

Energiebilanzen in der tropischen Landwirtschaft bei unterschiedlichen Mechanisierungsstufen

Von Manfred Eimer, Göttingen*)

DK 631.11:631.17:620.91

In vielen Ländern der Tropen und Subtropen herrscht Mangel an Lebensmitteln. Höhere Erträge bedingen verbesserte Anbaumethoden und zeitgerechte Arbeitserledigung. Eine Mechanisierung ist wegen der geringen Verfügbarkeit heimischer Energie oft nur in begrenztem Maße möglich. Deshalb kommt dem rationellen Energieeinsatz eine hohe Bedeutung für die Sicherung der menschlichen Ernährung zu. Grundlage dafür ist die Aufstellung von Energiebilanzen.

1. Einleitung

Ständig steigende Energiepreise sind der Anlaß, die Effektivität des Energieeinsatzes in der Landwirtschaft zu überdenken. Viele Staaten in tropischen und subtropischen Zonen stehen vor der schwierigen Aufgabe, eine stetig wachsende Bevölkerung fast ausschließlich mit Lebensmitteln aus eigener Erzeugung ernähren zu müssen. Erschwerend wirkt sich dabei aus, daß in vielen Ländern eine Erweiterung landwirtschaftlicher Anbauflächen nur in begrenztem Umfang möglich ist.

Erhöhter Einsatz fossiler Energie

- direkt über den Einsatz von motorischen Kraftstoffen, Brennstoffen und Schmiermitteln und
- indirekt über den Energieeinsatz für die Herstellung von Mineraldünger, Pflanzenschutzmitteln, landwirtschaftlichen Geräten, Maschinen und baulichen Anlagen

steigerte in den entwickelten Ländern der gemäßigten Zonen die Ernteerträge um ein Mehrfaches. Der Energieaufwand erstreckt sich dabei [1], Bild 1:

- etwa zur Hälfte auf Mineraldünger,
- mit fast einem Viertel auf Kraftstoff,
- mit einem Anteil von etwa 10 % auf Saatgut und
- mit 8 % auf den Aufwand für Maschinen.

Der noch notwendige menschliche Arbeitseinsatz sank auf einen geringen Restbetrag. Die genannten Aufwendungen an Produktionsmitteln führten aber bei der Pflanzenproduktion zu einer Einengung des Ertrag/Aufwand-Verhältnisses der Energie.

Das Ertrag/Aufwand-Verhältnis der Energie wird nach Definition gebildet aus dem erwirtschafteten Energieertrag einerseits und den Aufwendungen für Saatgut, Dünger, Pflanzenschutzmittel, menschliche und tierische Arbeit, Maschinen und deren Betriebsmittel sowie Gebäuden einschließlich der Unterhaltung andererseits. Es ist bei der pflanzlichen Produktion in der Regel größer als eins, da die solare Strahlung als weitere zur Verfügung stehende Energiequelle mit genutzt wird.

In vielen Entwicklungsländern der Tropen und Subtropen werden die Hauptfruchtarten noch vorwiegend nach überlieferten Verfahren angebaut. Diese stützen sich auf die natürliche Bodenfruchtbarkeit, die eingestrahelte Sonnenenergie und fast ausschließlich auf die menschliche und tierische Arbeitskraft. Die geringe Kapitalverfügbarkeit der Betriebe und die Devisenknappheit vieler Entwicklungsländer schließen derzeit Maßnahmen zur Erhöhung von landwirtschaftlicher Produktivität und Ernteerträgen, wie sie in der Landwirtschaft der gemäßigten Zonen der Industrieländer üblich sind, noch aus.

*) Prof. Dr. M. Eimer ist akademischer Oberrat am Institut für Agrartechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. F. Wieneke) der Universität Göttingen.

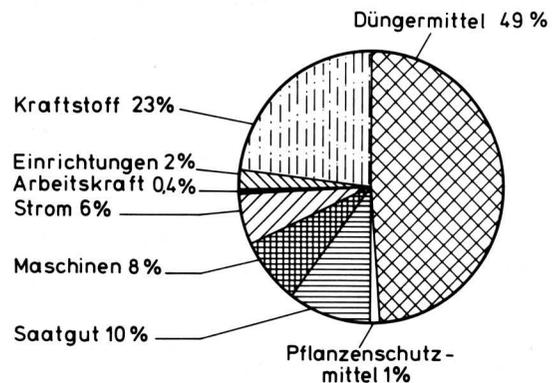


Bild 1. Anteile des Energieaufwands in der Pflanzenproduktion der Bundesrepublik Deutschland 1977, nach Heyland u. Solansky [1].

2. Methodik und Grundlagen

Die Erfassung der Energieaufwendungen für die pflanzliche Produktion in den Tropen und Subtropen sollte die von den Verhältnissen der gemäßigten Zonen abweichenden Bedingungen berücksichtigen sowie sämtliche aufgewendete Größen mit einschließen, die direkt und indirekt am erwirtschafteten Ertrag Anteil haben:

- Die Vegetationszeiten für tropische und subtropische Feldfrüchte sind recht unterschiedlich. Reis kann beispielsweise nach dem Pflanzen bereits in 90 bis 120 Tagen geerntet werden, dagegen sind für Maniok in der Regel 15 bis 18 Monate anzusetzen. Eine Kenngröße für den Vergleich ist daher sowohl auf die Fläche als auch auf einen Zeitabschnitt – vorzugsweise ein Jahr – zu beziehen.
- Feldfrüchte nutzen das Nährstoffangebot des Bodens art-spezifisch nach Bedarf und Intensität. Deshalb sollten sich Energiebilanzen grundsätzlich auf vollständige Fruchtfolgen oder Bodennutzungsperioden einschließlich zusätzlicher Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit – wie den Anbau von Zwischenfrüchten – erstrecken.
- Die landwirtschaftlichen Betriebe der Tropen und Subtropen sind überwiegend Vollerwerbsbetriebe. Der Eigenbedarf an erzeugten Nahrungsmitteln ist anteilig bedeutend. Nur ein um diesen Anteil reduzierter Ernteertrag steht als erwirtschaftetes Ergebnis zur Verfügung [2], welches ausreichen muß, um neben den betrieblichen Aufwendungen zumindest die Grundbedürfnisse der Familie für Brennmaterial zum Kochen, für Beleuchtung, Wohnung und Kleidung sowie Hygiene abzudecken.
- Außerdem ist eine klare Abgrenzung der verschiedenen Formen der Energie nämlich zwischen erzeugter Energie für menschliche Ernährung, der metabolischen Energie, einerseits sowie dem direkten und indirekten Einsatz von Energie für den technischen Aufwand in der Landwirtschaft andererseits erforderlich.

Unter diesen Voraussetzungen erscheint es notwendig, anstelle des üblichen Ertrag/Aufwand-Verhältnisses der Energie nach der bisherigen Definition eine neue, den angeführten Anforderungen entsprechende Kenngröße zu entwickeln.

Vortrag bei der "Internationalen Tagung Landtechnik" in Neu-Ulm, 28. Okt. 1982.

2.1 Definition der Energiezahl

Aufgrund der dargelegten Anforderungen wird vorgeschlagen,

- den Energieertrag des Erntegutes je Fläche und Jahr vermindert um den Saatguteinsatz, die Verluste (Ernte, Aufbereitung, Lagerung) sowie den Nahrungseigenbedarf der bäuerlichen Familie

ins Verhältnis zu setzen zu

- dem Gesamtaufwand an Energie je Fläche und Jahr für Saatgutaufbereitung, Pflanzenschutzmittel, Düngemittel, Geräte, Maschinen und deren Betriebsstoffe, Gebäude einschließlich Unterhaltung sowie Befriedigung menschlicher Grundbedürfnisse.

Diese Größe wird **Energiezahl** genannt; sie gibt das Verhältnis von metabolischer Energie zu technischer Energie an, jeweils bezogen auf ein Hektar und Jahr und ermittelt für eine vollständige Fruchtfolge.

2.2 Energie für die menschliche Ernährung

Die erzeugten landwirtschaftlichen Produkte dienen vornehmlich der Sicherung der menschlichen Ernährung; sie weisen recht unterschiedliche durch den Menschen verwertbare Energiegehalte auf, **Tafel 1**, für die auch die Benennungen metabolischer Energiegehalt oder physiologischer Brennwert gebräuchlich sind. Der metabolische Energiegehalt ist abschätzbar anhand der Anteile und der mittleren Energiegehalte der Inhaltsstoffe wie Proteine, Fett und N-freie Extraktstoffe, das sind Zucker und Stärke, **Tafel 2**.

Die Vollständigkeitshalber aufgeführte Rohfaser, überwiegend Zellulose, ist für den Menschen ein Ballaststoff, sie kann nur von

Erntegut	Energiegehalt [MJ/kg]	Schrifttum
Reis (Oryza sativa)	14,95	[3]
Mais (Zea mays)	14,90	[3]
Weizen (Triticum aestivum)	14,95	[4]
Gerste (Hordeum sativum)	13,10	[4]
Kartoffel (Solanum tuberosum)	3,18	[4]
Zuckerrübe (Beta vulgaris)	2,64	[4]
Yam (Dioscorea spp.)	3,77	[3]
Maniok (Manihot esculenta)	4,56	[3]

Tafel 1. Mittlere Gehalte metabolischer Energie einiger landwirtschaftlicher Produkte.

Inhaltsstoff	Energiegehalte [MJ/kg]
Rohprotein	17
Rohfett	39
N-freie Extraktstoffe	17
Rohfaser	(17)*
Asche	–
Wasser	–

* nur bei Wiederkäuern

Tafel 2. Mittlere Energiegehalte der Inhaltsstoffe von Nahrungsmitteln [5, 6].

Tieren mit entsprechendem Verdauungssystem wie Ziege, Schaf und Rind in Energie umgesetzt werden. In dieser Hinsicht sind diese Tiere nicht unmittelbare Nahrungskonkurrenten des Menschen wie Huhn und Schwein, die einen dem menschlichen gleichartig aufgebauten Verdauungstrakt aufweisen (Monogastrier).

Hohe Wasseranteile setzen den Energiegehalt von Lebensmitteln herab, sie sind die primäre Ursache für bestehende Unterschiede bezüglich des Nährwerts (Tafel 1). Die Verdauung und Resorption von Nährstoffen wird von Wasser nicht behindert, seine ausreichende Verfügbarkeit ist vielmehr eine grundsätzliche Voraussetzung.

2.3 Energieeinsatz in der Landwirtschaft

Energien werden in der Landwirtschaft

- direkt durch Verbrennen von Energieträgern wie Kraft- und Brennstoffe sowie
- indirekt für die Herstellung sowohl von Geräten, Maschinen und baulichen Einrichtungen als auch von Mineraldünger, Pflanzenschutzmitteln und verschiedenen Betriebsmitteln genutzt.

Bei der "Energieerzeugung" werden Kohlen- und Wasserstoff sowie auch kleine Mengen von Schwefel von ursprünglich organischen Stoffen mit Luftsauerstoff unter Wärmeentwicklung zu Oxiden verbrannt. Die Wärmeenergie findet entweder direkt Verwendung oder wird durch thermodynamische Prozesse in mechanische Energie umgewandelt. Dabei ist die Energie des im Rauch- oder Abgas enthaltenen Wasserdampfes, sei es der bei der Verbrennung von Wasserstoff entstandene oder der verdampfte Wasseranteil des Brennstoffes, technisch nicht nutzbar. Die verwertbare, in der Regel auf die Masseneinheit (bei Gasen auch auf die Volumeneinheit) bezogene Verbrennungswärme eines Brennstoffes wird als spezifischer (bzw. volumenbezogener) Heizwert bezeichnet.

Der Heizwert eines Stoffes ist näherungsweise aus den Anteilen von Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff sowie Schwefel, Asche und Wasser erchenbar [7]. Trockene Brennstoffe weisen deutlich höhere Heizwerte auf als im natürlichen Zustand zum Zeitpunkt der Gewinnung; dies gilt insbesondere für Ernterückstände, Holz und Torf. Sofern eine natürliche Trocknung solcher Materialien nicht möglich ist, sollte aufgewendete Trocknungsenergie bei Bilanzen berücksichtigt werden. Die Heizwerte einiger Brennstoffe mit üblichen Feuchten sind in **Tafel 3** zusammengestellt.

Der Energieaufwand für die Herstellung von Geräten, Maschinen und baulichen Einrichtungen erstreckt sich auf die Darstellung der Grundstoffe und deren Weiterverarbeitung zum gebrauchsfertigen Gegenstand. Während die Herstellungsenergien für Grundstoffe und Halbzeuge bekannt sind, können diejenigen für Maschinen und Anlagen mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad der Fertigung nur in Bereichen angegeben werden, **Tafel 4**. Dabei ist dann in der Regel auch ein erhöhter Unterhaltungsaufwand und Ersatzteilbedarf anzusetzen.

Energiemengen für die Herstellung von Mineraldünger werden anhand der Werte für die Grundkomponenten veranschlagt, **Tafel 5**. Es sei hier vor allem auf den hohen Energiebedarf für die Darstellung von Stickstoffdünger hingewiesen. Man darf davon ausgehen, daß mit dem Ansteigen der Erdölpreise die Bemühungen der Düngemittelindustrie, den Energieaufwand durch verbesserte Herstellungsverfahren weiter zu senken, in absehbarer Zukunft bei einigen Düngierzusammensetzungen Erfolg haben können und so eine Reduzierung der energetischen Aufwendungen für den Pflanzenbau möglich wird.

Der Energieaufwand zur Herstellung der Wirkstoffe für Pflanzenschutzmittel erstreckt sich über einen Bereich von 60–460 MJ/kg [4]. Geht man davon aus, daß diese Mittel neben Wirkstoffen etwa zur Hälfte Träger- und Haftstoffe enthalten [15], deren Energiegehalt um 20 MJ/kg anzusetzen ist, so kann bei den handelsüblichen Produkten meist mit entsprechend niedrigeren Werten gerechnet werden, die sich im Mittel um 100 MJ/kg bewegen [1, 14].

Brennstoff	Bezogen auf wasser- und aschefreie Substanz						Bezogen auf Gesamtmasse		spez. Heizwert [MJ/kg]	Schrifttum
	C	H	O	N	S	flüchtige Bestandteile	Asche	Wasser		
Steinkohle (Fett-)	88	5	5	1	1	22	5	4	31,00	[8]
Hartbraunkohle	74	5,5	18,5	1,5	0,5	50	7,5	25	16,75	[8]
Torf feucht	59	6	33	1,5	0,5	>60	1,0	85	1,05	[8]
Torf lufttrocken							4,7	28	14,65	[8]
Holz frisch	50	6	44	-	-	>70	0,3	50	8,40	[8]
Holz lufttrocken							0,5	18	15,10	[8]
Holzkohle	88	3	9		-		1,0	5	29,90	[9]
Getreidestroh lufttr.	51,9	6,1	41,4	0,5	0,1	80	4,3	14	14,20	[10]
Dieselmotorkraftstoff	86	13			<0,55		<0,02	<0,1	42,50	[11]
Benzin, normal	86	14			<0,1				43,50	[11]
Erdgas	76	24							47,70	[11]

Tafel 3. Mittlere Zusammensetzung und spezifische Heizwerte einiger Brennstoffe, Gewichtsangabe in Prozentanteilen.

Produkt	Herstellungsenergie [MJ/kg]	Schrifttum
Walzstahl	23	[12]
Kunststoff	90	[12]
Stahlbeton	8	[12]
technisches Glas	26	[12]
landw. Geräte	28 bis 35	
landw. Maschinen	32 bis 60	

Tafel 4. Herstellungsenergien technischer Halb- und Fertigprodukte.

Mineraldüngerkomponente	Herstellungsenergie [MJ/kg]	
	[13] 1976	[14] 1981
N	80	60
P ₂ O ₅	14	12
K ₂ O	9	8
CaO	2	2
MgO		3*

*) geschätzt

Tafel 5. Herstellungsenergien von Mineraldüngern nach verschiedenen Autoren [13, 14].

3. Beispiel einer Bodennutzung in den Tropen

Eine heute noch verbreitete Bodennutzungsart in den humiden Tropen ist der Wanderfeldbau, bei dem eine gerodete Waldfläche ackerbaulich in der Regel zwei bis drei Jahre – gelegentlich auch 4 Jahre – genutzt und anschließend der Brache überlassen wird. In diesen Regionen wie in Westafrika, ist während acht Monaten (von März bis Oktober) mit hohen Niederschlägen zu rechnen, gefolgt von einer niederschlagsarmen Periode mit monatlichen Niederschlagssummen von weniger als 30 mm [16, 17]. Eine hier häufig anzutreffende Fruchtfolge ist der Anbau von Yam, Mais und Maniok, die den nachfolgenden Energiebilanzen zugrunde gelegt wird.

3.1 Das Kultivieren der Anbauflächen

Die Rodung eines tropischen Sekundärwaldes kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen: einmal mit schwerem Gerät, das von einer regionalen staatlichen Stelle oder Unternehmung – aber häufig mit negativen Auswirkungen auf die Bodenverhältnisse – eingesetzt wird, oder zum anderen mit Hilfe von Flachsenschzug, Säge und Axt durch die bäuerliche Familie oder Gemeinschaft [18]. Die Modellrechnung geht von dieser zweiten Methode aus.

Beim Einsatz des handgetriebenen Flachsenschlages wird mit dem Roden während der Regenperiode begonnen, da sich die Bäume dann leichter entwurzeln lassen. Zwei Männer sind während eines 6-Stunden-Tages in der Lage, etwa 70 Bäume (bis 20 cm ϕ) aus dem Boden zu ziehen [18].

Einzelne große Bäume werden bei der Rodung ausgespart; sie dienen als Windschutz und zur Vorbeugung gegen Erosion. Mit Beginn der trockenen Witterungsperiode wird das nicht anderweitig genutzte Holz und Buschwerk zusammen gezogen und vor Wiedereinsetzen starker Regenfälle abgebrannt. Die verbleibende Asche ist ein willkommener Dünger für den Anbau der ersten Frucht.

3.2 Die Feldfrüchte und ihr Anbau

Die erste Frucht ist Yam, der bei traditioneller Anbauweise als Knolle in mit einer kurzstieligen Hacke aufgehäufte Hügel (mittlere Abmessung: Grundfläche 1,25 m², Höhe 0,4–0,5 m [19, 20]) gepflanzt wird. Eine Abdeckung der Hügelkuppe mit organischem Material schützt vor Wasserverdunstung; sie stellt eine meist notwendige ertragssichernde Maßnahme dar. Nach Ausbildung einer Ranke von 0,3 m wird diese an in die Hügel gesteckte Stützstangen gebunden. Die Pflanzhügel erschweren eine mechanische Unkrautbekämpfung, die normalerweise dreimal durchzuführen ist.

Yam bildet in 6 bis 8 Monaten Wurzelknollen mit einem Gewicht von 3–6 kg bei einem Durchmesser von 10–15 cm und einer Länge von 25–40 cm. Die Ernte erfolgt ebenfalls mit der Hacke; sie sollte vor Beginn der nächsten Regenzeit beendet sein.

In Westafrika kann mit mittleren Erträgen von 9 t/ha gerechnet werden [16, 17, 20 bis 22], davon sind zwischen 1 und bis zu 2,5 t des Ernteguts für die Anzucht von Saatknochen in Abzug zu bringen [22]. Yam stellt eine gut verkäufliche Marktfrucht mit hohem Erlös dar und ist als Nahrungsmittel etwa der Kartoffel vergleichbar.

Beim mechanisierten Anbau geht man zur Dammkultur über. Maschinelles Roden der Knollen erfordert den Einsatz schweren Geräts; dies könnte für Großbetriebe eine Lösung sein.

Dem Yam folgt in der gewählten Fruchtfolge der Mais. In Westafrika werden auf ungedüngten Standorten zwischen 0,8 und 2,5 t geerntet [16, 20 bis 22]. Unzureichende Anbaumethoden können Ursache für ein niedrigeres Ertragsniveau sein [20].

Mit Maniok – englisch "cassava" – als der die Bodenfruchtbarkeit erschöpfenden Fruchtart schließt die Bodennutzungsperiode ab [21]. Aus vorjährigen Manioktrieben geschnittene Stecklinge werden überwiegend in Reihenkulturen ausgepflanzt. Solange der Bestand nicht den Boden beschattet, ist eine intensive Unkrautbekämpfung erforderlich. Nach einer Vegetationszeit von 12 bis 18 Monaten können Maniok-Wurzelknollen mit einem Gewicht von 1,5–3 kg gerodet werden; sie besitzen einen Durchmesser von 6–8 cm und eine Länge von 20–40 cm. Maniok wird nach Bedarf geerntet, da er nach 3–4 Tagen Lagerzeit verdirbt. Ein Verbleiben der Knollen im Boden über längere Zeit wirkt sich nur unwe-

sentlich qualitätsmindernd aus. Nach der Ernte entwickelt sich Blausäure in den Knollen; sie sind daher vor dem Verzehr zu wässern und zu kochen. Maniok stellt ein stärkereiches Nahrungsmittel dar. In Westafrika kann mit Erträgen zwischen 7,5 und 20 t/ha gerechnet werden [16, 17, 20, 22, 23].

4. Anbauflächen und Aufwand bei unterschiedlicher Mechanisierung

Ausgangsgrößen für die Erstellung von Energiebilanzen sind die bewirtschaftete Anbaufläche, die erzielten Erträge und die dafür erforderlichen Aufwendungen. Die verfügbaren Zeitspannen für saisonbedingte Arbeitserledigung begrenzen bei vorhandenen Arbeitskapazitäten von Mensch, Tier und Maschinen die mögliche Anbaufläche.

Die Familie in Westafrika wird mit sieben Personen angesetzt, wobei unterstellt ist, daß neben dem Bauern entweder ein männliches älteres oder fast erwachsenes jugendliches Familienmitglied für die Feldarbeit zur Verfügung steht und damit von 1,8 Arbeitskräften (AK) ausgegangen werden kann. Die Männer führen in der Regel das Roden des Waldes, die Bodenbearbeitung und die Ernte der Wurzelfrüchte allein durch. Beim Pflanzen, Säen, Unkrauthacken, Pflücken der Maiskolben und Aufbereiten des Ernteguts sowie auf der Handarbeitsstufe beim Transport von Erntegut helfen weibliche Familienmitglieder, deren Arbeitskraft mit 1,2 AK angenommen wird (Leistungsfähigkeit der Frau entspricht 4/5 von derjenigen des Mannes [24]).

In tropischen Regionen ist mit einer mittleren täglichen Arbeitszeit von sechs Stunden an fünf Tagen in der Woche zu rechnen [17, 18, 25]. Geht man von 50 Arbeitswochen je Jahr aus (d.h. 1 500 Akh/Jahr), so können pro AK 1 200 Arbeitsstunden/Jahr für die Erledigung von Feldarbeiten angesetzt werden.

4.1 Arbeitsleistung und Aufwand bei Handarbeit

Ein Zeitplan der zu erledigenden Arbeiten sowie die dafür je Hektar erforderlichen monatlichen Arbeitsstunden bei Handarbeit sind untereinander im Ablauf der Jahre vom Kultivieren des Ackerlandes [18] über die anschließende Nutzung durch den Anbau von Yam, Mais und Maniok [26, 27] in Bild 2 zusammengestellt. Danach ergibt sich ein Bereich erhöhten Arbeitszeitbedarfes

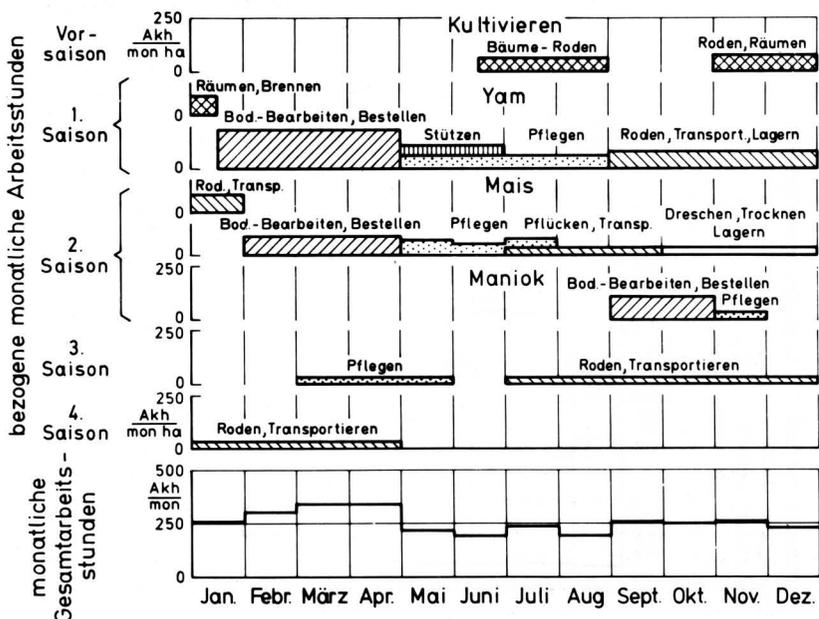


Bild 2. Zeitplan und monatliche Arbeitsstunden für den Anbau von je 1 ha Yam, Mais und Maniok bei Handarbeit.

auf den Feldern für die Durchführung der Bodenbearbeitung und Bestellung von Yam und Mais in der Spanne Februar bis April. Die Erledigung dieser Arbeiten begrenzt hier die mögliche Anbaufläche. Die von den männlichen Arbeitskräften der Familie (1,8 AK, siehe oben) durchzuführende Bodenbearbeitung und das Aufhäufeln der Pflanzhügel für Yam, jeweils mit ortsüblichen, kurzstieligen Hacken vorgenommen, sind Schwerstarbeit [19]; deshalb kann von den beiden Fruchtarten gleichzeitig maximal nur je 1 ha bestellt werden.

Beim Anbau von je 1 ha der drei Fruchtarten der vorgegebenen Folge und einer Bodennutzungsperiode, gerechnet ab Beginn der Rodearbeiten bis Ende der Maniokernte (Bild 2), von insgesamt 4 Jahren beträgt die genutzte Gesamtfläche 4 ha. Der Arbeitszeitbedarf liegt bei einem solchen Betrieb unter der veranschlagten möglichen Jahresarbeitskapazität der bäuerlichen Familie.

Die Aufwendungen an Arbeitsgerät erstrecken sich auf Flaschenzug mit Seilen in Gemeinschaftsnutzung, Zugsäge, Äxte, Haumeser und Hacken für das Roden sowie unterschiedliche Hacken, Macheten, Sicheln und Tragekörbe für den Ackerbau. Eine recht beachtliche Holzmasse ist für den Yam-Anbau nötig. In jeden der rund 8000 Pflanzhügel je Hektar wird in der Regel eine Stange mit einer Länge von etwa 2,2 m gesteckt. In Wohnhausnähe sind darüber hinaus für Aufbereitung und Lagerung von Erntegut für Yam Lagergestelle sowie Lagerbehälter und ein Trocknungsgestell für Mais erforderlich.

Eine Mechanisierung auf der Handarbeitsstufe kann erfolgen durch Einführung:

- von Geräten zum Markieren der Saatablagestellen oder handgeführten Einzelkornsäegeräten (Mais),
- von handgeschobenen oder -gezogenen Geräten für die Pflanzenpflege, z.B. der Rollhacke (Mais, Maniok),
- einer Schubkarre für den Transport (ebene Geländebedingungen vorausgesetzt) sowie
- von Maisentkörnungsringen.

Diese Geräte dienen vornehmlich der Arbeiterleichterung; ihr Einsatz während der Spanne höchster Arbeitsbelastung führt kaum zu einer merklichen Zeiteinsparung. Die Anbaufläche kann daraufhin nicht ausgedehnt werden.

4.2 Arbeitsleistung und Aufwand bei tierischer Anspannung

Ein Abbau der Arbeitszeitbelastung während der Bodenbearbeitung bei gleichzeitig verbesserter Arbeitsintensität kann durch tierische Anspannung erfolgen, wenn eine Tierhaltung aus hygienischer Sicht gegeben ist. Ein Ochsenpaar – Lebendgewicht je ca. 350 kg – reicht aus, einen leichten, einscharigen Pflug zu ziehen [28, 29]. Dadurch wird es möglich, die doppelte Fläche zu bearbeiten, Bild 3, zuzüglich einer Futteranbaufläche von 1 ha, vorwiegend zur Ernährung der Tiere während der Trockenzeit. Die Ochsen müssen sich zu Beginn der Regenzeit für die anstehende Bodenbearbeitung in guter Verfassung befinden. Als weitere Vorteile der tierischen Anspannung sind zu nennen [28]:

- eine schnellere Durchführung der Saat- und Pflugarbeiten sowie
- eine Erhöhung der Transportkapazität.

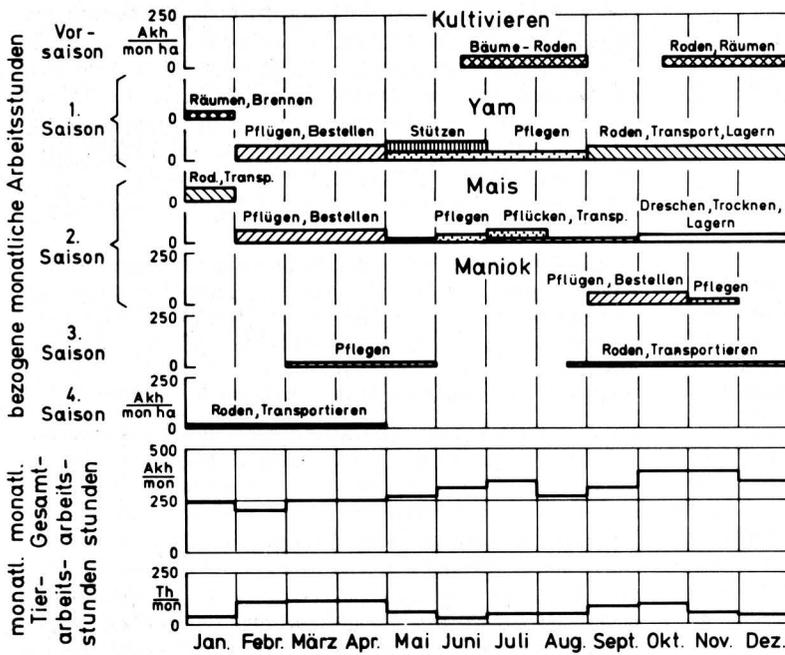


Bild 3. Zeitplan sowie monatliche menschliche und tierische Arbeitsstunden für den Anbau von je 2 ha Yam, Mais und Maniok bei Anspannung einheimischer Zugochsen.

Die monatliche Arbeitsstundenbelastung des Betriebes weist für die Arbeitskräfte eine Spitze während der Monate Oktober und November auf (Bild 3, unten). Es fallen hier bei Beginn der trockeneren Witterungsperiode die Arbeiten für das Kultivieren, das Roden von Yam sowie die letzte Bodenbearbeitung für Maniok zusammen. Trotz einer größeren zeitlichen Arbeitsbelastung ist der Anteil der Schwerarbeit für die Männer geringer als bei der Handarbeitsstufe.

An zusätzlichen Aufwendungen für die Mechanisierung bei tierischer Anspannung sind nötig:

- die individuell angepassten Zuggeschirre,
- ein Mehrzweckrahmen mit Stelzrad und Werkzeugen für Bodenbearbeitung und -lockerung sowie Einzelkornsäegeräte,
- ein Satz Eggen,
- ein Einachskarren mit etwa 1000 kg Tragkraft,
- ein geräumiger Pferch für die Ochsen und Lager für Heu in Wohnhausnähe sowie
- Einzäunungsmaterial für Weideflächen.

Eine Nutzung der tierischen Zugkraft während des gesamten Jahres ist nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht, sondern auch zur Aufrechterhaltung der antrainierten Kondition der Tiere zu empfehlen [29].

Ein weiterer Einsatz der tierischen Zugkraft ist beispielsweise durch Göpelwerke zum Antrieb von Dresch- und Reinigungsanlagen sowie auch Bewässerungsanlagen gegeben.

4.3 Arbeitsleistung und Aufwand bei Motorisierung

Eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität wird durch den Einsatz von Motoren möglich. In kleinbäuerlichen Betrieben oder Maschinennutzungs-Gemeinschaften kommen in Regionen dieser Art vorzugsweise Vierrad-Ackerschlepper im Leistungsbereich zwischen 15 und 25 kW mit einer leistungsbezogenen Masse um 45 kg/kW zum Einsatz ([30], S. 244).

Der Arbeitszeitbedarf je Hektar läßt sich durch Schleppereinsatz (Leistung 20 kW) im Bereich der Bodenbearbeitung, Bestellung von Körnerfrüchten, Pflanzenpflege und Transport von Erntegut deutlich herabsetzen, Bild 4. Nur in geringem Umfang ist dieser Schlepper beim Kultivieren der Anbauflächen und für einige Arbeiten beim Yam-Anbau, wie Pflanzen, Aufstellen der Stützstangen und Ernte, zu nutzen. Eine Reduzierung der Arbeitszeit für das Kultivieren ist durch den Einsatz einer Motorsäge erreichbar. Bei unveränderter Fruchtfolge kann bei Motormechanisierung insgesamt eine Anbaufläche von 14 ha bewirtschaftet werden.

Die Aufwendungen dieser Mechanisierung und Motorisierung sind:

- eine Motorkettensäge (3 kW),
- ein Vierrad-Ackerschlepper (20 kW),
- Geräte für Bodenbearbeitung, Pflanzenpflege und Einzelkornablage,
- ein Satz Eggen,
- ein Einachswagen, Tragkraft ca. 2000 kg,
- ein Maisdrescher für Zapfwellenbetrieb sowie
- ein Geräte- und Maschinenschuppen mit dem nötigen Werkzeug.

Eine höhere Effektivität des Schleppereinsatzes in der tropischen Landwirtschaft bedingt eine Abänderung der Fruchtfolge zugunsten ertragreicher Fruchtarten, deren Anbau mit niedrigem Aufwand zu mechanisieren ist. Bei geringer Verfügbarkeit von landwirtschaftlich nutzbarem Land ist der Übergang zum permanenten Ackerbau anzustreben.

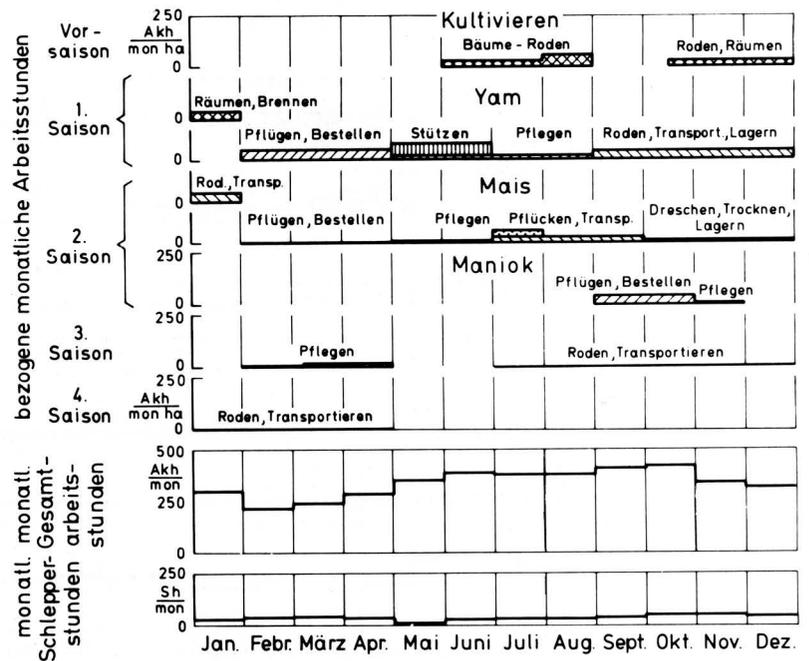


Bild 4. Zeitplan, monatliche menschliche Arbeitsstunden und Schlepperstunden für den Anbau von je 3,5 ha Yam, Mais und Maniok bei Mechanisierung und Motorisierung.

5. Energieeinsatz und Energiebilanzen

Die Einzelposten der Energiebilanz für die unterschiedlichen Mechanisierungsstufen lassen sich aus den bewirtschafteten Flächen und den zu erwartenden Erträgen sowie den dafür nötigen technischen Aufwendungen mit Hilfe der auf die Masseneinheit bezogenen Nahrungsenergien, Heizwerte und Herstellungskosten ermitteln; sie sind anschließend nach der Definition für die Energiezahl zusammenzufassen. Bei allen Varianten der Mechanisierung kommen als nahezu unveränderliche Größen der Nahrungsbedarf und die Grundbedürfnisse der bäuerlichen Familie hinzu.

Der Nahrungsbedarf der Familie ist nach den derzeit verbindlichen Richtlinien für den Energiebedarf des Menschen nach Grundumsatz, Berufsarbeitsumsatz und Freizeitumsatz unter Berücksichtigung eines Anteils für unvollständige Resorption und Verluste bei der Nahrungszubereitung zu bestimmen [5, 31]. Beim gewählten Beispiel wird die Ernährung zu 80 % durch Feldfrüchte und zu 20 % durch Produkte aus dem Garten und der Tierhaltung (Hühner und Ziegen) sichergestellt.

Zur Energiedeckung der Grundbedürfnisse – orientiert am Standard örtlicher Verhältnisse – für Wohnen, Feuerholz zum Kochen, Beleuchtung, Kleidung, Hygiene usw. sind nur kleine Aufwandsmengen nötig, außer für das Feuerholz, auf das etwa 70 % entfallen. Beim Beispiel kann dieser Energiebedarf nahezu durch Abfallholz der Stützstangen für den Yam-Anbau gedeckt werden, wenn etwa 60 % des jährlich dafür neu eingesetzten Holzes als Brennmaterial nutzbar sind. Die Unterbringung der Hühner in einem Stall und die der Ziegen in einem Pferch sowie die notwendige Einzäunung des Gemüsegartens, erfordert einen vergleichsweise geringen Materialeinsatz.

Die Wege wesentlicher Materialien, Ernte- und Verbrauchsgüter des landwirtschaftlichen Modellbetriebes zeigt Bild 5 als Flußdiagramm, in dem der Holzbedarf für den Yam-Anbau unberücksichtigt blieb.

5.1 Energiebilanz der Handarbeitsstufe

Bei Handarbeit ist die bäuerliche Familie in der Lage, je einen Hektar der 3 Fruchtfolgeglieder anzubauen. Geht man von ortsüblichen Erträgen aus (Yam: 9 t/ha, Mais: 1,6 t/ha, Maniok: 11 t/ha), wird auf der insgesamt genutzten Fläche im Mittel ein Ertrag an

Nahrungsenergie von 27 GJ/ha Jahr erzeugt, Bild 6. Nach Abzug des Saatgutanteils – für Yam werden 1,2 t/ha benötigt –, der Verluste, die mit 15 % eingehen, sowie des Eigenbedarfs an Nahrungsmitteln für die bäuerliche Familie, verbleiben als Ertragsüberschuß etwa 60 % des Ernteertrages. Dem steht ein Aufwand technischer Energien von 8,5 GJ/ha Jahr gegenüber, von dem über 90 % durch Waldnutzung zu decken sind. Vom Rest der aufzuwendenden Energie entfallen zwei Drittel auf stählerne Werkzeuge, die in der Regel importiert werden. Für das Beispiel ergibt sich eine Energiezahl von $1,9 J_{\text{metab.}}/J_{\text{techn.}}$; das ist, wie später noch gezeigt wird, ein respektables Ergebnis.

Solange Holz und andere pflanzliche Materialien ausreichend zur Verfügung stehen und noch ohne Gegenleistung genutzt werden können, sind Bauern in der Lage, ihre Familien von den Erträgen eines Aichtels der im Beispiel unterstellten Anbaufläche zu ernähren und notwendige Aufwendungen zu decken. In diesem Fall müßten Bilanzen die genutzten Waldflächen als genutzte Flächen des Betriebes mit einschließen.

5.2 Energiebilanz bei Zugtieranspannung

Der erwirtschaftete Energieertrag je Hektar ist bei Zugtieranspannung unter Einschluß der notwendigen Futterfläche trotz verdoppelter Anbaufläche und verbessertem Ertrag aufgrund intensiverer Bodenbearbeitung von etwa gleicher Größe wie bei Handarbeit, Bild 7, links und Mitte. Infolge des anteilig aber geringeren Eigenbedarfs an Nahrungsmitteln, ergibt sich ein höherer Überschuß, der um 70 % des Bruttoertrages liegt. Dem steht ein geringerer bezogener Energieaufwand gegenüber. Die günstigere Energieverwendung kommt in einem größeren Zahlenwert der Energiezahl zum Ausdruck, der sich zu $2,45 J_{\text{metab.}}/J_{\text{techn.}}$ errechnet. Dagegen war nicht zu erwarten, daß die zusätzlichen Geräte für die Mechanisierung mit tierischer Anspannung keine Erhöhung des auf die Flächeneinheit bezogenen zu importierenden Energieanteils bewirken.

Die Nutzung des von den Zugochsen über Nacht abgesetzten Kots zur Düngung des Mais (ca. 3,3 t Dung/Jahr und Tier [32]) – eine Möglichkeit zur Ertragssteigerung und -sicherung von der in Afrika noch wenig Gebrauch gemacht wird [32] – läßt durch den Mehrertrag die Energiezahl auf $2,52 J_{\text{metab.}}/J_{\text{techn.}}$ anwachsen.

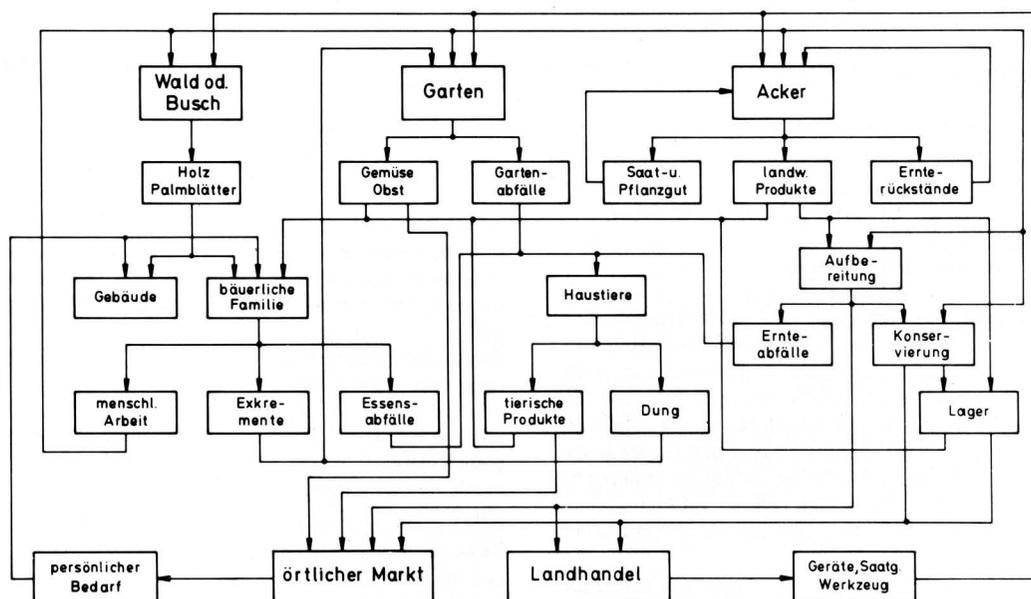


Bild 5. Flußdiagramm für Materialien, Ernte- und Verbrauchsgüter eines bäuerlichen Betriebes der Tropen auf der Handarbeitsstufe.

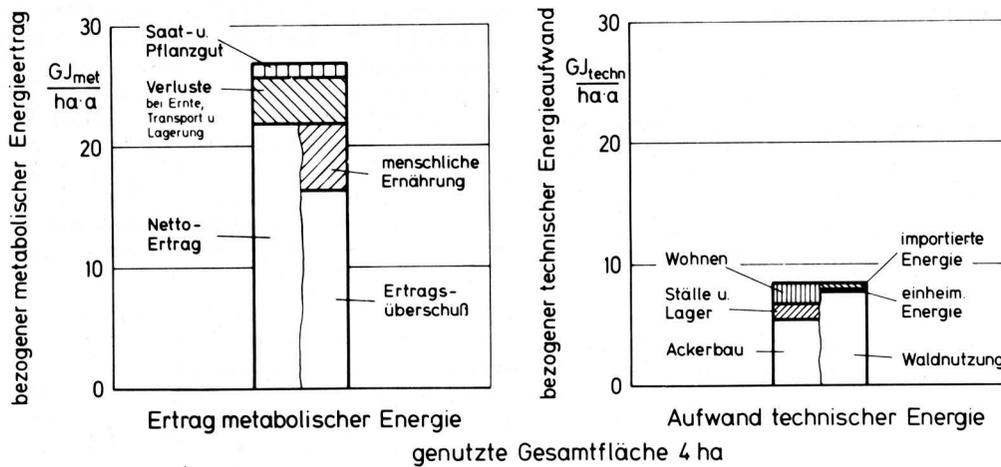


Bild 6. Energiebilanz für den Wanderfeldbau beim Anbau von je 1 ha Yam, Mais und Maniok auf der Handarbeitsstufe (genutzte Gesamtfläche 4 ha).

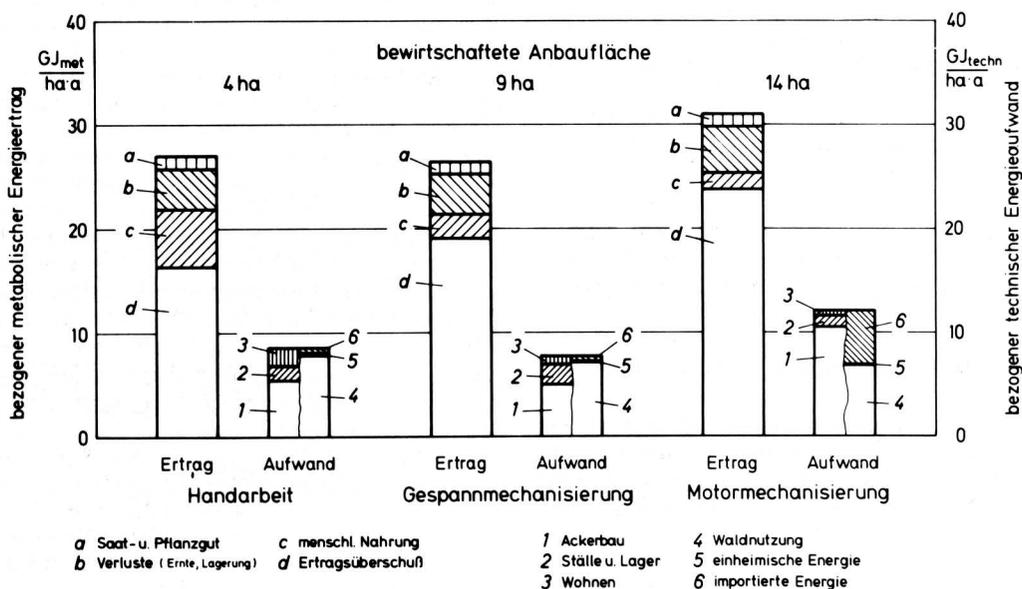


Bild 7. Energiebilanzen für den Wanderfeldbau beim Anbau gleicher Flächenanteile von Yam, Mais und Maniok bei unterschiedlicher Mechanisierung.

5.3 Energiebilanzen bei Motorisierung

Bei Mechanisierung und Motorisierung wird je Flächeneinheit erwartungsgemäß der größte Ertragsüberschuß erwirtschaftet, dies aber überwiegend auf Kosten eines höheren Aufwandes an importierter Energie, Bild 7 rechts. Der Anstieg läßt sich allein auf die benötigten motorischen Kraftstoffe zurückführen; die anteiligen Aufwendungen für Motorsäge, Ackerschlepper und Geräte hingegen sind von gleicher Höhe wie die für die Geräte der anderen bei den Mechanisierungsstufen. Die Energiezahl beträgt hier $2 \frac{J_{metab.}}{J_{techn.}}$, ist also damit etwas günstiger als bei Handarbeit.

Dieses Bilanzbeispiel unterstreicht die Wichtigkeit der Substituierung von Kraftstoffen aus fossilen Energieträgern in diesen Ländern. Das beim Kultivieren der Anbauflächen gerodete und üblicherweise verbrannte Holz könnte hier einen Beitrag zur Deckung des Energiebedarfs liefern.

Eine Verbesserung der Energiebilanz ist bei Mechanisierung und Motorisierung durch eine Änderung des Anbauverhältnisses zugunsten von Mais, trotz seines geringeren Energieertrages, zu erzielen, Bild 8. Der niedrigere Arbeitszeitaufwand bei Mais erlaubt die genutzte Anbaufläche von 14 auf 16 ha zu erhöhen. Obwohl ein geringerer bezogener Bruttoertrag erwirtschaftet wird, gehen die Anteile für Saatgut und Ernährung der Familie zurück. Dem steht ein stark reduzierter Holzbedarf für Yam-Stützstangen und ein niedriger Kraftstoffverbrauch gegenüber. Die Energiezahl erhöht sich damit sprunghaft auf $2,8 \frac{J_{metab.}}{J_{techn.}}$.

Durch gezielte, vorsichtige mineralische Düngung sind die Ernteerträge zu erhöhen bei Yam um 30 % [33], bei Mais um 50 % [34] und bei Maniok um 60 % [35].

Geht man von der Hälfte des genannten Ertragsanstiegs und einem entsprechenden Düngereinsatz aus, ergibt sich ein um ein Drittel höherer Ertragsüberschuß; die Energiezahl wird davon kaum berührt.

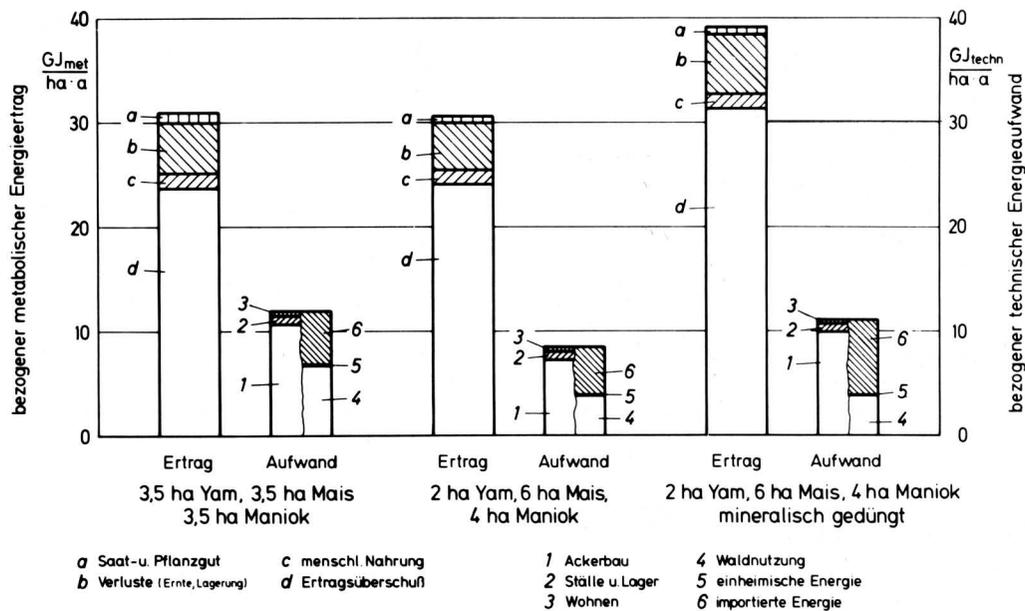


Bild 8. Energiebilanzen für den Wanderfeldbau beim Anbau von Yam, Mais und Maniok bei Motorisierung.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von den Verhältnissen der gemäßigten Zonen werden die abweichenden Bedingungen der Landwirtschaft in den Tropen und Subtropen herausgestellt. Unterschiede in den Vegetationszeiten der Fruchtarten und in der Intensität der Bodennutzung sowie hoher Eigenbedarf an Nahrungsmitteln durch die bäuerliche Familie sind zu berücksichtigen. Eine Abgrenzung zwischen Energie für die menschliche Ernährung und dem technischen Energieaufwand ist nötig.

Es wird die Kenngröße Energiezahl vorgeschlagen, die für eine vollständige Fruchtfolge – bezogen auf ein Hektar und Jahr – die produzierte Nahrungsenergie je aufgewandte Energieeinheit ausweist. Die Grundlagen zur Errechnung der Energiebeträge werden dargelegt. Der tropische Wanderfeldbau mit der Fruchtfolge Yam, Mais, Maniok dient als Beispiel, um die Effektivität des Energieeinsatzes bei unterschiedlicher Mechanisierung der Betriebe an Hand der Energiezahl zu erläutern.

Ein solches Kriterium wie das Verhältnis von erzeugter Energie für die menschliche Ernährung zum technischen Energieeinsatz dürfte neben Wirtschaftlichkeitsrechnungen an Bedeutung gewinnen. In den Tropen wird es weit notwendiger sein, den Erfolg des Energieeinsatzes kritisch zu bewerten, da in der Regel ein großer Mangel an fossiler Energie besteht.

In diesen Regionen wird auf absehbare Zeit in der Landwirtschaft die Handarbeitsstufe noch die vorherrschende Betriebsform bleiben. Als wichtigste Aufgabe sind Ertragssteigerung und -sicherung bei verbesserter Bodenfruchtbarkeit herauszustellen.

Die tierische Anspannung hat in einigen Ländern bereits Tradition. Überlieferte Anbaumethoden und Fruchtfolgen können beibehalten werden.

Schwerste Arbeiten sind nur durch den Ackerschlepper zu erledigen und auch energetisch vorteilhaft durchführbar. Der Übergang zu ertragreichen Früchten mit einfach zu mechanisierendem Anbau ergibt sich zwangsläufig. Ackerschlepper sollten überdies auch außerhalb der Landwirtschaft zum Einsatz kommen, wie für Transporte und Straßenbau.

Die Landwirtschaft der Tropen und Subtropen wird sich weiterhin überwiegend auf die Nutzung eigener Energiequellen beschränken müssen, wobei eine Ertragssteigerung bei geringem Energieeinsatz und eine Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit Entwicklungsziel sein müssen.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] Heyland, K.-U. u. S. Solansky: Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Pflanzenproduktion. Berichte über Landwirtschaft. 195. Sonderheft S. 15/30. Hamburg u. Berlin: Paul Parey 1979.
- [2] Preuschen, G.: Der energetische Wirkungsgrad, ein neuer Maßstab für die landwirtschaftliche Betriebsleitung. XIX. CIOSTA-Congress Referate Band I. S. 75/162, Ermatingen, Schweiz, 3./9. Sept. 1978.
- [3] ● Food composition tables – minerals and vitamins – for international use. FAO Rome 1954.
- [4] ● Green, M.B.: Eating oil; energy use in food production. Boulder, Colorado, USA: Westview press 1978.
- [5] ● Kraut, H. u. W. Wirths: Energiebedarf. In Kraut, H.: Der Nahrungsbedarf des Menschen. Beiträge zur Ernährungswissenschaft Bd. 7/I. Darmstadt: Dr. Dietrich Steinkopff Verlag 1981.
- [6] ● Souci, S.W., W. Fachmann u. H. Kraut: Lebensmittel-Tabellen für die Nährwertberechnung. 2. Aufl. Stuttgart: Wiss. Verlagsgesellschaft 1978.
- [7] ● Schöne, O.: Verbrennung. In Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch. Bd. 1, 28. Aufl., S. 507/43. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1955.
- [8] ● Riediger, B.: Brennstoffe. In Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch. Bd. 1, 28. Aufl., S. 1239/66. Wilhelm Ernst & Sohn 1955.
- [9] ● Schimpke, P.: Technologie der Maschinenbauwerkstoffe. Stuttgart: S. Hirzel 1959.
- [10] Hofstetter, E.M.: Feuerungstechnische Kenngrößen von Getreidestroh. Diss. TU München-Weihenstephan 1978. Forschungsbericht Agrartechnik der MEG Nr. 26.
- [11] ● Robert Bosch GmbH: Kraftfahrtechnisches Taschenbuch. 18. Aufl. Düsseldorf: VDI-Verlag 1976.
- [12] Lange, W.: Werkstoffe und Energie. Aus der Arbeit vom Plenum der Klassen der DDR Bd. 2 (1977) H. 2, S. 1/22. In Müller, M.: Witterungsbedingter Feuchtegehalt erntereifer Getreidebestände und Energieaufwand. Agrartechnik Bd. 31 (1981) H. 7, S. 294/95.

- [13] ● *Leach, G.*: Energy and food production. Guildford: IPC Business Press Ltd. 1976.
- [14] *Jürgens-Gschwind, S.*: Die Energiesituation der deutschen Landwirtschaft. BASF Mitteilungen für den Landbau H. 1, 1981.
- [15] *Kämpfer, F.*: Energiebilanzen der pflanzlichen Produktion auf mittelschweren Ackerböden im norddeutschen Flachland. Diplomarbeit Göttingen 1982.
- [16] ● *Wills, J.B.*: Agriculture and land use in Ghana. London, Accra, New York: Oxford University Press 1962.
- [17] ● *Midohoe, K.*: Arbeitszeitstudien und Mechanisierungsmodele in kleinbäuerlichen Betrieben der Zentralregion Togos. Technologietransfer im Bereich Agrartechnik – Teilprojekt Anpassung von Agrartechnologien – Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit Fachbereich 152, Eschborn 1982.
- [18] *Johnson, I.M.*: Rodung von Buschland. Internationales Symposium für Agrarmechanisierung, Landerschließung – Bodenbearbeitung in humiden Tropen und anderen Gebieten. 55. DLG-Ausstellung, Frankfurt am Main 2./3. Mai 1978.
- [19] *Preston, T.A.*: Ergonomics of West African Agriculture. Proc. of the Fifth Joint Ergonomic Symposium: Ergonomics in Tropical Agriculture and Forestry, Wageningen 14./18.5.1979.
- [20] ● *Franke, G.*: Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen. Band 1 und 2. 2. Aufl. Leipzig: S. Hirzel 1975/76.
- [21] ● *Irvine, F.R.*: West African Crops. London, New York: Oxford University Press 1974.
- [22] ● *Bates, W.N.*: Mechanization of tropical crops. 2. Add. Temple Press Books Limited 1963.
- [23] *Kay, D.E.*: Root Crops. No. 2. TPI Crop and Product Digest; Tropical Products Institute, London 1973.
- [24] ● *Lehmann, G.*: Praktische Arbeitsphysiologie. 2. Aufl. Stuttgart: G. Thieme 1962, in [5].
- [25] ● *Lagemann, J.*: Traditional African farming systems in Eastern Nigeria. München: Weltforum Verlag 1977.
- [26] *Nwosu, N.A.*: Recommended farm practices for major food crops in Biafra. Ministry of Agriculture, Enugu 1969, in [19].
- [27] *Uwakah, C.T.*: Estimates of man days per acre. Private Communications, University of Nigeria, Nsukka 1972, in [19].
- [28] ● *Manual on the employment of draught animals in agriculture.* FAO, Rome 1972.
- [29] ● *Viebig, U.*: Grundlagen der Anspannungs- und Gerätetechnik. In *Munzinger, P.*: Handbuch der Zugtiernutzung in Afrika. Teil B/II, S. 135/221. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn 1981.
- [30] ● *Wieneke, F. und Th. Friedrich*: Agrartechnik in den Tropen. Bd. 1. Frankfurt: DLG-Verlag 1982.
- [31] ● *Hettinger, Th. u. H. Spitzer*: Tafeln für den Kalorienumsatz bei körperlicher Arbeit. 5. Aufl. Sonderheft der REFA-Nachrichten Verband für Arbeitsstudien Darmstadt 1969.
- [32] ● *Lippitz, K.*: Pflanzenproduktion und Ökologie. In *Munzinger, P.*: Handbuch der Zugtiernutzung in Afrika. Teil B/II, S. 255/66. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn 1981.
- [33] ● *Djokoto, I.* zit. in *Jacoby, T.*: Nutrition and manuring of tropical root crops. Green Bull. 19, Hannover 1965 in [20].
- [34] ● *Jacob, A. u. B. Uexhüll*: Fertilizer use, nutrition and manuring of tropical crops. Hannover, 1963 in [20].
- [35] ● *Arakeri, H.R., G.V. Chalam, D. Satyamarayana u. R.L. Donahue*: Soil management in India. London, 1962 in [20].

Zur Beurteilung der Konservierung von Körnerfrüchten unter Wasserzusatz

Von **Andreas Lotz** und **Karl Johannes von Oy**,
Stuttgart-Hohenheim*)

DK 664.8.039.7:636.084

Die Feuchtkonservierung von Körnerfrüchten für Futterzwecke wird ständig weiterentwickelt. Beim Verfahren der Einlagerung von vermahlenden Körnerfrüchten unter Wasserzusatz sind noch viele Fragen ungeklärt. Erste Versuche zum Konservierungsverlauf zeigen, daß nach kurzer Lagerdauer ein sehr gutes Gärfutter erzielt werden kann, die Trockensubstanzverluste aber über denen bei gasdichter Lagerung ganzer Körnerfrüchte ohne Wasserzusatz liegen. Aus den Versuchsergebnissen werden zukünftige Fragestellungen abgeleitet.

*) *Dipl.-Lebensmittel-Technol. A. Lotz und Dipl.-Ing. agr. K.J. von Oy sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen (Leiter: Prof. Dr. Th. Bischoff) der Universität Hohenheim.*

1. Einleitung

Steigende Heizölpreise, die Zunahme der innerbetrieblichen Verwertung von Körnerfrüchten und die Verbesserung und Ausdehnung des Maisanbaues haben in den letzten Jahren dazu geführt, daß die Feuchtkonservierung von Körnerfrüchten für Futterzwecke als Alternative zur Trocknung und Kühlung zunehmend interessanter wurde und mittlerweile an einer Reihe von Instituten wissenschaftlich bearbeitet wird. Die Verfahren der Silierung und gasdichten Lagerung, die schon länger aus der Halmgutkonservierung bekannt sind, sowie die Konservierung durch Zusatz von Propionsäure sind bereits in der landwirtschaftlichen Praxis eingeführt. Neuere und vielversprechende Verfahren, wie beispielsweise die Harnstoffkonservierung und die Konservierung unter Wasserzusatz, befinden sich noch weitgehend im Versuchsstadium [1 bis 5].

Ausgehend von der Tatsache, daß heute in der Schweinemast Körnerfrüchte zunehmend flüssig verfüttert werden, wird in jüngster Zeit unter der Firmenbezeichnung "Ligavator" ein neues Verfahren der Konservierung unter Wasserzusatz angeboten, das in der landwirtschaftlichen Praxis auf großes Interesse stößt [6, 7]. Die