

Selektion von Anpassungsformen von *Theobroma cacao* L., dargestellt an einem Versuch am K.A.T.R.IN.,*) Ifakara, Tansania

Selection of adapted forms of *Theobroma Cacao* L. with K.A.T.R.IN./Tanzania

Von Richard W. Muttscheller **)

1. Einleitung

In Tansania wurde der erste Kakao vor 70 Jahren in der Nähe von Tanga auf der Pflanzung Sigi Segoma angebaut. Es sollen sowohl Criollo- als auch Forastero-Typen verwendet worden sein. Im Laufe der Generationen hat sich daher eine sehr starke Hybridisierung ergeben mit dem Resultat, daß schwächliche Individuen verschwanden — in Ostafrika tritt eine ausgeprägte Trockenzeit auf — und härtere, wuchsfreudigere Typen zum Zuge kamen.

Im Lande wird der Kakaoanbau in der Hauptsache von Kleinbauern betrieben. Drei Gebiete werden als anbaueeignet bezeichnet: Tanga, Turiani und Mbeya. Von den Pflanzungen Sigi Segoma und Muheza, ganz in der Nähe gelegen, bezogen die Bauern sehr stark gemischtes Saatgut, da anfänglich kein anderes zur Verfügung stand. In den drei Anbaugebieten trifft man deshalb stark variierende Populationen. Entsprechend ist die Auswirkung auf Fermentation und Qualität.

Im Jahre 1954 wurde Maramba, eine Pflanzung der Holland-Tanganika-Gesellschaft am Fuße der Usambaraberge in der Nähe von Tanga eröffnet. Am Anfang wurden die verschiedensten Kakaotypen angepflanzt. Heute ist der Anbau beschränkt auf die Sorten ICS 60 (Imperial College Selection), ein Trinitario-Typ von Trinidad, und DR 1, DR 2 und DR 38 (Versuchsstation Djati Roenggo — Indonesien) als fast reine Edelkakaos.

*) Kilombero Agricultural Training, Water Development and Research Institute.

***) Dr. Richard W. Muttscheller, Diplomlandwirt, Ing. agr. trop., Mitarbeiter der Deutschen Förderungsgesellschaft für Entwicklungsländer (GAWI).

Anschrift: z. Z. 343 Witzenhausen, Steinstr. 19.

Neuerdings wird ICS 60, der eine annehmbare Trockenresistenz aufweist, nur noch als Unterlage verwendet, auf die die drei DR-Typen, in der Hauptsache jedoch DR 2, aufokuliert werden. DR 2 besitzt außerdem den Vorteil, auch als Sämlingsbaum gute Erträge zu liefern; sein Nachteil ist, daß die Trockenresistenz nicht ganz genügt.

Das Produkt von Maramba ist noch „mottled quality“. Dieses Gemisch aus weißen und allen Schattierungen violetter Bohnen kommt vornehmlich von Trinitario-Typen oder aus Mischpflanzungen. Die Aufbereitung der Bohnen auf Maramba ist hervorragend und die Preise für diese Qualität liegen weit über Weltmarktniveau. Sowie die Pflanzung entsprechend der Anbauplanung auf die sehr hochstehenden DR-Typen (besonders DR 2) umgestellt ist, wird auf die jetzt erzielten guten Preise noch eine weitere Prämie bezahlt werden.

Das Gebiet um Ifakara, wie auch noch andere Landstriche im Kilombero-tal, scheint im Grenzbereich für den Kakaoanbau zu liegen, wenn man sich nach den Standardangaben für das Klima in der Literatur richtet (9, 14).

Da im Kongo (1) ein Gebiet mit sehr ähnlichen klimatischen, bodenmäßigen und topographischen Bedingungen für den Kakaoanbau erschlossen wurde, war dies ein Grund, sich mit der Frage der Möglichkeit eines Kakaoanbaues im Kilombero-tal zu befassen.

Es wurde damit begonnen, aus der im Lande vorhandenen und von der Natur schon vorselektierten Population Anpassungsformen als P-Generation zu isolieren, um daraus durch kontrollierte Bestäubung F-Generationen herzustellen, die dann ihrerseits die Möglichkeit bieten, Formen zu selektieren, die eine größere Trockenresistenz als ICS 60 aufweisen und auch geeignet sind, als Unterlagen von Edelkakaos zu dienen.

2. Material

2.1. Eingruppierungen der Kakaoformen

Kakao wird nach *Cheesman* (5) in zwei Hauptgruppen unterschieden:

- 2.1.1. Criollo-Kakao; darunter versteht man die alten Kakaopopulationen des Caucales in Kolumbien, Westvenezuelas, Zentralamerikas und Mexikos.
- 2.1.2. Forastero-Kakao; dabei handelt es sich um die Population des Amazonasbeckens und die davon abstammenden Kultivare.

Eine Untergruppe, die Trinitario-Kakaos, hat sich aus Kreuzungen von 2.1.1. und 2.1.2. entwickelt. Dieser Entwicklungsprozeß ist noch nicht abgeschlossen. Auf Pflanzungen, wo beide Hauptgruppen im Mischverband angebaut werden, entstehen laufend neue Trinitario-Typen.

Die Criollos haben weiße Keimblätter und werden als Edelkakaos bezeichnet. Die Produktion dieser Sorten geht bedingt durch größere Anfälligkeit für Krankheiten und Schädlinge immer weiter zurück (4). Entsprechend hohe Preise können auf dem Weltmarkt erzielt werden.

Die Forastero-Typen haben dunkle Keimblätter und umfassen die sogenannten Konsumkakaotypen: die Masse der Weltproduktion. Bei ihrer Verarbeitung zu besseren Schokoladensorten ist die Beimischung von Edelkakaos notwendig.

Die Trinitario-Typen zeigen je nach Criollo-Anteil in der Keimblattfärbung die ganze Skala von einem im Weiß nur angedeuteten Violett bis zu tiefdunkler Ausfärbung. Entsprechend ist die Qualitätseinstufung und der Preis.

Wie für fast alle Kreuzungen trifft auch für die Trinitarios eine größere Härte und eine geringere Anfälligkeit für Krankheiten und Schädlinge zu, was besonders für Kakao in bestimmten Anbaugebieten von ausschlaggebender Bedeutung sein kann. Auch liegen die Erträge höher als bei den Criollos. Beide Tatsachen sind dafür verantwortlich, daß der Edelkakaobau in den herkömmlichen Gebieten sehr stark im Rückgang begriffen ist (4, 11).

2.2. *Klima*

2.2.1. Niederschlag

Die Niederschlagsmenge in Ifakara, über einen Zeitraum von 20 Jahren gemessen, liegt im Durchschnitt bei 1460 mm im Jahr. Es treten zwei Regenzeiten auf, deren Dauer sehr verschieden sein kann: die kleine Regenzeit dauert gewöhnlich von Ende November bis Ende Dezember und die große von Ende Februar bis Ende Mai. Die kleine Regenzeit kann jedoch auch ausbleiben oder direkt in die große übergehen.

In Tabelle 1 werden die Niederschlagsmengen einiger alter Kakaoanbaugebiete im Vergleich zu Ifakara dargestellt.

In Ifakara sind die Monate Juni bis zur Hälfte, Juli, August, September, Oktober und November zur Hälfte trocken. In normalen Jahren dauert die Trockenzeit 5 Monate; sie kann aber auch bis zu sieben Monaten anhalten, wie es im Jahre 1966 der Fall war. In den trockenen Monaten ist der Himmel sehr häufig bedeckt. Während dieser Zeit kann jedoch starker Tau fallen.

Eine Parallele zu den Niederschlagsmengen ist die Pflanzung Gauda Sundi im Kongo (1) mit mittleren Jahresniederschlägen von 1350 mm. Das Minimum liegt dort bei 800 mm und das Maximum bei 1900 mm Regen. Die Trockenzeit dauert fünf Monate; der Himmel ist während dieser Zeit häufig bedeckt.

Tabelle 1. Niederschlagsmengen einiger Kakaoanbaugebiete im Vergleich zu Ifakara.

Monat	Tafo		St. Augustine		Rabaul		Ifakara		
	mittlerer Niederschlag	Regentage	mittlerer Niederschlag	Regentage	mittlerer Niederschlag	Regentage	mittlerer Niederschlag	mittlerer Niederschlag	Regentage
	mm		mm		mm		20 Ja. mm	3 Ja. mm	3 Ja.
Jan.	39.6	3.4	71.1	16.0	358.9	20.8	172.6	100.8	10.3
Febr.	92.2	7.3	33.0	11.0	265.2	13.1	195.2	96.7	11.0
März	154.7	11.6	33.0	21.0	239.3	19.5	302.8	251.8	18.0
April	147.3	11.2	48.3	10.0	248.9	18.0	348.2	407.4	21.3
Mai	179.6	13.4	127.0	16.0	131.3	13.3	116.9	150.5	14.0
Juni	211.6	18.4	218.4	22.0	91.9	12.7	16.4	31.9	8.0
Juli	140.5	13.5	218.4	23.0	142.0	14.6	9.8	13.7	4.3
Aug.	70.9	12.8	249.9	23.0	111.8	14.8	6.0	6.9	1.3
Sept.	158.2	13.9	200.7	19.0	92.7	12.5	6.6	18.7	3.3
Okt.	219.7	18.0	162.6	17.0	133.4	12.7	15.1	11.0	1.7
Nov.	129.0	11.0	198.1	28.0	160.0	15.7	83.1	106.2	9.0
Dez.	62.0	5.0	162.6	20.0	258.8	18.3	152.1	202.2	13.3
	1605.3	139.5	1723.1	226.0	2234.2	186.1	1460.8	1397.4	115.5

Beobachtungsjahre: Tafo-Ghana: 15, St. Augustine-Trinidad: 21, Rabaul-Neuguinea: 25, Ifakara-Tansania: 20, Versuchszeitraum 3 Jahre (6, 17).

2.2.2. Temperatur

Kakao ist auf Gebiete beschränkt, in denen das absolute Minimum nicht unter 10° C sinkt und die Jahresdurchschnittstemperatur nicht weniger als 21° C beträgt (7). Vergleichende Temperaturwerte verschiedener Kakaoanbaugebiete zeigt Tabelle 2.

Die Temperaturen auf Trinidad und in Rabaul sind sehr ausgeglichen. Die Zahlen für Tafo und Ifakara weisen darauf hin, daß die beiden Orte im Landesinneren liegen (Tabelle 3).

Tabelle 3 veranschaulicht die Temperaturschwankungen in den kühlfsten und wärmsten Monaten.

Tabelle 2. Temperaturwerte einiger Kakaoanbauggebiete im Vergleich zu Ifakara (6, 17).

Monat	Tafo			St. Augustine			Rabaul			Ifakara		
	mittleres Max. ° C	mittleres Min. ° C	Mittelwert	mittleres Max. ° C	mittleres Min. ° C	Mittelwert	mittleres Max. ° C	mittleres Min. ° C	Mittelwert	mittleres Max. ° C	mittleres Min. ° C	Mittelwert
Jan.	33.0	15.1	24.1	28.9	20.0	24.5	32.6	23.1	27.9	34.7	23.3	29.0
Febr.	34.3	16.2	25.3	29.4	19.4	24.4	31.6	23.2	27.4	31.7	21.8	26.8
März	34.2	18.8	26.5	30.0	20.0	25.0	31.6	23.0	27.3	32.4	21.8	27.6
April	34.3	18.9	26.5	30.6	21.7	26.2	31.8	23.3	27.6	30.4	21.6	26.0
Mai	33.4	19.2	26.3	31.1	22.2	26.7	31.6	23.3	27.5	29.7	21.0	25.4
Juni	31.8	18.9	25.4	30.0	22.2	26.1	31.4	23.2	27.3	28.1	19.2	23.7
Juli	30.4	19.0	24.7	30.0	22.2	26.1	31.5	22.6	27.1	28.5	16.6	22.6
Aug.	30.2	18.3	24.3	30.6	21.7	26.2	31.6	23.1	27.4	29.5	17.0	23.0
Sept.	31.1	19.2	25.2	30.6	22.2	26.4	32.1	23.1	27.6	29.6	18.2	23.9
Okt.	32.1	19.1	25.6	30.6	22.2	26.3	32.4	23.1	27.8	32.7	20.4	26.6
Nov.	32.5	18.3	25.4	30.0	21.7	25.9	32.7	23.4	28.1	32.7	21.6	27.2
Dez.	32.6	17.1	24.9	29.4	21.1	25.3	32.4	23.0	27.7	32.4	21.7	27.1

2.2.3. Luftfeuchtigkeit

Der natürliche Standort von Kakao weist darauf hin, daß die Pflanze an sehr hohe relative Luftfeuchtigkeiten gewöhnt ist. In Tabelle 4 werden die relativen Luftfeuchtigkeitswerte einiger alter Kakaoanbauggebiete mit Ifakara verglichen.

2.2.4. Boden

Der größte Teil der Böden, auf denen Kakao heute kultiviert wird, sind Verwitterungsprodukte von Graniten, Grano-Dioriten und Gneisen in den Hauptanbaugebieten an der afrikanischen Westküste (3,11); in Südamerika handelt es sich außerdem noch um tiefgründige Alluvialböden in den Küstenregionen (8); auf den pazifischen Inseln sind die Böden häufig vulkanischer Herkunft (10).

Der Versuch wurde an einem Nordhang mit 12 % Gefälle angelegt. Der Boden ist ein tiefgründiger Lehm (14). Der natürliche Bestand ist wahrscheinlich ein nicht zu dichter sekundärer Urwald mit wenig holzigem

Tabelle 3. Standortbedingte Temperaturschwankungen einiger Kakaoanbaugebiete. Temperaturdifferenzen der Monatsmittelwerte in °C zwischen kühlestem und wärmstem Monat.

	Rabaul	St. Augustine	Tafo	Ifakara
Maximum	1.3	2.2	4.1	4.1
Minimum	0.8	2.8	4.6	7.7
Tagesschwankungen in °C				
kühlster Monat	8.2	8.9	12.1	8.9
wärmster Monat	9.3	8.9	18.1	11.4

Unterwuchs und einer relativ gut entwickelten Grasnarbe. Der oberste Bodenhorizont ist 10 bis 15 cm mächtig und von bräunlicher Färbung. Der pH-Wert liegt zwischen 5.0 und 5.5. Darunter steht ein roter Lehm an, der sehr gut durchwurzelt ist und über eine gute Durchlüftung und natürliche Entwässerung verfügt.

3. Versuchsanlage, Durchführung und Ergebnisse

Zuerst wurden Informationen über die im Lande bereits aus früheren Zeiten vorhandenen Kakaotypen gesammelt. Dann wurde entschieden, eine Sammlung von möglichst vielen Typen anzulegen und ihr Wuchsverhalten zu beobachten. Die Sammlung besteht aus Forasteros und Trinitarios; reine Criollos waren nicht zu finden.

Beim Aussuchen der Typen wurde dem Ertragsreichtum und der Bohnenqualität des Mutterbaumes kein Wert beigemessen. Deshalb wurde nicht auf Formen selektiert, auf denen ein Zuchtprogramm für qualitativ hochstehende Ertragstypen hätte aufgebaut werden können.

Qualitativ hochstehende Sorten sind bereits vorhanden (ICS-Typen, DR-Typen, Samoa-Typ). Da die klassischen Anbaugebiete und damit auch die Versuchsstationen in Zonen mit genügend und gut verteilten Niederschlägen liegen, lag es aufgrund der natürlichen Gegebenheiten dort nicht im Bereich der Möglichkeiten, eine Selektion auf Frohwüchsigkeit gepaart mit hoher Trockenresistenz zu betreiben. Eine Ausnahme kann jetzt für Nigeria gemacht werden, wo in den letzten Jahren Schwierigkeiten bei der Neuanlage von Pflanzungen wegen ausgeprägter Trockenzeiten auftraten (15).

Der vegetative Zuwachs interessierte deshalb weit mehr als das reproduktive Verhalten der Einzelindividuen. Die in Tansania mit seiner ausgeprägten Trockenzeit entstandene Population, die einer natürlichen Auslese unterworfen war und aus der im Laufe der vergangenen Jahrzehnte

Tabelle 4. Luftfeuchtigkeitsdaten einiger Kakaoanbaugebiete im Vergleich zu Ifakara (6, 17).

Monat	Tafo		St. Augustine			Rabaul			Ifakara		
	um 9 Uhr %	um 15 Uhr	mittleres Max.	mittleres Min. %	Mittelwert	mittleres Max.	mittleres Min. %	Mittelwert	mittleres Max.	mittleres Min. %	Mittelwert
Jan.	85.5	54.1	57.0	79.0	72.0	75.5	95.5	58.1	76.8		
Febr.	83.7	51.3	52.0	79.0	72.0	75.5	94.9	54.3	74.6		
März	81.6	54.7	51.0	83.0	75.0	79.0	95.8	55.7	75.7		
April	80.5	55.9	52.0	83.0	72.0	77.5	97.0	56.9	76.9		
Mai	81.7	62.3	57.0	79.0	72.0	75.5	97.1	52.3	74.7		
Juni	84.7	67.9	63.0	79.0	72.0	75.5	96.9	50.3	73.6		
Juli	86.0	68.9	63.0	87.0	72.0	79.5	95.1	43.1	69.1		
Aug.	85.9	61.3	63.0	79.0	72.0	75.5	94.7	40.2	76.5		
Sept.	85.1	70.6	62.0	75.0	72.0	73.5	89.3	37.6	63.5		
Okt.	83.1	69.8	62.0	75.0	68.0	71.5	85.9	34.8	65.4		
Nov.	81.8	65.4	63.0	76.0	76.0	76.0	91.0	43.6	67.3		
Dez.	84.2	61.4	62.0	75.0	72.0	73.5	92.1	44.5	68.3		

nicht oder nur wenig trockenresistente Formen verschwunden sind, bietet sich speziell für eine Selektion auf Typen an, die zur Ausweitung des Kakaoanbaues unter Berücksichtigung der Veredelungstechnik herangezogen werden können.

Bei der Auswahl der Typen wurde das Alter der Bäume, das in Erfahrung zu bringen war, in Betracht gezogen. Früchte wurden nur von kräftigen, wüchsigen Bäumen genommen, deren Blätter von kleinerer, fester und grober Beschaffenheit waren. Die Früchte unterschieden sich in Größe, Form und Farbe voneinander, die Bohnen dagegen in der Form und in der Farbe der Kotyledonen. Es wurde darauf geachtet, eine möglichst große Streubreite im aufspaltenden Material zu erhalten, um zumindest einen Teil der positiven Anlagen zu erfassen.

3.1. Beschreibung der einzelnen Typen

Die ursprünglichen Saaten stammen von den Pflanzungen Sigi Segoma und Muheza.

Die ersten 12 Typen wurden einer Versuchsparzelle des tansanianischen Landwirtschaftsministeriums bei Sanje im Kilomberotal entnommen, während die Typnummern 13 bis 24 auf Juani Estate bei Kilosa ausgelesen wurden.

Für die Bonitierung der einzelnen Typen wurde ein eigenes Schema entwickelt, welches die Fruchtigenschaften Größe, Form und Farbe benutzt sowie die Bohneneigenschaften Länge und Keimblattfarbe (Tabelle 5).

Tabelle 5. Bonitierungsschema für 24 verschiedene Formen von *Theobroma cacao* L.

Typ Nr.	Fruchtgröße			Fruchtform	Frucht- farbe bei Reife	Bohnen- eigenschaften
	Länge	Durch- messer in mm	Scha- len- dicke			
1	170	90	10	Furchen tief angelegt, Oberfläche rau, warzig, Fruchtende stumpf	gelb	Länge 25 mm, flach, Keimbl. violett, Trinitario
2	130	70	6	Furchen unauffällig, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende kurz und stumpf	gelb	Länge 20 mm, längl. oval, flach, Keimbl. violett, evtl. Trinitario
3	130	75	8	Furchen unauffällig, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende stumpf	hell- gelb	Länge 25 mm, läng- lich-oval, flach, Keimbl. violett, Forastero
4	140	80	9	Furchen deutlich aus- gebildet, nicht sehr tief Schale glatt, Fruchtende stumpf	hell- gelb	Länge 25 mm, läng- lich-oval, flach, Keimbl. violett, evtl. Trinitario
5	200	80	18	Furchen sehr tief, aus- gebildet, Schale rau, leicht warzig	gelb	Länge 20 mm, oval, voll, plump, Keimbl. violett, Trinitario
6	125	70	12	Furchen unauffällig, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende stumpf	gelb	Länge 15 mm, läng- lich-oval, flach, Keimbl. violett, Forastero

Fortsetzung Tabelle 5

Typ Nr.	Fruchtgröße			Fruchtform	Frucht- farbe bei Reife	Bohnen- eigenschaften
	Länge	Durch- messer in mm	Scha- len- dicke			
7	180	75	13	Furchen deutlich aus- gebildet, Schale rauh, Fruchtende lang aus- gezogen, spitz	röt- lich	Länge 25 mm, oval, voll, Keimbl. violett, Trinitario
8	130	70	10	Furchen am Stielende tief, gegen Fruchtende verschwindend, Schale rauh, warzig, Fruchtende stumpf	gelb	Länge 25 mm, läng- lich-oval, voll, rund, Keimbl. hellviolett, Trinitario, hoher Criolloanteil
9	170	65	13	Furchen am Stielende tief, gegen Fruchtende verschwindend, Schale rauh, warzig, Fruchtende lang ausgezogen, spitz	röt- lich	Länge 25 mm, läng- lich-oval, voll, rund, Keimbl. violett, evtl. Trinitario
10	150	65	11	Furchen unauffällig, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende stumpf	gelb- lich	Länge 20 mm, flach, nicht voll, Keimbl. violett, Forastero
11	130	70	10	Furchen am Stielende unscheinbar, gegen Fruchtende ganz ver- schwindend, Schale rauh, leicht warzig, Fruchtende stumpf	gelb- lich	Länge 25 mm, läng- lich-oval, voll, am Na- belende abgeflacht, Keimbl. hellviolett, Trinitario
12	150	80	15	Furchen am Stielende flach, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende stumpf	gelb	Länge 28 mm, oval, voll, rund, Keimbl. weißlich ver- färbt, Trinitario
13	200	100	20	Furchen sehr tief, aus- gebildet, Schale rauh, warzig, Fruchtende lang ausgezogen und spitz	rot, Fur- chen- grund gelb	Länge 30 mm, oval, voll, rund, Keimbl. violett, Trinitario

Fortsetzung Tabelle 5

Typ Nr.	Fruchtgröße			Fruchtform	Frucht- farbe bei Reife	Bohnen- eigenschaften
	Länge	Durch- messer in mm	Scha- len- dicke			
14	180	180	17	Furchen am Stielende deutlich ausgebildet, gegen das Fruchtende auslaufend, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende kurz und spitz	hell- gelb	Länge 25 mm, läng- lich-oval, rund, voll, Keimbl. violett, evtl. Trinitario
15	150	75	13	Furchen gut ausgebildet, Schale rauh, warzig, Fruchtende stumpf	röt- liches Gelb	Länge 20 mm, voll, rund, am Nabel brei- ter, leicht abgeflacht, Keimbl. weiß mit vio- lettem Schimmer, Trinitario, hoher Criolloanteil
16	180	85	16	Furchen flach, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende rund	gelb	Länge 25 mm, läng- lich-oval, flach, Keimbl. violett, evtl. Trinitario
17	210	90	16	Furchen am Stielende deutlich ausgebildet, gegen Fruchtende ver- schwindend, Schale rauh, warzig, Fruchtende kurz und spitz	hell- gelb	Länge 25 mm, läng- lich-oval, abgeflacht, Keimbl. intensiv vio- lett, evtl. Trinitario
18	220	105	17	Furchen unauffällig, Schale glatt, Fruchtende stumpf	gelb	Länge 30 mm, läng- lich-oval, abgeflacht, Keimbl. intensiv vio- lett, Forastero
19	200	95	20	Furchen unauffällig, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende kurz und rund	gelb	Länge 30 mm, läng- lich-oval, voll, rund, Keimbl. violett, Forastero
20	230	105	20	Furchen tief, Schale rauh, leicht warzig, Fruchtende kurz und stumpf	gelb	Länge 25 mm, läng- lich-oval, voll, rund, Keimbl. intensiv vio- lett, evtl. Trinitario

Fortsetzung Tabelle 5

Typ Nr.	Fruchtgröße			Fruchtform	Frucht- farbe bei Reife	Bohnen- eigenschaften
	Länge	Durch- messer in mm	Scha- len- dicke			
21	210	85	16	Furchen tief angelegt, Schale rauh, leicht warzig, Fruchtende lang und spitz	röt- liches Gelb	Länge 25 mm, läng- lich-oval, leicht ab- geflacht, voll, Keimbl. violett, evtl. Trinitario
22	200	90	15	Furchen am Stielende deutlich ausgebildet, gegen Fruchtende ver- schwindend, Schale rauh, warzig, Fruchtende kurz und spitz	rosa, Fur- chen- grund gelb- lich	Länge 25 mm, läng- lich-oval, voll, rund, Keimbl. violett, Trinitario
23	190	85	15	Furchen unauffällig, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende kurz und stumpf	inten- sives Rot	Länge 25 mm, oval, leicht abgeflacht, Keimbl. violett, Trinitario
24	180	100	10	Furchen unauffällig, Schale glatt, nicht warzig, Fruchtende sehr kurz und stumpf	gelb	Länge 30 mm, läng- lich-oval, flach, Keimbl. violett, Forastero

3.2. Versuchsanlage

3.2.1. Allgemeines

Der Versuch wurde so angelegt, daß nach verhältnismäßig kurzer Zeit schon Versuchsergebnisse zur Verfügung standen.

Es wurde ein Stück Land an einem Nordhang mit einem Gefälle von 12 % und einer Größe von 0.9 ha ausgewählt. Der obere Rand des Hanges, der gleichzeitig den Rand der Versuchsparzelle bildet, geht in ein etwa 80 m breites Plateau über, das auf der anderen Seite wieder abfällt.

Das Gelände wurde in vier Parzellen eingeteilt.

Versuchsanordnung:

- 3.2.1.1. Parzelle Nr. 1: Oberhang ohne Schatten
- 3.2.1.2. Parzelle Nr. 2: Oberhang mit Schatten
- 3.2.1.3. Parzelle Nr. 3: Unterhang ohne Schatten
- 3.2.1.4. Parzelle Nr. 4: Unterhang mit Schatten

Von einzelnen Typen war die Anzahl der Sämlinge begrenzt. Je Parzelle standen 96 Pflanzstellen zur Verfügung. Es wurden drei Wiederholungen mit zufälliger Verteilung der Typen angelegt; die verbliebenen Pflanzstellen wurden mit Typen, von denen mehr Einzelindividuen zur Verfügung standen, ausgepflanzt.

Zwischen den Parzellen „Oberhang“ und „Unterhang“ wurde ein Streifen von 36 m Breite und zwischen „beschattet“ und „unbeschattet“ ein solcher von 6 m Breite mit den zur Verfügung stehenden Sämlingen der verschiedenen Typen besetzt, ebenso wie die zwei um das ganze Stück gehenden Randreihen.

3.2.2. Vorbereitung der Versuchsfläche

Sämtliche Bäume auf den Parzellen „ohne Schatten“ wurden mit einer Motorsäge an der Bodenoberfläche gefällt, zerteilt und zusammen mit den Aufarbeitungsrückständen weggeräumt. Der Einsatz von schweren Räumgeräten wurde vermieden, um eine Störung der Oberkrume zu vermeiden. Das Gras wurde von Hand geschlagen und nicht gebrannt. Die Parzellen „mit Schatten“ wurden so ausgelichtet, daß ein lichter Schatten von den verbliebenen Bäumen erzeugt wurde.

3.2.3. Vorbereitung der Pflanzlöcher

Die Pflanzstellen wurden in einem Abstand von 3×3 m abgesteckt und die Löcher in einer Abmessung von $60 \times 60 \times 90$ cm in der Trockenzeit ausgehoben. Ober- und Unterboden wurden separat gesetzt. Mit dem ersten Regen wurden die Pflanzlöcher wieder verfüllt, damit sich der Boden im Laufe der Regenzeit setzen konnte.

3.2.4. Anzucht der Sämlinge und Auspflanzen

Die Sämlinge wurden in einer Baumschule angezogen, um eine bessere Kontrolle sämtlicher das Wachstum beeinflussender Faktoren zu haben.

Die Anzucht erfolgte in Polyäthylenbeuteln. Mit Kompost aus einer Mischung von organischen Rückständen, Sand und Oberboden hergestellt, wurden die Polyäthylenbeutel, 25×45 cm, gefüllt und unter ein Schattendach aus Gras gestellt. Der Stellplatz wurde, um Termiten fernzuhalten, mit einer Lösung von Dieldrin 0.5 % behandelt. Vier Wochen vor dem Auspflanzen wurde das Gras des Schattendaches zur Abhärtung der Jungpflanzen ausgelichtet und schließlich ganz abgenommen, um spätere Schädigungen in der Pflanzung zu vermeiden.

Nachdem der Boden sich in den Pflanzlöchern gesetzt hatte, wurden kleinere Löcher, die gerade den Sämling mit Wurzelballen aufnehmen konnten, ausgehoben.

Vor dem Pflanzen mußte der Beutel aufgeschlitzt und abgezogen werden. Nach dem Einsetzen in das Pflanzloch wurden die Zwischenräume mit Oberboden verfüllt und über den Sämling ein Temporärschattendach aus Gras gestellt.

Die Auspflanzung erfolgte Ende der Regenzeit 1966. Die Sämlinge wurden absichtlich einer größeren Belastung unterworfen. Sie wurden anfänglich nicht gemulcht, sondern in der Pflanzung wurde nur das Gras niedrig gehalten, um das Wachstum der Pflänzlinge nicht zu behindern. Erst gegen Ende der Trockenzeit wurde um die Pflanzen Mulch ausgebreitet und noch später die Kultur voll gemulcht als Vorbereitung auf die Regenzeit.

Die Trockenzeit im Jahre 1966 war außerordentlich lang. Die Sämlinge litten sehr und es waren große Verluste zu verzeichnen.

Diese Bedingungen erwiesen sich als dem Zwecke sehr dienlich. Es konnte entschieden werden, die Versuche weiterzuführen und gleichzeitig ergab sich eine weitere natürliche Selektion auf größere Trockenresistenz.

3.2.5. Düngung

Beim Verfüllen der Pflanzlöcher erfolgte eine Grunddüngung von 0.5 kg Ammonsulfat, 3.0 kg Doppelsuperphosphat, 1.0 kg Kaliumsulfat und 5.0 kg grob gemahlenem Kalkstein pro Loch. Zwei Drittel der Menge wurden in den Unterboden und ein Drittel in den Oberboden eingemischt.

Im darauffolgenden Jahr (1967) wurde auf eine Düngung verzichtet, da die starke Grunddüngung als genügend erachtet wurde.

Im dritten Jahr (1968) betrug die Düngergabe, zu Beginn der Regenzeit in einem breiten Band unter dem Kronentrauf ausgestreut, 300 kg Ammonsulfat, 200 kg Triplesuperphosphat und 100 kg Kaliumsulfat je Hektar. Dazu wurde das Mulchmaterial entfernt und später wieder ausgebreitet.

3.2.6. Aufzeichnen der Ergebnisse

Über drei Jahre (Juni 1966 bis Mai 1969) wurden von jedem Baum, auch außerhalb der Versuchspartellen, folgende Daten in zeitlicher Reihenfolge festgehalten:

- 3.2.6.1. Zeitpunkt des Kronenansatzes oder der Jorquettebildung
- 3.2.6.2. erster Blütenansatz
- 3.2.6.3. erster Fruchtansatz
- 3.2.6.4. Auftreten von Cherelle-Welke
- 3.2.6.5. Messen des Stammdurchmessers und Bestimmung des Stammvolumens

3.3. Ergebnisse

3.3.1. Gesamtverluste

Nach Ablauf eines Zeitraumes von drei Jahren waren die in Tabelle 6 dargestellten Gesamtverluste eingetreten.

Tabelle 6. Gesamtverluste unter den einzelnen Behandlungen

Parzelle	Behandlung	Gesamtverlust
1	Oberhang ohne Schatten	47.1 %
2	Oberhang mit Schatten	36.5 %
3	Unterhang ohne Schatten	37.6 %
4	Unterhang mit Schatten	21.8 %
Mittelwert		35.5 %

Die Parzellen „ohne Schatten“ hatten die höchsten Verluste. In Parzelle Nr. 2 kann festgestellt werden, daß durch die Beschattung die Verluste nicht ganz so hoch waren wie auf der in gleicher Höhe liegenden unbeschatteten Parzelle Nr. 1. Beschattung kann also Wassermangel offensichtlich nicht kompensieren.

3.3.2. Wuchsverhalten

Frühreife muß als Kriterium für die Selektion auf Frohwüchsigkeit und Trockenresistenz herangezogen werden und zwar deshalb, weil und obwohl noch nicht bekannt ist, welchen Einfluß Unterlagen auf das Okulat bei der Kakaoveredelung haben. Darum wurde die Ausbildung der „Jorquette“, der Blütenansatz und der Fruchtansatz besonders eingehend bonitiert.

3.3.2.1. Ausbildung der „Jorquette“

Da der Genotyp bestimmt, wann sich die Sproßendknospe zur „Jorquette“ teilt, wurde dies als Hinweis für Frohwüchsigkeit und Frühreife gewertet. Die Daten hierüber wurden festgehalten und in Tabelle 7 dargestellt.

Die ersten Jorquettes bildeten sich bereits 9 Monate nach dem Auslegen der Saat. Die auf den Parzellen „ohne Schatten“ stehenden Sämlinge wiesen ein allgemein zügigeres Wachstum auf. Die Zahlen verdeutlichen jedoch, daß am „Oberhang ohne Schatten“ (Parz. 1) mit fortschreitender Trockenheit (nach 15 bis 18 Monaten) eine Verzögerung des Wuchses ein-

Tabelle 7. Wuchsdauer bis zur Anlage der Jorquette

Bildung der Jorquette nach einer Wuchsdauer von	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4
	%	%	%	%
9 Monaten	27.4	13.1	13.3	1.3
12 Monaten	50.9	34.4	41.7	19.2
15 Monaten	74.5	57.4	95.0	47.4
18 Monaten	86.5	73.8	100.0	74.3
21 Monaten	100.0	85.2	100.0	94.8

trat, während am „Unterhang ohne Schatten“ (Parz. 3) auch in den trockenen Monaten genügend Feuchtigkeit für eine ungestörte Entwicklung zur Verfügung stand.

Aus den Zahlen ist weiterhin ersichtlich, daß eine Beschattung und die damit verbundene Wurzelkonkurrenz das Wachstum verzögerten. Eine Änderung trat in dem Moment ein, als nach 14 Monaten das Schattendach durch Abnehmen der Äste weggenommen wurde. Die Prozentzahlen in den beschatteten Parzellen stiegen merklich an (Parz. 2 und 4) und in Parzelle 4 holte das Wachstum durch die günstigere Lage am Hangfuß während der Trockenzeit sehr schnell auf.

Die Typen Nr. 1, 13, 14 und 16 bildeten die Jorquette unter allen vier Behandlungen bereits nach 9 Monaten; die Typen 15, 18 und 19 folgten zwei Monate später.

3.3.2.2. Erster Blütenansatz

Sowie die Zweige der Jorquette genügend ausgebildet sind, beginnen die Blätter vom Stämmchen abzufallen und die Blattachsen werden in Blütenpolster umgebildet.

Je kräftiger ein Baum wächst, um so früher fallen die Blätter vom Stämmchen und um so eher bilden sich die Blüten. Sehr kräftig wachsende Bäume bildeten Blüten im Anfangsstadium der Jorquette und in den Blattachsen.

Der erste Blütenansatz wurde nur über einen Zeitraum von elf Monaten ausgewertet. Produziert ein Baum im Alter von nahezu zwei Jahren noch keine Blüten, muß er als nicht frühreif genug betrachtet werden, auch wenn einige Autoren anführen (6, 9), Kakao beginne im vierten Lebensjahr zu tragen.

Die Zahlen über die Entwicklung der ersten Blüten sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8. Entwicklung der ersten Blüten

Erster Blütenansatz nach	Parz. 1 %	Parz. 2 %	Parz. 3 %	Parz. 4 %
16 Monaten	11.7	—	8.3	—
19 Monaten	49.0	31.1	40.0	14.1
22 Monaten	74.5	54.1	75.7	51.3
25 Monaten	82.4	68.8	85.2	65.4
27 Monaten	90.2	83.6	93.4	84.6

Vergleicht man die nicht beschatteten (1 und 3) mit den beschatteten Parzellen (2 und 4), ist der Verzögerungseffekt durch Schatten und seine Nachwirkung deutlich erkennbar.

Die Typen, die gleichzeitig unter allen vier Bedingungen während der ersten drei Beobachtungsmonate Blüten entwickelten, waren die Nummern 13, 14, 16, 18 und 19. Es waren die Typen, die auf die Entfernung des Schattens sofort reagierten und eine Wurzelkonkurrenz der Schattenbäume zumindest in diesem Stadium tolerierten.

Die Tatsache, daß nach 27 Monaten Wachstum unter allen vier Behandlungen noch Individuen waren, die noch keine Blüten produzierten, weist darauf hin, daß in dem gesamten Material Gene vorhanden sind, die solche Retardierungen auslösen.

3.3.2.3. Erster Fruchtansatz

Bei Kakao gibt es sowohl selbstfertile als auch selbststerile Formen.

In der Literatur (12) ist zu finden, daß die bestäubenden Insekten, die bis jetzt bekannt sind (Trinidad: *Forcipomyia quasi-ingrani* Macfie, *Lasiobelia ingrani* Carter; Westküste Afrikas: *Forcipomyia ingrani* Carter, *F. ashantii*, *Lasiobelia litoraurea*), vermehrt während der Regenzeit auftreten und während Trockenperioden stark zurückgehen. In Gebieten mit Trockenzeiten gibt es Erntespitzen; bei ausgeglichenen Niederschlägen ist die Ernte gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt.

Im Versuchsgebiet konnte nicht herausgefunden werden, welche Insekten die Bestäubung vornehmen (2). Durch Beobachtungen wurde festgestellt, daß nach ergiebigen Regenschauern stärkerer Fruchtansatz auftrat. Daneben fiel weiterhin auf, daß bei sehr stark blühenden Bäumen auch während der Regenzeit keine Früchte angesetzt wurden. Es war unwahrscheinlich, daß bei einer so heterogenen Population zu keinem Zeitpunkt befruchtungsfähiger Pollen vorhanden war oder nicht übertragen wurde. Die Vermutung liegt deshalb nahe, daß die physiologische Reifung der Narbe noch nicht abgeschlossen war.

Trat nach wenigen, aber ergiebigen Regenschauern stärkerer Fruchtansatz auf, konnte in nachfolgenden Trockenperioden (kleine Trockenzeit) Cherelle-Welke bei einigen Bäumen festgestellt werden, bei anderen dagegen nicht. Daraus kann geschlossen werden, daß Typen, bei denen unter solchen Bedingungen Cherelle-Welke auftrat, nicht den Genotyp aufweisen, wie Individuen, bei denen diese Erscheinung nicht vorkommt und deren Stoffwechsel auch unter plötzlicher Belastung weiterhin reibungslos abläuft. Wurden Früchte angesetzt, kann das Auftreten von Cherelle-Welke (davon werden junge Kakaofrüchte bis zu einem Alter von etwa 70 Tagen befallen) auf den Allgemeinzustand des Baumes zu diesem Zeitpunkt Hinweise geben.

Von einigen Autoren (11, 13) wird das vorzeitige Abwelken auf Nährstoffmangel oder Pilzkrankheiten zurückgeführt. In Gebieten mit ausgeprägten Trockenperioden ist ein Abtrocknen während der Monate ohne Niederschlag zu beobachten. Um pilzliche Infektionen dürfte es sich dabei kaum handeln. Das Abtrocknen könnte demnach durch Wassermangel oder ein induziertes Ungleichgewicht im Mineralstoffhaushalt hervorgerufen werden.

Im Versuch wurde zwar der Fruchtansatz festgestellt, eine Entwicklung der Früchte jedoch über drei Jahre verhindert, um ein ungestörtes und vergleichbares Wachstum zu gewährleisten. Die im Versuch erhaltenen Zahlen sind in Prozenten in Tabelle 9 zusammengefaßt.

Tabelle 9. Entwicklung der ersten Früchte

Erster Fruchtansatz nach	Parz. 1 %	Parz. 2 %	Parz. 3 %	Parz. 4 %
16 Monaten	2.0	—	—	—
19 Monaten	11.8	8.2	9.8	1.2
22 Monaten	27.5	18.0	31.1	12.8
25 Monaten	62.7	42.6	49.1	21.8
28 Monaten	74.5	60.7	81.9	60.3
31 Monaten	92.1	77.0	83.6	70.5
33 Monaten	94.1	78.8	92.0	78.2

Wie aus den Zahlen zu ersehen ist, ging der Fruchtansatz auch in den trockenen Monaten weiter (Ende der zweiten und während der dritten dreimonatigen Beobachtungsperiode).

Die bestäubenden Insekten konnten nicht ermittelt werden. Es ist deshalb nicht auszuschließen, daß in dem vorliegenden Gebiet andere als in der Literatur aufgeführte Pollenüberträger auftreten oder zumindest an der Bestäubung beteiligt sein können.

Aus diesem Grunde wurden als Kriterien für Frühreife die ersten 6 Monate des Fruchtansatzes gewählt. In diesen Zeitraum fällt der letzte Monat der Regenzeit, ein Übergangsmontat und vier trockene Monate. Die Typen, die zuerst anfangen, Früchte anzusetzen, zeigten keine Abhängigkeit von den Behandlungen, es waren die Typen 13, 14, 15 und 19.

Einige Beispiele sollen die individuelle Reaktion bestimmter Typen auf die Umwelt kurz veranschaulichen:

Typ Nr. 17 setzte im 23. Monat am Unterhang — mit oder ohne Schatten — Früchte an, während er am Oberhang erst 4 Monate später fruchtete.

Typ Nr. 20 fruchtete in den unbeschatteten Parzellen am Oberhang und Unterhang im 23. Monat und in den beschatteten 3 Monate später.

Typ Nr. 21 setzte in den beschatteten Parzellen im 23. Monat Früchte an und in den unbeschatteten 3 Monate später.



Abb. 1. Kakaoversuch, voll gemulcht, mit Temporärschatten.

3.3.2.4. Stammdurchmesser

Durch äußere Einflüsse kann die Sproßendknospe absterben. Aus den darunterliegenden Blattachsen treiben Wasserschosse aus; davon wird einer belassen und dieser bildet dann seinerseits eine Jorquette. Das bedeutet, daß die tatsächlichen Erbeigenschaften durch die Bildung der Jorquette in anderer Höhe verschleiert werden. Tatsächlich kommt um so

deutlicher zum Ausdruck, mit welchen positiven oder negativen Eigenschaften das Individuum ausgestattet ist. Das ist daran erkennbar, ob a) die Wundstelle schnell und ohne Spuren zu hinterlassen, verschwindet und b) der Stamm kräftig genug weiterwächst oder ob a) an der Wundstelle Schorf entsteht und das Gewebe darunter verrottet oder abtrocknet oder b) der Stamm unter der Last der größer werdenden Krone sich verbiegt oder gar zusammenbricht.

Aus diesem Grunde wurde nicht nur der Stammdurchmesser in einer Höhe von 40 cm über dem Wurzelhals gemessen, sondern es wurde auch das Stammvolumen aus der Länge des Stammes vom Wurzelhals bis zum Ansatz der Jorquette und dem Durchmesser in seiner Mitte berechnet. Die Werte wurden nach 33 Monaten in der Pflanzung vor Beginn der Regenzeit gemessen. Dieser Zeitpunkt wurde gewählt, da wuchsfreudigere und demnach trockenresistentere Bäume auch während der Trockenzeit Neutriebe (flush) bildeten und das mit Stammwachstum gleichbedeutend ist. Bei weniger kräftigen Individuen war das nicht der Fall.

Wie schon beschrieben, gingen während der Trockenzeit immer wieder Vertreter der einzelnen Typen ein; z. B. verschwanden die Typen Nr. 5, 6, 8 und 10 vollkommen. Zur statistischen Bewertung des Versuches wurden die Mittelwerte, die Standardabweichungen und die Variationskoeffizienten der Stammdurchmesser ermittelt und in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10. Stammdurchmesser (die direkt vergleichbaren Parzellen liegen nebeneinander)

	Parz. 1	Parz. 3	Parz. 2	Parz. 4
	Oberhang ohne Schatten	Unterhang ohne Schatten	Oberhang mit Schatten	Unterhang mit Schatten
Mittelwert in cm	6.3	6.4	5.3	5.4
Standardabweichung	± 1.45	± 1.51	± 1.74	± 1.37
Variationskoeffizient	23.1	23.5	32.8	25.3

Standardabweichungen und Variationskoeffizienten zeigen in den Parzellen 1 und 3 sehr geringe Unterschiede. Die Populationen scheinen ziemlich ähnlich zu sein. Der Grund dafür liegt darin, daß alle schwachen Individuen während der Trockenzeiten verschwanden.

Die Mittelwerte der Parzellen 2 und 4 zeigen ähnliche Ergebnisse wie für die unbeschatteten Parzellen. Die Standardabweichung von Parzelle 2 liegt jedoch wesentlich höher. Der Grund dafür mag darin zu suchen sein, daß während des ersten Wachstumsjahres die schwächeren Sämlinge gegen

die Sonne geschützt waren und auch bei weniger kräftigem Wachstum ein Wurzelsystem entwickeln konnten, das, als der Schatten weggenommen wurde, sie am Leben hielt, einen frohen Wuchs aber nicht zuließ.

Parzelle 4 weist die kleinste Standardabweichung auf. Nach Beseitigung des Schattens wurde die größere Belastung aufgrund der direkten Sonneneinstrahlung durch den größeren Feuchtigkeitsgehalt des Bodens kompensiert und damit ein gleichmäßigeres Wachstum fast aller Typen gewährleistet.

Als weiterer Maßstab wurde von den Typen, die durch mehr als zwei Individuen je Behandlung vertreten waren, der Mittelwert bestimmt und mit dem Mittelwert eines Typs mit mehr als zwei Vertretern verglichen. Als herausragende Typen oder Anpassungsformen wurden bezeichnet, die noch über diesem zweiten korrigierten Wert lagen.

3.3.2.5. Stammvolumen

Außer dem Stammdurchmesser wurde auch das Stammvolumen zur statistischen Auswertung herangezogen und in Tabelle 11 zusammengefaßt.

Tabelle 11. Stammvolumen (die direkt vergleichbaren Parzellen liegen nebeneinander)

	Parz. 1	Parz. 3	Parz. 2	Parz. 4
	Oberhang ohne Schatten	Unterhang ohne Schatten	Oberhang mit Schatten	Unterhang mit Schatten
Mittelwert in cm ³	2580.0	2750.0	2180.0	1980.0
Standardabweichung	± 139.0	± 139.6	± 157.6	± 90.5
Variationskoeffizient	53.8	50.8	72.3	47.7

Die Aussagen, die für den Stammdurchmesser gemacht wurden, treffen auch für das Stammvolumen zu, nur daß die Unterschiede zwischen den Behandlungen deutlicher sind.

Parzelle 4 am „Unterhang mit Schatten“ weist die kleinsten Werte auf. Die Population ist also in sich die ausgeglichenste. Der mittlere Stammdurchmesser ist stärker als in Parzelle 2 am „Oberhang mit Schatten“: das Größenwachstum am Unterhang war schwächer. Das mag damit zusammenhängen, daß der Unterhang im Tagesablauf weniger Sonne bekam als der Oberhang, wo die Bäumchen die erste Morgensonne und die letzte Abendsonne hatten.

4. Diskussion

Den Anstoß, Kakao versuchsweise in Ifakara anzubauen, gaben die sehr ähnlichen klimatischen, bodenmäßigen und topographischen Verhältnisse auf der Pflanzung Gauda Sundi im Kongo (1). Wenn dort Kakao gewinnbringend angebaut werden konnte, war die Überlegung gerechtfertigt, unter ähnlichen Verhältnissen einen Versuch anzulegen, um das Wachstumsverhalten von Kakao in den Ausläufern der Usagaraberge auf der Kilomberotalseite zu beobachten. Einerlei, wie der Versuch auslief, konnten diese Beobachtungen richtungweisend ausgewertet werden, um so mehr, als eine von der Natur vorselektierte Population von Kakaobäumen bereits zur Verfügung stand.



Abb. 2. Kakaobaum, 3 Jahre alt, mit Früchten in allen Entwicklungsstadien.

Ein weiterer, auf diesen Überlegungen basierender Grund für eine Versuchsanlage war die gegenwärtige Situation in der Edelkakaokultur. Das Hauptangebot an Edelkakao kommt aus Lateinamerika, der Heimat der Criollo-Typen. Die Bestände gehen von Jahr zu Jahr weiter zurück, weil sie durch Schädlinge stark beeinträchtigt werden, besonders aber durch das Zunehmen der Krankheiten die Wirtschaftlichkeit durch Produktionsrückgang und Qualitätsminderung mehr und mehr in Frage gestellt wird. In jenen Gegenden werden Criollopflanzen mit Trinitarios oder Forasteros aufgefüllt und somit kann eine einheitlich hochstehende Qualität nicht mehr erwartet werden.

Es liegt deshalb nahe, pilzverseuchte Gebiete zu meiden und solche zu erschließen, in denen sich Krankheiten nur schlecht halten und ausbreiten können. Das bedeutet, daß Gebiete herangezogen werden müssen, in denen eine ausgeprägte Trockenzeit auftritt, die Temperaturen und die Böden aber einen wirtschaftlichen Anbau erlauben.

Zur Realisierung solcher Pläne sind Kakaotypen notwendig, die die verlangte Trockenresistenz aufweisen und die sich als Unterlagen zum Aufokulieren von Edelkakaotypen eignen. Solche hochwertige Kakaoklone sind in Tansania bereits vorhanden. Ihre Trockenresistenz entspricht jedoch nicht ganz den Erfordernissen des Standortes. Nun nimmt die Erstellung von Klonen für Unterlagen wesentlich weniger Zeit in Anspruch als die Züchtung von Typen, die den Anforderungen sowohl in der Qualität als auch in hoher Produktion entsprechen.

In Gebieten mit einer ausgeprägten Trockenzeit wird auf eine Pfahlwurzel, wie sie von Sämlingen gebildet wird, wahrscheinlich aus Versorgungsgründen nicht verzichtet werden können; die Verwendung von Stecklingen kommt somit möglicherweise nicht in Frage. Eine Züchtung samenechter Kultivare, in denen hohe Qualität, reiche Produktion und hohe Trockenresistenz vereinigt sind, dürfte sehr aufwendig sein und lange Zeit in Anspruch nehmen.

Nach den herkömmlichen Ansichten ist der Niederschlag und ganz besonders seine Verteilung, wenn nicht bewässert oder beregnet wird, einer der begrenzenden Faktoren für einen erfolgreichen Kakaoanbau (4, 8, 11, 16). Es wird ein jährliches Niederschlagsminimum bei guter Verteilung von 1000 bis 1200 mm gefordert. Die klassischen Anbaugebiete liegen in Zonen, deren Niederschläge jedoch beträchtlich höher liegen. Ein Zahlenvergleich läßt erkennen, daß der Durchschnittsniederschlag von Ifakara mit 1460 mm von Tafo um 28.4 %, von St. Augustine um 36.0 % und von Rabaul um 78.0 % übertroffen wird.

Die Temperaturschwankungen zwischen dem wärmsten und dem kühlestem Monat sollten nicht überbewertet werden, da die Übergänge im Jahresablauf gleitend sind und die Pflanze sich angleichen kann. Die Tagesschwankungen geben genauere Auskunft. Der Kakaobaum kommt aus einer natürlichen Umgebung, wo nur sehr geringe Temperaturschwankungen auftreten. Von dieser Tatsache ausgehend liegt der Standort Ifakara günstiger als Tafo, das im wärmsten Monat Tagesschwankungen von 18.1° C und im kühlestem Monat 12.1° C aufweist, während sie in Ifakara bei 11.4° C und 8.9° C liegen. Dabei handelt es sich bei Tafo um ein relativ altes Kakaoanbaugebiet.

Dieselben Gesichtspunkte treffen für die relative Luftfeuchtigkeit zu. Es muß nicht so sein, daß der Kakao auf relativ hohe Werte angewiesen ist. Es ist anzunehmen, daß eine geringe relative Luftfeuchtigkeit eine besondere Belastung für den pflanzlichen Organismus darstellt, daß die Transpiration relativ hoch liegen muß. Bei genügend hohen Feuchtigkeitsreserven im Boden kann diese Belastung bei guter Düngung mit sehr großer

Wahrscheinlichkeit auskompensiert werden, wenn der entsprechende Genotyp dafür vorliegt. Durch gezielte Kulturmaßnahmen wie z. B. einen Pflanzabstand, der ein frühes Schließen der Kronen gewährleistet, oder Mulchen, kann in der Pflanzung ein Mikroklima geschaffen werden, das ein extremes Absinken der relativen Luftfeuchtigkeit verhindert. In Ifakara sind während der Trockenzeit niedrige Minimumwerte festzustellen; und wie es so häufig der Fall ist, werden sie bei einer Angabe von Mittelwerten durch hohe Maximumwerte verdeckt. Ein direkter Vergleich mit Tafo, das für diese Untersuchungen besonders interessant wäre, ist nicht möglich, da die Werte zu verschiedenen Tageszeiten gemessen wurden. Der Umstand der relativ niedrigen Minimumwerte hat sich als vorteilhaft erwiesen: während der dreijährigen Untersuchungen konnten keine pilzlichen Krankheiten festgestellt werden. In Gebieten mit gleichmäßig hohen relativen Luftfeuchtigkeiten über das ganze Jahr können diese Krankheiten limitierende Faktoren sein.

Das untersuchte Material hat sich aufgrund seiner Heterogenität als außerordentlich interessant erwiesen und als Selektionsgrundlage viele wertvolle Informationen geliefert.

Es konnte festgestellt werden, daß bestimmte Kakaotypen unter den gegebenen Witterungsbedingungen gut gedeihen und als geeignete Anpassungsformen, aus denen Unterlagen in relativ kurzer Zeit erstellt werden können, bezeichnet werden können.

Besonders geeignete Anpassungsformen sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tabelle 12. Besonders geeignete Anpassungsformen

Behandlung	Mittelwert der Population	Mittelwert der Typen mit mehr als 2 Vertretern	Anpassungsformen Typ Nr.
Oberhang ohne Schatten	6.3 cm	7.8 cm	13, 18
Unterhang ohne Schatten	6.4 cm	7.4 cm	13, 16
Oberhang mit Schatten	5.3 cm	6.8 cm	13, 14
Unterhang mit Schatten	5.4 cm	6.1 cm	13, 19, 24, 3
Oberhang ohne Schatten	2580 cm ³	2760 cm ³	13, 18, 19, 21, 22
Unterhang ohne Schatten	2750 cm ³	2970 cm ³	13, 14, 16, 18
Oberhang mit Schatten	2180 cm ³	2080 cm ³	13, 14, 15, 17, 19
Unterhang mit Schatten	1980 cm ³	1980 cm ³	13, 15, 19, 21, 24
Bildung der Jorquette			13, 14, 16, 1
erster Blütenansatz			13, 14, 16, 18, 19
erster Fruchtansatz			13, 14, 16, 19

Außerhalb der Versuchspartellen wurden manchen Bäumen bereits vor dem Messen der Stammwerte Früchte belassen, um einen Hinweis auf das Ertragspotential unter den beschriebenen Witterungsbedingungen zu bekommen. Verschiedene Einzelindividuen waren zu beachtlichen Leistungen in der Lage. Es wurden Erträge nach 26 bis 36 Monaten Wachstumszeit von 2 lbs trockener Bohnen festgestellt. Der „pod index“ (Anzahl der Früchte, die 1 lb trockener Bohnen ergeben) lag bei diesen Bäumen zwischen 7.4 und 8.6. Diese Leistung kann als sehr gut bezeichnet werden. Der Heterogenität des untersuchten Materials entsprechend wurden neben sehr guten „pod indices“ auch solche von 20 oder gar 36 gefunden. Die Erträge wurden nicht aufgerechnet, sondern das absolute Gewicht bei der Ernte festgestellt.

Die Versuchsergebnisse und Erfahrungen bilden die Grundlagen zu weiteren Arbeiten. Sie legten Gedankengänge nahe, die zur Entwicklung des folgenden Arbeitsschemas führten:

Von Anpassungsformen wie Nr. 13, 14, 16 und 18 können durch künstliche Selbstbestäubung Saaten erzeugt werden, um eine Einengung der Population zu erreichen. Bereits an dem vorhandenen Material vorgenommene Selbstbestäubungsversuche waren bei allen untersuchten Typen erfolgreich.

Aus diesen Saaten werden dann F_1 -Sämlinge angezogen, die zu Beginn der Regenzeit ausgepflanzt werden. Am Ende der Trockenzeit, nach einer Wachstumsperiode von etwa 10 Monaten — die P-Generation im Versuch hatte bereits nach 9 Monaten die Jorquette gebildet — wird das vegetative Wachstum mit Sämlingen des Standardtypes ICS 60 verglichen. Bei diesem Versuch werden die gleichen Maßstäbe angelegt, die auch für die P-Generation gültig waren: Zeitpunkt der Bildung der Jorquette, erste Blütenbildung, Stammdurchmesser und Stammvolumen.

Bei einem positiven, statistisch gesicherten Ergebnis werden die F_1 -Sämlinge mit der ersten Blütenbildung zur Produktion von F_2 -Saat durch künstliche Selbstbestäubung herangezogen. Die F_2 -Sämlinge werden dann wieder mit dem Standard ICS 60 verglichen. Unter günstigen Voraussetzungen kann eine Befruchtung nach 18 Monaten erreicht werden; die Saat müßte dann nach 6 Monaten reif sein, die ersten Samen also nach 2 Jahren schon vorliegen.

Durch systematische Inzucht könnten im Laufe von 10 Jahren nahezu homozygote Linien erstellt werden. Wuchsdepressionen, hervorgerufen durch eine weitgehende Homozygotie sind, da nur das vegetative Wachstum der Sämlinge interessiert, schnell zu erkennen. Sie können durch Geschwister- und durch Rückkreuzung korrigiert werden.

Aus folgenden Gründen ist naheliegend, daß es zu solchen Auswirkungen nicht kommen kann: Manche Kakaosorten sind Selbstbestäuber und damit samenecht. Bei ihnen liegt also mit sehr großer Wahrscheinlichkeit Homo-

zygotie vor. Dasselbe wird auch für die Trinitarios zutreffen, aus denen durch Selbstbestäubung im Laufe von mehreren Generationen reine Linien erstellt werden können. Es besteht allerdings die Möglichkeit, daß eine so weitgehende Inzucht gar nicht notwendig ist, da bereits vorher Typen gefunden werden können, die die gewünschten Eigenschaften aufweisen.

Neben dem Vergleich der vegetativen Produktion von Sämlingen aus den F-Generationen mit ICS-60-Sämlingen wird zugleich das Wuchsverhalten der Okulate DR 1, DR 2 und DR 38 auf den einzelnen Sämlingen der F-Generationen beobachtet. Als Vergleich werden dieselben Okulate auf ICS 60 herangezogen.

Die Verträglichkeit der Kultivare DR 1, DR 2 und DR 38 wurde auf der P-Generation bereits untersucht und festgestellt, ebenso wie die Wüchsigkeit der Okulate. Die Annahme liegt nahe und scheint berechtigt, daß eine Verträglichkeit auch für die F-Generationen anzunehmen ist.

5. Zusammenfassung

In Tansania wurde der erste Kakao vor 70 Jahren angebaut, obwohl dort eine ausgeprägte Trockenzeit auftritt. Es ist anzunehmen, daß die Natur in diesen sieben Dekaden eine Selektion auf Trockenresistenz vornahm. Vor 17 Jahren wurde von einer holländischen Gesellschaft die Kakaokultur wieder aufgenommen. Es erwies sich jedoch, daß die importierten Kakaotypen trockenresistenter sein könnten.

Deshalb wurde ein Versuch angelegt, in dem die lokale Population untersucht wurde. Als Vorarbeiten wurden die Klimadaten des Versuchsgebietes bei Ifakara im Kilomberotal mit solchen anderer alter Kakaoanbauggebiete verglichen. Die natürlichen Anbaubedingungen und Bodenverhältnisse eines Kakaoanbauggebietes im Kongo (1), das die gleichen Voraussetzungen wie Ifakara aufweist, wurden der Versuchsanstellung zugrunde gelegt.

Für den Versuch wurden 24 phaenotypisch sich unterscheidende Kakaotypen ausgewählt. Dafür wurde ein Bonitierungsschema entwickelt, in dem Größe, Form und Farbe der Frucht sowie Größe der Bohnen und Ausfärbung der Kotyledonen berücksichtigt wurden.

Die Sämlinge wurden unter vier verschiedenen Behandlungen mit dreifacher Wiederholung an einem Nordhang mit 12 % Gefälle ausgepflanzt:

- an der Hangoberseite ohne Schatten
- an der Hangoberseite mit Schatten
- an der Hangunterseite ohne Schatten
- an der Hangunterseite mit Schatten

Folgende Entwicklungsstadien wurden für jeden Baum in zeitmäßiger Reihenfolge als Kriterien für Frohwüchsigkeit, Frühreife und Trockenresistenz über den Zeitraum von 3 Jahren festgehalten:

- Zeitpunkt des Kronenansatzes
- Zeitpunkt der ersten Blütenbildung
- Zeitpunkt des ersten Fruchtansatzes
- Messen des Stammdurchmessers und Berechnung des Stammvolumens

Nach einem Wachstum von drei Jahren wurden die Durchschnittswerte von Stammdurchmesser und Stammvolumen statistisch miteinander verglichen.

Um die Sämlinge von vornherein einer größeren Belastung zu unterwerfen, wurde am Ende der Regenzeit gepflanzt und nicht gemulcht. Entsprechend hoch waren die Verluste, die im Durchschnitt bei 35 % lagen, eine Weiterführung des Versuches aber rechtfertigten.

Durch die detaillierte Bonitierung war es möglich, die Typen Nr. 13, 14, 16 und 18 als herausragend zu isolieren und sie als Anpassungsformen zu bezeichnen.

Wie in der Diskussion beschrieben, war der Versuch nur darauf abgestellt, Anpassungsformen zu finden, die sich unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen zum Aufokulieren von Edelkakaoen eignen, und es wurde ein Schema entwickelt, wie dieses Ziel in möglichst kurzer Zeit erreicht werden kann.

Summary

The first cocoa was introduced into Tanzania 70 years ago despite the fact that a pronounced dry season occurs there. It can be presumed that nature itself has done some selection on drought resistance during this period of seven decades. About 17 years ago a Dutch plantation company resumed cocoa cultivation in the country. It was found, however, that the imported types could have more drought resistance.

Due to that fact a trial was laid out to examine the local population of cocoa trees. As preliminary studies climatical records were compared with those of other older cocoa growing regions. Climate and soil conditions of a cocoa growing area in the Congo (1), which are similar, were the basis of the trial.

For the trial 24 phaenotypically different types of cocoa were selected. As a means of description for size, formation and colour of the pod as well as for size of bean and colour of cotyledons a recording form was established.

The seedlings were planted with three replications under four different treatments in randomized blocks on a slope facing North and with an inclination of 12 %:

- uphill without shade
- uphill with shade
- downhill without shade
- downhill with shade

As criteria for vigour of growth, early maturity and drought resistance at four weekly intervals over a period of three years the following stages of development were recorded:

- formation of the fan
- formation of the first flowers
- first setting of fruit
- measuring of stem diameter and stem volume

After three years the mean values of stem diameter and stem volume were compared statistically.

The seedlings were planted at the end of the rainy season and were not mulched in order to put them under stress conditions from the very beginning. The losses were high accordingly; the average was 35 % but not enough to discontinue the trial.

Due to detailed recording the types No. 13, 14, 16 and 18 were isolated as outstanding, and they can be called adapted forms.

As it was mentioned in the discussion, the trial was only meant to find adapted forms which were suitable to serve as root stocks for the budgrafting of flavour cocoas under the climatic conditions described. Also a scheme was developed to achieve results in the shortest possible period of time.

Literaturverzeichnis

1. BERGER, J., 1959: Report. — Centre d'Etude de l'Azote. Geneva.
2. BOHLEN, E., 1969: Entomological Report. — KATRIN.
3. CHARTER, C. F., 1949: The Characteristics of Principal Cocoa Soils. — Cocoa Conference, London, 1949.
4. CHATT, E. M., 1953: Cocoa, Cultivation, Processing, Analysis. — Interscience Publishers Ltd., London.
5. CHEESMAN, E. E., 1944: Notes on the Nomenclature, Classification and Possible Relations of Cocoa Populations. — Tropical Agriculture, Trinidad, August 1944.
6. COBLEY, L. S., 1957: An Introduction to the Botany of Tropical Crops. — Longmans, Green and Co. Ltd., London.

7. ERNEHOLM, J., 1948: Cocoa Production of South America. — Gothenburg.
8. GOMEZ, E. LL., 1947: Cultivo Del Cacao. — Publicaciones del Ministerio de la Economia Nacional, Bogota.
9. HOLST, H., 1961: Kleine Kakaokunde. — Cram, de Gruyter und Co., Hamburg.
10. Mohr, E. C. J., VAN BAREN, F. A., 1954: Tropical Soils. — N. V. Uitgeverij W. van Hoeve, The Hague and Bandung.
11. MYLORD, E., 1953: Kakao, Anbau und Düngung. — Selbstverlag Ruhr-Stickstoff A. G., Bochum.
12. POSNETTE, A. F., and ENTWISTLE, H. M., 1957: The Pollination of Cocoa Flowers. — Cocoa Conference, London, 1957.
13. PURSEGLOVE, J. W., 1968: *Theobroma cacao* L., Tropical Crops, Dicotyledons 2. — Longmans, Green and Co. Ltd., London.
14. RICHTSCHEID, P., 1967: Soil Report. KATRIN.
15. TOXOPEUS, H., 1968: Establishment of Cocoa Clones in Nigeria. — Euphytica, Vol. 17, Wageningen, 1968.
16. URQUHART, D. H., 1961: Cocoa. — Longmans, Green and Co. Ltd., London.
17. WILMS, W., 1969: Meteorological Report. — KATRIN.