

Ergebnisse und Erfahrungen von der Erprobung des Leipziger Maniokknollenernters

R. Neumann*

1 Einleitung

Maniok (*Manihot esculenta* Crantz) ist die wichtigste landwirtschaftliche Nutzpflanze aus der Gruppe der tropischen Wurzel- und Knollenfrüchte. Auf Grund seines hohen Stärkegehaltes ist er für viele Millionen Menschen zu einem Grundnahrungsmittel geworden (Nahrungsenergie). Üblich ist der Verzehr von Speisen, die aus frisch geernteten Knollen sowie aus Dauerprodukten zubereitet werden. Dauerprodukte können im bäuerlichen Haushalt und in kleineren oder größeren Verarbeitungsbetrieben hergestellt werden. Sie erhöhen die Handelswürdigkeit von Maniok wesentlich.

Die Anbaufläche ist in den letzten 35 Jahren um etwa 220 % gestiegen. An dieser Entwicklung sind alle Anbauzonen tropischer Gebiete beteiligt (Tabelle 1). Seit ca. 15 Jahren zeichnet sich jedoch eine Stagnation der Anbauflächen auf dem amerikanischen Kontinent, in Asien und Ozeanien, ab. In Afrika dagegen ist noch immer eine Zunahme der Anbaufläche festzustellen, die seit ca. 35 Jahren annähernd linear verläuft (Abb. 1).

Die rapide Zunahme der Anbaufläche im Zeitraum 1970 - 1980 und die Gründung von Stärkefabriken mit Maniok als Rohstoff in einigen Anbauländern löste internationale Aktivitäten zur Entwicklung von Geräten und Maschinen zur Beseitigung der oberirdischen Pflanzenteile, insbesondere jedoch zur Ernte der Maniokknollen aus, da die Knollenernte als körperlich schwere Arbeit einzustufen ist.

In den 70er und 80er Jahren sind von wissenschaftlichen Einrichtungen und von Firmen verschiedener Länder Geräte und Maschinen zur Maniokknollenernte entwickelt und getestet worden. Die Ergebnisse waren oft unbefriedigend.

* Dr. Rudolf Neumann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Wissenschaftsbereiches Tropische Landwirtschaft, AG Agrartechnik, Studienprogramm Agrarwissenschaften der Universität Leipzig, Fichtestr. 28, D-04275 Leipzig.

Tabelle 1: Anbauflächen und Erträge von Maniok (FAO, 1960; 1970; 1980; 1990; 1994), Anbauflächen in 1000 ha; Erträge in 100 kg/ha

Jahr	Welt	Afrika	N. und M. Amerika	Südamerika	Asien	Ozeanien
Anbauflächen						
1960	7200	3 680	130	1 470	1 920	10
1970	9783	4 960	97	2 466	2 249	11
1980	13926	7 294	160	2 610	3 841	20
1990	15635	8 932	204	2 517	3 965	16
1994	16002	9 596	203	2 314	3 871	17
Erträge						
1960	89,0	80,0	33,0	128,0	80,0	110,0
1970	94,0	75,0	64,0	139,0	90,0	112,0
1980	87,7	64,1	63,9	117,0	113,0	110,7
1990	100,8	82,0	46,4	126,2	129,7	117,1
1994	96,0	77,9	49,5	118,6	129,6	120,5

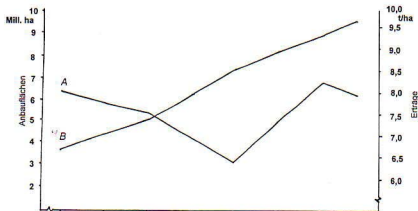


Abb. 1: Anbauflächen und Erträge des afrikanischen Kontinents (FAO, 1960; 1970; 1980; 1990; 1994)
A Anbauflächen, B Erträge

2 Das Wirkprinzip des Leipziger Maniokknollenernters

Am Institut für tropische Landwirtschaft der Universität Leipzig ist im Jahre 1986 ein Maniokknollenernter entwickelt und in den Folgejahren weiterentwickelt worden (KOCH und MÄHNERT, 1986; NEUMANN, 1996).

Zielstellung war, eine einfache und geeignete Maschine für den Einsatz in den Entwicklungsländern zu entwickeln, die dazu beitragen kann, die körperlich schwere Handerte abzulösen und die Rohstoffversorgung der Verarbeitungsbetriebe sichern zu helfen.

Die Maschine entstand nach einer gründlichen Analyse zum Erkenntnisstand zu den maschinenrelevanten Stoffkenngrößen sowie zum Stand der Technik.

In der Fachliteratur von französischen, britischen, australischen und nigerianischen wissenschaftlichen Instituten und Firmen vorgestellten Maniokernter orientierten sich an den Siebkettenrodern zur Kartoffelernte.

Der Wuchsraum der Maniokknollenstöcke unterscheidet sich jedoch in Breite und Tiefe wesentlich von dem der Kartoffelstöcke. Nach vorliegenden Untersuchungen beträgt bei Dammanbau die durchschnittliche Wuchstiefe in Kuba 34,9 cm, in Ghana 25,0 cm, die durchschnittliche Wuchsbreite in Kuba 62,4 cm (Sorte Señorita) und in Ghana 69,1 cm (Sorte TMS 30572) (KOCH und MÄHNERT, 1986; NEUMANN, 1994). Die Reihenabstände variieren von 90 cm bis 140 cm.

Entsprechend diesen Werten ist eine enorm hohe Bodenmenge pro Hektar aufzunehmen und bei Einsatz von Siebkettenrodern, auch wenn diese für die Maniokernte modifiziert wurden, wieder abzuscheiden. Außerdem kommt es während des Arbeitsprozesses zu erheblichen Beschädigungen (Abschürfungen) der Knollen, und oft ist die Bodenabscheidung unvollständig. Diese Sachverhalte wurden als wesentliche Nachteile gewertet.

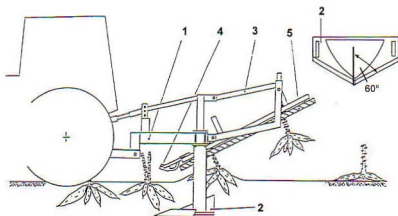
Von den bekannten Wirkprinzipien ist das Prinzip des Raufrodens als das erfolgversprechendste ausgewählt worden (KOCH und MÄHNERT; 1986). Die Gesamtfunktion einer Maschine auf der Basis des Raufrodeprinzips beinhaltet die Lockerung des Bodens, das Trennen, das Fördern und Ablegen des Erntegutes. Der entwickelte Maniokernter besteht daher aus den beiden Hauptbaugruppen

— Lockerungsgerät und

— Raufeinrichtung (Abb. 2)

Das Lockerungsgerät wird wesentlich durch das Lockerungswerkzeug geprägt, das aus einer Grundplatte, den Scharen, einer speziell gestalteten Arbeitsfläche (Streichblech) und den beiden Wangen (Stützen) besteht. Letztere verbinden das Lockerungswerkzeug mit dem Rahmen. Die Schare haben die Aufgabe, den Bodenbalken parallel zum Dammfirst abzuschneiden, etwas anzuheben, die Lockerung einzuleiten und an die auf der Grundplatte angeordnete Arbeitsfläche weiterzuleiten. Infolge der dabei auftretenden

den Verschleißerscheinungen sind die Schare als Wechselschare gestaltet und über Schraubverbindungen befestigt. Ihr Schneidenanstellwinkel beträgt 60° und ist aus den vielfältigen Untersuchungen zur Schargestaltung an Kartoffelerntemaschinen sowie zum ziehenden Schnitt abgeleitet. Des weiteren waren konstruktive Baulängen von Einzelteilen innerhalb der konstruktiven Gesamtkonzeption zu berücksichtigen, so daß der Schneidwinkel von 60° eine akzeptable Kompromißlösung darstellt.



1 Rahmen Lockerungswerkzeug
4 Stengelleiteinrichtung

2 Lockerungsschar
5 Raufelemente

3 Rahmen Raufeinrichtung

Abb. 2: Lösungsvariante zur Maniokknollenernte nach den Raufrodeverfahren (KOCH und MÄHNERT; 1986)

Hinter den Scharen nimmt die Grundplatte die zylindrisch geformte Arbeitsfläche (Streichblech) auf, die in ihrem Mittelteil einen Anstiegswinkel von 18° hat. Von der Mitte, beidseitig nach außen, sinken die Anstiegswinkel stufenlos bis auf 0° ab. Die unterschiedlichen Winkel ermöglichen zwischen den Bodenteilchen Relativgeschwindigkeiten, um auf schonende Art und Weise Scherspannungen in den Boden einzuleiten und einen Lockerungseffekt entstehen zu lassen, der günstige Wirkungen auf das Erntegut ausübt (KOCH und MÄHNERT, 1986). Das Abbrechen der längeren Knollen soll dadurch auf ein Minimum reduziert werden.

Beide Verbindungsstützen sind im Schnittbereich (Arbeitstiefe bis 40 cm) mit einer Schneide versehen und führen den Schnittvorgang beidseitig des Bodenbalkens aus. Ihre Distanz entspricht der Arbeitsbreite des Lockerungsgerätes.

Die Raufeinrichtung ist in ihrem Aufbau so konzipiert, daß ein leichtes An- und Abkoppeln an das Lockerungsgerät möglich ist (MÄHNERT; 1989). Ihr Rahmen stützt

sich an drei Punkten am Rahmen des Lockerungsgerätes ab, und im vorderen Teil ist sie über zwei Seile am Lockerungsgeräterahmen aufgehängt.

Die zu realisierende Teilfunktion beinhaltet das Trennen der Knollenstöcke vom Boden durch Herausziehen aus dem gelockerten Boden, das Fördern über die Länge der Raufelemente und das Ablegen auf die Bodenoberfläche.

Das Raufen erfordert ein Einklemmen des Stengelrestes (Länge etwa 30 cm) zwischen die beiden umlaufenden Raufelemente, die unter einem Winkel α zur horizontalen Ebene ansteigen sowie die Vorwärtsbewegung der Erntemaschine.

Die Arbeitsfläche des Lockerungswerkzeuges neigt den Stengelrest in einem Winkel von 21° (Abb. 3), der auch den Anstiegswinkel der Raufelemente bestimmt, die rechtwinklig zum Stengelrest anzuordnen sind. Für das Herausziehen der Knollenstöcke aus dem Boden sollte der Vektor der Ziehkraft und die Achse des Stengelrestes in einer Linie liegen.

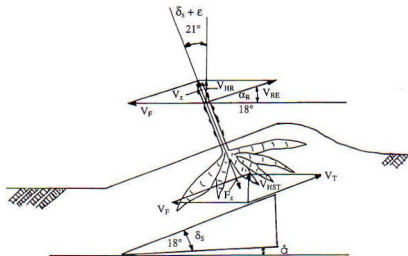


Abb. 3: Geschwindigkeitsverhältnisse beim Raufofen von Maniokknollen (KOCH und MÄHNERT; 1986)

V_F	Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine
V_T	Tangentialgeschwindigkeit
v_{HST}	Hubgeschwindigkeit am Maniokknollenstock
V_{RZ}	Geschwindigkeit der Raufelemente
V_Z	resultierende Ziegeschwindigkeit
V_{HR}	Hubgeschwindigkeit der Raufelemente
F_z	Ziehkraftwiderstand
α_R	Anstiegswinkel der Raufelemente
δ_S	Schnittwinkel des Lockerungswerkzeuges
ϵ	Freiwinkel

Für die Hubgeschwindigkeit der Raufelemente gilt:

$$v_{HR} = v_F \cdot \frac{\cos(\delta_s + \varepsilon) \cdot \sin \alpha_R}{\cos(\alpha_R - (\delta_s + \varepsilon))}$$

Auch die Geschwindigkeit der Raufelemente v_{RE} und der Maschine v_F müssen in einem günstigen Verhältnis zueinander stehen. Für die Geschwindigkeit v_{RE} gilt die Beziehung

$$v_{RE} = v_F \cdot \frac{(\cos \delta_s + \varepsilon)}{\cos(\alpha_R - \delta_s + \varepsilon)}$$

Bei den oben angeführten Winkeln nimmt v_{RE} den Wert von 0,935 an, wenn $v_F = 1$ gesetzt wird. Diese Fakten sind maßgebend für ein gleichmäßiges Wirken der Ziehkraft und ein gleichmäßiges Einwirken auf den Knollenstock, um eine Überlastung der Knollen weitgehend zu vermeiden. Das Abbrechen von langen Knollen kann damit auf ein Minimum reduziert werden (Rodeverluste senken).

3 Raufelemente - Gummiband oder Kette

Der Einsatz von Gummibändern als Raufelemente ist seit langem von Flachs- und Gemüseerntemaschinen bekannt (KANAFOSKI 1973; KOCH und MÄHNERT, 1986). KOCH und MÄHNERT verwenden in den ersten experimentellen Untersuchungen zur Ernte von Maniokknollen Gummibänder als Raufelemente in Form von Normalkeilriemen mit den Abmessungen 32 x 20, die durch dem Profil entsprechende Druckrollen aneinandergedrückt werden. Diese Raufelemente brachten die notwendige Ziehkraft auf. Unsicherheiten traten jedoch hinsichtlich der Führung der Keilriemen im Einzugsbereich auf. Die Autoren führen folgende Ursachen an:

1. Im Bereich der aktiven Stengelzuführung verursachen die Stengelreste (ca. 30 cm lang) eine starke Belastung des Riemens, da dieser aus der Führung gedrückt wird. Hauptsächlich bewirkte dies die hohe Steifigkeit des Stengels infolge der noch relativ fest eingespannten Knollenstöcke gegenüber der Elastizität des Riemens.
2. Bei Abweichen des Schwerpunktes der Knollenstöcke von dem Punkt des Stengelsansatzes bedingte das entstehende Moment ein Verdrehen des Riemens in den Führungsrollen.

Um den Widerstand gegen das Verdrehen der Keilriemen zu verbessern, entschieden sich (KOCH und MÄHNERT; 1986) für die Verwendung eines Breitkeilriemens mit den Abmessungen 50 x 20. Zusätzlich erfolgte eine Weiterentwicklung der Raufeinrichtung. Verändert wurde insbesondere der Bereich der aktiven Stengelzuführung, passive Stengelleiteinrichtungen kamen zum Einsatz und eine neue Zuordnung der Raufeinrichtung zum Lockerungsgerät.

Dadurch konnte das Arbeitselement näher an das Erntegut herangeführt werden. Die Schlußfolgerung lautete: "Nicht den Stengelrest zum Einklemmpunkt, sondern den Einklemmpunkt zum Stengel führen."

Der Einsatz der Breitkeilriemen als Raufelemente und die Neugestaltung der Stengelzuführung konnten die unter Punkt 1 genannten Funktionsunsicherheiten beheben.

Der unter Punkt 2 angeführte Sachverhalt blieb auch bei Verwendung der Breitkeilriemen bestehen. Die auftretenden Momente bewirkten ein Herausdrücken aus den Druckrollen nicht am Einklemmpunkt, sondern erst in der zweiten Hälfte des Förderweges. Die Anbringung einer Pendelbegrenzung, um den Betrag der Momente zu reduzieren, brachte keine wesentlichen Verbesserungen.

Das Herausdrücken der Raufelemente aus den Druckrollen kann durch schlecht abgetrennte Verzweigungen oder stark geneigte Stengel verursacht sein. (Abb. 4) (NEUMANN; 1994).

Die in den experimentellen Versuchen gesammelten Erfahrungen verdeutlichen die mit Breitkeilriemen erreichten Verbesserungen. Als endgültige Lösung konnten sie nicht angesehen werden. Welche riemenartigen Raufelemente bei der Maniokknollenernte zum vollen Erfolg führen, kann nur in der Durchführung von Versuchen geklärt werden.

Die Unsicherheiten im Funktionsvollzug der Gummiriemen - Raufelemente führten zu der Schlußfolgerung, eine neue Raufeinrichtung unter Verwendung einer Rollenkette zu entwickeln. Das Wirkprinzip Raufroden ist technisch-technologisch als gut geeignet zu bewerten und wurde deshalb beibehalten.

Als Raufelemente kamen langgliedrige Rollenketten mit Winkellaschen zum Einsatz. An den Winkellaschen wurden Kunststoffplatten angebracht (Abb. 5)

Diese Ketten-Raufeinrichtung ist an das in Abb. 2 dargestellte Lockerungsgerät montiert worden und im März 1996 in Zusammenarbeit mit dem Department Agricultural Engineering, University of Science and Technology in Kumasi/Ghana auf den Versuchsflächen der Universität Kumasi erprobt worden¹. Zur Verfügung stand eine Fläche mit der Sorte TMS 30572. Während der Erprobung stand insbesondere die funktionelle Sicherheit der Raufelemente im Mittelpunkt, um sie einer ersten kritischen Wertung zu unterziehen. Besonders beobachtet wurden die mit der Konstruktion beabsichtigten Wirkungen (NEUMANN; 1996):

- ordnungsgemäßer Lauf der Rollenkette; kein Aufsetzen im Ketteneinlauf
- notwendiger Druck der Kettenräder zum Aufbringen der erforderlichen Ziehkraft
- Eignung der senkrecht zur Stengelachse geriefen Kunststoffplatten zum Trennen der Knollenstöcke vom gelockerten Boden.

¹Die Finanzierung erfolgte durch die Landesregierung Sachsen, Ministerium für Wissenschaft und Kunst, dem an dieser Stelle herzlichst gedankt sei.



Abb. 4: Ungünstige Abtrennung des Zweitstengels (oben) und der 1. Verzweigung (unten); sehr stark geneigter Stengel (unten) Fotos NEUMANN

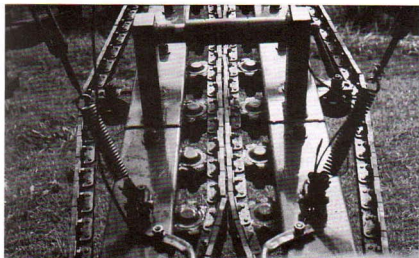


Abb. 5: Ketten-Raufelemente mit Kunststoffplatten* Foto NEUMANN

Tab 2: Technische Daten zum Leipziger Maniokernter

Länge	2550 mm
Breite	1450 mm
Höhe	1800 mm
Masse	ca. 700 kg
Arbeitsbreite	850 oder 1000 mm
Arbeitstiefe	bis 400 mm
Reihenabstand	800 bis 1400 mm
Arbeitsgeschwindigkeit	2,0 bis 4,1 km/h
Antrieb der Raufelemente	zwei Gerotormotoren
Arbeitsdruck der Hydraulik	13 bis 16 MP _a
erforderliche Motorleistung des Traktors	58 bis 74 KW
Flächenleistung (Grundzeit t _G)	0,18...0,35 ha/h
Kopplung am Traktor	Dreipunktbau

* Hersteller und Lieferer Murfeld Kunststoffe GmbH Dortmund

Die Erprobungsergebnisse sind als sehr gut zu bewerten. Es traten keine technisch oder funktionell bedingten Störungen auf. Formschlüssige Ketten sind für die robuste Maniokknollenernte geeigneter als riemenartige Elemente.

Mit dieser technischen Lösung steht nunmehr eine für die Maniokknollenernte geeignete Maschine zur Verfügung, die nicht unter Modellbedingungen, sondern unter den Bedingungen der westafrikanischen Landwirtschaft erprobt wurde.

4 Ergebnisse und Erfahrungen zum praktischen Einsatz

In den nachfolgenden Ausführungen wird über Ergebnisse und Erfahrungen berichtet, die in Ghana in den letzten Jahren gesammelt wurden. Die experimentellen Erprobungen erfolgten in Zusammenarbeit mit dem Department Agricultural Engineering, University of Science and Technology Kumasi; Wissenschaftsbereich Tropische Landwirtschaft, AG Agrartechnik, Universität Leipzig; Institut für Landtechnik, Universität Gießen; Glucoset Ltd. Accra; die finanziellen Mittel stellte die GTZ zur Verfügung, der unser Dank gilt.



Abb. 6: Wachsende Unkräuter und abgestorbene Pflanzenteile im Maniokbestand
Foto NEUMANN

Die mechanisierte Maniokknollenernte verlangt agronomische Voraussetzungen, die gegenwärtig noch unterschätzt werden, da die heute weitverbreitete Handerte nicht an solche Voraussetzungen gebunden ist.

Wesentliche Probleme sind:

- Verunkrautung der Ernteflächen
- Pflanzen der Stecklinge in geraden Reihen
- Parallelität der Reihen.

Die gegenwärtige Durchführung vieler landwirtschaftlicher Arbeiten von Hand sind Ausdruck eines bestimmten Technologieniveaus und lassen die Zusammenhänge der Unkrautbekämpfung und des Maschineneinsatzes als nicht aktuell erscheinen.

Die langsame Jugendentwicklung des Maniok begünstigt eine üppige Unkrautentwicklung in den ersten 12 Wochen nach dem Pflanzen. Die traditionelle Art, mit dem Buschmesser das Unkraut zu bekämpfen, wenn es bereits 50 - 60 cm hoch ist und die abgeschnittenen Pflanzenteile im Bestand zu belassen, genügt nicht den Anforderungen einer maschinell durchzuführenden Ernte (Abb. 6). Totale Verstopfungen sind die Folge (Abb. 7)

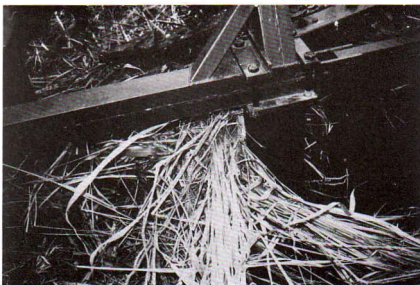


Abb. 7: Halbtrockene Unkräuter (bes. Ungräser) setzen sich an den Verbindungsstützen fest
Foto HARTWIG

In einem 1993/94 durchgeführten Praxisversuch in der Volta-Region ist die Unkrautbekämpfung mit chemischen Mitteln getestet worden. Nach dem Pflanzen der Stecklinge kam das Herbizid " Diuron" in verschiedenen Aufwandmengen zur Anwendung (HARTWIG; 1994). Eine Ganzflächenbehandlung und eine Aufwandmenge von 4,0 kg/ha Diuron erbrachte die besten Ergebnisse. Zum Zeitpunkt der Knollenernte

(März 1994) war der überwiegende Teil der Erntefläche (2 ha) annähernd unkrautfrei (Abb. 8). Nur an einigen Stellen waren Unkrautnester mit nur wenig Grünmasse (3,15 t/ha Frischmasse) vorhanden, die keine Störungen bei der maschinellen Ernte verursachten. Auch wenn dieser Versuch als gutes Ergebnis zu werten ist, sind zur Unkrautbekämpfung (mechanisch, chemisch oder in Kombination) noch eine Reihe wichtiger Fragen ungeklärt, die weiterer Versuche bedürfen.

Bei mechanisierter Ernte ist das Pflanzen der Stecklinge in geraden Reihen eine zwingende Notwendigkeit. Vielfach wird das Pflanzen von Saisonkräften und Kindern ausgeführt, deren Pflanzpraxis keine geraden Reihen hinterläßt. Abweichungen von der Reihenmitte nach links und rechts bis zu 35 cm sind anzutreffen. Sie sollten jedoch nicht größer als ± 5 cm von der Reihenlängsachse sein. Betriebe mit guter agronomischer Praxis markieren die Reihenlängsachse mit einer Schnur.

Die Abweichungen der Reihenabstände (ungenügende Parallelität) erschweren dem Traktorfahrer das Einhalten der Spurbstände zur Reihenmitte und damit das Führen des Roders in der Reihenlängsachse. Ein ungenügendes Erfassen der Stengel durch die Raufeinrichtung und erhebliche Knollenbeschädigungen sind die Folge. Die Dammkultur ist gegenüber der Flachkultur zu bevorzugen, da sich die zur Ernte zu bearbeitende Bodenmasse im Vergleich zur Flachkultur um ca. 20 % reduziert. Außerdem sind die Furchen für den Traktorfahrer markante Linien zur Radführung.



Abb. 8: Unkrautfreier Maniokbestand unmittelbar vor der Knollenernte Foto NEUMANN

Auf dem oben erwähnten Praxisversuch erfolgte im März 1994 (am Ende der großen Trockenzeit) die Erprobung des Leipziger Maniokernters. Zu den Einsatz- und Versuchsbedingungen sowie den Ergebnissen liegen folgende Meßwerte vor (BOBOBEE und OKYERE und TWUM; 1994); (NEUMANN; 1994):

Tab 3: Meßwerte für Einsatz und Versuch

Bodenart	sandiger Lehm mit massiven Eisenkonkretationen in ca. 35 cm Tiefe
Bodenfeuchte	2,7...5,3 m%
Bodendichte (Trockenrohddichte)	1,82 g/cm ³
Unkrautbesatz (Frischmasse)	3,15 t/ha
Feldlänge	320 m
Reihenabstand	110 cm
Dammhöhe (durchschnittlich)	12 cm
Abstand in der Reihe	90 cm
Alter des Bestandes	10,5 Monate
Arbeitsgeschwindigkeit	2,4 km/h
Radschlupf	20,0 %
Motorleistung des Traktors	57,4 KW
Zugkraftbedarf (durchschnittlich)	14,5 KN
Arbeitstiefe	30 cm
Flächenleistung in der Hauptnutzungszeit	0,25 ha/h
Kraftstoffverbrauch	40,3 Liter/ha
Ertrag, biologisch	46,0 t/ha
Rodeverluste	11,0 %
Ertrag, technisch	41,0 t/ha

Die Versuchsbedingungen sind besonders durch den sehr trockenen Boden als schwierig einzustufen und beeinflussen den Zugkraftbedarf, den Radschlupf, den Kraftstoffbedarf und teils die Rodeverluste. Als Energiequelle stand ein Standardtraktor (4 x 2) mit 57,4 KW Motornennleistung zur Verfügung. Für die Umsetzung der Motorleistung in schlupfärmeren Vorschub ist eine allradgetriebene (4 x 4) Fahrwerksvariante besser geeignet, um höhere Flächenleistungen zu erreichen. Berücksichtigt man neben der Hauptnutzungszeit (Ausführen des Rodens) weitere technologische Zeiten (Wendezeiten, Störungsanteile, Pausen), dann reduziert sich die Flächenleistung auf etwa 0,18...0,2 ha/h.

Die Maniokknollenernte ist generell mit einem relativ hohen Zugkraftbedarf verbunden. In Ghana waren durchschnittlich 15 KN erforderlich, wobei jedoch die Spitzenwerte 20 KN erreichen (Abb. 9 und Abb. 10).

Wesentliche Einflußfaktoren sind die

- Abmessungen des Bodenbalkens
- Bodenart und Bodenzustand

Ähnliche Meßwerte zum Zugkraftbedarf liegen auch von anderen Versuchsanstellern vor (KEMP; 1978).

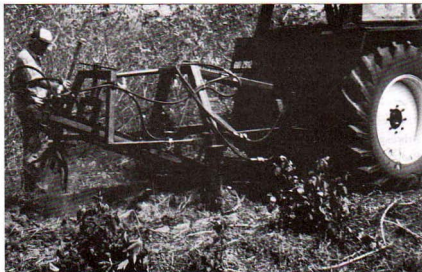


Abb. 9: Roden von Maniok mit dem Leipziger Maniokernter Foto PROCH

Es läßt sich die Aussage formulieren: Die Maniokknollenernte ist energieaufwendig und erfordert leistungsfähige Traktoren mit Motorleistungen von 60...75 KW.

Der Energieaufwand zum Roden ordnet sich bei ca. 40 Liter Dieselkraftstoff pro ha ein (1428 MJ/ha). Dieser Meßwert ist als vorläufiger Richtwert anzusehen, da während der Versuchsdurchführung das Meßgerät ausfiel. Es konnte deshalb der Tank nur vollgefüllt werden, und nach dem Roden einer vorgegebenen Fläche wurde der Tank aufgefüllt. Aus der ermittelten Differenz ist der Kraftstoffverbrauch je ha errechnet worden.

Der Ertrag ist unmittelbar vor der Ernte anhand von Schätzungen (90 Pflanzen wurden von Hand geerntet) ermittelt worden und erreicht mit 46 t/ha einen Wert, der weit über dem Landesdurchschnitt liegt (8...10 t/ha).

Die Rodeverluste entstanden durch Abschneiden und Abbrechen zu langer Knollen. Eine Bewertung der Verlusthöhe unter den ghanaischen Bedingungen steht noch aus.

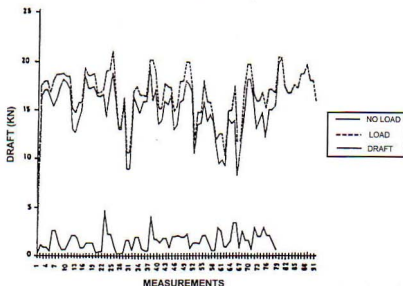


Abb. 10: Zugkraftmeßschrieb ermittelt nach der Abrollmethode (BOBOBEE und OKYERE und TWUM; 1994)

- unbelastete Fahrt
- - - belastete Fahrt
- benötigte Zugkraft

Der Leipziger Maniokknollenernter hat sich zur Knollenernte unter verschiedenen Bedingungen tropischer Gebiete bewährt (KOCH und MÄHNERT; NEUMANN, 1994; NEUMANN; 1996). Das Lockerungsgerät arbeitete unter allen Bedingungen ohne technische Störungen. Für die Raufeinrichtung, ausgerüstet mit Ketten-Raufelementen, kann diese Aussage ebenfalls getroffen werden. Mit dieser Maschine steht der praktischen Landwirtschaft ein Mechanisierungsmittel zur Verfügung, das zur Ernte von Maniokknollen gut geeignet ist. Der Aufwand an Arbeitskräftestunden (Akh) kann im Vergleich zur Handerte von 120...180 AKh/ha auf 12...15 AKh/ha gesenkt werden. Die nachfolgenden Arbeitsgänge der Knollenernte sind von Arbeitskräften auszuführen.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird über die Anwendung des Wirkprinzips "Raufroden" zur Ernte von Maniokknollen berichtet. Dieses Prinzip ist gekennzeichnet durch Lok-

kerung des Bodens, Trennen, Fördern und Ablegen. Die Art des Trennens vermeidet die technisch und technologisch ungünstige Abscheidung des Bodens, wie das bei Siebkettengeräten notwendig ist.

Der Leipziger Maniokernter besteht aus dem Lockerungsgerät und der Raufeinrichtung. Zwei verschiedene Raufeinrichtungen wurden entwickelt und getestet. Während die Gummi-Raufelemente unter den harten Bedingungen der Maniokknollenernte nicht alle Erwartungen erfüllten, sind die Ketten-Raufelemente dazu gut geeignet.

In verschiedenen tropischen Ländern wurden experimentelle Versuche durchgeführt, um die Eignung der Maschine zu prüfen. Sie hat sich bewährt.

Results and Experiences from Field Testing of the Leipzig Cassava Harvester

Summary

The department of Agricultural Engineering of the Institute of Tropical Agriculture, University Leipzig (Germany) developed a cassava harvester in 1986. After a careful analyse of the international activities on mechanization of cassava harvesting and suitable machines the principle of digging and pulling have been applied to harvesting cassava tubers. The basic units of the cassava harvester consist of two group of parts. The first group of parts is the digging device to loosen the soil and the second group of parts is called pulling device which is pulling out the root clusters from loosened soil. Using the principle of digging and pulling avoids the separation of soil by the chain elevator (elevator digger).

The Leipzig cassava harvester (**LCH-1**) was tested in different tropical countries (Cuba, Franz.-Guyana, Ghana). The digging device operated without technical problems.

There are two types of pulling devices a rubber belt type and a roller chain type. The rubber belt type was not serviceable enough. Cassava is a crop which is not easy to harvest. The roller chain type is reliable and very well suitable. There were no technical problems.

The LCH-1 is a suitable machine for cassava harvesting. The harvester was capable of harvesting about 2 Hectares per 8 hours under the conditions tested and reduced working hours (man hours down to 12 - 15 hr/ha).

Resultados y Experiences en las Pruebas de la Cosechadora de Yuca LCH-1 de la Universidad de Leipzig

Resumen

El departamento de la Mecanización Agropecuaria del Instituto de la Agricultura Tropical, Universidad de Leipzig, desarrolló y construyó una arrancadora de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) en el año 1986. Después de una evaluación y comparación

técnica de las actividades internacionales en la mecanización de la cosecha de la yuca y de las máquinas disponibles internacionalmente se decidió de desarrollar una arrancadora para la cosecha de la yuca en base del principio de levantador - extractor.

La arrancadora consiste de dos principales elementos constructivos. El dispositivo levantador muele el suelo y el dispositivo extractor saca y separa las raíces del suelo mullido, evitando así la necesidad de eliminar grandes volúmenes de tierra por una cadena cribadora. La arrancadora "Leipzig" (LCH-1) se probó en diferentes países tropicales (Cuba, Guyana Francesa, Ghana). El dispositivo levantador trabajó sin falla técnica.

Existen dos dispositivos de extracción: uno con cintas de hule y otro con cadenas. Las cintas de hule no cumplieron con las exigencias. Las cadenas funcionaron suficientemente en la cosecha de la yuca. No había fallas técnicas.

En conclusión la LCH-1 se considera como implemento apto para la extracción y el levantamiento de la yuca. El implemento reduce el tiempo necesario para la cosecha a 12 hasta 15 h/ha. En 8 horas la arrancadora de yuca puede cosechar 2 ha aproximadamente, realizando una capacidad avanzada en comparación con otras tecnologías existentes.

Résultat et l'expérience d'une épreuve avec la machine de Leipzig pour la récolte de manioc

Résumé

Ce travail fait l'objet d'un rapport sur l'application du principe de fonctionnement de la machine de Leipzig, utilisée pour la récolte de manioc. Ce principe est caractérisé par l'ameublissement du sol d'où la plante est tirée et les tubercules, une fois détachés de la plante seront transportés et rangés. La machine comporte 2 dispositifs:

l'un permettant de soulever le pied de manioc tout en ameublissant le sol et l'autre servant à extraire les tubercules du sol déjà ameubli.

Deux différents dispositifs d'extraction ont été mis au point et testés. Dans les conditions difficiles où se fait la récolte de manioc, l'extracteur à chaînes s'est révélé plus

performant que celui en caoutchouc n'ayant pas pu satisfaire toutes les attentes placées en lui. Des essais expérimentaux ayant pour but de tester l'appropriation de la machine ont été effectués dans plusieurs pays tropicaux sans faille technique.

6 Literaturverzeichnis

1. BOBOBEE, E.Y.H.; OKYERE, J.A.; TWUM, A.: Testing and Performance Evaluation of Leipzig Cassava Harvester. Cassava Harvester Project Report, June 1994 (unveröffentlicht)
2. HARTWIG, Th.: Möglichkeiten einer standort- und umweltgerechten Unkrautbekämpfung im Maniokanbau in der Volta-Region der Republik Ghana. Universität Leipzig, Agrarwissenschaftliche Fakultät, WB Tropische Landwirtschaft. Diplomarbeit 1994.
3. KANAFOJSKI, C.: Grundlagen erntetechnischer Baugruppen. Reihe Landmaschinentechnik, Theorie und Konstruktion der Landmaschinen. VEB Verlag Technik, Berlin 1973.
4. KEMP, D.C.: Field Demonstration and Evaluation of two Machines. Proceedings of a Workshop. Cali, 24. - 28. April 1978.
5. KOCH, R.; MÄHNERT, E.: Beitrag zur maschinellen Ernte der Knollen von Maniok (*Manihot esculenta* Crantz). Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation 1986.
6. NEUMANN, R.: Some characteristics of Cassava Variety TMS 30572 cultivated on a Trial in the Volta-Region/Ghana. In: Agriculture & Equipment International. Vol. 46, No 11/12 1994.
7. NEUMANN, R.: Erprobung des Leipziger Maniokknollenernters in Ghana. Bericht an die GTZ, 1994. (unveröffentlicht)
8. NEUMANN, R.: Erprobung einer neuen Raufeinrichtung zum Leipziger Maniokknollenernter. Universität Leipzig, WB Tropische Landwirtschaft. Bericht, 1996. (unveröffentlicht)
9. MÄHNERT, E.: Mechanisierung der Maniokknollenernte. In: Mechanisierung der Produktion von Knollen- und Wurzelfrüchten in den Tropen. Universität Leipzig, Institut für Tropische Landwirtschaft, Symposium, Leipzig 1989.
10. FAO: Production Yearbook. Rome 1960, 1970, 1980, 1990, 1994.