

# Energiegewinnung für die Landwirtschaft im Rahmen angepaßter Technologien

**Production of energy for agriculture within the framework  
of adapted technology**

Von Hans Walter\*)

## **1. Zentralproblem der Entwicklung ist Energiemangel**

Die Entwicklung der Erdölpreise in den letzten Jahren hat mit einem Schlage deutlich gemacht, in welchem Ausmaß alle Länder – die Industriestaaten und in noch größerem Umfang die Entwicklungsländer – von energieliefernden Rohstoffen abhängig sind. Die überragende Bedeutung von Energieträgern für die Wirtschaft und darüber hinaus für das Leben ist offenbar geworden. Die Industriestaaten kämpfen um die Erhaltung ihres Lebensstandards, die Entwicklungsländer fürchten um die Weiterentwicklung ihrer Volkswirtschaften. Die Energiefrage ist zu einem zentralen Problem allen Wirtschaftens geworden.

In dem Energiedefizit der Entwicklungsländer liegt heute ein Zentralproblem landwirtschaftlicher Entwicklung überhaupt. Alle Maßnahmen, die zur Einschleusung von mechanischer oder elektrischer Fremdenergie in den landwirtschaftlichen Betrieb in Form von Traktoren, Motoren und Elektrizität mit ihren Arbeitsmaschinen beitragen, werden zu einer intensiveren Nutzung des Landes, zu höheren Erträgen, zur Kultivierung des Ödlandes und zu mehr Nahrung führen.

Abbildung 1 zeigt das Ergebnis einer Untersuchung seitens der FAO, in welcher die Beziehung zwischen Energieaufwand und Hektarertrag dargestellt ist.

---

\*) Prof. Dr. Hans Walter, Hochschullehrer für Landtechnik und Technologie an der Gesamthochschule Kassel, Organisationseinheit Internationale Agrarwirtschaft, Witzenhausen.

**Anschrift:** D 343 Witzenhausen, Heiligenstädter Weg 9

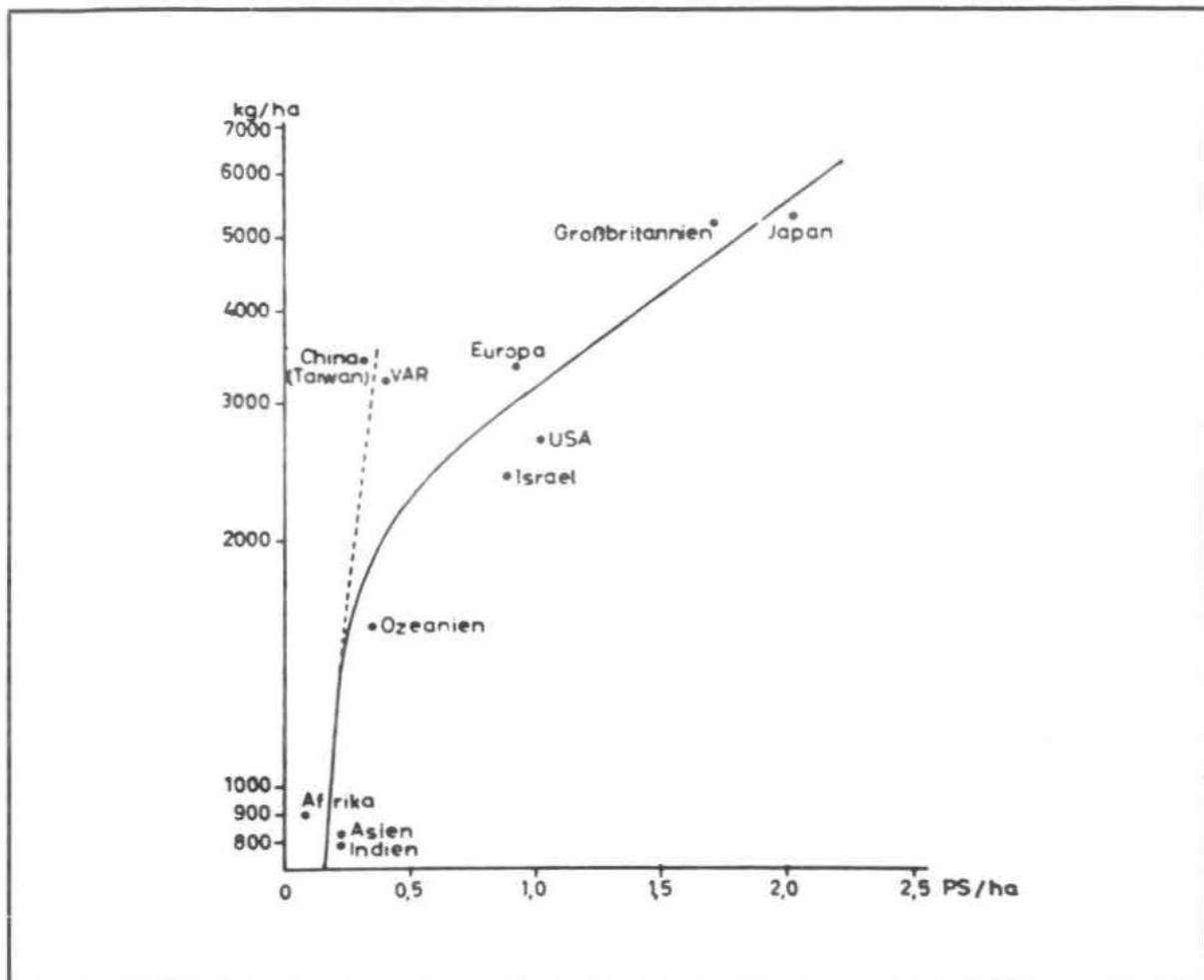


Abb. 1: Motorische und menschliche Gesamtleistung je Hektar im Verhältnis zu den durchschnittlichen Hektarerträgen der Hauptnahrungsfrüchte Getreide, Körnerleguminosen, Ölsaaten, Kartoffeln, Kassaava, Zwiebeln, Tomaten (10).

Nicht der Bau großer Kraftwerke allein wird in Zukunft das Bild der Energieerzeugung bestimmen, sondern ebenso auch die Errichtung solcher Kleinanlagen, die sich an den Möglichkeiten einer Region orientieren. In diesem Zusammenhang werden altbekannte und teilweise auch als veraltet angesehene Verfahren zur Energieerzeugung wieder interessant: z. B. die Windturbine oder der Windmotor zur Ausnutzung der kostenlosen Windenergie, Wasserräder oder Kleinkraftwerke, ausgestattet mit einer Wasserturbine zur Nutzung von kleineren örtlich vorkommenden Wassergefällen, und die Dampfmaschine. Sie bedürfen im Rahmen angepaßter Technologien unter den geschilderten Gesichtspunkten einer neuen Bewertung.

In diesen Darlegungen soll deshalb auf die Windturbine und auf kleine Wasserkraftwerke als Energieerzeuger sowie auf Generatorgas und Pflanzenöle als Energieträger hingewiesen werden.

## 2. Die Windturbine oder der Windmotor

Die bewegte Luft – der Wind – stellt eine unerschöpflich große Energiequelle dar, die auszunutzen Jahrtausende hindurch das Ziel vieler technischer Bemühungen war. Aber nur ein kleiner Teil der Windenergie kann nutzbar gemacht werden, da Windkraftanlagen nur den alleruntersten Teil der Lufthülle verwerten.

Der Vorteil des Windrades besteht in der Ausnutzung der kostenlos zur Verfügung stehenden Windenergie. Der damit verbundene Nachteil, daß Windenergie häufig nicht in ausreichender Stärke und Regelmäßigkeit zur Verfügung steht, muß bei der Planung von Anlagen im Zusammenhang mit der zu erwartenden Leistung berücksichtigt werden.

Folgende Windgeschwindigkeiten  $v$  gelten etwa für den Betrieb von Windkraftanlagen:  $v = 2,0\text{--}2,5$  m/s sind notwendig zum Anlaufen der Anlage, die maximal verwertbare Windgeschwindigkeit liegt bei  $v = 8\text{--}10$  m/s, und die Nennleistung der Windturbine sollte bei etwa  $v = 5\text{--}6$  m/s erreicht sein. Da die Turbinenleistung mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit schwankt, kommt es für den wirtschaftlichen Betrieb einer Turbine auf die vorhandene mittlere Geschwindigkeit an.

Die Häufigkeit des nutzbaren Windes ist bei uns nicht groß und beträgt im Durchschnitt etwa 20% oder knapp 2000 Stunden/Jahr. Dieser Grund hat in Europa zu einem starken Rückgang von Windkraftanlagen geführt.

In Küstennähe und auf Bergen sind die Verhältnisse günstiger. Witte (12) teilt mit, daß in den Tropen die Windverhältnisse infolge der regelmäßigen Passate und Monsune hinsichtlich Häufigkeit und Regelmäßigkeit weit besser sind. So berichtete er für Ostafrika über mittlere Windgeschwindigkeiten in Bodennähe von 4,5 bis 5 m/s, was als sehr gut zu bezeichnen ist.

Die Leistung einer Windkraftanlage kann überschlägig nach der Gleichung:

$$P = \frac{D^2 \cdot \pi/4 \cdot v^3}{4000} \quad (\text{KW})$$

berechnet werden. Es bedeuten:  $P$  = Leistung in KW,  $D$  = Flügeldurchmesser in m,  $v$  = Windgeschwindigkeit in m/s. Beträgt z. B. der Flügeldurchmesser  $D = 10$  m und die Windgeschwindigkeit  $v = 5$  m/s, ist eine Leistung zu erwarten von

$$P = \frac{10^2 \cdot 3,14/4 \cdot 5^3}{4000} = 2,5 \text{ KW.}$$

Aus der Gleichung ist zu entnehmen, daß die Leistung sich proportional zum Quadrat des Flügeldurchmessers und in dritter Potenz mit der Windgeschwindigkeit ändert. Doppelte Windgeschwindigkeit hat eine Leistungssteigerung um das Achtfache zur Folge und umgekehrt. Es besteht also eine starke Abhängigkeit der Leistung von der Windgeschwindigkeit, und Leistungsangaben haben nur Sinn, wenn gleichzeitig die Windgeschwindigkeit genannt wird. Trotz den genannten Nachteilen können Windkraft-

anlagen heute mehr denn je ihren Sinn haben, wo in entfernten Verkehrslagen kein Stromanschluß vorhanden ist oder zu wenig Reserveenergie bereitsteht. Die angeschlossenen Arbeitsmaschinen müssen nur darauf abgestimmt sein, daß Drehzahl und Leistungsschwankungen nicht wesentlich für den Betrieb sind und das Arbeiten auf Vorrat möglich ist. Hierzu bieten sich aufgrund langer Erfahrungen besonders der Antrieb von Wasserpumpen, Wasserschnecken, Wasserhebern und der Betrieb von speziell für Windantrieb geeigneten Generatoren an, die Batterien aufladen.

Über technische Fragen der Bauweise und Auswahl von Windturbinen mit den zugehörigen Arbeitsmaschinen soll in einem folgenden Beitrag berichtet werden.

### 3. Wasserräder und Wasserturbinen für Kleinkraftwerke

Örtlich vorkommende kleinere Wasserläufe mit mehr oder weniger großem Gefälle können im Rahmen angepaßter Technologien mit Vorteil zur Energiegewinnung herangezogen werden. Zur Verfügung stehen hierfür Wasserräder und Wasserturbinen verschiedener Bauart.

Die einfachste Wasserkraftmaschine ist das Wasserrad, das je nach dem vorhandenen Gefälle in verschiedenen Bauweisen verwendet wird. Man unterscheidet das „oberschlächlige“ Wasserrad für Nutzgefälle über 2,5 m, das „mittelschlächlige“ für Gefälle von 1,5–2,5 m und das „unterschlächlige“ Wasserrad für kleinere Gefälle.

Beim oberschlächtigen Wasserrad tritt das Wasser am oberen Scheitel des Rades ein, füllt die Zellen auf und sinkt mit der Drehbewegung des Rades nach unten. Die Arbeitsleistung erfolgt fast ausschließlich durch das Wassergewicht. Die Stoßkraft des Wassers kommt nur gering zur Wirkung. Mit einem im Zulauf befindlichen verstellbaren Holzschieber (Spannschütz) wird der Wasserzulauf und damit die Leistung des Rades geregelt.

Die Leistung P dieses Wasserrades sowie die von Turbinen ist proportional der zufließenden Wassermenge Q, dem Durchmesser des Rades bzw. der Gefällhöhe H und dem Wirkungsgrad  $\eta$  der Kraftmaschine. Wird Q in  $\text{kp}$  je Sekunde, die Gefällhöhe H in Meter angegeben, so ergibt sich die Leistung in PS, indem das Produkt durch 75 dividiert wird:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \eta}{75} \quad [\text{PS}]$$

Kann ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 0,75 angenommen werden, vereinfacht sich die Gleichung zu folgender Faustformel:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot 0,75}{75} = \frac{Q \cdot H}{100} = [\text{PS}]$$

Haben also Wassermengen einen Zulauf von 50 l/s ergeben und läßt sich ein Wasserfall von 6 Meter Höhe bei einem Wirkungsgrad von 0,75 nutzen, so wäre mit einer Leistung von

$$P = \frac{50 \cdot 6}{100} = \frac{300}{100} = 3,0 \text{ PS}$$

zu rechnen.

Beim mittelschlächtigen oder rükkenschlächtigen Wasserrad wirkt das Wasser sowohl durch sein Gewicht als auch durch seine Strömung; es wird etwa in halber Höhe dem Rad zugeführt. Bei beiden genannten Rädern kann ein Wirkungsgrad von maximal etwa 70% erreicht werden.

Das unterschlächtige Wasserrad nutzt die Bewegungsenergie des strömenden Wassers aus, indem die sinnvoll gekrümmten Schaufeln am unteren Scheitel des Rades in den Wasserstrom eintauchen und von ihm mitgenommen werden. Die Strömung wirkt also als Druckkraft.

Wasserräder kommen dann in Frage, wenn geringe Kosten, Unempfindlichkeit gegenüber verschmutztem Wasser und einfache Bedienungsweise vorangestellt werden und der Nachteil der niedrigen Drehzahl und geringen Leistung (max. etwa 10 PS) in Kauf genommen werden kann.

In allen anderen Fällen kommen heute Wasserturbinen in Frage, die sich von Wasserrädern dadurch unterscheiden, daß bei ihnen das Wasser nicht durch sein Gewicht auf die Schaufeln wirkt. Das Arbeitsvermögen wird durch Geschwindigkeits- und Richtungsänderung übertragen. Sie haben gegenüber Wasserrädern wegen der geringen Stoß- und Wirbelverluste den Vorteil eines erheblich höheren Wirkungsgrades, ferner den der selbsttätigen automatischen Regelung. Ihre Drehzahl ist gleichmäßig und höher, so daß eine direkte Kupplung mit einem elektrischen Generator möglich ist. Gebaut werden Turbinen sowohl für Kleinkraftwerke mit niedriger Leistung zur Ausnutzung kleinerer Wasserläufe als auch für sehr große Wassermengen und Leistungen mit Gefällen von mehreren hundert Metern.

Für Kleinkraftwerke kommen im wesentlichen drei Turbinentypen in Frage: die Durchström-Turbine für Leistungen von 10 bis 1000 PS, die Freistrah- oder die Peltonturbine, die besonders für kleinere Wassermengen mit hohem Gefälle geeignet ist, und die Francisturbine für größere Wassermengen mit kleiner Gefällhöhe.

In der Regel werden Turbinen direkt mit Generatoren gekoppelt, die hinsichtlich Drehzahl und Leistung entsprechend ausgelegt sind. Seltener kommen andere Arbeitsmaschinen wegen der Schwierigkeiten des Antriebs in Frage. Eine bekannte Ausnahme bildet der sogenannte „Gefälleumformer“, der eine Verbindung von Turbine mit Wasserpumpe darstellt. Bei diesem Aggregat verarbeitet die Turbine einen kleinen Wasserstrom mit großem Gefälle, während die Pumpe einen großen Wasserstrom auf kleine Höhe bringt.

Für Turbinen gelten selbstverständlich dieselben Leistungsformeln wie für Wasserräder, doch stellt man sie wegen des wesentlich günstigeren Wirkungsgrades (über 80%) um. Für einen Wirkungsgrad von 81,6% ergibt sich dann folgende Faustformel, wenn die Wassermenge Q in Kubikmeter je Sekunde angegeben und die Leistung in kW errechnet wird:

$$P = \frac{1000 \cdot Q \cdot H \cdot 0,816}{100} = 8 \cdot Q \cdot H \text{ [kW]}$$

Steht z. B. eine Wassermenge von  $Q = 250 \text{ l/s}$  bei einer Gefällhöhe von  $H = 20 \text{ m}$  zur Verfügung, ergibt sich für eine Turbine folgende Leistung:

$$P = 8 \cdot 0,25 \cdot 20 = 40 \text{ kW}$$

Turbinen stehen heute für Kleinkraftwerke in jeder gewünschten Größe, einschließlich den zugehörigen Generatoren, zur Verfügung. Über technische Einzelheiten der Arbeitsweise sowie der Anlage von Kleinkraftwerken soll in einem späteren Beitrag berichtet werden.

#### **4. Altbekannte Kraftstoffe gewinnen neue Bedeutung**

Auf zwei Verfahren zur Kraftstoffgewinnung und Nutzung, die zwischen den Weltkriegen entwickelt wurden und zur Verbesserung der schwierigen Betriebsstofflage in den Ländern der Dritten Welt beitragen, soll in diesem Zusammenhang hingewiesen werden. Es sind dies:

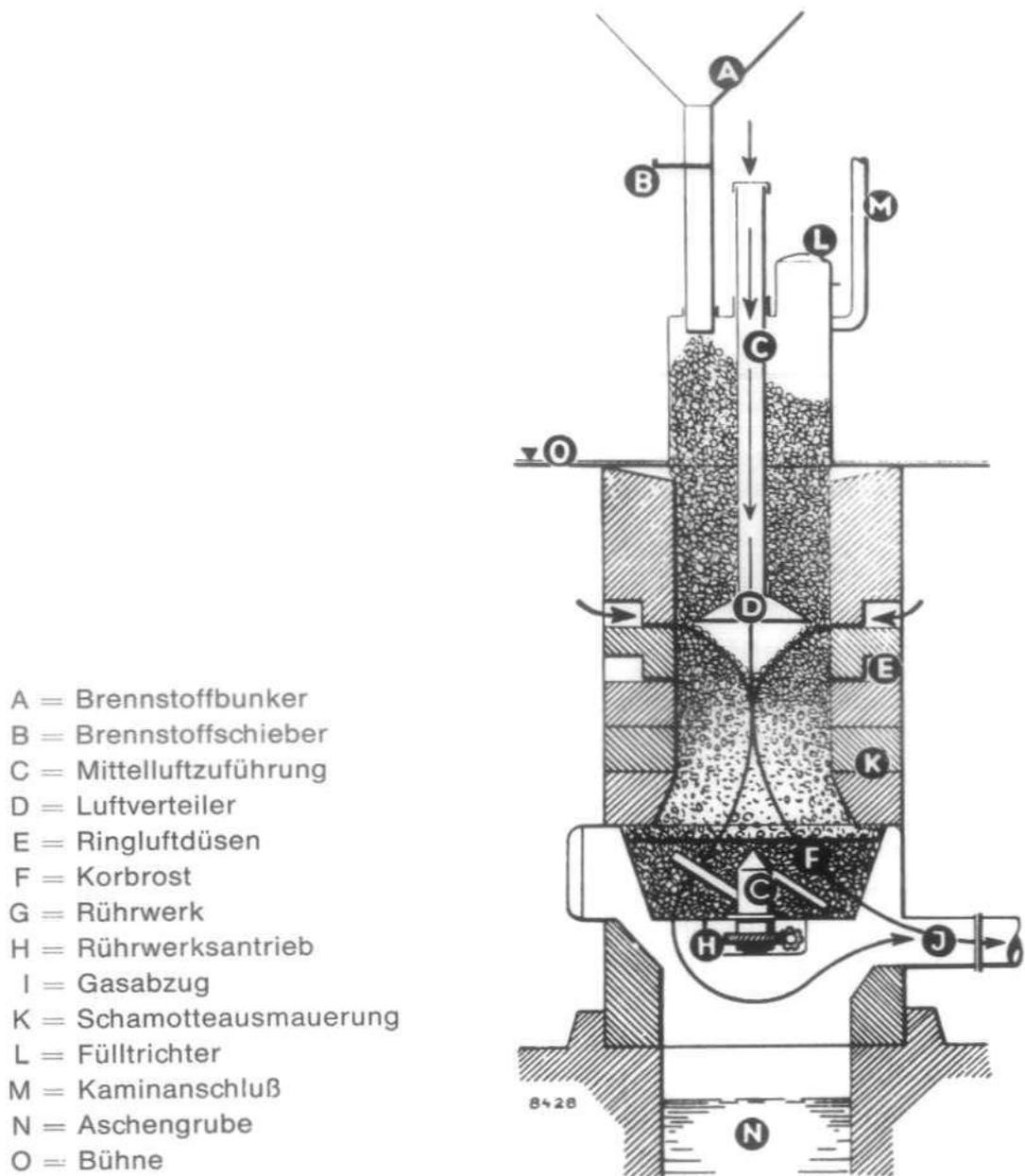
- 4.1 Generatoren zur Vergasung pflanzlicher Stoffe, wie Holz, Holzkohle, Sägespäne, Kokosschalen, Kaffeehornschalen, Baumwoll-, Reis-, Erdnuß-, Palmkernschalen, Bagasse usw.), deren Gas dem Motor als Betriebsstoff zugeführt wird. Der Motor wird dann mit dem Betriebsstoff Gas zum Gasmotor.
- 4.2 Vorrichtungen zur Verwendung von Pflanzenölen als Kraftstoff für den Diesel- und Glühkopfmotor, wie z. B. Palmöl, Rizinusöl, Sesamöl, Erdnußöl usw.

Das bei der Vergasung im Generator gewonnene Generatorgas besteht aus Kohlenmonoxyd und Wasserstoff. Dazu kommt noch etwas Methan. Man rechnet, daß etwa 2,5 kg Holz 1 Liter Benzin im praktischen Betrieb ersetzen. Diese Anlagen wurden vor allem von den Firmen Deutz, Hiag und Imbert gebaut und sind zahlreich in den verschiedensten Ausführungen in der Dritten Welt installiert worden. Sie fanden Verwendung für Schlepper und stationäre Kraftanlagen, z. B. für die Sisal- oder Kaffeeaufbereitung und für Kraftfahrzeuge. Auch die französische, belgische und englische Heeresverwaltung verwendete damals weitgehend gasgetriebene Fahrzeuge in den damaligen Kolonien. In den Waldgebieten der Sowjetunion sollen noch heute gasgetriebene Fahrzeuge in Betrieb sein.

Die Versuche, Pflanzenöle als Treibstoff zu verwenden, gehen in die zwanziger Jahre zurück und wurden Anfang der dreißiger Jahre abgeschlossen. Die Versuche wurden u. a. durchgeführt mit Sojaöl, Erdnußöl, Sesamöl und Palmöl. Auffallend war bei allen Pflanzenölen, daß der Lauf des Motors wesentlich weicher und ruhiger war als bei Gasölbetrieb. Da Pflanzenöle einen etwa 15% geringeren Energieinhalt haben, ist der Verbrauch entsprechend höher.

Zu erwähnen wäre noch, daß Pflanzenöle zweiter und dritter Qualität als Kraftstoffe ausreichend sind, wodurch die Wirtschaftlichkeit noch erhöht wird.

Abb. 2: Generator für Kaffeehornschalen (9)



Gleichzeitig konnte damals mit der Möglichkeit, transportfreie Betriebsstoffe zu verwenden, das entscheidend wichtige Transportproblem bei der Erschließung weiträumiger Länder verbessert werden.

In der gegenwärtigen Energiesituation erscheint es sinnvoll, sich dieser Möglichkeiten zu entsinnen, um sich ihrer bedienen zu können.

## 5. Zusammenfassung

Im Energiedefizit der Entwicklungsländer liegt heute ein Zentralproblem landwirtschaftlicher Entwicklung. Es fehlt an menschlicher, tierischer und mechanischer Energie und an Energieträgern zur Reproduktion der Energie. Alle Maßnahmen, die zur Einschleusung mechanischer oder elektrischer Fremdenergie in den landwirtschaftlichen Betrieb in Form von Traktoren, Motoren und Elektrizität mit ihren Arbeitsmaschinen beitragen, werden zu höheren Erträgen und mehr Nahrung führen.

Nicht allein der Bau großer Kraftwerke wird in Zukunft das Bild der Energieerzeugung bestimmen, sondern ebenso auch die Errichtung von Kleinanlagen, die sich an den Möglichkeiten einer örtlichen Situation orientieren. Die im Rahmen angepaßter Technologien zu errichtenden Kleinkraftwerke können einzelne Farmen, Plantagen oder Dörfer im sogenannten Inselbetrieb mit Energie versorgen, ohne daß eine aufwendige Infrastruktur notwendig wäre.

Aus diesem Grund werden altbekannte Verfahren der Energieerzeugung wieder interessant und bedürfen einer neuen Bewertung. Es sind dies: der Windmotor oder die Windturbine zur Nutzung der kostenlosen Windenergie, das Wasserrad oder die kleine Wasserturbine zur Nutzung von örtlich vorkommenden Wassergefällen, ferner die Erzeugung von Generatorgas und die Verwendung von Pflanzenöl als Kraftstoff.

### Summary

The energy deficit in the developing countries is, nowadays, a central problem for agricultural development. There is a lack of human, animal and mechanical energy as well as of fuel for the production of energy. All measures taken to introduce mechanical or electrical energy into agriculture in the form of power units such as tractors, motors and electricity and their power-driven machines will lead to higher yields and more food.

It is not solely the large power stations that will, in future, determine the production of energy, but just as much the construction of small plants adapted to the possibilities of a local situation. The small power stations constructed within the framework of adapted technology, can supply energy to individual farms, plantations or villages in the so-called "island" supply system without recourse to expensive infrastructure.

For this reason, methods of producing energy, well-known in the past, are finding new interest and their potential must be reassessed. These are: the wind-motor or the wind-turbine making use of free wind energy, the water wheel or the small water turbine making use of local water power, further the production of generator gas and the use of vegetable oil as a fuel.

## Literaturverzeichnis

1. BERGMANN, Th.: Stand und Formen der Mechanisierung der Landwirtschaft in asiatischen Ländern, Teil II: Südasien. — Klett-Verlag, Stuttgart 1966
2. GEHLE, H.: Energieerzeuger für Pflanzungen, Farmen und Ansiedlungen in Tropenländern. Tropen- und Kolonialtechnik in 27 Beiträgen, 1942, S. 37. VDI-Verlag GmbH, Berlin NW 7
3. IBIELSKI, E.: Der landwirtschaftliche Schlepper in den Tropen. Tropen- und Kolonialtechnik in 27 Beiträgen, 1942, S. 112. VDI-Verlag GmbH, Berlin NW 7
4. LUSTIG, L.: Billige Krafterzeugung aus tropischen Abfallstoffen. Der Tropenpflanzer, Jg. 33 (1930), Nr. 7, S. 285
5. MONROY, V.: Die Holzvergasung und ihre Bedeutung für koloniale Gebiete. Der Tropenpflanzer, Jg. 37 (1934), Nr. 1, S. 3
6. SCHMIDT, A. W., und GAUPP, K.: Pflanzenöle als Dieselkraftstoffe. Der Tropenpflanzer, Jg. 37 (1934), Nr. 2, S. 51
7. SCHMIDT, A. W.: Pflanzenöle als Motorenkraftstoffe. Der Tropenpflanzer, Jg. 35 (1932), Nr. 9, S. 386
8. SCHROEDER, G.: Landwirtschaftlicher Wasserbau. Springer-Verlag, Heidelberg 1968
9. SOEHNER, XAVER: Kraft und Wärme aus tropischen Abfallstoffen. Der Tropenpflanzer, Jg. 39 (1936), Nr. 8, S. 330
10. STANGEN, F.: Die Problematik des Einsatzes landtechnischer Produktionsmittel in der Entwicklungshilfe. Berichte über Landwirtschaft, Band XLVII, 1969, Heft 1, S. 187
11. TAMUSSINO, E.: Dieselmotoren und Gaskraftanlagen in den Tropen. Tropen- und Kolonialtechnik in 27 Beiträgen, 1942, S. 49. VDI-Verlag GmbH, Berlin NW 7
12. WITTE, H.: Windkraftanlagen für die Tropen. Tropen- und Kolonialtechnik in 27 Beiträgen, 1942, S. 56  
27 Beiträgen, 1942, S. 56. VDI-Verlag GmbH, Berlin