

## **Teilmechanisierung der Maniokernte unter Einsatz des Leipziger Maniokroders - Ein Beitrag zur Verfahrensentwicklung**

R. Neumann\*

### **I Einleitung**

Wissenschaftliche Einrichtungen und industrielle Unternehmen verschiedener Länder in Europa, Afrika, Asien und Lateinamerika entwickelten in den letzten 30 Jahren Mechanisierungsmittel für die Ernte der wichtigsten tropischen Knollenfrucht *Manihot esculenta*, Crantz.

Ansatzpunkte zur Entwicklung technischer Arbeitsmittel waren insbesondere:

- der Anstieg der Maniokanbauflächen in den 60er und 70er Jahren
- die Errichtung von Betrieben der verarbeitenden Industrie
- die körperlich schwere Arbeit des Maniokroders
- der hohe Aufwand an Arbeitskräftestunden je Flächeneinheit.

Viele der Mechanisierungsmittel sind von Geräten und Maschinen der Erdnuß- und der Kartoffelernte abgeleitet und für die Maniokernte modifiziert worden. Die für den Traktoreinsatz vorgesehenen Mechanisierungsmittel lassen sich vier Gruppen zuordnen:

- einfache Lockerungsgeräte
- Rodegeräte und -maschinen
- Maschinen für das Raufen
- Maschinen für das Raufroden.

Trotz umfangreicher Bemühungen ist die Geräte- und Maschinenentwicklung bisher nicht über die Erprobung von Modellen/ Prototypen hinausgegangen. Die Testergebnisse waren oftmals nicht befriedigend (NOEL, MONNIER und CHEZE, 1983). Ursache waren neben technischen Mängeln sehr oft die unzureichenden agronomischen Voraussetzungen in den Testländern.

---

\* Dr. Rudolf Neumann, Südstraße 40, D-04457, Baalsdorf

Nach mehreren Jahren Versuchstätigkeit in Ghana kann die Aussage formuliert werden: Maniok ist eine Kulturpflanze, die der Mechanisierung nicht einfach zugänglich ist. Obwohl inzwischen größere Betriebe der verarbeitenden Industrie bestehen, auch in verschiedenen Ländern des afrikanischen Kontinents, ist eine Mechanisierung so gut wie nicht vorhanden. Für diesen unzureichenden Stand sind weitere wichtige Faktoren anzuführen, wie beispielsweise

- die sozialökonomische Struktur der Landwirtschaft
- das große Arbeitskräftepotential
- das niedrige Lohnniveau für Handarbeitskräfte,

sie hatten und haben noch immer eine erhebliche Wirkung, die der Mechanisierung landwirtschaftlicher Prozesse nicht sehr förderlich sind.

Nach einer gründlichen Analyse zum internationalen Stand der Technik, vorallem der Nachteile der bisherigen technischen Lösungen sowie deren Testergebnissen, ist am Institut für tropische Landwirtschaft, der Universität Leipzig 1986 ein Maniokknollenernter mit dem Wirkprinzip „Raufroden“ entwickelt worden (KOCH und MÄHNERT 1986). Die ersten Entwicklungsmodelle wurden in Cuba und die technischen Weiterentwicklungen gemeinsam mit CEEMAT-Montpellier auf der Versuchsstation des IRAT in Cabassou Französisch Guyana, später in Ghana unter Zusammenarbeit mit der University of Science and Technology (UST)/Kumasi, Department of Agricultural Engineering, Universität Gießen, Institut für Landtechnik, Universität Leipzig, Institut für Tropische Landwirtschaft, AG Landtechnik und Glucoset Ltd / Accra getestet.

Ein ausgereifter Prototyp ist das Ergebnis mehrjähriger Erprobungstätigkeit, der Grundlage für eine teilmechanisierte Knollenernte werden kann. Es besteht die Möglichkeit alle anderen Arbeitsgänge von Hand auszuführen, um das vorhandene Arbeitskräftepotential zu nutzen. In den nachfolgenden Ausführungen wird ein Fließernteverfahren vorgestellt, das insbesondere für die tägliche Bereitstellung größerer Mengen von Maniokknollen Anwendung finden kann.

Diese Zielstellung wurde von Glucoset Ltd verfolgt. Das diesem Ernteverfahren zugrundeliegende Zahlenmaterial ist während der Versuchstätigkeit in Ghana gesammelt worden.

## **2 Wichtige maschinenrelevante Stoffkenngrößen**

Die in diesem Abschnitt vorzustellenden maschinenrelevanten Stoffkenngrößen sind die grundlegenden Ausgangsdaten für die Ernte von Maniokknollen. Sie seien deshalb dem Ernteabschnitt vorangestellt (Tabelle 1, 1a, 2, 2a).

**Tabelle 1:** Ausgewählte Stoffkenngrößen von oberirdischen Pflanzenteilen ermittelt in der Volta-Region, Ghana, März, 1994, (NEUMANN,1994). Sorte: TMS 30572; Reihenabstand: 110 cm; Bestandesalter 10,5 Monate. Stichprobenumfang: n= 90

Merkmal	Einheit	Durchschnitt	Min	Max	Standardabweichung	
					s	s <sub>x</sub>
Pflanzenhöhe	cm	200,0	110,0	280,0	36,12	3,81
Höhe der 1. Verzweigung	cm	51,7	0,0	120,0	34,26	3,61
Anzahl der Stengel/Pflanze	St.	1,76	1,0	6,0	0,88	0,09
Stengel- und Blattmasse/Pfl. <sup>1</sup>	Kg	2,89	0,4	8,4	1,8	0,19
Stengeldurchmesser 3 0cm über der Bodenoberfläche	cm	2,70	1,0	4,9	0,63	0,7

<sup>1</sup>Frischmasse

**Tabelle 1a:** Fortsetzung der Tabelle 1. Sorte: TMS 30572; Reihenabstand : 90 cm ; Bestandesalter: 19 Monate. Stichprobenumfang:n= 40; Zeitraum: März 1996; Ashanti-Region/ Ghana

Merkmal	Einheit	Durchschnitt	Min	Max	Standardabweichung	
					s	s <sub>x</sub>
Pflanzenhöhe	cm	218,0	120,0	330,0	50,95	8,05
Höhe der 1. Verzweigung	cm	65,7	27,0	160,0	56,02	3,86
Anzahl der Stengel/Pflanze	St.	1,53	1,0	4,0	0,75	0,11
Stengel- und Blattmasse/Pfl.	Kg	1,90	0,0	5,5	1,23	0,19
Stengeldurchmesser 30cm über der Bodenoberfläche	cm	2,55	1,8	4,1	0,56	0,08

**Tabelle 2:** Ausgewählte Stoffkenngrößen von Maniokknollen ermittelt in der Volta-Region/ Ghana, März 1994, (NEUMANN, 1994). Sorte: TMS 30572;Reihenabstand: 110 cm; Bestandesalter: 10,5 Monate. Stichprobenumfang: n= 90

Merkmal	Einheit	Durchschnitt	Min	Max	Standardabweichung	
					s	s <sub>x</sub>
Wuchstiefe	cm	24,4	12,0	35,0	4,69	0,49
Wuchsbreite	cm	69,1	27,0	160,0	20,24	2,13
Wuchslänge	cm	73,3	32,0	130,0	21,11	2,23
Knollenmasse/Pflanze	Kg	4,66	1,2	13,2	2,59	0,27
Anzahl der Knollen/Pflanze	St.	10,2	5,0	24,0	3,11	0,33
Masse der größten Knolle/Pfl.	Kg	0,94	0,9	2,4	0,43	0,46

**Tabelle 2a:** Fortsetzung der Tabelle 2. Sorte: TMS 30572; Reihenabstand: 90 cm; Bestandesalter: 19 Monate. Stichprobenumfang: n = 40; Zeitraum: März 1996; Ashanti-Region/Ghana

Merkmals	Einheit	Durchschnitt	Min	Max	Standardabweichung s	$\bar{s}x$
Wuchstiefe	cm	24,6	18,0	33,0	4,29	0,68
Wuchsbreite	cm	64,8	16,0	114,0	11,84	1,87
Wuchslänge	cm	75,5	13,0	131,0	14,02	2,19
Knollenmasse/Pflanze	Kg	4,5	0,5	12,4	2,58	0,40
Anzahl der Knollen/Pflanze	St.	11,8	2,0	20,0	4,65	0,73
Masse der größten Knolle/Pfl.	Kg	1,0	0,2	2,8	0,60	0,95

### 3 Maniokernte

Die Maniokernte wird unterteilt in die beiden Teilabschnitte

- Beseitigung der oberirdischen Pflanzenteile
- Ernten der Maniokknollen.

#### 3.1 Beseitigung der oberirdischen Pflanzenteile

Die Ernte der Maniokknollen setzt eine Beseitigung der oberirdischen Pflanzenteile voraus. Selbst die Handerte kann diesen Abschnitt nicht umgehen. Mit einfachen Buschmessern erfolgt die Trennung der Stengel im Bereich von 25- 30 cm über der Bodenoberfläche. Dieses Verfahren ist gegenwärtig noch in allen maniokanbauenden Ländern üblich.

In vielen Ländern dieser Region verfügen die Bauern nicht über das erforderliche Kapital, um dieses Technologieniveau zu überwinden. Aber auch Verarbeitungsbetriebe mit eigenem Maniokanbau sehen das Beseitigen der Stengel von Hand, aufgrund des niedrigen Lohnniveaus, als Vorzugsvariante an. Andererseits sind auf dem Markt keine ausreichend getesteten Maschinen zur Stengelbeseitigung vorhanden. Noel und Monnier (1983) berichten über eine Erprobung von verschiedenen technischen Lösungen, deren Ergebnisse nicht vollauf befriedigten.

In den nachfolgenden Ausführungen wird die Beseitigung der oberirdischen Pflanzenteile ebenfalls von Hand ausgeführt. Folgende Arbeitsgänge sind zu realisieren:

- Trennen der Stengel
- Räumen der Erntefläche
- Ausdünnen von Unkrautnestern.

Da die Knollenernte in mechanisierter Form ausgeführt wird, sind an die Beseitigung der Stengel bestimmte Anforderungen zu stellen, als dies beim Handroden notwendig wäre.

1. Der Stengel mit der besten vertikalen Position ist 30 cm über der Bodenoberfläche zu durchtrennen.
2. Alle anderen Stengel sind direkt am Erdboden abzuschneiden.
3. Verzweigungen, die im Bereich bis 30 cm vorhanden sind, sind direkt am Stengel und nicht in 5- 10 cm Entfernung abzutrennen, um technische Abläufe am Knollenernter möglichst nicht zu beeinträchtigen. Wie die Erfahrungen aus Ghana zeigen, ist das kein ernsthaftes Problem. Doch es ist die Bedeutung den Arbeitskräften immer wieder zu erläutern, da sie von der Handerte über andere Erfahrungen verfügen.

Unter Berücksichtigung, daß die Maniokproduktion nicht nur in der Subsistenzlandwirtschaft erfolgt, sondern auch auf etwas größeren Flächen, ist es eine ökonomische und technologische Notwendigkeit die Stengelbeseitigung und das Knollenernten aufeinander abzustimmen, um den Arbeitskräfteaufwand (AKh) und die Kosten in angemessenen Relationen zu halten.

Dementsprechend ist es vorteilhaft in einem Arbeitsgang die Stengel von 3 Reihen gleichzeitig zu trennen. Dazu wird eine Arbeitskraft (AK) eingesetzt, der die Zeit für eine bestimmte Reihengänge vorgegeben ist. Gleichzeitig kürzt diese AK die längeren Stengel auf etwa 1,8 m, um eine günstige Schwadform zu erreichen.

Eine zweite AK ist für das Beräumen der Erntefläche verantwortlich. Sie trägt das Stengelmaterial über mehrere Reihen zu einem maximal 2,- m breiten Schwad (Abb. 1), der auf der bereits abgeernteten Fläche anzulegen ist und der die Stengel von 6 Reihen aufnimmt. Auf größeren Flächen ist der Zeitaufwand zu hoch, um die Stengel bis zum Feldrand zu tragen. Diese Anlage des Schwads behindert in keiner Weise die Knollenernte und kann unabhängig von ihr weiter bearbeitet werden (beispielsweise Gewinnen von Pflanzmaterial).

Eine mechanisierte Knollenernte erfordert annähernd unkrautfreie Flächen. Diese Zielstellung konnte 1993 auf einer Versuchsfläche sehr gut realisiert werden (HARTWIG, Th., 1994). Einige Unkrautnester, deren Frischmasse 3,1-3,2 t/ ha betrug, behinderten nicht die maschinelle Ernte (NEUMANN, 1994). Sehr hinderlich können Ungräser sein. Sie sind deshalb auszudünnen und das anfallende Grüngut ist auf dem Stengelschwad abzulegen.

#### *Arbeitskräftebedarf und AKh-Aufwand*

Die Leistung der Erntemaschine ist der bestimmende Faktor und deshalb Ausgangspunkt für den AK-Bedarf zur Beseitigung des oberirdischen Pflanzenmaterials.

Gegenwärtig mangelt es noch immer an experimentell begründeten Verfahrenswerten, die unter guten Praxisbedingungen ermittelt wurden.

Für das Trennen der Stengel und Verzweigungen (um die Pflanze handhabbar zu machen) sind durchschnittlich pro Pflanze 6 Sekunden vorgesehen = 600 Pflanzen pro AK und Stunde. Die Maschinenleistung erfordert jedoch eine Bearbeitung von 2304 Pflanzen/h, d.h. es sind 3,84 AK = 4 AK notwendig, um insgesamt 12 Reihen (jeweils 6 Reihen links und rechts des Beetes) zu bearbeiten.

### **Räumen der Erntefläche**

Je AK sind durchschnittlich 54 m Weg zum Stengelschwad zurückzulegen (Beräumung von 6 Reihen) = 54 Sekunden. Ergreifen von 6 Stengeln plus Verzweigungen = 16 Sekunden.

Damit beträgt der Zeitbedarf /Pflanze 11,66 = 12 Sekunden. 1 AK beräumt in 1 Stunde 300 Pflanzen (etwa 858 Kg Pflanzenmasse) Um 2 304 Pflanzen /h zu beräumen sind 7,68 AK= 8 AK erforderlich. Diese Zahl enthält eine gewisse Reserve, die für das Ausdünnen von Unkrautnestern genutzt werden kann.

Der AK-Bedarf beträgt damit für das

Trennen der Stengel	4,00	AK
Beräumen der Fläche	8,00	AK
	<hr/>	
	insges. 12,00	AK

12 AK beseitigen in 1 Stunde die oberirdischen Pflanzenteile von 0,2304 ha = 4,34 h/ha. Der AKh-Aufwand beträgt 52,08 Akh/ha.

### **3.2 Ernten der Maniokknollen**

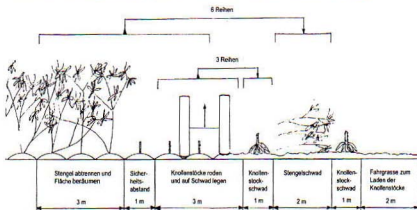
Zum Ernten der Maniokknollen kommt der Leipziger Maniokernter zum Einsatz, der nach dem Wirkprinzip des Raufrodens arbeitet (Koch und MÄHNERT 1986). Es werden besonders die in Ghana gesammelten Erfahrungen den Ausführungen zugrunde gelegt.

Zunächst einige Bemerkungen zu den Feldabmessungen. In der ghanaischen Landwirtschaft sind Feldformen und -abmessungen üblich, die auf den alten englischen Maßeinheiten basieren; und zwar auf der Längeneinheit „yard“ und der Flächeneinheit „acre“ (NEUMANN 1994).

Die traditionell mit der Hacke arbeitenden Bauern wirtschaften auf Flächen mit den Abmessungen 70x 70 yard = 1 acre. Solche Flächeneinheiten sind gewohnheitsmäßig hinsichtlich des Arbeitsaufwandes, des Saat- und Pflanzgutbedarfes etc. leicht überschaubar. Für den Einsatz von Traktoren sind Felder, die nur eine Länge von 64 m

aufweisen technologisch als ungünstig einzustufen, da das Verhältnis von Hauptnutzungszeit (Ausführung des Knollenrodens) und Wendezeit sehr unvorteilhaft ist.

Die traditionellen Feldformen lassen sich sehr gut weiterentwickeln, ohne die historisch gewachsene Flächeneinheit acre zu zerstören. In Abhängigkeit von der Betriebsgröße und anderen Bedingungen kann man Flächeneinheiten von 1 acre schachbrettartig hinter- und nebeneinander anordnen. Für die Bauern bleibt die traditionelle Fläche von 1 acre erhalten. In Abbildung 2 ist ein Beispiel für eine technologisch bessere Feldabmessung auf der Basis des traditionellen Systems dargestellt. Es sind drei traditionelle Flächeneinheiten hintereinander und zwei nebeneinander angeordnet. Das Verhältnis von Hauptnutzungszeit zu Wendezeit verbessert sich wesentlich.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung des Fließernteverfahrens bei Einsatz des Leipziger Maniokenters

In Ghana, Volta-Region, gibt es bereits Beispiele, in denen 5 Einheiten hintereinander angeordnet sind und die Feldlänge 320 m erreicht. Eine Feldbreite von 64 m wurde zunächst beibehalten. Sie ist damit als Beetbreite für die Knollenernte vorgegeben. Das Ernten im Beetverfahren ist auch deshalb zubevorzuziehen, da der einreihig arbeitende Ernter asymmetrisch an den Traktor anzubauen ist.

Die Knollenstöcke werden vom Schar unterfahren, gelockert, gleichzeitig etwas angehoben, von der Raufeinrichtung aus dem Boden gezogen und auf die Feldoberfläche abgelegt. Da die rechten Räder des Traktors auf einer bereits gerodeten Reihe laufen, müssen die Knollenstöcke nach der Ablage eingesammelt und günstiger Weise auf einem Schwad abgelegt werden (ein Schwad nimmt die Knollenstöcke von 3 Reihen auf). Diese Tätigkeit wird von IAK, der eine bestimmte Reihenlänge zugeteilt ist, ausgeführt, die gleichzeitig von der Maschine nicht gerodete Knollenstöcke erntet (sehr schiefe Stengellage).

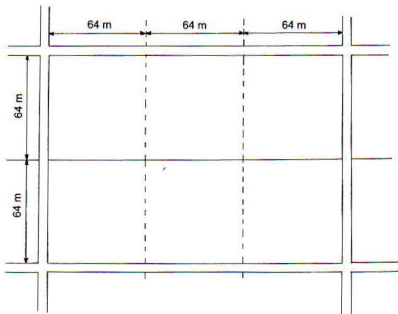


Abb. 2: Beispiel für eine technologisch günstigere Feldform

### Arbeitskräftebedarf und AKh-Aufwand

Das Ernten der Knollenstöcke erfolgt im Beetverfahren (Abb. 3).

Beetlänge	192 m
Beetbreite	64 m
Reihenabstand	1 m
Abstand in der Reihe	1 m
Arbeitsgeschwindigkeit	0,83 m/s = 3 Km/h
Zeitbedarf für einen Umgang	10 min.

Wegstrecke = 384 m, 2x Ausheben und 2x Einsetzen des Ernters,  
2x Wenden, dafür sind 92 Sekunden vorgesehen.

3 Umgänge werden in 30 Minuten ausgeführt, d. h. die Stengelbeseitigung ist so zu organisieren, daß innerhalb von 30 Minuten 3 Reihen beräumt sind ( je Stunde 12 Reihen = 2 304 Pflanzen ).

1 AK ( Traktorfahrer ) erntet pro Stunde	0,2304 ha
1 Hektar in	4,3 h
	4,3 Akh/ha



## ***Knollenstöcke aus der Radspur entfernen***

Knollenstöcke ergreifen und über 3 m im Schwad ablegen.

Es sind 12m zurückzulegen = 12 Sekunden ( für 6 Stöcke ), plus 1 Sekunde für evtl. verlorene Stöcke, = 3 s/ Knollenstock 1. AK sammelt 1 200 Stöcke / h; für 2 304 Stöcke sind 1,92 AK erforderlich.

Es besteht eine kleine Reserve zum Handroden (von der Maschine nicht aufgenommene Stöcke).

Das Raufroden erfordert insgesamt 3 AK für	0,2304 ha /h
	4,3 h/ha
	12,9 Akh/ ha

Bei Anwendung des Fließernteverfahrens in der vorgestellten Form besteht der Vorteil, daß die Arbeitsgänge „Laden der Knollenstöcke“ von Hand, „Trennen der Knollen vom Stengelrest“ von Hand sowie der „Transport“ völlig unabhängig von den vorausgehenden Arbeitsabläufen ausgeführt werden können.

## ***Laden der Knollenstöcke und Trennen der Knollen***

Solange für das Laden der Knollen aus einem Schwad keine Maschinen entwickelt wurden, sind beide Arbeitsgänge „Laden“ und „Trennen“ als eine engverbundene Einheit zu behandeln. Die Knollenstöcke werden von Hand auf Anhänger geladen, um dort das Trennen der Knollen vom Stengelrest vorzunehmen.

Zum Laden wird je Knollenstock mit einem Zeitbedarf von 4 Sekunden kalkuliert, d. h. 1 AK lädt 900 Knollenstöcke/h. Bei einer durchschnittlichen Masse/Stock von 4,1-4,5 Kg entspräche das einer Leistung von 3,7 - 4,05 t/h. Ein ansprechende Leistung unter den herrschenden Witterungsbedingungen und evtl. nicht optimaler Ernährung. Deshalb ist es sicherlich sinnvoll, wenn innerhalb des Lade-/Trennteams eine Rotation erfolgt, so daß jede AK einmal zum Laden eingesetzt wird.

Zum Trennen der Knollen vom Stengelrest ist folgender Test unternommen worden:

Verglichen wurden die Verfahren

- Trennen der Knollen von Hand mit einem Buschmesser
- Trennen der Knollen mit einem elektrisch angetriebenen Werkzeug.

Bedingungen und Resultat sind aus Tabelle 3 ersichtlich.

Die Meßwerte in Tabelle 3 lassen erkennen, daß beim Trennen von Hand leicht bessere Werte erreicht wurden. Dieses Verfahren hat einen wesentlichen Vorteil für die Ar-

beitskraft. Sie kann mit einer Hand den Stengel erfassen und den gesamten Knollenstock etwas anheben, während die andere Hand die Führung des Messers übernimmt. Weiterhin hat sie die Möglichkeit die Schnittenergie in Abhängigkeit von dem visuell erfaßten Knollendurchmesser individuell zu bestimmen.

Das elektrisch betriebene Werkzeug mußte mit beiden Händen geführt werden (Masse 3 Kg). Der Knollenstock verbleibt damit auf dem Erdboden. Kleine und mittlere Stöcke „wandern“ während des Schneidens infolge des ausgeübten Druckes.

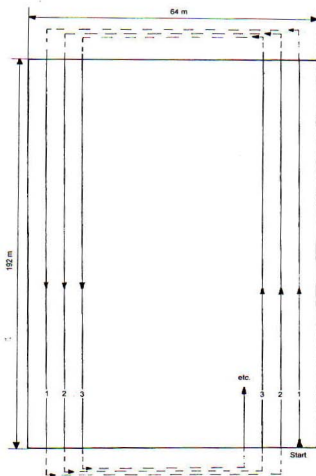


Abb. 3: Ernten der Maniokknollen im Beetverfahren Feldlänge 192m, Feldbreite 64m

**Tabelle 3:** Verfahrensvergleich zum Trennen von Maniokknollen vom Stengelrest (NEUMANN, 1995-2)

Merkmal	Einheit	Trennen der Knollen 2)	
		von Hand 4)	mit elekt. Werkzeug 3)
Anzahl der Knollenstöcke1)	St.	20	20
Anzahl der Knollen insgesamt	St.	90	96
Anzahl der Knollen/Stock	St.	4,5	4,8
Knollenmasse/ Stock	Kg	4,12	4,13
Zeitbedarf zum Trennen insgesamt	s	270	288
Durchschnittlicher Zeitbedarf/Stock	s	13,5	14,4
Leistung (Knollenstöcke/h)	St.	266,6	250,0

- 1) Sie wurden zufällig aus einer größeren Anzahl ausgewählt
- 2) Sorte TMS 30572, Versuchsfeld der UST in Kumasi ( 1995 )
- 3) Zum Einsatz kam ein Werkzeug mit oszillierendem Messer
- 4) bei ortsüblicher Arbeitsausführung

Unterstützend benutzte die AK einen Fuß, um das Wandern zu vermeiden (es besteht Verletzungsgefahr). Stets ist die Arbeit in stark gebückter Haltung auszuführen. Dieser Test ließ deutlich erkennen, daß das elektrisch angetriebene Werkzeug keine Vorteile brachte. Nachteilig ist außerdem

- die Abhängigkeit von elektrischer Energie
- die zu hohe Masse des Werkzeuges
- die unbeherrschbaren zusätzlichen Schwingungen des Messers in seitlicher Richtung bei höchster Motordrehzahl.

Von mehreren getesteten Messern war nur das Messer mit 8 mm Zahnteilung zum Trennengeeignet. Diese Ergebnisse vermitteln die Erkenntnis, daß dem Verfahren „Trennen von Hand“ der Vorzug einzuräumen ist und das auch für die nähere Zukunft bedeutsam bleiben wird.

Entsprechend der Ladelistung von 900 Knollenstöcken/h sind für das Trennen der Knollen vom Stengelrest 3,75 AK = 4 AK einzusetzen (je Stock 15 s = 240 Stöcke/h).

Das Laden und Trennen erfordert 5 AK (ohne Traktorfahrer). Geht man von 10 000 Knollenstöcken/ha aus, dann ergibt sich ein Zeitbedarf von insgesamt  $11,1 \text{ h/ha} = 55,5 \text{ Akh/ha}$ .

900 Knollenstöcke lagern im Schwad auf einer Strecke von 300 m, dementsprechend legt das Fahrzeug in einer Stunde nur einen Weg von 300 m zurück ( $v = 0,083 \text{ m/s}$ ). Da für den Transport relativ leistungsstarke Traktoren (beispielsweise MF Typ 399 mit 74 KW) einzusetzen sind, ist das Laden nur im diskontinuierlichen Fahrvorgang möglich. Die Leistung der Erntemaschine liegt um das 2,5 fache höher als die Leistung des Lade-/ Trennteams. Mehr als 4 AK zum Trennen der Knollen auf einem Anhänger einzusetzen, erscheint wenig sinnvoll. Besteht ein Bedarf an einer täglich größeren Menge an Rohstoff, dann sind einer Erntemaschine mindestens 2 Lade-/Trennteams zuzuordnen. Das vorgestellte teilmechanisierte Erntefließverfahren erfordert folgenden AK- und Akh-Aufwand/ha :

	AK	Akh/h
Trennen der Stengel	4	52,08
Beräumen der Erntefläche	8	
Raufroden	3	12,90
Laden der Knollenstöcke	1	11,10
Trennen der Knollen	4	44,4
	20	120,48

#### 4 Diskussion

Die oben dargelegte Teilmechanisierung der Maniokernte unter Beibehaltung von relativ viel Handarbeit, kann für viele Entwicklungsländer ein gangbarer Weg sein, um Erfahrungen in der Mechanisierung zu sammeln, aber auch das vorhandene Arbeitskräftepotential zu nutzen. Der Einsatz des Maniokernters beseitigt die körperlich schwere Handernte, trägt zu einer kontinuierlichen Versorgung von Verarbeitungsbetrieben bei und führt - im Vergleich zur Handernte - zu einer beträchtlichen Senkung des AKh-Aufwandes/ha.

Im beschriebenen Fließernteverfahren sind insgesamt 120,5 Akh/ha aufzuwenden. Der AKh-Aufwand für den Transport ist in dieser Summe nicht enthalten. Dafür sind nur wenige Akh/ha erforderlich (Traktorfahrer).

Hervorstechend am Gesamt-AKh-Aufwand sind die handarbeitsaufwendigen Anteile für das Beseitigen des oberirdischen Pflanzenmaterials ( $52 \text{ Akh/ha} = 43,15 \%$ ) sowie das Laden der Knollenstöcke und das Trennen der Knollen ( $55,5 \text{ Akh/ha} = 46,05 \%$ ). Diese Werte lassen mögliche Ansatzpunkte für weitere Rationalisierungen erkennen. Nach Chese (NOEL et al, 1983) waren bei Versuchen in Côte d'Ivoire für die manuelle Stengelbeseitigung 30 Akh/ha notwendig. Auch Van der Sar (1979) ermittelte für die-

sen Teilabschnitt 30 Akh/ha, wobei er anführt, daß die Stengel nur zur Seite geworfen wurden. Daraus ist zu schließen, daß eine systematische Beräumung der Erntefläche nicht vorgenommen wurde. Der Zeitaufwand pro Pflanze beträgt deshalb nur 10,8 Sekunden.

In Côte d'Ivoire betrug das zu beseitigende Pflanzenmaterial 14,4 t/ha; in Ghana dagegen 29 t/ha (Sorte TMS 30 572). Es ist vorstellbar, daß der Zeitbedarf zur Beseitigung der oberirdischen Pflanzenmasse linear ansteigt. Noel und Monnier (1983) berichten von Testergebnissen zur mechanisierten Beseitigung der oberirdischen Vegetation (Versuche von 1982 in Côte d'Ivoire). Cheze (1983) wertet die Ergebnisse aus und ist der Meinung, daß sich der AKh-Aufwand von 30 bis auf 2 Akh/ha senken läßt. An die mechanisierte Beseitigung des oberirdischen Pflanzenmaterials sind jedoch einige Anforderungen zu stellen, um die nachfolgenden Arbeitsgänge nicht zu beeinträchtigen. Besonders wäre zu nennen:

- Schnittebene 30 cm über der Dammkrone. Der Stengelrest wird zum Ziehen der Knollenstöcke bei Anwendung des Wirkprinzips „Raufroden“, zum Laden und Trennen benötigt.
- Kein An/Wegbrechen des Stengelrestes während des maschinellen Schnittes.

Entsprechend der Morphologie der Sorte TMS 30 572 ist mit Sicherheit bei mechanisierter Beseitigung der oberirdischen Pflanzenteile ein Nachputzen von Hand nicht zu vermeiden, um am Boden entlang wachsende Stengel, tiefe Verzweigungen und mehrfach Stengelreste zu beseitigen. Damit ist ein leichter Anstieg im AKh-Aufwand/ha verbunden, so daß der Aufwand mehr als 2 Akh/ha betragen wird. Zu dieser Problematik ist noch die entsprechende Forschungsarbeit zu leisten.

Der Einsatz des Leipziger Maniokernters zum Heben und Ziehen der Knollenstöcke trägt wesentlich zur Reduzierung des AKh-Aufwandes/ha bei. Nur 12,9 Akh/ha sind erforderlich. Van der Sar (1979) benötigt mindestens 60 Akh/ha (Tabelle 4).

Eine exakte Wertung ist auf grund der unterschiedlichen Testbedingungen nicht möglich. Van der Sar setzte lediglich ein technisches Hilfsmittel zur Unterstützung der Handarbeit ein. Der Maniokernter verbessert die Rodeleistung wesentlich. Einen erheblichen Zeitaufwand erfordert das Laden der Knollenstöcke sowie das Trennen der Knollen vom Stengelrest. Das Laden beansprucht 11,1 Akh/ha = 20% von 55,5 Akh/ha. Die restlichen 44,4 Akh/ha werden für das Trennen benötigt. Entsprechend den ermittelten Werten (Tabelle 3) und teilweise höherer Anzahl von Knollen/Stock ist mit 15 Sekunden/Stock kalkuliert worden. Möglicherweise ist nach einer gewissen Einarbeitungszeit noch eine Steigerung der Arbeitsleistung erreichbar. Van der Sar (1979) benötigte für das Trennen der Knollen nur 10,8 Sekunden /Knollenstock bei einem Ertrag von ca. 40 t/ha (Werte zur Anzahl der Knollen/Stock werden nicht mitgeteilt).

Das Trennen der Knollen auf dem Anhänger läßt eine bessere Raumausnutzung des Transportmittels zu und die Verarbeitungsbetriebe bevorzugen eine Knollenanlieferung

(keine Anlieferung der Knollenstöcke), da sie ohnehin genügend anderen Abfall zu bewältigen haben. Zum Transport können keine Angaben gemacht werden, da dieser Teilabschnitt nicht Gegenstand der Untersuchungen war.

**Tabelle 4:** AKh-Aufwand zum Ernten von Maniokknollen nach dem Fließverfahren im Vergleich zu drei Varianten nach Van der Sar (1979).

Vorgang	Fließerte- verfahren	Handernte mit Grabegabel	Zwei-Mann- Ernter	Ein- Mann- Ernter
Trennen der Stengel	52,08	30 1)	30 1)	30 1)
Beräumen der Erntefläche				
Heben der Knollen	12,90 2)	180	120	60
Transport der Knollenstöcke	-	20	20	20
Trennen der Knollen	55,5 3)	30	30	30

1) ohne eine echte Beräumung der Erntefläche, 2) einschließlich sammeln der Stöcke zum Schwad, 3) Laden und Trennen

## 5 Zusammenfassung

Die Maniokknollen werden noch vorwiegend von Hand geerntet. Seit langem weiß man, daß insbesondere dieser Teilabschnitt als körperlich schwere Arbeit zu werten ist, die unter tropischen Witterungs- und Ernährungsbedingungen eine besondere Beachtung verdient.

Mit dem Leipziger Maniokknollenernter ist es möglich diese körperlich anstrengende Arbeit zu beseitigen sowie eine Senkung des AKh-Aufwandes/ha für das Knollenroden zu erreichen (12,9 Akh/ha). Unter dem Aspekt der teilmechanisierten Knollenernte und Nutzung des reichlich vorhandenen Arbeitskräftepotentials wird ein Fließerteverfahren vorgestellt, das im Vergleich zum Handernteverfahren den AKh-Aufwand/ha auf 120 Akh/ha reduziert. Handarbeit wird eingesetzt zur Beseitigung der oberirdischen Pflanzenteile, zum Laden der Knollen und Trennen der Knollen vom Stengelrest.

Ein elektrisch angetriebenes Werkzeug das zum Trennen der Knollen getestet wurde, brachte im Vergleich zur manuellen Trennung mit dem Buschmesser keine Vorteile. Es wird der AK-Bedarf und der AKh-Aufwand/ha bei teilmechanisierter Maniok-ernte für die einzelnen Teilabschnitte dargelegt.

## **Partial Mechanisation of Cassava Harvest using the Leipzig Cassava Harvester- a Contribution for the Development of the Working Methods**

### **Summary**

Cassava roots are mainly harvested by hand. It is well known that this is physically hard work especially under tropical weather and feeding conditions.

Using the Leipzig cassava harvester it is possible that the physical work is reduced, requiring only 12.9 man hours of labour per hectare. A working method for harvesting is shown which takes into account the partial mechanisation of harvesting of the cassava roots ( a flow process ) which reduces the man power required down to 120 man hours/ha. Man power is used for removing the above-ground plant parts, loading the roots and for detaching the roots. A electrical tool was tested for detaching of the roots but no advantage was gained. Detaching by hand gave better test values. The amount of labour and man power/ha is represented for the individual working sections.

### **6 Literaturverzeichnis**

- 1 HARTWIG, Th., 1994, Möglichkeiten einer standort- und umweltgerechten Unkrautbekämpfung im Maniokanbaugebiet der Volta-Region der Republik Ghana. Universität Leipzig, Agrarwissenschaftliche Fakultät, WB Tropische Landwirtschaft. Diplomarbeit.
- 2 KOCH, R., und MÄHNERT, E., 1986, Beitrag zur maschinellen Ernte der Knollen von Maniok (*Manihot esculenta*, Crantz). Ingenieur-Hochschule Berlin- Wartenberg. Dissertation.
- 3 NEUMANN, R., 1994, Erprobung des Leipziger Maniokknollenernters in Ghana. Bericht an die GTZ 1994 ( unveröffentlicht ).
- 4 NEUMANN, R., 1995, Some Characteristics of Cassava Variety TMS 30 572 cultivated on a Trial in the Volta-Region, Republik Ghana. In: Agriculture & Equipment International, Vol. 46, No 11/12 .
- 5 NEUMANN, R., 1995, Versuche zur mechanisierten Ernte von Maniokknollen in Ghana. Universität Leipzig, WB Tropische Landwirtschaft. Bericht unveröffentlicht.
- 6 NOEL, A., MONNIER, J., und CIEZE, 1983, Etude de solutions mecanisees pour la recolte du manioc (Studie über mechanisierte Lösungen für die Maniokernte). In: Machinisme Agricole Tropical, 83, S. 8-17.
- 7 VAN der SAR, T., 1979, Hand-Operated Cassava Harvester. AMA 10, 1. S.64-68 .