Navarro, S. und E. J. Donahaye: Long term hermetic storage of barley in PVC-covered concrete platforms under Mediterranean conditions. *Postharvest Biology and Technology* 6 (1995) S. 177-185.
- [8] Adhikarinayake, T. B., Palipane, K. B. und J. Müller: Quality change and mass loss of paddy during airtight storage in a ferro-cement bin in Sri Lanka. *Journal of Stored Products Research* 42 (2006) H. 3, S. 377-393.
- [9] Adhikarinayake, T. B., Müller, J., Oostdam, J., Huisman, W. und P. Richards: Systematic design of an airtight paddy storage system for small-scale farmers in Sri Lanka applying the Kroonenberg-Method. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* (2007) (im Druck).
- [10] Rickman, J. F. und M. Gummert: *Grain Storage: The IRRI Super Bag*. Rice Knowledge Bank, International Rice Research Institute, Manila (Philippines). [http://www.knowledgebank.iri.org/factsheets/HowToGrowRice/Post-Harvest\\_Management/The\\_IRRI\\_Super\\_Bag1.html](http://www.knowledgebank.iri.org/factsheets/HowToGrowRice/Post-Harvest_Management/The_IRRI_Super_Bag1.html) Zugriff: September 27, 2006.
- [11] Diop, C. B., Phan, V. L., Nguyen, T. D., Gummert, M. und J. F. Rickman: Effect of hermetic storage in the Super Bag on seed quality and on milled rice quality of different varieties in Bac Lieu, Vietnam. In: *2nd International Rice Congress*, October 9-13, 2006, New Delhi (India).
- [12] Stumpf, E. und W. Mühlbauer: Food security due to sustainable fuel supply: Utilization of plant oils as cooking fuel in tropical and subtropical countries. In: *Tagungsband der 34. Hohenheimer Umwelttagung: „Globale Klimaerwärmung und Ernährungssicherung“*, 25.01.2002, Stuttgart (Germany), S. 87-96.
- [13] Stumpf, E., Mühlbauer, W., Schießl, R. und U. Maas: Development and systematic optimisation of a small scale plant oil burner. In: *Tagungsband des 4. Aachener Kolloquiums "Heizwärme aus Ölverbrennung"*, Aachen (Germany), S. 185-192.
- [14] Mühlbauer, W. und E. Stumpf: Plant oil cooking stove for developing countries. In: Hutter, C.-P., Göltenboth, F. und M. Hanssler (Hrsg): *Paths to sustainable development - new experiences in the Philippines*. Euronature Edition Vol. 1. Stuttgart (Germany): S. Hirzel Verlag, 2003, S. 35-42.
- [15] Braunbeck, C. M. und W. Mühlbauer: Development and optimization of a rice husk furnace. In: *Tagungsband des Tropentages 1997 Technischer Fortschritt im Spannungsfeld von Ernährungssicherung und Ressourcenschutz*, 11.-12.12.1997, Stuttgart, Universität Hohenheim (Germany), S. 1-6.
- [16] Gummert, M., Chandrasekar, V., Phan, H. H., Nguyen, T. N., Le, V. B., Aquino, E. und J. F. Rickman: Adaptation of an automatic downdraft rice husk furnace for use with commercial paddy dryers. In: *4th Asia Pacific Drying Conference*, December 13-15, 2005, Kolkata (India).