

Gedanken über die Einsatzmöglichkeiten von Holzgasmotoren in Entwicklungsländern

Ein Vorschlag für die Entwicklung angepaßter Technologie

The feasibility of wood gas generators for developing countries

von G. B. von Wendorff *)

1. Anlaß und Umfang der Untersuchung

1.1.

Anläßlich des OECD-Seminars über „Intermediate Technology“ wies Nicolaus JÉQUIER (15) darauf hin, daß ein dringendes Bedürfnis für die Entwicklung angepaßter Technologien besteht (s. auch PESTAL, 23). Professor Dr. Hans WALTER (31) hat die Möglichkeiten der Energiegewinnung für die Landwirtschaft im Rahmen der angepaßten Technologie zur Debatte gestellt und hierbei auch „Generatoren zur Vergasung pflanzlicher Stoffe, wie Holz, Holzkohle, Sägespäne, Kokosshalen, Kaffeehornschalen“ usw. erwähnt.

Da der Holzgasmotor in Deutschland aus wirtschaftlichen, technischen und juristischen Gründen zur Zeit nicht eingesetzt wird (1), sollte am Beispiel einiger Entwicklungsländer die Frage untersucht werden, ob die Gründe, die zum Verschwinden des Holzgasmotors in Europa geführt haben, für die untersuchten Entwicklungsländer relevant sind, bzw. ob die theoretischen Möglichkeiten gegeben seien, den Holzgasmotor im Rahmen der angepaßten Technologie in bestimmten Entwicklungsländern einzusetzen, um

- a) die Zahlungsbilanz zu entlasten,
- b) die Importabhängigkeit zu reduzieren,
- c) vorhandenes Arbeitskräftepotential zu nutzen,
- d) vorhandene Rohstoffe einzusetzen,
- e) vorhandenes Produktionspotential zu mobilisieren.

(Siehe hierzu HOUTZAGERS, 13)

*) Dr. G. B. von Wendorff, wiss. Mitarbeiter am Institut für Weltforstwirtschaft, Reinbek b. Hamburg.

Anschrift: D 2057 Reinbek b. Hamburg, Schloß, ab 1. 5. 76:

Außerdem soll an einem Beispiel überlegt werden, wie mit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Deutschland ein wesentlicher Beitrag zur wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und technischen Entwicklung der benachteiligten Entwicklungsländer erbracht werden kann (11).

1.2. Praefeasibility- ist keine Feasibility-Studie

Aus der Aufgabenstellung geht hervor, daß hier nur die Frage geklärt werden soll, ob es theoretisch reale Möglichkeiten gibt, den Holzgasmotor in Entwicklungsländern einzusetzen, nicht aber, in welchem Land der Holzgasmotor mit welchem Nutzen eingesetzt werden kann. Betriebswirtschaftliche, volkswirtschaftliche, technische und rechtliche Probleme wurden in diesem Zusammenhang diskutiert. Der Fragestellung entsprechend wurden Verfahren und Präzisionsgrad von „Praefeasibility-Studien“ angewandt. Das heißt, die vorliegende Aussage darf nicht als „Feasibility-Studie“ mißverstanden werden.

Die Erfahrung lehrt, daß derartige Voruntersuchungen zuweilen als Basis für Investitionsentscheidungen mißbraucht werden. Um diesem Mißbrauch vorzubeugen, wurden die Werte in US\$ und nicht in der entsprechenden Landeswährung aufgeführt, obwohl sich durch Umrechnung und Veränderungen in den Währungsparitäten Wertverschiebungen ergeben. Aus dem gleichen Grunde werden in den Abschnitten 2.1.3. bis 2.1.7. breite Preis- und Kostenamplituden nicht durch gewogene oder arithmetische Mittel ersetzt. Dadurch soll klargestellt werden, daß die vorliegenden Überlegungen die Durchführung von zeitlich und regional klar definierten Feasibility-Studien weder ersetzen wollen noch ersetzen können.

1.3. Untersucher Raum

Obwohl die hier geschilderten Ergebnisse auf der Basis konkreter Daten und der genauen Landeskenntnisse von drei bestimmten Staaten gewonnen wurden:

einem Lande im Savannengebiet Afrikas,
einem Lande im Regenwaldgebiet Afrikas,
einem Lande im Karibischen Raum,

(diese drei Länder wurden als typisch für je eine Gruppe von Entwicklungsländern angesehen)

werden diese Länder nicht genannt.

Da auch für diese Länder seit Ermittlung der Daten und vor allem in Folge der OPEC-Beschlüsse vom 24.9.1975 wesentliche Änderungen wirksam geworden sind, sind erneute und detaillierte Untersuchungen notwendig. Die jährlichen Dieselölimporte der drei Länder repräsentieren einen achtstelligen Dollarwert. Detaillierte Feasibility-Studien nach Weltbankstandard sind somit unbedingt zu fordern.

1.4. Technische Details

Im Rahmen einer Praefeasibility-Studie werden technische Einzelheiten nur untersucht, soweit sie die Wirtschaftlichkeit wesentlich beeinflussen. Im vorliegenden Fall war diese Beschränkung ohnehin notwendig, da

unterstellt werden kann, daß viele technische Details seit dem letzten Einsatz von Holzgasmotoren veraltet sind.

2. Wirtschaftliche Voraussetzungen für Einsatz des Holzgasmotors

Einführende Überlegungen

Gegen Ende des zweiten Weltkrieges wurde die technische Weiterentwicklung des Holzgasmotors unterbrochen. Mit den zuletzt gebauten Generatoren war es möglich, 1 Liter Dieselkraftstoff durch 2,65 kg luft-trockenen Holzes zu ersetzen (KOLLMANN, 17, 18). Der erneute Einsatz von Holzgasgeneratoren wird also nur wirtschaftlich sein, wenn 2,65 kg trockenes Holz wesentlich billiger bereitgestellt werden kann als 1 Liter Dieselöl.

Der Holzgasmotor kann aber nur dort eingeführt werden, wo genügend Holzreserven zur Verfügung stehen, um mindestens die Anzahl von Holzgasmotoren ausreichend und nachhaltig zu versorgen, die notwendig sind, damit ein Netz von Service- und „Tank“stellen aufgebaut und unterhalten werden kann. Da nicht alle Holzarten zur Vergasung geeignet sind, können sowohl für die Preis- und Kostenbetrachtung wie für die Mengenanalyse nur die Holzarten herangezogen werden, die wahrscheinlich für die Holzgaserzeugung geeignet sind (siehe dazu Kap. 3).

Die technische Erprobung der vorkommenden Holzarten wird in jedem Fall notwendig sein.

2.1. Holzpreis

2.1.1. Berechnungsgrundlagen

Da Generatorholz z. Z. nicht angeboten wird, sich also kein Marktpreis gebildet hat, kann der Holzpreis nur auf dem Wege einer Kostenanalyse geschätzt werden.

Generatorholz ist ein zugerichtetes und behandeltes Gut. Neben den forstlichen Produktionskosten müssen die Kosten für Reinigung, sachgerechtes Zerkleinern und Trocknen berücksichtigt werden. Nimmt man den Tankstellenpreis des Dieselöls als Vergleichsmaßstab, müssen auch die Holzpreise mit Handels- und Transportkosten belastet werden.

Generatorholz kann entweder aus anderweitig nicht – oder schwer – verwertbaren Holzsortimenten oder Holzabfällen gewonnen werden, oder man kann forstliche Produktionen speziell auf diesen Bedarf hin aufbauen. Beide Möglichkeiten sind entsprechend den herrschenden ökologischen und ökonomischen Bedingungen zu errechnen. Schon aus diesem Grunde ist eine Aussage nur für ein bestimmtes Land oder eine engbegrenzte Region zu machen. Die Behauptung; „der Holzgasmotor arbeitet in den Entwicklungsländern wirtschaftlich“, ist also genauso falsch wie die gegenteilige Behauptung: „der Holzgasmotor ist heute unwirtschaftlich“.

2.1.2. Anderweitig nicht verwertbare Hölzer

Gaserzeugung genutzt werden könnten, gehören:

Zu den anderweitig nicht verwertbaren Holzsortimenten, die für die

- a) Äste und Kronen, 5 cm Durchmesser und aufwärts,
- b) dünne Bäume, z. B. Durchforstungsmaterial, Unterwuchs, Nebenholzarten, Savannenbäume, Strauchwerk,
- c) schlecht geformte Bäume,
- d) Nicht-Handelsholzarten,
- e) Stelzwurzeln,
- f) Stubben.

Generatorbrauchbare Holzabfälle gibt es:

- I. bei der Holzernte im Walde,
- II. bei der Bearbeitung in Sägewerken, Furnierfabriken, Mastenfabriken und Sperrholzwerken,
- III. bei der Verarbeitung überall, wo Massivholz gesägt wird.

Die Äste und Kronen werden bei den Forstinventuren gewöhnlich vernachlässigt. Daher gibt es für die meisten Entwicklungsländer keine Unterlagen über Menge und Wert des verfügbaren Materials. Das gleiche gilt für die unter b bis f aufgeführten Sortimente.

Teilweise wird dies Material für Hausbrandzwecke verwendet. Aber auch aus dem Preis für Brennholz läßt sich nicht auf den möglichen Preis für Generatorholz schließen, weil einmal andere technische Anforderungen an das Material gestellt werden – z. B. im Hinblick auf Dimensionen, Trockenheitsgrad, Spaltbarkeit, Aschengehalt, Geruch usw.;

zum anderen ist eine andere Verbrauchsstruktur zu berücksichtigen – jahreszeitliche Bedarfsschwankungen, regionaler Bedarf, traditionelle Verbrauchsgewohnheiten für Brennholz.

Außerdem werden Brennholz und Generatorholz auf unterschiedliche Art vermarktet.

Trotzdem bleibt der Brennholzpreis wichtigstes Indiz für die Preisbeurteilung von Generatorholz.

In einigen der untersuchten Länder gibt es von der Forstverwaltung oder durch Gesetz fixierte Preise für Brennholz. Da diese Preise aber

- Werbungskosten nicht berücksichtigen, bzw. nur einen Teil der Werbungskosten decken (Werbungskosten setzen sich aus Ernte- und Bringungskosten zusammen),
- ohne Rücksicht auf die Transportkostenbelastung und ohne Ortsangabe fixiert sind,
- sich mit den lokalen Marktpreisen für Brennholz nicht koordinieren lassen,

können sie nur beschränkt als Basis für die Kostenkalkulation herangezogen werden.

Der prognostizierte Preis für das Generatorholz aus Naturbeständen setzt sich zusammen aus:

1. Forsttaxe,
2. Werbungskosten, Gewinn für den Sammler,

3. Transportkosten, Amortisation der Fahrzeuge, Brennstoffkosten, Steuern, Unternehmergewinn,
4. Bearbeitungskosten – Lagern, Hacken, Trocknen, Lagern, Einsacken,
5. Vertriebskosten – Transport, Detailverkaufskosten, Handelsspanne.

Die volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Bewertung wird dadurch erschwert, daß zu Produktion und Vermarktung des Generatorholzes Rohölprodukte benötigt werden, die das Generatorholz ja substituieren soll. Kalkulatorisch wirkt sich dies als Interdependenz der Preise von Dieselöl und Generatorholz aus. Je mehr mechanisiert Aufforstung, Holzernte, Transport, Bearbeitung und Vertrieb sind, desto stärker wirkt die Interdependenz der Preise. Zwar wird auch in den Industriestaaten Mitteleuropas nicht soviel Dieselöl zur Produktion von Generatorholz benötigt, wie dieses ersetzen soll, doch wird in Deutschland bei einem Aufwand von ca. 72 l Dieselöl für Produktion und Vermarktung von 1 t Generatorholz der volkswirtschaftliche Nutzen der Rohölsubstitution deutlich geschmälert.

2.1.3. Plantagenholz

Die Interdependenz von Holzproduktion und Brennstoffverbrauch zeigt sich besonders deutlich in der Plantagenwirtschaft. Zur Anlage von Brennholzplantagen müssen heute auch in den Entwicklungsländern Traktoren eingesetzt werden. Zwar wird für einige forstliche Entwicklungsprojekte gefordert, die Aufforstung ausschließlich manuell durchzuführen (24, 25), diese Forderung erwies sich jedoch – wie jeder Fachmann voraussagen konnte – als utopisch. Bei den in einigen Entwicklungsländern möglichen Zuwachsleistungen von mehr als 30 m³/ha/Jahr wird unter Umständen weniger Kraftstoff für die Anlage von Holzplantagen benötigt, als aufgewendet werden müßte, um Naturbestände zu erschließen und zu ernten. Zur Feasibility-Studie für Holzplantagen gehört aber immer eine Erntekostenberechnung für die Naturbestände, denn der Schnittpunkt der Kostenkurven ist anders nicht zu ermitteln (19, 20).

Zur Produktion von Generatorholz in Entwicklungsländern eignen sich oft Holzplantagen besser, weil sie verbrauchsorientiert angelegt werden können, während natürliche Holzvorkommen häufig in den verbrauchsfernen Gebieten erhalten geblieben sind. Ein Vorteil von Holzplantagen liegt außerdem darin, daß die Holzartenwahl für Forstanpflanzungen in den Entwicklungsländern entsprechend dem Bedarf gesteuert werden kann, eine Möglichkeit, die bei den hohen Wohlfahrtsforderungen an den Wald in den Industriestaaten eingeschränkt ist.

Über die Kosten der Holzproduktion in Plantagen liegen einige Untersuchungen vor, die sich allerdings nur auf Stammholz und Stangen unter Ausschluß von Kronen/Ästen beziehen (12, 16, 27). Die Produktionskosten für 1 t lufttrockenes Eukalyptusholz – z. B. *Eucalyptus camaldulensis*, *E. microtheca*, *E. citrodora* – liegen in den untersuchten Gebieten, frei ausgeliefert an ein Generatorholzdepot, etwa zwischen

4,— US\$ und 12,— US\$, je nach Produktionsgebiet, Transportentfernung und Lohnkostenniveau (24, 34).

Die Produktionskosten für Rohholz aus Naturbeständen, das sich zur Generatorholzerzeugung eignet, lagen in den untersuchten Gebieten zwischen 1,82 US\$ und 22,— US\$ pro Tonne, lufttrocken, frei ausgeliefert Depot.

2.1.4. Preis für Holzabfälle

Die Kosten für das Einsammeln und den Transport von generatorfähigem Schlagabraum lagen zwischen 2,20 US\$ und 14,— US\$ pro Tonne, lufttrocken, frei ausgeliefert Depot (3).

Die Ermittlung der Gestehungskosten für Industrieabfälle war aus methodischen Gründen nicht möglich. Die Verkaufspreise pro Tonne lufttrockener, generatorfähiger Industrieabfälle boten ein sehr unterschiedliches Bild: Teils wurden Prämien für den Abtransport geboten, teils wurden Preise verlangt, die sich am Preisniveau von Schnittholz orientieren (33). Unterschiedlich waren auch die Kosten für das Aussortieren des generatorfähigen Materials aus den allgemeinen Industrieabfällen einzusetzen. Aus Sägemehl hergestellte Preßlinge, sogenannte „Briketts“, würden bei einem Nominalwert von 1,— US\$ pro Tonne Sägemehl ca. 4,17 bis 7,10 US\$ kosten (33, 34).

2.1.5. Kosten für Zerkleinern

Da z. Z. kein Generatorholz hergestellt wird, mußten die Manipulationskosten auf der Basis vergleichbarer Arbeitsgänge geschätzt werden. — Siehe hierzu Tabelle 1.

Tabelle 1 Geschätzte Kosten in US\$ für das Zerkleinern von 1 t lufttrockenen Generatorholzes

Verfahren	Minimum	Kalkulationswert	Maximum
Quersägen (maschinell) + Hacken (manuell)	11,35	16,—	20,60
Quer- + Längssägen (maschinell)	12,58	15,—	17,35
Spaltsägen + maschinell Hacken (Durchmesser über 25 cm)	9,60	12,—	14,22
maschinell Spalten (Klöben) + maschinell Hacken (Durchmesser über 25 cm)	6,70	9,—	11,45
maschinell Hacken (Durchmesser 5—25 cm)	3,60	7,—	10,40

2.1.6. Kosten für Trocknen, Lagern und Verladen

In den untersuchten Gebieten herrschen klimatische Bedingungen, die eine künstliche Trocknung des Generatorholzes unnötig machen. Allerdings muß das Generatorholz während der Regenzeit abgedeckt werden, bzw. sollte es unter Dach gelagert werden.

Die Kosten für Lagern und Verladen dürften in den untersuchten Gebie-

ten in der Größenordnung von US\$ 1,20 und US\$ 5,60 pro Tonne Generatorholz liegen (2).

Beim Hacken, Trocknen und Lagern treten Verluste ein, die mit ca. 20% angenommen werden können.

2.1.7. Transportkosten, Vertriebskosten

Für den Transport zu den Verteilerstationen wurden US\$ 6,— pro Tonne angenommen.

Die Vertriebskosten für Groß- und Kleinhandel müssen mit 35% eingesetzt werden.

2.1.8. Zusammenstellung der Kosten

Kosten für das Rohholz	US\$ 8,— pro t
für das Zerkleinern	US\$ 9,— pro t
	<hr/>
	US\$ 17,— pro t
für Verlust 20%	US\$ 3,40 pro t
für Lagern und Verladen	US\$ 3,40 pro t
für Transport und Vertrieb	US\$ 6,— pro t
	<hr/>
	US\$ 29,80 pro t
für Vertriebskosten	US\$ 10,43 pro t
	<hr/>
	US\$ 40,23 pro t

Der Preis für 2,65 kg Generatorholz, frei ausgeliefert an den Verbraucher, wäre also in der Größenordnung von US\$ 0,106 anzunehmen und läge damit so wesentlich unter dem Preis für 1 l Dieselöl, daß der Einsatz von Holzgasmotoren, trotz gewisser technischer Nachteile (siehe BEHR, 1), wirtschaftlich wäre. In den untersuchten Gebieten lag der Tankstellenpreis für 1 l Dieselöl vor der Preisbewegung vom 26.9.1975 zwischen US\$ 0,194 und US\$ 0,312.

2.2. Quantitative Aspekte

2.2.1. Mangel an Unterlagen

Wie schon anfangs erwähnt, gibt es für das Sortiment „Generatorholz“ keine Ergebnisse von großflächigen Forstinventuren in den Entwicklungsländern. Aus diesem Grunde wurden kleinflächige Vollaufnahmen (jeweils 1/4 ha) in ausgewählten Waldtypen, die für bestimmte Klassen von Entwicklungsländern als typisch angesehen wurden, durchgeführt. Wegen der kleinen Anzahl und der geringen Größe der Aufnahmeflächen können die Ergebnisse nicht uneingeschränkt als repräsentativ angesehen werden. Aus den in Abschnitt 1.3 dargelegten Gründen wird hier darauf verzichtet, Lage und Anzahl der Aufnahmeflächen zu benennen, soweit diese nicht in früheren Veröffentlichungen beschrieben wurden (34, 35).

2.2.2. Einige Beispiele

Aus der Tabelle 2 geht hervor, daß auch Vegetationsformen, von denen angenommen wird, daß sie kein nutzbares Holz liefern können (vgl. Lite-

ratur Nr. 20, 21, 24), beträchtliche Vorräte an generatorfähigem Holz enthalten. Selbst Entwicklungsländer, die als „waldlos“ gelten, wie die westafrikanischen Savannengebiete, haben manchmal Generatorholzreserven, deren Rohöläquivalente die derzeitigen Ölimporte um weit mehr als das Hundertfache übersteigen.

Tabelle 2 Holzvorräte in 1000 kg (lufttrocken) pro ha (Einzelaufnahmen nicht repräsentativ)

Waldtyp	Stammholz über 30 cm Ø			Schwach- + Astholz, Strauch für Generatorholz		Summe Generatorholz
	davon Handelsholz	davon Nichthandelsholz für Generatorholz		ungeeignet	geeignet	
		ungeeignet	geeignet			
„brousse sahelien“ (nach A. AUBREVILLE)	—	—	—	0,5	0,1	0,1
“Savanes arborées“ (nach A. AUBREVILLE)						
ärmerer Typ	—	—	—	1,4	1,0	1,0
besserer Typ	—	0,4	0,8	4,4	5,4	6,2
“Savanes boisées“ (nach A. AUBREVILLE)						
ärmerer Typ	—	1,1	2,5	13,4	14,2	16,7
besserer Typ	0,2	2,5	6,7	21,2	41,2	47,9
Galeriewald (nach R. KEAY)						
ärmerer Typ	2,1	21,2	27,6	63,2	40,9	68,5
besserer Typ	27,3	47,1	42,5	74,1	80,7	123,2
Regenwald (nach R. KEAY)						
secondary growth	9,4	38,7	27,4	123,5	73,0	100,4
ärmerer Typ	12,1	47,4	51,1	83,2	81,5	132,6
besserer Typ	15,3	37,3	72,1	48,4	121,3	193,4
Eukalyptusplantage						
6 Jahre alt	—	—	38,4	6,2	52,6	91,0
18 Jahre alt	106,4	—	22,3	7,2	41,4	63,7

2.2.3. Devastationsrisiko

Von Forstleuten, die mit den Verhältnissen in den Tropen nicht vertraut sind, wird immer wieder behauptet, daß Waldverwüstungen und schwere Landschaftsschäden in der Regel die Folge von intensiver Holznutzung in den Tropen seien (7, 10, 30). Für diese Behauptung fehlen bisher großflächige Beweise. Trotz mehr als zwanzigjähriger Erfahrung in den tropischen Gebieten der drei Kontinente ist dem Autor kein einziger Fall bekannt geworden, in dem durch Holznutzung allein oder primär eine totale Walddevastation mit schweren Landschaftsschäden eingetreten wäre. Vielmehr wird durch wandernden Hackbau, Brandrodung und

Brandweide die vielerorts feststellbare Walddevastation vorgetrieben. Selbst unregelmäßige Brennholznutzung hat – außer vielleicht vereinzelt in der Sahelzone – in keinem Fall allein die Waldvernichtung verschuldet. Dagegen gibt es im mediterranen und nahöstlichen Bereich unzählige Beispiele für Waldvernichtung durch Übernutzung.

Rationelle Holznutzung macht aber der Bevölkerung den Wert des Waldes bewußt und wirkt somit einmal walderhaltend, zum anderen als Stimulus für die Anlage privater und öffentlicher Aufforstungen. Schon BRANDES hat den Satz geprägt: „Wenn die Leute ihr Holz verkaufen können, werden sie es nicht mutwillig vernichten.“ (1).

Die Einführung des Holzgasmotors in den Entwicklungsländern zu verhindern, um einer möglichen Waldverwüstung entgegenzuwirken, dürfte demnach für bestimmte Länder, keineswegs aber generell richtig sein.

Einen generellen Mangel an Brennholz gibt es südlich der Sahelzone in Afrika, in Südostasien oder zwischen Mexiko und Paraguay, außer im direkten Einzugsgebiet von Großsiedlungen, sicher nicht. Bei einer durchschnittlichen Waldfläche von über 4 ha je Einwohner und Niedrigstwerten von über 1,6 ha je Einwohner wäre dies auch nicht zu erwarten (FAO 9). (Zum Vergleich: Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung in der Bundesrepublik 0,145 ha.) (28).

2.2.4. Lokale Übernutzung

Trotzdem ist die Gefahr lokaler Übernutzungen nicht auszuschließen. Zwar haben alle Länder Forstgesetze, die eine Übernutzung verhindern sollen, doch fehlt es vor allem in den Ländern, in denen es keine marktorientierte Holznutzung gibt, an der effektiven forstpolizeilichen Überwachung. Da die Wälder nicht genügend Erträge abwerfen, fehlt es an ausreichendem Forstpersonal. Wenn nun durch die Einführung von Holzgasmotoren wesentliche Mengen bisher nicht verwertbarer Holzsortimente aufgewertet werden, somit die Ertragslage der Forstwirtschaft gesteigert wird, kann die Forstverwaltung entsprechend ausgebaut und damit der Schutz der Wälder verbessert werden.

Die Gefahr lokaler Übernutzungen in der Anfangsphase sollte daher in Kauf genommen werden.

2.2.5. Verfügbarkeit von Holzreserven

Ob in einem bestimmten Land genügend generatorfähige Holzreserven vorhanden sind, oder ob das benötigte Material in Schnellwuchsplantagen wirtschaftlich produziert werden kann, sollte Gegenstand spezieller Feasibilitystudien sein. Bei den hier betrachteten Ländern war immer mindestens eine der beiden Möglichkeiten gegeben.

2.3. Preis der Holzgasmotoren

2.3.1. Entwicklungskosten

Der wirtschaftliche Betrieb von Holzgasmotoren in Entwicklungsländern ist nur dann möglich, wenn die Holzgasmotoren nicht wesentlich teurer

als vergleichbare Diesel- oder Otto-Motoren zu kaufen sind. Zur Zeit werden Holzgasmotoren nicht angeboten.

Da die Motoren seit dem letzten Einsatz von Holzgasgeneratoren weiterentwickelt wurden, wären erhebliche Aufwendungen für technische Entwicklungsarbeiten notwendig, um einen zeitgemäßen Holzgasmotor auf den Markt zu bringen. Wenn die Motorenhersteller den Preis der Holzgasmotoren mit den gesamten Entwicklungskosten belasten, würde damit ein großer Teil der Brennstoffkosteneinsparung durch höhere Amortisations- und Kapitalkosten aufgezehrt werden. Die wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten für Holzgasmotoren wären eingeengt.

Aus diesem Grunde wird die Weiterentwicklung des Holzgasmotors mit Mitteln der Entwicklungshilfe empfohlen.

2.3.2. Serienfertigung

Die Kostenvorteile einer Groß-Serienfertigung könnten für den Holzgasmotor nur dann wahrgenommen werden, wenn zumindest in der Anfangsphase die Modell- und Produktionsplanung zentral gesteuert oder durch Firmenabsprache geregelt würde. Rechtzeitige Normung und Koordination der für den Bereich der bilateralen und multilateralen technischen Entwicklungshilfe benötigten Holzgasmotoren und evtl. terminierte Abnahmezusagen würden stabilisierend und kostensenkend wirken.

Wenn für 1/3 der für die technische Hilfe benötigten Traktoren- und Pumpenmotoren Holzgasgeneratoren gefordert würden, wäre damit die Initialbasis für eine industrielle Serienfertigung gegeben.

2.3.3. Serviceeinrichtungen

Ein funktionierender Ersatzteil- und Reparaturservice ist die Voraussetzung zum wirtschaftlichen Betrieb von Holzgasmotoren. Da sich der Holzgasmotor nur in relativ wenigen Teilen von anderen Verbrennungsmotoren unterscheidet, dürften die für Holzgasgeneratoren zusätzlich benötigten Ersatzteile und Wartungseinrichtungen von den Motorenherstellern erbracht werden können, die über leistungsfähige Vertriebs- und Wartungsdienste in den Entwicklungsländern verfügen. Binnenmarktorientierte Motorenhersteller wären danach als potentielle Lieferanten kaum geeignet.

3. Technische Voraussetzungen für den Einsatz des Holzgasmotors

3.1. Die Frage der Drehzahl

Als zuletzt Holzgasmotoren eingesetzt wurden, waren die Motoren für relativ geringe Tourenzahlen konstruiert (1, 17). Inzwischen werden alle Straßenfahrzeuge mit Motoren für sehr viel höhere Drehzahlen gebaut. Nur im Bereich stationärer Verbrennungsmotoren und der Antriebsaggregate mittlerer und leichter Traktoren gibt es niedrige Drehzahlen. Gerade dieser Bereich ist entwicklungspolitisch wichtig. Ackerschlepper, Wasserpumpen, Reismühlen, Koprquetschen, Hirsemühlen, landwirtschaftliche

Elevatoren usw. können von niedrigtourigen Motoren angetrieben werden. Daher bieten sich in diesem Anwendungsbereich voraussichtlich die besten Möglichkeiten, Holzgasmotoren einzuführen.

3.2. Schwankungen der Energieversorgung

Bei den alten Holzgasmotoren schwankte zuweilen die Gaszufuhr zum Motor. Vor allem bei Inbetriebnahme und nach Wiederauffüllung der Generatoren gab es Leistungseinbrüche, die zu Verkehrsbehinderungen durch Kraftfahrzeuge führten (1). Bei langsamfahrenden landwirtschaftlichen Traktoren und auch bei den obengenannten stationären Motoren können Leistungsschwankungen eher in Kauf genommen werden als bei PKW. Bei den LKW ließen sich Leistungsschwankungen allenfalls im Nahverkehrsbetrieb, wahrscheinlich aber nicht im Ferntransport tolerieren. Auch aus diesem Grunde sollte die Entwicklung von Holzgasmotoren primär auf landwirtschaftliche Traktoren und kleinere stationäre Motoren ausgerichtet werden (siehe hierzu TOBLER, 29).

3.3. Brandgefahr

Bei dem Betrieb von Holzgasgeneratoren alter Bauart war es verschiedentlich zu Bränden gekommen. Besonders durch heiße Asche waren Grasbrände entstanden. Für die Entwicklungsländer im ariden Bereich müssen daher besondere Vorkehrungen zur Brandverhütung vorgesehen werden.

4. Rechtliche Bedenken

4.1. Verkehrsrecht

Obwohl in der deutschen Straßenverkehrsordnung und den Zulassungsvorschriften für Kraftfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr kein direktes Verbot für Zulassung und Betrieb holzgasgetriebener Kraftfahrzeuge festgeschrieben ist, dürften heute neuere Ausführungsbestimmungen zu den obengenannten Vorschriften dahingehend interpretiert werden, daß der Einsatz von Holzgasmotoren über den technisch erreichbaren Bereich hinaus an Auflagen und Bedingungen gebunden würde.

In den hier behandelten Entwicklungsländern gibt es weder direkte Zulassungs- oder Betriebsverbote für Holzgasmotoren, noch läßt sich aus der Auslegungs- und Zulassungspraxis für Kraftfahrzeuge schließen, daß der Betrieb von Holzgasmotoren nach den bestehenden verkehrsrechtlichen Bestimmungen behindert oder verboten würde.

4.2. Umweltschutzbestimmungen

Nach dem Bundesemissions-Schutzgesetz B. I. m SchG in der Fassung vom 15. 3. 1974 (Bundesgesetzblatt Teil I-1974/Nr. 27) wäre nach § 4 für stationäre Holzgasmotoren eine Genehmigung erforderlich. Für holzgasbetriebene Kraftfahrzeuge alter Bauart wäre nach § 22 – wie sich aus der Arbeit von MUTHESIUS schließen läßt – mit Betriebsverbot zu rechnen (22).

Derartig weitgehende Emissionsschutzgesetze gibt es in den behandelten Entwicklungsländern nicht. Im Hinblick auf den volkswirtschaftlichen Nutzen ist auch nicht damit zu rechnen, daß der Betrieb von Holzgasmotoren in diesen Ländern aus Gründen des Umweltschutzes über das technisch vertretbare Maß hinaus eingeschränkt wird.

4.3. Feuerschutzbestimmungen

Nach den in der Bundesrepublik gültigen Brandschutzbedingungen ist der Gebrauch von „offenem Feuer“ in Garagen und in der Nähe von Diesel- und Ottomotoren sowie im Bereich von Kraft- und Brennstofflagern untersagt. Ob der Begriff „offenes Feuer“ auf angeheizte Holzgasgeneratoren angewandt werden muß, bleibt wohl dem Ermessen der Brandschutzorgane vorbehalten. Die alten Modelle von Generatoren würden heute wahrscheinlich verboten werden. Mit den inzwischen neuentwickelten Brandschutzmitteln und -verfahren wäre aber die Abschirmung der Brandgefahr technisch und wirtschaftlich zu realisieren.

Da in den Entwicklungsländern Feuerschutzbestimmungen nach dem Muster der Industrieländer gelten, bleibt die Feuersicherung der Holzgasanlagen eine unabdingbare Forderung.

5. Entwicklungspolitische Bewertung

5.1. Globale Betrachtung

Nach EKLUND (6) werden zur Zeit nur ca. 0,7 % p. J. der Holzvorräte der Welt genutzt. Vor allem im Bereich der Entwicklungsgebiete bleiben mehr als 99 % der Holzvorräte oder mindestens 40–50 % der biologischen Holzproduktion ungenutzt, während es feststeht, daß z. Z. weitaus mehr Rohölvorräte verbraucht als von der Natur produziert werden (4, 26, 31). Im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung ist daher – wie auch EARL darlegte – auch die kleinste Substitution von Rohöl durch Holz wünschenswert. Dabei bleibt es im Prinzip ohne Belang, auf welchem Gebiet – z. B. Heizung, petrochemische Erzeugnisse, Elektrizität, Kraftstoff – oder auf welchem Wege – z. B. über Verkohlung, Vergasung, Verbrennung, chemischen Aufschluß – die Substitution erfolgt, solange eine günstige oder optimale Ausnutzung des Substitutionsmaterials erfolgt.

5.2. Ausgleich von regionalen Benachteiligungen

Nach den Untersuchungen der Intertechnology Corporation (14) und der Europäischen Gemeinschaft (5) (vielfach zitiert in Fach- und Tagespresse) werden die Entwicklungsländer von der Kostensteigerung auf dem Petrosektor am stärksten geschädigt. Wenn ein großer Teil der „least Developed Countries“ über relativ große Waldflächen pro Kopf der Bevölkerung verfügen, die Produktion dieser Waldflächen aber aus verschiedenen Gründen z. Z. nicht voll genutzt wird, liegt es nahe, gerade in diesen Gebieten die Substitution von Erdöl durch Holz voranzutreiben, um die Nachteile, die sich aus dem Mangel an eigenen Erdölvorkommen ergeben, auszugleichen (10).

Tabelle 2* a: Wert der 1971 importierten Mengen von Dieselöl bzw. leichtem Gasöl (Tarif Nr. 332.3) für einige afrikanische Staaten ohne eigene Raffinerien, ausgedrückt in 1000 US\$.

Dahomey	935
Togo	1 409
Kamerun	357
Zaire	14 697
Mali	1 536
Obervolta	1 650
Sierra Leone	1 541

*) Quellen: Jahrbuch der EG 1971; Institut National; Commerce Exterieur-Etats d'Afrique UN: Foreign Trade Statistics of Africa. Serie A Nr. 19.

Tabelle 2 b: Wert des importierten, unverarbeiteten Rohöls in einigen afrikanischen Staaten mit eigenen Raffinerieanlagen, in 1000 US\$.

	Rohöl	zusätzlich importiertes Gasöl
Elfenbeinküste	13 962	761
Senegal	8 089	9
Liberia	5 378	429

5.3. Verhältnismäßigkeit der benötigten Investitionsmittel

Wie die Tabelle 2 zeigt, reicht der Wert der in einzelnen Entwicklungsländern jährlich importierten Dieselölmengen kaum aus, um im Rahmen eines einzelnen Landes die notwendigen Investitionen für Feasibilitystudien, technische und konstruktive Entwicklung von Holzgasmotoren und den Aufbau von „Holz“-Tankstellen zu rechtfertigen. Andererseits ist aber die Summe, die für die Dieselimporte einer Region (hier Westafrikas) jährlich aufgebracht werden muß, durchaus groß genug, um auch große Aufwendungen zur Importsubstitution des Dieselöls durch lokale Ressourcen volks- und betriebswirtschaftlich interessant zu machen. Selbst wenn nur 20 % des derzeitigen Dieselölkonsums durch Holzgas ersetzt würden, würden jährlich ca. 12 Millionen DM in den genannten Ländern eingespart. Da die Entwicklung und Einführung des Holzgasmotors aber voraussichtlich zu einer permanenten und kontinuierlich wachsenden Importsubstitution führen dürfte, scheint es nicht abwegig, Einführungs- und Entwicklungskosten bis zur zweifachen Höhe des jährlichen Substitutionswertes in Betracht zu ziehen, eine Summe, die den voraussichtlichen Investitionsbedarf bei weitem übersteigt.

5.4. Rückwirkungen auf das Geberland

Zwar sollen nach den entwicklungspolitischen Grundsätzen der Bundesrepublik (8) Maßnahmen der Entwicklungshilfe nicht prioritär nach den Rückwirkungen auf die eigene Volkswirtschaft beurteilt werden, doch dürften Entwicklungsprojekte, die sowohl dem Empfänger- wie auch dem Geberland zugute kommen, in Zeiten stagnierender Entwicklung auf mehr Verständnis in der Öffentlichkeit stoßen, als Projekte ohne sofort spürbare positive Rückwirkungen auf die eigene Volkswirtschaft.

Wenn die für viele Entwicklungsländer wünschenswerten Holzgasmotoren in der Bundesrepublik Deutschland entsprechend der dortigen Bedarfs-

lage neu- bzw. weiterentwickelt würden, so sind mit Sicherheit positive Auswirkungen im Bereich
der Arbeitsplatzbeschaffung (bzw. Sicherung von Arbeitsplätzen),
der Investitionsstimulierung,
der Exportsteigerung,
der Sicherung der eigenen Energieversorgung
zu erwarten.

Auch ein relativ kleiner Beitrag zur Abschwächung der latenten Rohöl-
krise dürfte im außenpolitischen Raum positiv wirken.

Summary

A comparison was made between the costs of energy, produced from dieseloil and the ones from generator wood. It turned out that there are promising prospects in two West African countries, one in the rainforest region and the other in the savannah region, as well as in one country of the Carribean region. Further development should be made for the introduction and economical operation of woodgas generators for rural stationary motors and agricultural tractors.

The research work should start on the suitable type of rawmaterial and the special economical and ecological conditions in the regions. Where the wooded area exceeds 4 ha per head of the population, the growing stock – particularly the one of the none commercial timber species and the one of the small wood dimensions – represents a potential source of energy, surpassing by far the equivalent of the present petroimport.

The National economies of certain developing countries may considerably gain from this new energy source, i. e. the economical handicap of less developed regions could be reduced by substituting parts of the present dieseloil consumption by wood gas.

Literaturverzeichnis

1. BEHR, L.: Holzvergaser für Autos. Wienerwald-Euro-Journal 5/1975, S. 18—19.
2. DOAT, J. u. PETROFF, G.: La Carbonisation des bois Tropicaux. Bois et Forêts des Tropiques Nr. 159, Jan. 1975, S. 55.
3. EARL, D. E.: Madagaskar — The potential for charcoal. UNDP/FO/SF/MAG-8 FAO, Rome 1971.
4. EARL, D. E.: Forest Energy and Economic Development. Clarendon Press, Oxford 1975.
5. E. G.: Energie, Rohstoffe, Entwicklungsländer. Bulletin der Europäischen Gemeinschaft EG 5-1975, Ziffer 1402-1405.
6. EKLUND, H. R.: Die industrielle Nutzung der Tropenwälder beginnt erst. EUWID 49 (1975), 41, S. 2—4, 17. 10. 1975.
7. EL-FOULY, Mohamed M.: Sahel-Zone, Ursachenkomplex und Lösungsansätze für die Dürrekatastrophe. Aus Materialien der Dokumentationsstelle Nr. 20. Forschungsinstitut der Friedr.-Ebert-Stiftung, Bonn-Bad Godesberg 1974, 27 S.
8. EPPLER, E.: Wenig Zeit für die Dritte Welt. Urban Taschenbücher, Reihe 80, Bd. 832, Kohlhammer, Stuttgart 1971. (Seite 98 ff.)

9. FAO: World Forest Inventory. Rome 1963.
10. FISHER, I. C.: Energy crisis in perspective. Wiley, New York 1974.
11. FÜRSTENBERG, P. v.: Ergebnisse des Fachgesprächs zum Thema Entwicklungspolitische Konzeption für den Sektor Forst- und Holzwirtschaft — Punkt 6, S. 7. Manuskript, Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung, Feldafing 6. 9. 1974.
12. GOUDET, J. P.: Plantations Experimentales d'espèces papeficières en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques Nr. 159, Jan. 1975, S. 3.
13. HOUTZAGERS, G.: Houtgasgeneratoren en houtgastractie. Nederl. Bosbouw-Tijdschrift (1940), 7, S. 333-346.
14. Intertechnology Corporation: The energy problem. Report for the National Science Foundation, Washington D. C. 1973.
15. JEQUIER, N.: Intermedial Technology — A New Approach to Development Problems. The OECD Observer Nr. 75, V/VI/1975, S. 26—28. (Zusammenfassung von OECD-Seminar).
16. KINGSTON, B.: Growth yield and rotation of seedling crops of Eucalyptus grandis in Uganda. Technical Note 193/72, Uganda Forest Department, Entebbe 1972.
17. KISSIN, I.: Gas producers for motor vehicles and their operation with forest fuels. Technical Communication Nr. 1, Imperial Forestry Bureau, Oxford 1942, Gov. Printer.
18. KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. I. Band, S. 288ff. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951.
19. LOGAN, W. E. M.: Fast-growing tree species for industrial plantations in developing countries. Unasylva 19 (1965), S. 159—167.
20. MAYDELL, H.-J. v.: Forstliche Aufgaben in der Sahelzone — Teil II Obervolta. (Manuskript) Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Weltforstwirtschaft, Reinbek 1974.
21. MENSCHING, H.: Die Sahelzone: Ursachen und Konsequenzen der Dürrekatastrophe in Afrika. Umschau 75 (1975), 10, S. 305—308.
22. MUTHESIUS, Th.: Immissionsschutz im Verkehr. Der Städtetag 27 (1974), 4, S. 182—185.
23. PESTEL, E.: Ein Weg aus der Armut. Umschau 75 (1975), 12, S. 368—373.
24. RAEDER-ROITZSCH, J. E. u. ZENNY, F. B.: Planification, Politique et Legislation Forestière en Haute-Volta. Rapport de Mission FAO/SIDA 1973, Rome.
25. Republique de Haute-Volta: Programme Propose pour l'Assistance du P.N.U.D. 1972—1976. Ouagadougou 1973.
26. ROBERTS, R.: Energy sources and conversion techniques. American Scientist 1973-61, S. 66—75.
27. ROSARIO, R. A. de: Forestry Development and Watershed Management in the upland Regions of Jamaica. FAO-DP/JAM/70/512, Rome 1974.
28. SPEER, J.: Statistik. In: Grundlagen der Forstwirtschaft, S. 18 u. 21. Verlag M. u. H. Schaper, Hannover 1959.
29. TOBLER, J.: Holz und Holzkohle. Ber. der Schweiz. Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe. Bericht Nr. 7, Zürich 1944.
30. TROLL, C.: Waldverwüstung und Wasserhaushalt. Decliniana, Bonn 1948.
31. WALTER, H.: Energiegewinnung für die Landwirtschaft im Rahmen angepaßter Technologien. Der Tropenlandwirt 76 (1975), 4, S. 57.
32. WARMAN, H. R.: Future problems in petroleum exploration. Petrol Review (1971), 25, S. 96—101.
33. WENDORFF, G. v. u. APAU, F.: Proposals for the development of timber-industries in Sarawak. Kuching 1971.

34. WENDORFF, G. v.: Proposals on the development of Forest Industries, Forestry Development and Watershed Management in the upland regions of Jamaica, Kingston 1971.
35. WENDORFF, G. v.: Etude des possibilites de developpement des industries et artisanats du Bois Tableau Nr. 2. UNIDO-SIS/UPV/72/024/11-01, Ouagadougou 1974.