

MBULU DISTRIKT

(nördliches Tanzania)

Eine naturräumliche Erhebung unter
besonderer Berücksichtigung der Vegetation

von

Jürgen Schultz

Hamburg

1967

Dennis Harlock
Serengeti Research Institute
Arusha Tanzania (1972)

MBULU DISTRIKT

(nördliches Tanzania)

Eine naturräumliche Erhebung unter
besonderer Berücksichtigung der Vegetation

von

Jürgen Schultz

Hamburg

1967

Vorwort

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Kolb, danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für stetes Interesse und wohlwollende Förderung.

Meine Reise nach Tanzania und der Aufenthalt im Mbulu Distrikt wurden durch Stipendien des Deutschen Akademischen Austauschdienstes, Bad Godesberg, und der Studienstiftung des deutschen Volkes, Bad Godesberg, finanziert. Für bodenkundliche Untersuchungen erhielt ich durch Fürsprache von Herrn Prof. Dr. W. Kubiena, Hamburg, einen ansehnlichen Betrag von der Deutschen Afrika-Gesellschaft e. V., Bonn. Der Ankauf einer vollständigen Luftbildbedeckung meines Untersuchungsgebietes wurde durch Geldmittel der Universität Hamburg ermöglicht.

Während meines einjährigen Aufenthaltes im Mbulu Distrikt wohnte ich in der Karatu Mission der Lutheran Church of Northern Tanganyika. Für die mir hier gewährte herzliche Aufnahme danke ich den Ehepaaren Caspary und Bräsen. Von den während meiner Fahrten besuchten Missionaren und europäischen Farmern wurde ich stets gastfreundlich empfangen. Ebenso wie auf der Karatu Mission wurde mir von ihnen in manch schwieriger Lage geholfen, und viele praktische Hinweise und Anregungen, die ich in Gesprächen mit ihnen erhielt, förderten meine Arbeiten im Gelände.

Ein durchweg großes Entgegenkommen und Interesse für meine Untersuchungen fand ich auch auf den Regierungsämtern und staatlichen wissenschaftlichen Einrichtungen in Mbulu, Arusha, Dodoma, Dar-es-Salaam und Nairobi. Von den Damen und Herren, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen, kann ich hier nur wenige namentlich nennen: Herr McKinley, Director of Geological Survey, Dodoma, ließ handkolorierte Lichtpausen von derzeitig noch ungedruckten geologischen Aufnahmen zu meinem persönlichen Gebrauch anfertigen; Herr Dr. P. J. Greenway, Nairobi, sandte mir eine Abschrift seiner von der Flora des Lake Manyara National Park erstellten Artenliste; Herr Dr. B. Verdcourt, Director of East African Herbarium, Nairobi, und seine Mitarbeiter, Frau D. Napper und Herr G. R. Williams, halfen beim Bestimmen der von mir ge-

sammelten Pflanzenarten. Ihnen sowie den vielen ungenannten Helfern gilt
mein aufrichtiger Dank.

Während meines Aufenthaltes im Mbulu Distrikt begleitete mich der Iraqw,
Herr Wilson Tluway. Seine Hilfsbereitschaft übertraf weit das zu erwartende
Maß.

Germering bei München 1967

Jürgen Schultz

INHALTSVERZEICHNIS

=====

Einführung	1
<u>1. Abschnitt: Oberflächengestalt</u>	6
A. Einleitung	6
B. Die morphologischen Einheiten	9
I. Bergländer	9
1. Iraqw Hochland	9
1.1. Nou-Marang Scheitelrumpffläche	10
1.11 Nou Rumpffläche	10
1.12 Marang Rumpffläche	11
1.2. Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche	11
1.21 Endabash Rumpfflächenstück	12
1.22 Dongobesh Rumpfflächenstück	12
1.23 Mbulu Rumpfflächenstück	13
1.231 Kainam	13
1.232 Gitangul-Dangulda	15
1.233 Datlaa	15
1.234 Mbulu-Daudi-Gunyoda	15
2. Große Grabenbrüche des Tindigalandes	16
2.1. Yaida Graben	18
2.2. Eyasi Graben	19
3. Ufiome Bergland	21
II. Vulkanische Aufschüttungsgebiete	22
4. Das nördliche vulkanische Aufschüttungsgebiet	22
5. Hanang und Mangati Plains	23
6. Kwarakh	25
III. Rumpfflächen	25
7. Basotu Rumpffläche	25
8. Masai Rumpffläche	27
9. Swagaswaga Rumpffläche	28
IV. Alluvialebenen	28
10. Manyara Alluvialebene	29

<u>2. Abschnitt: Vegetation und Böden</u>	31
A. Grundlagen der Gliederung	31
a. Vegetation	31
b. Böden	37
B. Klimatisch bedingte Vegetationseinheiten	39
a. Bodenkundliche Vorbemerkung	40
b. Einheiten mit überwiegend immergrünen Baum-/Strauch - arten	51
I. Montaner Regenwald	51
1. Cassipourea-Ekebergia-Fagaropsis-Juniperus- Olea-Podocarpus-Pygeum Höhenwald	51
II. Montane Strauch-/Grasformationen	58
Kainam	58
2. Pteridium aquilinum Halbstrauchgesellschaft	59
Datlaa	59
Buger	60
Daudi-Mbulu	60
3. Pennisetum stramineum Grashochland	61
4. Grashochland mit überwiegend immergrünen Hart- laubsträuchern (Carissa edulis-Euclea schimperii- Osyris compressa-Rhus natalensis)	62
4.1. Grashochland mit immergrünen Hartlaub- sträuchern	62
4.2. Protea Busch-/Grashochland	63
4.3. Grashochland mit immergrünen und trocken- kahlen Sträuchern	64
III. Afro-alpine Strauch-/Staudenformation	66
5. Senecio-Helichrysum Strauch-/Staudengesellschaft	66
c. Tropophytische Vegetationseinheiten	67
ca. Hochgrasformationen	67
IV. Baumsavanne	68
6. Combretum-Hyparrhenia Baumsavanne	68
7. Combretum/Acacia gerrardii-Hyparrhenia Baumsavanne	

V. Waldsavanne (Miombo)	74
8. <i>Brachystegia microphylla</i> submontaner Miombo	74
9. <i>Brachystegia</i> Trockenwald	76
cb. Kurzgrasformationen	77
VI. Dornbusch-/Baumsteppe	77
10. <i>Acacia tortilis</i> ssp. <i>spirocarpa</i> (Schirmakazien-) Trockenwald	83
11. <i>Acacia tortilis</i> - <i>Commiphora</i> Dornbusch-/ Baumsteppe	84
12. <i>Commiphora</i> Obstgartensteppe	
13. Aloe- <i>Euphorbia</i> - <i>Sansevieria</i> - <i>Acacia</i> <i>nubica</i> Sukkulente- / Dornbuschsteppe	86
C. Edaphisch bedingte Vegetationseinheiten	88
a. Edaphisch trockene Standorte	88
VII. Dichter Busch an steinigen Hängen	88
14. <i>Acacia brevispica</i> -Aloe- <i>Dalbergia</i> - <i>Euphorbia</i> - <i>Grewia</i> - <i>Lannea</i> - <i>Markhamia</i> - <i>Sansevieria</i> - Strauchgesellschaft	88
b. Edaphisch feuchte Standorte	91
VIII. Periodisch staunasses(r) Grasland/Trockenwald	91
15. <i>Pennisetum mezianum</i> Grasland	98
16. Akazientrockenwald (<i>Acacia drepanolobium</i> , <i>A. gerrardii</i> , <i>A. mbuluensis</i> oder <i>A. seyal</i>)	98
IX. Periodisch abflußbehinderter Trockenwald	99
17. <i>Acacia kirkii</i> ssp. <i>kirkii</i> var. <i>intermedia</i> - <i>A. mellifera</i> - <i>A. nilotica</i> ssp. <i>subalata</i> - <i>Lannea humilis</i> Trockenwald	100
18. <i>Balanites</i> Trockenwald	100
X. Regengrüne bis immergrüne Grundwasserwälder auf permanent grundwasserreichen Standorten	101
19. <i>Cordia</i> - <i>Maerua</i> Grundwasserwald	105
20. <i>Acacia xanthophloea</i> (Fieberbaum-) Grundwasserwald	106

21. <i>Acacia polycantha</i> ssp. <i>campylacantha</i> - <i>A. clavigera</i> ssp. <i>usambarensis</i> - <i>A. sieberiana</i> Grundwasserwald	107
22. <i>Borassus</i> (?) palmen Grundwasserwald	108
23. Halbbimmergrüner Grundwasserwald	109
XI. Sumpf	111
24. Cyperaceen Grassumpf	111
XII. Grasland auf Salzböden	112
25. <i>Diplachne fusca</i> - <i>Chloris gayana</i> - <i>Odyssea</i> <i>jaegeri</i> - <i>Sporobolus</i> ssp. Grasland	115
XIII. Periodisch überflutete Salzpflanzen	115
D. Kulturgeprägte Vegetation	115
a. Grasländer ungeklärter Entstehung	115
b. Aufforstungen	116
E. Verzeichnis der im vegetationsgeographischen Abschnitt erwähnten Pflanzenarten (Tab. 4)	119
a. Einheimische Arten (ohne Gräser)	119
b. Einheimische Gräser	133
c. Eingeführte Baumarten	137
<u>3. Abschnitt: Klima und Wasserhaushalt</u>	138
A. Jahresgang der Klimaelemente	138
B. Niederschlag	141
a. Jahresgang des Niederschlages	141
b. Räumliche Gliederung der mittleren Jahresniederschläge	145
c. Vegetationsgliederung in Abhängigkeit vom Verlauf der Jahresisohyeten	149
d. Variabilität der Jahressummen des Niederschlages	150

C. Verdunstung	157
a. Temperatur	158
b. Potentielle Evapotranspiration	161
D. Klimatischer Wasserhaushalt und Pflanzenwachstum	164
a. Stufen der Humidität	164
b. Mittlere Humiditätsdauer in ihrer räumlichen Differenzierung	165
c. Variabilität der Humiditätsdauer	172
E. Bodenwasserhaushalt und Pflanzenwachstum	178
F. Bodenwasserhaushalt und Abfluß	188
a. Jahresabflußmenge	188
b. Verteilung des Abflusses über das Jahr	192
c. Zonen des perennierenden, periodischen und episodischen Abflusses	194
d. Bedeutung der Abflußzonen für die landschaftliche Gliederung	198
<u>4. Abschnitt: Naturräumliche Gliederung</u>	201
A. Vorbemerkungen	201
B. Die naturräumlichen Einheiten	207
a. Die klimatisch bedingten naturräumlichen Einheiten (zonale Gefüge)	207
I. Die regenwaldbedeckten Hochregionen	209
II. Die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsgebiete im submontanen Bereich	211
III. Die intakten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsplateaus	214
b. Die edaphisch bedingten naturräumlichen Einheiten (azonale Gefüge)	216
IV. Die edaphisch trockenen Standorte	216
V. Die Alluvialebenen	219
Zusammenfassung-Summary	221
Literatur-Verzeichnis	231

Karten

I. Geologie	nach S. 6
II. Morphologische Übersicht	nach S. 8
III. Vegetation	im Anhang
IV. Lage der Niederschlagsmaxima	S. 142
V. Mittlere Jahresniederschläge	nach S. 150
VI. Mittlere jährliche potentielle Evapotranspiration	nach S. 162
VII. Dauer der Vegetationsperiode	nach S. 182
VIII. Abfluß	nach S. 196

Einführung

=====

Der Mbulu Distrikt liegt etwa in der Mitte des nördlichen Tanzania (vgl. Fig. 1). Die ihn einschließenden Koordinaten sind die südlichen Breitenkreise $3^{\circ} 10'$ und $4^{\circ} 54'$ und die östlichen Längengrade $34^{\circ} 48'$ und $36^{\circ} 18'$. Seine Grenzen folgen denen von Stammesgebieten. Sie stimmen nur in wenigen Fällen mit Naturscheiden überein.

Die europäische Durchdringung des Mbulu Raumes begann im Jahre 1906, als die deutsche Kolonialverwaltung einen Militärposten im Iraqw Hochland errichtete (Obst 1923), ein festungsartiges Bauwerk, "Boma" genannt, das bis heute Sitz eines Teils der Distriktbehörden geblieben ist. Diese Boma wurde zum Kern der gegenwärtig mit schätzungsweise knapp 1000 Einwohnern größten geschlossenen Siedlung des Distriktes, nämlich der "minor settlement" Mbulu. Der Militärposten wurde wenige Jahre vor Ausbruch des Ersten Weltkrieges in eine Bezirksnebenstelle umgewandelt, die dem Bezirksamt Arusha unterstand. Ihr Verwaltungsbereich schloß den gesamten nördlichen Teil des heutigen Mbulu Distriktes ein und reichte im Süden etwa bis an eine Linie, die das SW-Ende des Lake Eyasi mit Dongobesh verbindet und von hier nach E verläuft. Die außerhalb von ihr bleibenden Gebiete, das heutige South Iraqw, Barabaig und Gorowa, wurden dem Bezirksamt Kondoa unterstellt. Die deutsche Verwaltung endete 1916, als am 10. Mai jenes Jahres englische Truppen die Boma von Mbulu besetzten (nach einer Eintragung im District Book von Mbulu). In den ersten Nachkriegsjahren wurden von der englischen Mandatsregierung neue politische Grenzen festgesetzt. Wahrscheinlich fällt bereits in diesen Zeitraum die Bildung des Mbulu Distriktes mit ungefähr seinen heutigen Grenzen. Bekanntgeworden sind mir kleinere Korrekturen im NW, wo früher das südliche Drittel des Lake Eyasi außerhalb blieb, andererseits das Northern Highlands Forest Reserve, das heute zur Ngorongoro Conservation Area gehört, eingeschlossen wurde. Der Mbulu Distrikt gehörte zunächst zur Northern Province; seit 1963 bildet er zusammen mit den Distrikten Masai und Arusha die Arusha Region.

Die Ausdehnung des Mbulu Distriktes in seinen gegenwärtigen Grenzen umfaßt

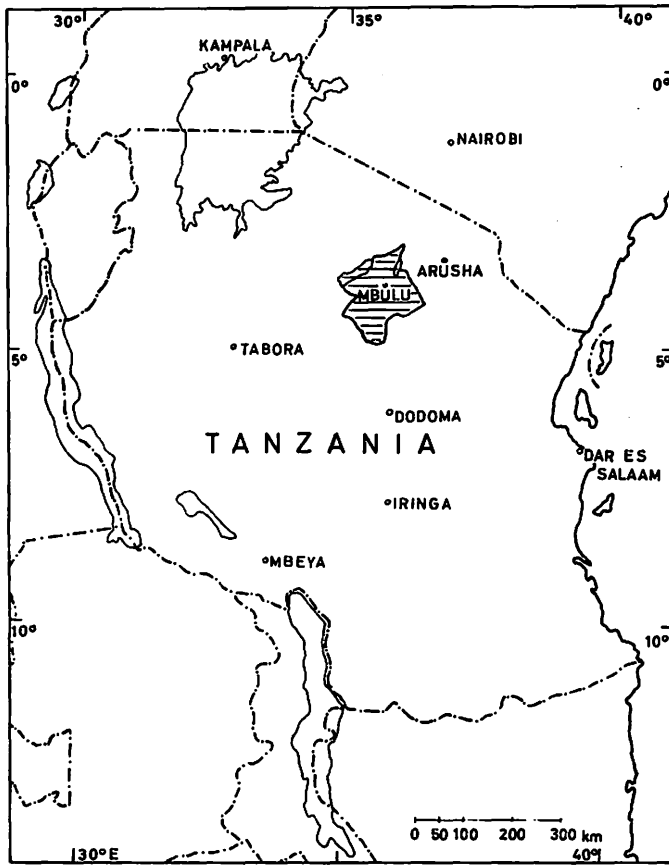


Fig. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

rd. 17 400 km² +). Sie übertrifft damit die Größe von Schleswig Holstein um 1 700 km². Andererseits bleibt ihr Anteil an der Fläche von Tanzania unter 2 % (1,85 %).

Diesem geringen Flächenanteil steht eine geradezu unafrikanisch anmutende Vielfalt der Erscheinungen gegenüber, und zwar sowohl der naturräumlichen Formen als auch der kulturgeographischen Entwicklungen.

Hier ist zunächst die beträchtliche Höhengliederung zu nennen. Im Zentrum bildet das Iraqw Hochland mit einer maximalen Höhe von 2400 m ein gewaltiges Hochplateau. Nach E fällt es in der Großen Ostafrikanischen Bruchstufe, die den Mbulu Distrikt in ganzer Länge von NNE nach SSW durchzieht, um stellenweise bis zu 1200 m steil ab auf rd. 1000 m ü.NN. Im W leitet eine sanfter geböschte Abdachung, in die der Yaida Graben eingesenkt ist, zu der Salzpflanne des Lake Eyasi in annähernd der gleichen Meereshöhe über. Demgegenüber erreichen die Abfälle nach N und S, die ebenfalls gleitend ausgebildet sind, nur 1400 m ü.NN. Auf den nördlichen Abfall folgt der erneute Anstieg zum Riesenkraterhochland, dessen bis zu 3648 m (Loolmalasin) aufsteigende Gipfel aber bereits außerhalb der Distriktgrenzen liegen. Isoliert erheben sich im SE die beiden Vulkanriesen Kwarakh (2417 m) und Hanang (3418 m) gut 1000 m bzw. 1800 m über ihre Umgebung.

Teils regenfangend, teils -verhindernd führen diese Erhebungen in den einzelnen Regionen von Mbulu zu stark wechselnden Niederschlagsmengen. Im Zusammenhang mit dem hypsometrischen Temperaturwandel und anderen Einflüssen ergibt sich hieraus eine natürliche Gliederung des Pflanzenkleides, die von hochgradig xeromorphen, offenen Pflanzengemeinschaften bis zum immergrünen Regenwald nahezu die gesamte Skala tropischer Vegetationsformationen umfaßt. Entsprechend mannigfaltig sind die Böden ausgebildet.

Ähnlich diesem ausgeprägten naturräumlichen Wechsel bietet der Mbulu Distrikt auch im Hinblick auf seine Bewohner eine außergewöhnlich interessante Viel-

+) planimetriert aus der Karte "Mbulu District", 1 : 250 000, und des eigenen, hiervon unabhängig entstandenen Kartenentwurfes.

falt. Nach rassisch/linguistischen Gesichtspunkten lassen sich die einzelnen Stämme einordnen in die Gruppen der Bantu (Wambugwe), Hamiten (Iraqw und Gorowa), Nilo-Hamiten (Barabaig) und der in Sprache und Kulturstufe an die südwestafrikanischen Buschmänner erinnernden Tindiga. Nicht minder mannigfaltig sind die landwirtschaftlichen Nutzungsformen: neben reiner Hackbau- und andererseits Hirtennomaden-Wirtschaft findet sich das sog. "mixed farming", neben einem mechanisierten Pflugbau oder gar Plantagenwirtschaft (nur auf europäischen und indischen Farmen) die überwiegend auf Sammel- und Jagdtätigkeit beruhende Erwerbswirtschaft der Tindiga.

Diese einzigartige Vielfalt von Natur und Kultur auf einem verhältnismäßig kleinen Raum war es, was mich verlockte, gerade den Mbulu Distrikt zum Untersuchungsgebiet meiner Studien zu wählen. Es erschien hier möglich, Abhängigkeiten aufzuzeigen, deren Spannweite groß genug ist, die standörtlichen Bedingungen eines weit größeren Raumes einzuschließen und dadurch Aussagen von überregionaler Tragweite zu treffen:

Die Verbreitung der im 4. Abschnitt: Naturräumliche Gliederung genannten naturräumlichen Einheiten geht weit über die Grenzen des Mbulu Distriktes hinaus, die Gliederung in die in den Fig. 17 - 21 dargestellten Wirkungsgefüge ist daher auch für die benachbarten Räume gültig (die Reichweite der zonalen Gefüge endet erst dort, wo sich die primären Faktoren und das von den übrigen sekundären Kräften unabhängige Klima über die genannten Grenzwerte hinaus verändern, diejenige der azonalen Gefüge ist noch erheblich größer).

Die vorliegende Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, die Landschaften des Mbulu Distriktes zu beschreiben und ihre Wirkungsgefüge aufzuhellen. Meine Untersuchungen im Gelände galten vordringlich dem Erfassen der Vegetationsgliederung. Dies geschah in der inzwischen bestätigten Erwartung, hierin einen Schlüssel für die natur- und kulturräumlichen Differenzierungen zu finden: Die Verbreitung der Böden, die räumliche Verteilung der Niederschläge, die Verschiedenheiten des Wasserhaushaltes, ja selbst die morphologischen Einheiten lassen sich auf der Vegetationskarte (Kt. III) erkennen. Die Übereinstimmungen

mit ihr sind teilweise so eng, daß sie, bei Kenntnis der allgemeinen Zusammenhänge, allein genügt, die Ausbildung und Gliederung der übrigen Geoelemente mit einiger Sicherheit aufzuzeigen. Und nicht nur jene, auch die Differenzierungen des kulturellen Überbaus, die Grenzen der Stammesgebiete, die Bevölkerungsdichte und die landwirtschaftlichen Nutzungsformen, folgen in großen Zügen der in der Vegetationskarte vorgezeichneten Gliederung des Naturhaushaltes ⁺⁾ .

Mein Aufenthalt im Mbulu Distrikt umfaßte die zwölf Monate von Februar 1963 bis Januar 1964. Als Standquartier stand mir für diese Zeit ein Zimmer auf der evangelischen Mission in Karatu zur Verfügung. Von hier wurden in kurzen Abständen Fahrten von mehreren Wochen bis zu wenigen Monaten Dauer durchgeführt. Mit Ausnahme des östlichen Teils des Tarangire Game Reserve, etwa jenseits des Tarangire River, habe ich alle Regionen des Mbulu Distriktes aufgesucht.

Für die Autofahrten besaß ich zunächst einen VW-Kombi, später einen kleinen Jeep und schließlich einen kleinen Landrover, und zwar jeweils zu etwa einem Drittel der Untersuchungszeit. Für die Übernachtungen im Gelände führte ich zwei Zelte mit: ein kleines Schlafzelt, das auch auf den die Dauer eines Tages überschreitenden Fußwanderungen mitgenommen werden konnte, und ein Hauszelt. Tisch, Stuhl und eine Petroleum-Drucklampe ergänzten die Ausrüstung und ermöglichten, die Auswertung der Tagesarbeit oder die Vorbereitungen für den nächsten Tag nach dem frühen Einbruch der Dunkelheit fortzusetzen.

Meine Untersuchungen wurden dadurch erleichtert, daß mir Luftbilder (mittlerer Maßstab 1 : 40 000), die den Mbulu Distrikt völlig bedecken, zur Verfügung standen. Ein weiteres wesentliches Hilfsmittel bildete die physisch-geographische Karte im Maßstab 1 : 300 000 von Obst (1915). Sie erwies sich allerdings als nicht ausreichend, um als Grundlage für die eigenen thematischen Karten zu dienen. Für jene mußte später in Hamburg, überwiegend anhand von Photomosaiken und der nach Luftbildern gezeichneten, entzerrten "Compilations", in einigen Teilgebieten nur nach Luftbildern, eine neue Grundkarte entworfen werden.

⁺⁾ Die Ergebnisse meiner anthropogeographischen Untersuchungen werden an anderer Stelle veröffentlicht.

1. Abschnitt: Oberflächengestalt

=====

A. Einleitung

Die beträchtliche Höhengliederung des Mbulu Distriktes ist das Werk jung-kretazisch-känozoischer Krustenbewegungen und vulkanischer Tätigkeit. Zahlreiche Brüche zerlegten die alte zu Fastebenen abgetragene Landoberfläche in Schollen unterschiedlicher Höhe und Neigung. Damit wurde das frühere Gewässernetz umgestaltet, hier die Abtragung belebt, dort die Aufschüttung ausgelöst. So bietet die heutige Oberfläche einen kontrastreichen Wechsel aus lebhaft zerschnittenen Bergländern dort, wo Teile der alten Rumpfflächen am stärksten gehoben oder gekippt wurden, nicht oder nur mäßig angegriffenen Fastebenestücken der in ihrer Lage wenig veränderten Schollen, ausgedehnten Alluvialebenen oberhalb der sich den Abdachungsflüssen entgegenstellenden Bruchstufen und auf den Sohlen der Gräben, und hochaufragenden Vulkanbergen mit ihren oft von zahlreichen kleineren Vulkanhügeln besetzten Hang- und Fußflächen aus Lava- und Tuffmaterial.

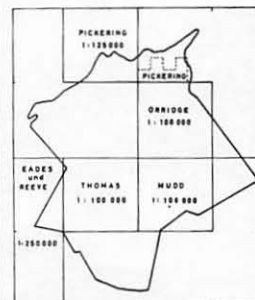
Als Folge der jungen Krustenbewegungen und der vulkanischen Akkumulationen entstanden mehrere in sich geschlossene Niederschlagsgebiete, in deren tiefsten Teilen meist eine größere Salzpflanne, Sumpf oder Mbuga den Endpunkt der Entwässerung bildet. Mit Ausnahme des Bubu River, der erst in der Nähe von Dodoma endet, verläßt kein Fluß oder Bach nennenswerter Größe (= wenigstens periodischer Abfluß; vgl. 3. Abschnitt: Klima und Wasserhaushalt, F. Bodenwasserhaushalt und Abfluß) endgültig den Mbulu Distrikt (der Durumo River bringt seine Wassermassen über den Sibiti in den Lake Eyasi).

Die zahlreichen als Bruchstufen bezeichneten Steilanstiege, von denen nur bei wenigen nachgewiesen wurde, daß sie durch Verwerfungen entstanden sind, haben die folgenden Merkmale - wenigstens abschnittsweise - gemeinsam:

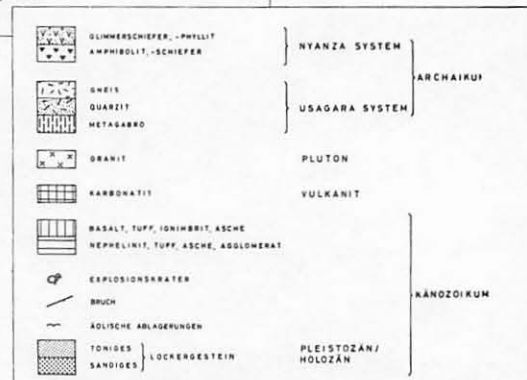
1. Insgesamt geradliniger, wenn auch häufig mehrmals geknickter Verlauf.
2. Längserstreckung setzt sich über die Streichrichtung und den Wechsel der Gesteine hinweg.

MBULU DISTRIKT
Nördliches Tanzania

KARTE I
GEOLOGIE



BENUTZTE GEOLOGISCHE KARTEN



3. Angenähert paralleler Verlauf fast aller Stufen: SW - NE, im nord-östlichen Teil des Mbulu Distriktes: SSW - NNE.
4. Steiler, erosiv wenig zerschnittener, geschlossener Anstieg.
5. Die Oberflächengestalt der beiden durch eine Stufe getrennten Flügel stimmt überein.
6. Auf den Steilhang folgt jenseits des oberen Stufenrandes eine gleitende Abdachung (rückwärtige A.). In einer mehrfach parallel von Stufen zerschnittenen Landoberfläche liegen daher die tiefsten Zonen jeweils am Fuß der Stufen (hier reihen sich daher oft Seen, Salzpfannen, Sümpfe oder Mbugas auf) und die höchsten Erhebungen werden vom oberen Stufenrand gebildet.
7. Absatzhöhe wie auch die Stufenlänge (die Stufen klingen an ihren Enden aus) schwanken bei den verschiedenen Steilanstiegen und auch innerhalb einer Stufe in weiten Grenzen. Im allgemeinen folgt der Zunahme der Absatzhöhe eine solche der Stufenlänge, entsprechend wachsen der Neigungsgrad und die Reichweite der rückwärtigen Abdachung.

Aufgrund z. T. ähnlicher Kriterien, niemals jedoch eines geologischen Nachweises, haben bereits Jaeger (1913, Text und Kt. 5) und Obst (1923, vgl. insbesondere S. 47 - 57 und Kt. III) eine Reihe von Steilanstiegen als Bruchbildungen erklärt bzw. diese für wahrscheinlich gehalten. Hierzu gehören die folgenden (oder nur Abschnitte) der von mir weiter unten (s. auch Kt. I und II) genannten Bruchstufen: Nyarasa Stufe, Kidero- und Yaida Stufe, Große Ostafrikanische Bruchstufe (einschließlich der Endesh- und Turu Stufe), zwei wahrscheinlich mit der Maghang- und Muchlur Stufe identische Stufen auf der Basotu Rumpffläche (dort Teil der Tungobesh Fastebene), Singida Stufe, und die nur von Jaeger beschriebenen (aber unbenannten) Stufen: Balangida-, Lenduroto-, Dili-, Endasak- und Madunga-Ufana Stufe; die Balangda-Lalu Stufe wird nur von Obst genannt (dort als "Ost-Balangida-Stufe" bezeichnet).

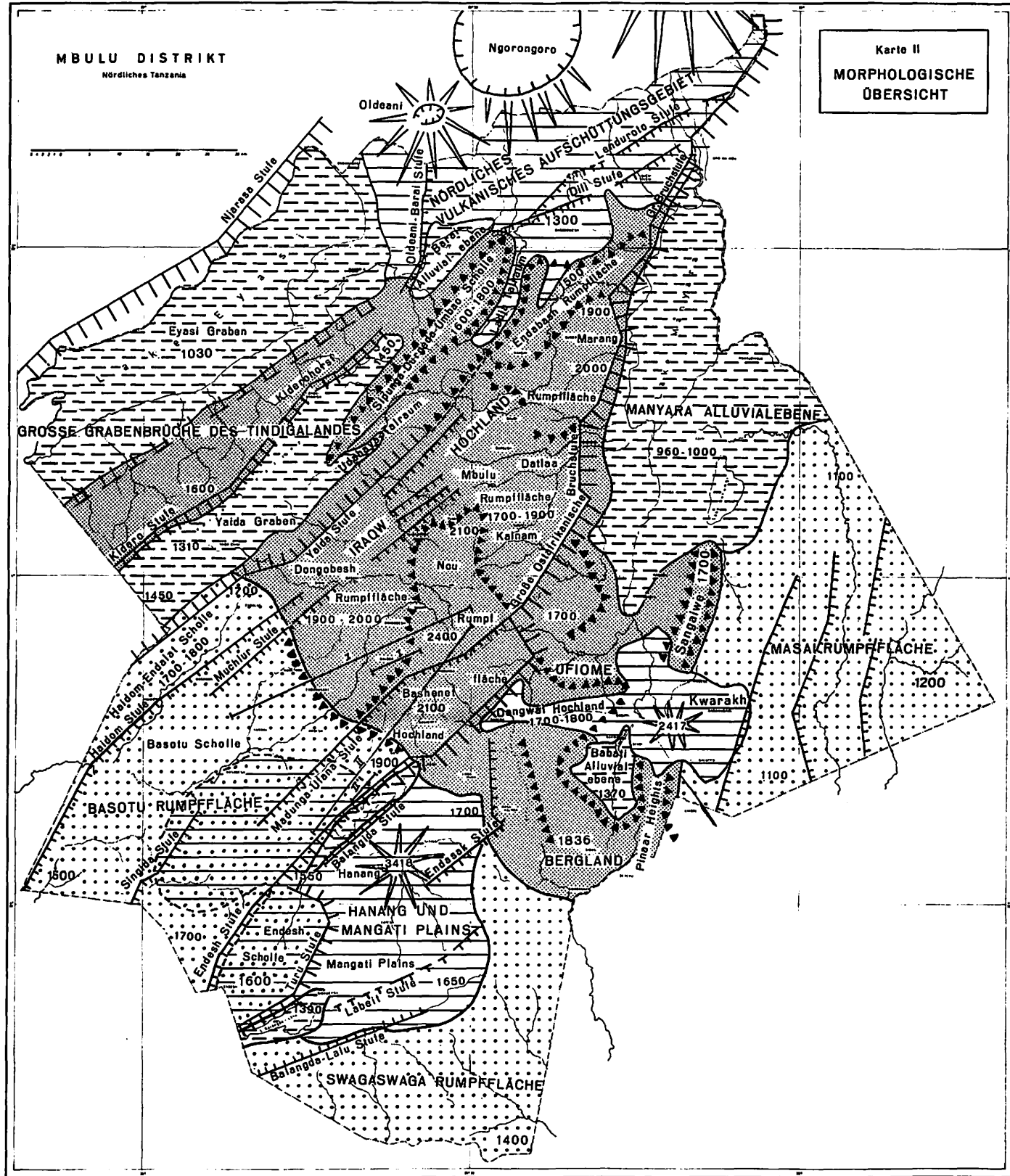
Die Gesteine im Mbulu Distrikt sind zum größten Teil archaischen Alters, zum geringeren känozoische Eruptiva (Basalte, Nephelinite, Tuffe) und neogene Lockersedimente. Die zum Nyanza System gehörenden Gesteine (Glimmer- und Amphibolit-Schiefer/Phyllite) nehmen Teile der Basotu Rumpffläche ein. Die heutige Aufgliederung ihrer Vorkommen erklärt sich aus einer späteren batholitischen Intrusion von Granit. Die NE-Grenze dieses Granit-

plutons verläuft von Mangola im NW in südsüdöstlicher Richtung schräg durch den Mbulu Distrikt. Nordöstlich hiervon treten mit Ausnahme der von jüngeren Eruptiva und Alluvionen bedeckten Areale die zum Usagara System gehörenden Gesteine (überwiegend Gneise, seltener Quarzite) an die Oberfläche.

Die einzige Formlinien enthaltende Karte, die den ganzen Mbulu Distrikt umfaßt, ist die nach Aufnahmen von Jaeger, Obst und anderen deutschen Forschungsreisenden entworfene Darstellung des "Abflußlosen Rumpfschollenlandes im nordöstlichen Deutsch-Ostafrika" im Maßstab 1 : 300 000 (Obst 1915, Blatt 1 und 2). Für das südlich 4° S und westlich 36° E gelegene Teilareal des Mbulu Distriktes liegen jüngere - in den 40er und 50er Jahren publizierte - Formlinienkarten des Dept. of Lands and Surveys, Dar-es-Salaam, im Maßstab 1 : 125 000 vor. Die beiden im Maßstab 1 : 250 000 gezeichneten Sonderblätter Singida (1947) und Masailand I (1955) reichen westlich von $35^{\circ} 15'$ bzw. östlich von 36° um $15'$ weiter nach N.

Alle diese Aufnahmen sind verständlicherweise nicht von der gleichen Gründlichkeit wie deutsche Karten ähnlichen Maßstabs. Trotzdem sind sie geeignet, das Verständnis meiner folgenden Beschreibung der Landformen zu erleichtern. Ihre Zuhilfenahme sei daher empfohlen.

Die folgende Beschreibung der Landformen geht von den einzelnen morphologischen Einheiten aus (s. Kt. II, Morpholog. Übersicht). Es werden zunächst die Bergländer, dann die vulkanischen Aufschüttungsgebiete, die Rumpfflächen und schließlich die Alluvialebenen dargestellt.



Bruchstufen:

Höhe bis 100 m
 Höhe zwischen 100 und 300 m
 Höhe über 300 m

Verwerfung wahrscheinlich



▲ ▲ ▲ ▲ Markante Geländestufen (z.T. Rumpfstufen)



Vulkanberge

— I bzw. II — Profil I bzw. II, s. Fig. 1 im Text

1800 Höhe ü. NN in Metern

IRAQW HOCHLAND

Morphologische Einheit



zu Bergländern umgeformte Rumpflächen



Vulkanische Aufschüttungsgebiete



Rumpflächen



Schwemmlandebenen



weithin mit Kalktuff bedeckter Teil der Basotu Rumpflächen

B. Die morphologischen Einheiten

I. Bergländer

1. Iraqw Hochland

Das Iraqw Hochland nimmt das Zentrum des Mbulu Distriktes ein. Seine Höhe und Ausdehnung übertreffen mit Ausnahme der mehr punktförmig aufragenden Vulkanberge Hanang und Kwarakh alle übrigen morphologischen Einheiten. Aus allen Entfernungen und Richtungen sichtbar, markiert es eindrucksvoll den gewaltigen Scheitelpunkt des Untersuchungsgebietes.

Das Iraqw Hochland wird an seinen beiden Längsseiten durch mächtige Steilabfälle begrenzt: im E-SE von der Großen Ostafrikanischen Bruchstufe (im folgenden kurz als Gr. Bruchstufe bezeichnet), im NW (von S nach N) von dem östlichen Yaida Grabenrand (Yaida Stufe) und den ihn geradlinig fortsetzenden Abfällen zu den breiten Talräumen des Udahaya und Ladja. An seinen beiden Schmalseiten bilden sanftere, jedoch ebenfalls gestufte Abdachungen den Übergang zu den benachbarten Morphologischen Einheiten: im NE die überwiegend durch jüngere vulkanische Akkumulationen verflachte, maximal rund 200 m hohe Endabash Rumpfstufe zum "nördlichen vulkanischen Aufschüttungsgebiet" und im SW die etwa gleich hohe Dongobesh Rumpfstufe zur Basotu Rumpffläche.

Die das Hochland nach allen Seiten verlassenden Flüsse führen in sechs abflußlose Senken: im E zum Manyara See (der weitaus größte Teil), im NW zum Lake Eyasi, im W zum Yaida Graben, im SW zum Basotu See, im S zum Lake Balangida und im SE durch den Bubu weit nach S bis in die Nähe von Dodoma.

Das Gestein besteht überwiegend aus Gneisen, lediglich der südwestliche Teil des Hochlandes ragt in den Bereich des Granitplutons hinein; im NE sind vereinzelt in den Senken neovulkanische Eruptiva zur Ablagerung gekommen.

Die Oberfläche des Iraqw Hochlandes, heute von zahlreichen Erosionsschar-
ten zerschnitten und von vielen Verwerfungen mäßiger Sprunghöhe zerlegt,
zu einem Bergland umgestaltet, läßt die alten Formen noch erkennen: zwei
durch Rumpfstufen getrennte Fastebenen, die Nou-Marang Scheitelrumpf-
fläche und die Dongobesh-Mbulu-Endabash Rumpffläche.

1.1. Nou-Marang Scheitelrumpffläche

Die Nou-Marang Scheitelrumpffläche besteht aus zwei isolierten Fastebenen-
stücken, der Nou Rumpffläche und der Marang Rumpffläche.

1.11 Nou Rumpffläche

Die höchste Aufragung des Iraqw Hochlandes bildet die Nou Rumpffläche. Ihre
Höhe liegt im Bereich des Nou Regenwaldes zwischen 2400 m und 2150 m, in
ihrem südwestlichsten Teil, dem Bashenet Hochland, sinkt sie auf knapp 2100 m
ab.

Die Grenzen dieser Rumpffläche sind im N, E und S identisch mit denen des
Nou Regenwaldes; im W schließen sie die Bereiche des Grashochlandes und -
überwiegend - diejenigen der immergrünen Hartlaubstrauchzone ein (die
Grenze verläuft hier oberhalb der Siedlungszentren Tlawi, Maskaroda, Tumati,
Endoji, Ngorat und Ufana; vgl. auch Kt. III, Veg.). Diese Grenzen werden
durch Steilabfälle gebildet: im SE durch die relativ geradlinige, 500 - 1000 m
steil abfallende Gr. Bruchstufe, an den übrigen Seiten durch eine 200 - 400 m
hohe Rumpfstufe.

Die Nou Rumpffläche zeigt nur in ihrem westlichen Randgebiet, ausgedehnter
im zentralen Bereich des Bashenet Hochlandes (vgl. Kt. III, Veg.: Grashoch-
land um Bashenet), die typischen Merkmale einer ungestörten Einebnungsflä-
che. Nach E zum niederschlagsreicheren (> 1000 mm Jahresniederschlag),
höhenwaldbedeckten Teil der Nou Rumpffläche wandeln sich die Flachmulden-
täler zunächst in "Kehltäler" (Louis 1964, S. 57 ff.), dann in Kerbtäler um.
Gleichzeitig nimmt die Taldichte zu. Die breiten, flachgewölbten Rücken um
Bashenet werden aufgelöst in fast gratartig scharfe Kämme mit steiler,

gleichmäßiger Böschung. Diese Kämme liegen annähernd in einer Ebene und geben sich daher als nicht oder wenig erniedrigte Reste der alten Ebenheit zu erkennen. Der Übergang vom westlichen Flachmuldental - zum östlichen Kerbtalrelief erfolgt mit dem Wechsel der Vegetation: hier Grashochland (z. T. mit einem lockeren Bestand immergrüner Hartlaubstraucharten), dort Montaner Regenwald. Dies beweist, daß die heutige W-Grenze des Nou Regenwaldes natürlich, d. h. in diesem Falle klimatisch, entstanden ist (vgl. auch 2. Abschnitt: Vegetation und Böden, 3. Pennisetum stramineum Grashochland).

1.12 Marang Rumpffläche

Gleichsam das Gegengewicht zur südlichen Nou Rumpffläche bildet im N des Iraqw Hochlandes die etwas tiefer gelegene Marang Rumpffläche. Ihre größte Höhe mit rd. 2000 m erreicht sie unmittelbar oberhalb der Gr. Bruchstufe. Von hier fällt sie gleichmäßig sanft nach W auf ca. 1900 m ab. Ihre Oberfläche ist dicht von Kerbtälern zerschnitten, jedoch weniger tief als die der Nou Rumpffläche. Die Talgründe sind häufig versumpft. Die Gipfel und Kämme kulminieren in einer Ebene.

1.2. Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche

Die Nou und Marang Scheitelrumpfflächen werden - mit Ausnahme ihrer von der Gr. Bruchstufe abgeschnittenen Ostränder - allseitig von einer tiefergelegenen Ebenheit, der Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche, umgeben. Dieses Niveau kulminiert weit in der südlichen Hälfte des Iraqw Hochlandes bei Bashay-Dongobesh mit ca. 2000 m ü. NN und dacht sich von hier nach NNE mit einem mittleren Gefälle von 1 : 120 auf 1500 m ab. Die Höhenverhältnisse der sich wie Inseln aus diesem Niveau erhebenden Nou und Marang Hochflächen folgen diesen Abdachungen: die höchste Aufragung der Nou Rumpffläche mit 2418 m (Leya) liegt oberhalb von Dongobesh, von dort neigt sich ihre Oberfläche bis auf ca. 2100 m an ihrem nördlichen Rand; jenseits des hier zwischengeschalteten Mittelstückes der Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche setzt der Marang dieses Niveau zunächst mit ca. 2000 m fort und sinkt schließlich auf 1900 m an seinem nördlichen Ende ab. Damit ergibt sich eine

Gesamtabdachung von 500 m und eine mittlere Neigung von 1 : 120, also eine Böschung, die genau der der Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche in dieser Richtung entspricht.

Während der südliche (genauer südwestliche) Abfall des Iraqw Hochlandes parallel zu einer Abnahme der Verwerfungshöhe der Gr. Bruchstufe erfolgt, vollzieht sich diese, sowohl Nou-Marang als auch Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpfflächen umfassende nordwärts weisende Abdachung bei gleichzeitiger Erhöhung der Sprunghöhe der Gr. Bruchstufe (an der Kulminationslinie ca. 500 - 700 m unterhalb des Marang mindestens 1000 m).

Die äußeren Grenzen der heute zu einem hügeligen bis bergigen Hochland umgewandelten Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche sind zugleich diejenigen des Iraqw Hochlandes.

1.21 Endabash Rumpfflächenstück

Die Umgestaltung der Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche ist in den einzelnen Teilgebieten unterschiedlich verlaufen. Sehr kräftig wurde die alte Verebnungsfläche in dem nördlich des Aitcho gelegenen Teilareal, dem Endabash Rumpfflächenstück, zerstört. Begünstigt durch eine "Einknickung" der Gr. Bruchstufe, die sich in flacheren, zu einem spitzen Winkel auslaufenden Schenkeln weiter westwärts fortsetzt, vermochte hier der Endabash River sein Einzugsgebiet entgegen der rückwärtigen Abdachung der Gr. Bruchstufe auf den Hochflügel auszudehnen und seinen von S nach N der allgemeinen Abdachung folgenden, ursprünglich von ihm unabhängigen Oberlauf anzuzapfen. So konnte hier ein Anschluß des Endabash Rumpfflächenstückes an die tiefergelegene Manyara Erosionsbasis folgen, der seine tiefe Zerschneidung verständlich macht. Das große Ausmaß der erosiven Ausräumung wird nicht zuletzt deutlich aus dem - an der W-Seite des Manyara Sees sonst unerreicht - umfangreichen Schwemmkegel, den dieser Fluß in das Seebecken vorgetrieben hat.

1.22 Dongobesh Rumpfflächenstück

Das Dongobesh Rumpfflächenstück umfaßt das südliche Drittel der Endabash-

Mbulu-Dongobesh Rumpffläche. Es ist relativ gut erhalten und wie das oberhalb anschließende Bashenet Hochland aus (überwiegend kataklastischem) Granit aufgebaut. Ein dichter zonaler Inselbergsaum, die von Jaeger (1913, S. 56) so benannten Laganga (auch Laghanga) Berge (s. Kt. III, Veg.: "edaphisch trockene Standorte" zwischen Lake Muchlur und Guse), verleiht diesem Fastebenenstück jedoch eher das Aussehen eines Berglandes als das einer inselbergbesetzten Rumpffläche (vgl. hierzu Fig. 2).

1.23 Mbulu Rumpfflächenstück

In dem verbleibenden mittleren Teil der Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche, dem Mbulu Rumpfflächenstück, hebt sich Kainam als eine sehr markante morphologische Region heraus.

1.231 Kainam:

Kainam wird umgrenzt im W und S von der 300 - 400 m steil aufragenden Nou Rumpfstufe, im N durch die 2200 m hohe Guang-Gara-Kandami Berggruppe und im E durch die Randhöhen der Gr. Bruchstufe, deren höchste mit 2136 m die Hassama Berggruppe darstellt. Das von diesen Grenzen fast kesselartig eingeschlossene, wie eine natürliche Schutzfestung wirkende und in dieser Eigenschaft von den Iraqw früher auch ausgenutzte Areal zeigt eine extrem dichte fluviatile Zerschneidung in riedelartige Rücken, deren Höhe sich in gleichbleibendem Niveau hält. Die Tiefe der Täler überschreitet kaum 50 m, die Hänge sind konvex, die Talgründe oft versumpft.

Die einzigartig engmaschige Zerschneidung von Kainam kann nur in einer Zeit entstanden sein, in der dieser Teil des Mbulu Rumpfflächenstückes von einem geschlossenen Regenwald bedeckt war. Dieser Wald wurde wahrscheinlich erst gerodet, als vor ca. 250 Jahren die Iraqw unter dem Druck der Tatoga hierher einwanderten. Die daraufhin einsetzende verstärkte Hangabtragung - sie wird durch die oberflächennahe Lage ursprünglich tiefer angelegter Gesteinszersatzzonen (vgl. 2. Abschnitt: Vegetation und Böden) auf den Hängen und Rücken bewiesen - hat vermutlich zu einer teilweisen Auffüllung der Kerbtäler geführt, d.h. erst in jüngster Zeit wurde aus dem ursprünglichen, heute noch im Nou Regenwald vorhandenen Kerbtalrelief das gegenwärtige Sohlenkerbtalrelief Kainams.

In den übrigen Teilarealen des Mbulu Rumpfflächenstückes, Datlaa, Mbulu-

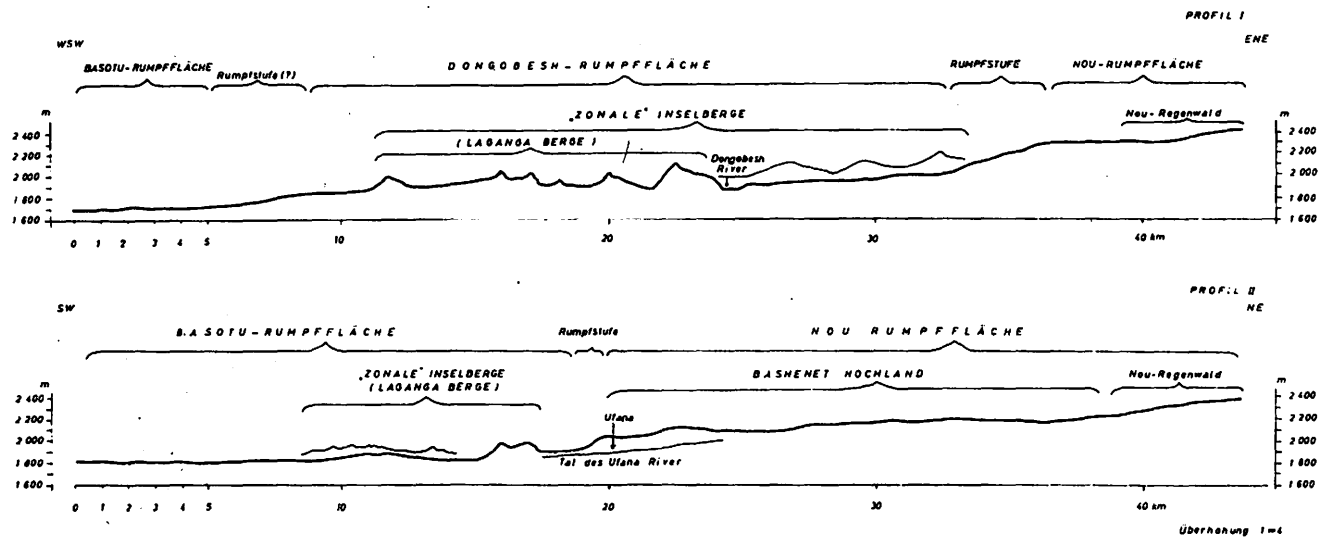


Fig. 2 Zwei Profile des Rumpptreppenreliefs am südwestlichen Abfall des iraqw Hochlandes (gezeichnet nach der Karte „Dongobesh“, 1:125 000, Darstellung 1956) (vgl. Karte II)

Daudi-Gunyoda und Gitangul-Dangulda, haben zahlreiche kleinere (meist zwischen 20 und 30 m Absatzhöhe), SW - NE verlaufende Bruchstufen gestaltend in das Abtragungsrelief eingegriffen.

1.232 Gitangul-Dangulda:

Zum entscheidenden Merkmal der Oberflächengestaltung werden vier Bruchstufen im Gitangul-Dangulda Gebiet, die fast parallel das wie eine flache Wanne konkav zusammenlaufende Flußgebiet des Gitangul und Dangulda durchziehen. Indem sich diese Stufen mit ihrer Stirn der allgemeinen NW-Abdachung senkrecht entgegenstellen, haben sie, diese beiden Flüsse und einige der ihnen zufließenden Gerinne aufstauend, zu einer Reihe von Mbugas geführt, bei Tlawi sogar zu einem (perennierenden) See.

1.233 Datlaa:

Das nördlich von Kainam anschließende Teilareal des Mbulu Rumpfflächenstückes, Datlaa, ist von den gleichmäßig (höchstens leicht konvex) geböschten Kerbtälern der Unterläufe des Kurufa River (Dagaa), Harko (Magara) und Mtunguri, nebst ihrer zahlreichen Zuflüsse, zu scharfen, ungleich hohen Graten tief (viel tiefer als in Kainam) und dicht zerschnitten. Stärker als in jedem anderen Abschnitt der Gr. Bruchstufe haben es diese Flüsse hier vermocht, ihre Gefällekurve auszugleichen und damit die erosive Ausräumung bis weit ins Hochland auszudehnen (der den S von Kainam entwässernde Cau behält bis nahe an den Stufenrand sein sanftes Gefälle, ehe er in einem kurzen scharfen Einschnitt die Stufe hinabstürzt; auch dies spricht neben seinem asymmetrischen Flußnetz für eine jüngere Anzapfung seines heutigen Oberlaufes). Während in Kainam tiefgründig verwittertes, von der Denudation relativ leicht angreifbares Gesteinszersatzmaterial die Oberfläche bildet, hat hier im Datlaa Gebiet die Ausräumung tiefere, festere B/C-Horizonte und teilweise das intakte Gestein freigelegt.

1.234 Mbulu-Daudi-Gunyoda:

Das nordwestlich auf Kainam und Datlaa folgende, nur wenig über die Verbindungslinie Gijeda Mara - Aitcho hinausreichende Teilareal zeigt die alte Rumpffläche am ungestörtesten. Doch herrscht auch hier der Eindruck eines Hügellandes vor, nicht derjenige einer Ebenheit, wie er für das Bashenet Hochland beschrieben wurde. Die Taldichte ist gegenüber Kainam und Datlaa

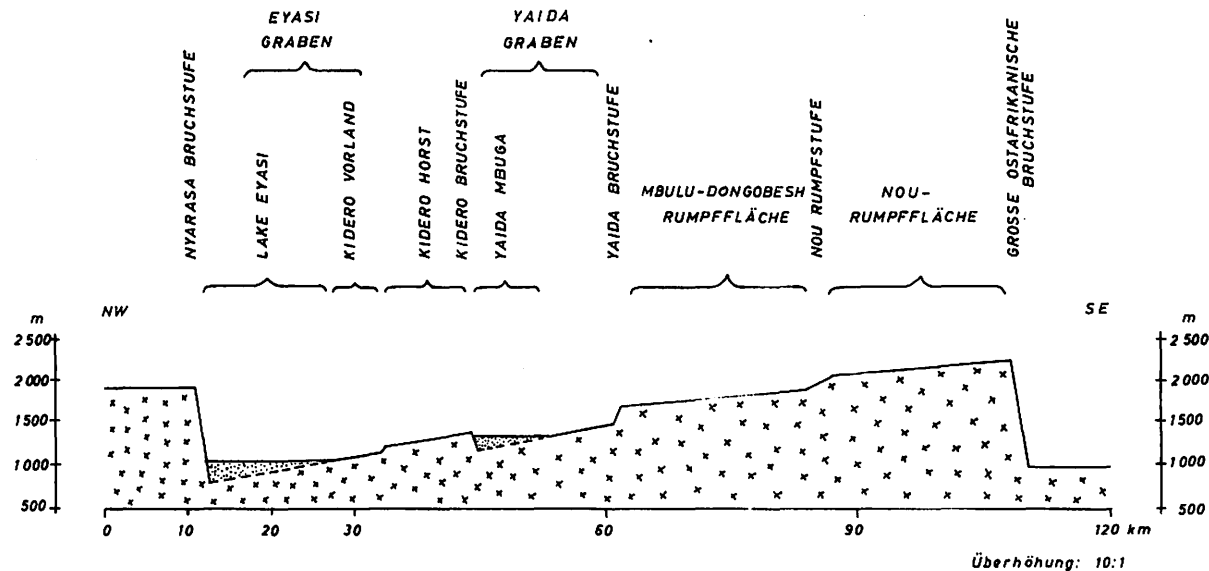
viel geringer; neben - oftmals versumpften - Sohlenkerbtälern im regenreichen Ostteil kommen auch - manchmal zu Mbugas erweiterte - Flachmuldentäler, stellenweise begleitet von Rahmenhöhen, vor.

2. Große Grabenbrüche des Tindigalandes

Die rückwärtige Abdachung der Gr. Bruchstufe erstreckt sich über die westliche Grenze des Iraqw Hochlandes hinaus bis an den Fuß der Nyarasa Stufe (vgl. das Profil der Fig. 3). Ihr Neigungsverhältnis beträgt etwa 1 : 70. In diese weit gespannte Abdachung sind der Yaida Graben und der Eyasi Graben eingesenkt. Der Yaida Graben gabelt sich in seinem NE-Teil in einen ihm im engeren Sinne zuzuordnenden nördlichen Teil und den südlicher verlaufenden, breit entwickelten Udahaya Talraum. Beide Senken setzen sich jenseits eines Anstieges der Grabensohle bzw. des Talgrundes in nordöstlicher Richtung geradlinig fort in die Barai Alluvialebene (vgl. Kt. I, Geol.) bzw. den Ladja Talraum. Es ist nicht sicher zu entscheiden, ob es sich bei diesen fortführenden Senken und dem Udahaya Talraum um Gräben handelt, entsprechend ist es ungeklärt, ob der sie trennende Höhenzug, Sipunga/Durgeda-Umbao Scholle ⁺, als Horst zu deuten ist. Dieser Höhenzug und die Oberfläche des den Yaida und Eyasi Graben trennenden Kiderohorstes ⁺⁺

⁺) Die Durgeda-Umbao Scholle wurde von Jaeger (1913, S. 42) als "Kireru-Ngaborabergzug" bezeichnet. Zur Zeit der Forschungsreise von Jaeger (= 1906/07) waren weite Gebiete des heutigen Mbulu Distriktes unbesiedelt. Es war daher für diesen Autor oft schwierig, die gebräuchlichsten Namen für die markanteren Landformen, Flüsse etc. zu erfahren. Dies sowie Umbenennungen im Zuge der späteren Besiedlung erklären, daß viele der alten Namen heute nicht mehr zutreffen und deshalb durch neue ersetzt werden mußten.

⁺⁺) Der Name "Kiderohorst" stammt von Jaeger (1913, S. 71), der ihn von dem Kidero Berg im Zentrum der Kidero Stufe entlehnte und willkürlich auf den gesamten Höhenzug zwischen Yaida Graben und Lake Eyasi übertrug. In Ermangelung eines zutreffenderen wurde er hier übernommen (vielleicht hat die Bezeichnung "Gijeda Barakh", die mir einmal genannt wurde, eine größere Verbreitung). Die in diesem Raum auf der Kt. III, Veg., eingezeichneten "edaphisch trockenen Standorte" zeigen die Ausdehnung des Kiderohorstes.



sind fluviatil stark zerschnitten; einen ebenfalls bergigen Eindruck macht der Staffelbruchabfall (Teil der Yaida Bruchstufe), der den Westrand des Yaida Grabens nördlich des Yaida River begrenzt. Demgegenüber treten die ausgedehnten Ebenen der Grabensohlen beim Überschauen zurück. Dieses Gebiet soll daher zu den Bergländern gestellt werden. Seine Zusammenfassung zu einer morphologischen Einheit ergibt sich aus der das Landschaftsbild beherrschenden parallelen Abfolge SW - NE verlaufender Rücken und Senken, die zu einer regelmäßigen Wiederholung gleicher oder ähnlicher Formen führt (in der Reihenfolge von SE nach NW): Yaida Bruchstufe, Yaida Graben-Udahaya Talraum-Ladja Talraum, Sipunga/Durgeda-Umbao Scholle, Yaida Graben i. e.S. - Barai Alluvialebene, Kiderohorst, Eyasi Graben, Nyanza Bruchstufe. Sie alle liegen in einem ariden Klimabereich, in dem, abgesehen von wenigen, kleinen Anbau-Oasen an Fremdlingsflüssen (Yaida Chini, Udahaya bei Einmündung des Endahagichan), nur die als Wildbeuter lebenden Tindiga ihr Auskommen finden. Danach wurde, ungeachtet der Ungewißheit, die in der Deutung einiger der genannten Höhenzüge und Senkenräume besteht, der Name für diese morphologische Region gebildet: "Große Grabenbrüche des Tindigalandes".

Quer durch die Großen Grabenbrüche des Tindigalandes verläuft die Grenze des Zentralgranits zum Gneis der Usagara Formation (vgl. Kt. I, Geol.). Gesteine des Nyanza Systems - wohl vorwiegend Glimmerschiefer - finden sich in geringer Ausdehnung im Kiderohorst, wahrscheinlich auch auf dem Sipunga (Obst 1915, S. 159, fand hier außer Gneisen auch Hornblendeschiefer). Känozoische Eruptiva bedecken überwiegend den Ladja Talraum und - in der Nachbarschaft von mehr oder weniger deutlich erhaltenen Vulkanhügeln - Teile des Schwellenbereiches zwischen dem Yaida Graben und der Barai Alluvialebene.

2.1. Yaida Graben

Der Yaida Graben (= Hohenlohegraben, nach Werther, 1898) erstreckt sich über eine Länge von fast 100 km (davon knapp 70 km innerhalb des Mbulu Distriktes) in SW-NE Richtung. Seine Breite beträgt rd. 15 km; W des Sipunga verringert sie sich auf 6 km. Die Grabensohle steigt gleitend von 1310 m im Bereich der drei größeren Sümpfe gegenüber von Yaida Chini auf ca. 1450 m an den Schmalseiten. Ihr Querprofil zeigt gleichbleibend für die ganze Graben-

länge eine NW-Neigung.

Der nordwestliche Grabenrand, die Kidero Stufe, bildet einen geschlossenen Anstieg von relativ 100 - 200 m (Maximum NW von Yaida Chini), die Absatzhöhe des südöstlichen Grabenrandes, der Yaida Stufe, liegt zwischen 300 und 500 m (Maximum oberhalb von Yaida Chini; beide Maxima liegen in Verlängerung der Kulminationslinie des Iraqw Hochlandes, s.o.). SW des Yaida River fällt die Yaida Stufe als geschlossener Steilhang ab. Zwar besteht auch dieser Teil aus mehreren hintereinander gestaffelten Verwerfungen, doch folgen diese eng aufeinander, und die Absatzhöhe der untersten (nordwestlichsten) reicht bereits bis nahe an das Niveau des oberhalb (südöstlich) anschließenden Plateaus, die 1700 - 1800 m hoch gelegene Haidom-Endalat Scholle, heran. Fast nur dieser schmale Bruchsaum entwässert in tiefen steilen Kerbtälern zur Grabensohle, unmittelbar jenseits von ihm schließt die intakte, durch Flachmuldentäler nur schwach gegliederte, nach SW geneigte Basotu Verebnungsfläche, von der die Haidom-Endalat Scholle ein Teil ist, an.

Ein ganz anderes Bild zeigt die Yaida Stufe NE des Yaida River: Hier tritt ein ausgedehntes Staffelbruchsystem, das den Grabenabfall weit nach E gegen die Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche bis zum Maara Berg vorträgt, an die Stelle einer einzigen dominierenden Stufe (vgl. auch Kt. III, Veg.: Der Bereich der "edaphisch trockenen Standorte" südöstlich des Yaida Grabens entspricht der Stufenbreite); da hierdurch ein gleitender Übergang zur rückwärtigen Abdachung des Iraqw Hochlandes hergestellt wurde, konnte ein ausgedehntes Niederschlagsgebiet, das bis in den Nou Wald hineinreicht, an den Yaida Graben angeschlossen werden. Zu den bedeutendsten Flüssen dieses Bereiches gehören der - als einziger bis auf die Grabensohle ganzjährig wasserführende - Yaida River und der aus dem Zusammenfluß des Gitangul und Dangudda gebildete semi-perennierende Endadubu.

2.2. Eyasi Graben

Der Lake Eyasi nimmt nach Jaeger (1913, S. 90) eine Fläche ein, die mit rd. 1000 qkm fast doppelt so groß ist wie die des Bodensees. Seine Länge beträgt ca. 75 km, die maximale Breite ca. 18 km. Der Lake Eyasi ist

flach eingebettet in die 1030 m ü. NN gelegenen Alluvionen der nordöstlichen Sohle des im SW weit über die Grenzen des Mbulu Distriktes hinausreichenden Wembere-Nyarasa Grabens.

Der nordwestliche, bereits außerhalb der hier der MHW-Linie des Lake Eyasi folgenden Distriktgrenze gelegene Grabenrand, die Nyarasa Stufe, steigt steil auf maximal gut 1900 m auf (rel. Höhe knapp 900 m) und erreicht damit eine der Gr. Bruchstufe vergleichbare Absatzhöhe.

Der Lake Eyasi (Nyarasa) ist ein abflußloser, salziger Endsee eines nach Jaeger (S. 91) 60 000 qkm großen Einzugsgebietes. Davon liegt der durch den Sibiti (Wembere) entwässerte, weitaus größte Teil südwestlich des Mbulu Distriktes, weit nach Usukuma, Unyamwezi und Iramba hineinreichend. Von hier dringt es, gleichsam den Yaida Graben seitlich umgehend, durch den Durumo bis nahe an den Yaida River vor. Der einzige bedeutendere Zufluß, den der Lake Eyasi direkt aus dem Mbulu Distrikt erhält, ist der perennierende Mangola River. Er nimmt mit einer (allerdings bis heute nur unsicher zu berechnenden) mittleren Abflußmenge von $1,15 \text{ m}^3/\text{sec}$ einen beachtlichen Platz unter den Flüssen des Mbulu Gebietes ein (vgl. Tab. 22). Mit Ausnahme eines kleinen Areals unmittelbar vor seiner Mündung kann der Lake Eyasi in manchen Jahren vollkommen austrocknen. Das Seebett ist dann weithin mit einer weißen Salzkruste bedeckt. Dieser - wenn auch nicht streng jahresperiodische Wechsel von Überflutung und Trockenfallen, zudem die flache, zur Umgebung unmerklich auslaufende Eintiefung des Seebettes in Alluvionen verleihen dem Lake Eyasi den Charakter einer Salzpflanne. Das gleiche gilt für die anderen vier Salzseen (s.u.) des Mbulu Distriktes.

Ein geschlossener Dünensaum erstreckt sich entlang dem SE-Ufer des Lake Eyasi (s. Signatur  auf der Kt. I, Geol.). Die relative Höhe dieser heute durch einen lockeren Bestand von Commiphora Bäumen und eine dürftige Grasvegetation festgelegten Sandaufwehungen reicht bis zu ca. 5 m. Dadurch formen sie eine deutliche Barriere gegenüber den dem Seebett zuströmenden Abdachungsflüssen des Kiderohorstes. Als Folge dieser Stauwirkung wurde hinter ihnen die Bildung zahlreicher kleinerer Mbugas ausgelöst. Diese Schwemmebenen stellen heute die Sammelbecken vieler im Unterlauf flächig

ausgebildeter Gerinne. Meist ein einziger schmaler, steilwandiger Durchbruch führt von hier das Wasser zum Lake Eyasi.

Entsprechend der NW gerichteten Neigung des Kiderohorstes setzen die zahlreichen Abdachungstäler nahe der Oberkante der Kidero Stufe ein. In ihrem Lauf zum Lake Eyasi haben sie das alte Plateau des Kiderohorstes zunehmend zerschnitten: Während in dem höheren südöstlichen Saum die alte, von Flachmuldentälern nur schwach gegliederte, lediglich von einzelnen, oftmals blockig-felsigen, inselbergartigen Höhen überragte Verebnungsfläche noch einigermaßen gut erhalten ist, wird der nordwestliche Teil von Kerbtälern tief in Rücken und Kuppen, steile Gipfel und Grate zerlegt, und der Abfall zum Vorland ist unregelmäßig tief zerlappt, gelegentlich sogar aufgelöst in einzelne mehr oder weniger isolierte Vorberge. Meist nur über eine schematisierende Mittelbildung läßt sich hier eine steilere Böschung von 100 - 300 m nachweisen. Jaeger (1913, S. 83 und Kt. 5, Geologie) und Obst (1923, S. 43 und Kt. III, Morphologische Gliederung) deuten diesen steileren Abfall als Bruchstufe.

3. Ufiome Bergland

Das im SE, unterhalb der Gr. Bruchstufe, an das Iraqw Hochland anschließende Ufiome Bergland hat im Grundriß die Form eines nach N offenen Hufeisens, das ein zentral gelegenes Schwemmland, die Babati Alluvialebene, umgreift. Diese 1370 m hoch gelegene Alluvialebene verdankt ihre Existenz den vulkanischen Aufschüttungen des Kwarakh, die den Abfluß nach N gesperret haben. So entstand hier ein großes natürliches Staubecken, das allmählich aufsedimentiert wurde. Heute ist die relative Höhe des vulkanischen Sperriegels auf wenige Meter zusammengeschrumpft.

Während jenseits dieses "Sperriegels" eine gleitende leichte Abdachung eine breite Öffnung zur nördlich anschließenden Manyara Alluvialebene herstellt, ragt an den übrigen Seiten die überwiegend aus Gneisen und Quarziten aufgebaute Bergumrahmung steil auf. Die höchsten Erhebungen ihrer nach N auslaufenden Schenkel, Kinoi und Masware im W und die Sangaiwe Bergkette im E, bleiben knapp unter 1700 m, diejenigen der südlichen Umrahmung (Dangwal Hochland) übersteigen 1800 m um wenige Dekameter. Etwa in der Mitte des

östlichen Schenkels erhebt sich, deutlich durch Einsattelungen abgesetzt, der 2417 m hohe, überwiegend aus nephelinitischen Laven, Tuffen und Agglomerationen aufgebaute Kwarakh ⁺⁾ . Der südlich von ihm anschließende Höhenzug trägt den Namen Pinaar Heights.

II. Vulkanische Aufschüttungsgebiete

4. Das nördliche vulkanische Aufschüttungsgebiet

Den nördlichsten Teil des Mbulu Distriktes bedecken vulkanische Akkumulationen (überwiegend Basalte, seltener Tuffe und Ignimbrite) der zum Riesenkraterhochland gehörenden Vulkane Oldeani, Ngorongoro, Olosirwa/Loolmalasin. Diese vulkanische Ablagerungszone soll als "das nördliche vulkanische Aufschüttungsgebiet" bezeichnet werden. Im S wird es vom Iraqw Hochland und den Großen Grabenbrüchen des Tindigalandes begrenzt. Das in dieser Weise umrissene Gebiet besteht überwiegend aus dem annähernd kegelmantelförmigen, sich nach außen zunehmend verflachenden Hang des Riesenkraterhochlandes. Während dieser Abfall im E durch die jüngere, steile Gr. Bruchstufe abrupt abgeschnitten wird, läuft er im S in eine flache, stellenweise mit ausgedehnten Alluvionen (Mangola Schwemmland, Barai Alluvialebene und Mbugas bei Basodowesh) bedeckte, ENE-WSW verlaufende Senke, die Barai Senke, aus. Auf sie folgt im S der sehr viel unregelmäßiger gestaltete Geländeanstieg zu den beiden oben genannten Bergländern.

Mehrere kleinere Stufen, deren Absatzhöhe 150 m selten überschreitet, meist erheblich darunter bleibt, durchziehen das vulkanische Akkumulationsgebiet meist in annähernd ENE-Richtung. Die beiden längsten von ihnen sind die Lenduroto Stufe und die Dili Stufe. Am Fuß dieser wie auch der übrigen Stufen dehnen sich z. T. weitläufige Mbugas aus. Eine weitere markante Stufe, die Oldeani-Barai Stufe, setzt am oberen Hang des Oldeani ein und führt von hier süd-

⁺⁾ identisch mit dem "Ufiome Berg" von Jaeger (1911, 13) bzw. "Ufiomi" von Obst (1915, 1923).

wärts verlaufend bis nahe an die Kidero Stufe (s.o.).

Die Hänge des Riesenkraterhochlandes sind von zahlreichen Flußläufen radial tief zerschnitten. Die Rücken zwischen diesen auffallend geradlinig verlaufenden, kaum seitliche Tälchen aufweisenden, mehrere Dekameter tiefen Schluchten oder steilen Kerbtälern dachen sich flach zu den meist eine scharfe Kante bildenden Talrändern ab. Aus einer größeren Entfernung betrachtet, schließen sich diese Riedel zu einer scheinbar geschlossenen, nur schwach bewegten "Ebene" zusammen (auf ähnlich stark geneigten Hängen im altkristallinen Bereich treten an die Stelle der Schluchten oder steilen Kerbtäler breitere, stärker gewundene Kerbtäler, deren Hänge, durch zahllose runsenartige Einschnitte zerlegt, gratförmig zulaufen).

5. Hanang und Mangati Plains ⁺⁾

Die Oberfläche des zu dieser Einheit zusammengefaßten Gebietes ist - von wenigen Ausnahmen abgesehen - ganz mit vulkanischen Ablagerungen, überwiegend Nepheliniten und Kalktuffen, bedeckt. Dort, wo im S, E und N das altkristalline Rumpfland aus ihnen auftaucht, soll die Grenze dieser Einheit angenommen werden (vgl. Kt. I, Geol.). Im W bildet der Fuß der Gr. Bruchstufe/Turu Stufe (s.u.) ihren Abschluß.

Noch auffallender als der Kwarakh im Ufiome Bergland beherrscht hier der riesige, seine Umgebung um 1800 - 1900 m überragende Hanang das Landschaftsbild. Auf größere Entfernung wirkt seine Gestalt wie ein ziemlich regelmäßig gebauter Kegelstumpf, dessen Gipfelfläche einen Krater vermuten läßt. Beim Näherkommen erkennt man jedoch, daß mächtige, z. T. kesselartig erweiterte Schluchten tief in die Hänge einschneiden und mit ihren oberen Ausläufern die Gipfelregion in schmale Grate zerlegen (vgl. die ausführliche Beschreibung und Skizzen von Jaeger, 1913, S. 31 - 34).

In der Umgebung des Hanang, teilweise bereits auf seinen unteren Hängen, schließen sich - bevorzugt im NE und S - zahlreiche Vulkanhügel an (s. Kt. I,

⁺⁾ Der Name "Mangati Plains" bezeichnet das mit Laven und Tuffen bedeckte Plateau südlich des Hanang.

Geol.). Nördlich und südlich von Katesh erreichen sie eine derart hohe Dichte, daß die Wände des einen Kraters oft gleichzeitig diejenigen der benachbarten bilden, oder die jüngeren Krater die Umwallung der älteren aufgerissen haben. Gefördert wurden Kalktuffe und Kalktuffagglomerate, die weithin zu einem an Kalkkonkretionen reichen, braunen Boden verwitterten. Einige der in der Nachbarschaft des Hanang gelegenen Krater hatten einen eigenen Lavaerguß.

Der Kraterboden dieser Vulkanhügel senkt sich oft unter die Oberfläche des umgebenden Landes. Bei nicht vollständiger Umwallung stellen diese Krater daher häufig die Endpunkte (Endsümpfe, -mbugas) der Entwässerung für ein kleines Einzugsgebiet dar und tragen eine an ihre zumindest periodische Stau-nässe angepaßte, von derjenigen der weiteren Umgebung abweichende Vegetation (s. Kt. III, Veg.).

Der Hanang liegt im Schnittpunkt von drei größeren Niederschlagsgebieten, deren Endpunkte abflußlose Hohlformen bilden: die unmittelbar am Fuß der Gr. Bruchstufe/Turu Stufe gelegenen Salzpflanzen Lake Balangida und Lake Balangda-Lalu und der durch den Bubu erreichte, weit im S bei Dodoma gelegene Bahi Sumpf. Die meisten der vom Hanang und den Bruchstufen herabkommenden Bäche versickern jedoch, bevor sie diese hydrographischen Endpunkte erreicht haben oder münden in kleinere Krater ein.

Vier kleinere Bruchstufen durchziehen das vulkanische Akkumulationsgebiet des Hanang annähernd parallel zur Gr. Bruchstufe (s. Kt. II, Morpholog. Übersicht).

1. Balangida Stufe: Sie bildet - die Laven des Hanang abschneidend - SE des Lake Balangida eine kleine ca. 30 - 50 m hohe, steile Gegenstufe zur Gr. Bruchstufe.
2. Endasak Stufe: Sie setzt am östlichen Hang des Hanang ein und läuft von hier, westlich des Bubu Tales, nach N.
3. Labeit Stufe: Sie erstreckt sich zwischen dem östlichen Ende des Lake Balangda-Lalu und dem Moyad Damm am Bagara. Sie ist die niedrigste der vier Stufen, zudem nicht durchgehend als Geländeanstieg erkennbar. Ihre Stirn zeigt, wie auch die der Endasak Stufe, nach SE.

4. Balangda-Lalu Stufe ⁺⁾ : Sie bildet die S/SE-Grenze der Mangati Plains und zugleich die Wasserscheide zur Swagaswaga Rumpffläche. Wie die Balangida Stufe bildet sie eine Gegenstufe zur Gr. Bruchstufe (hier Turu Stufe genannt). Beide Salzpflanzen liegen also in Grabensenken.

6. Kwarakh

Der mit einer Höhe von 2417 m ü. NN das Ufiome Bergland beherrschende Vulkanriese Kwarakh hat die Gestalt eines mächtigen, nach oben zunehmend steiler werdenden Kegelstumpfes, den eine nach E abfallende Gipfelfläche abschließt. Drei kleine, flache, vermutlich oberflächlich abflußlose Hohlformen sind darin eingesenkt. Ein eindeutiger Krater, der als Eruptionszentrum für den Aufbau des seine Umgebung rd. 1000 m überragenden Vulkanberges verantwortlich gemacht werden könnte, fehlt hier jedoch ebenso, wie bei dem weiter südwestlich gelegenen Hanang. Der Kwarakh wird allseitig von kleinen Vulkanhügeln, die überwiegend nur Lockerprodukte ausgeworfen haben, umgeben.

III. Rumpfflächen

7. Basotu Rumpffläche

Die Basotu Rumpffläche wird in NW und SE durch zwei um mehrere hundert Meter steil nach außen abfallende Bruchstufen begrenzt: die Yaida Stufe und die Gr. Bruchstufe/Turu Stufe. Im NE grenzt sie an das Iraqw Hochland, im SE wird sie willkürlich von der Mbulu Distriktgrenze abgeschnitten.

Das petrographische Bild zeigt eine granitische Umrahmung, in der inselartig ein größeres Areal von zum Nyanza System gehörenden Glimmer- und Amphibolit-Schiefern/Phylliten eingebettet ist. Im SE-Teil ist die sich über diese Gesteinsunterschiede gleitend hinwegsetzende Kappungsfläche von neovulkanischen Akkumulationen bedeckt. Einige Vulkanhügel erheben sich unmittelbar auf dem Oberrand der Gr. Bruchstufe, insgesamt 14 auf dem nördlichen

⁺⁾ von Obst (1923, S. 47) als "Ost-Balangida-Stufe" bezeichnet.

Teil der Endesh Scholle (s.u.). Im Bereich von Basotu - Basodesh reihen sich entlang der Singida Stufe und ihrer nordöstlichen Verlängerung kleine, oft perennierend Wasser enthaltende Krater auf. Vereinzelter kommen sie auch östlich und südöstlich von hier in der Grassteppe vor (s. Kt. I, Geol.).

Die zahlreichen und ausgedehnten abflußbehinderten Räume (s. Kt. III, Veg.) geben einen Hinweis für die geringe Relieferung und Neigung der Basotu Rumpffläche. Das Gelände zwischen diesen Mbugas ist sanft geschwungen und in geringer Dichte von Flachmuldentälern kleinerer Bäche durchzogen. Der Eindruck grenzenloser Weite und Einförmigkeit, den diese Oberflächen-gestalt vermittelt (unterstützt durch eine ausgedehnte, den Blick freigebende baumarme Steppenvegetation), wird kaum gemildert durch einige, das Pla-teau um 100 - 200 m überragende Inselberge.

Eine etwas stärkere Gliederung bringen erst fünf niedrigere Bruchstufen in dieses Bild (vgl. Kt. II, Morpholog. Übersicht):

1. Haidom Stufe: sie reicht vom Maara Berg bis in den südwestlichsten Zipfel des Mbulu Distriktes; Länge rd. 85 km.
2. Muchlur Stufe: von Bashay am Yaida River bis an die Piste Basotu-Haidom; Länge rd. 45 km.
3. Singida Stufe (Name von Obst, 1923, S. 44): von Basotu bis Singida; Länge rd. 60 km.
4. Madunga-Ufana Stufe: sie schließt im Bereich des Nou Regenwaldes fast geradlinig an den nördlichen Schenkel einer Einwinkelung der Gr. Bruchstufe an. Jenseits des Bashenet Hochlandes folgt sie dem Oberlauf des Ufana River und reicht von dort bis östlich von Basotu; Länge rd. 65 km.
5. Endesh Stufe: sie schließt oberhalb des Gitagamwod Dammes geradlinig an die Gr. Bruchstufe an und endet wenige Kilometer südlich von Endesh; Länge rd. 22 km.

Allen diesen fünf Stufen ist gemeinsam:

ihre Richtung von SW nach NE (also parallel zu den beiden großen, die Basotu Rumpffläche begrenzenden Verwerfungen, Yaida und

Turu Bruchstufe),
ein Steilabfall in südöstlicher Richtung,
eine in den Grenzen von 30 - 150 m wechselnde Absatzhöhe,
die Anlage in altkristallinem Gestein.

Nur die Haidom und Endesh Stufen bilden geschlossene, trotz der relativ geringen Absatzhöhe eindrucksvolle Landscheiden. Sie legen eine Dreiteilung der Basotu Rumpffläche nahe: Haidom-Endalat Scholle, Basotu Scholle und Endesh Scholle. Im Bereich der beiden zuerst genannten Schollen lassen sich zwei Abdachungsrichtungen unterscheiden: Die erste ist parallel zu der Höhenabnahme der Gr. Bruchstufe von 1900 m auf 1700 m nach SW gerichtet und besitzt ein Böschungsverhältnis von 1 : 225. Die zweite Abdachungsrichtung weist in die NW-Richtung und ist als rückwärtige Abdachung der Gr. Bruchstufe zu verstehen. Sie beträgt rd. 200 m (im NE: von 1900 m auf 1700 m, im SW: von 1700 m auf 1500 m), als Neigungsverhältnis ausgedrückt 1 : 225.

Der aus diesen beiden Neigungsrichtungen resultierenden W-Abdachung stellen sich die genannten kleineren Bruchstufen schräg entgegen. Daher vermögen ihr nur kleinere Gerinne zu folgen. Dort, wo sie auf die Stufe treffen, werden sie nach SW abgelenkt. Längere Entwässerungsbahnen konnten sich nur in dieser Richtung parallel zu den Stufen meist ihrem Fuß folgend, ausbilden: der Durumo einschließlich des ihm zufließenden Maghang River, das Dongobesh Flußsystem und der Oberlauf des Ufana River. Dieser Stauwirkung der Bruchstufen ist es teilweise zuzuschreiben, daß es hier zu ausgedehnten Mbuga-Entwicklungen gekommen ist.

8. Masai Rumpffläche ⁺⁾

Ähnlich wie die Basotu Rumpffläche erweist sich auch die Masai Steppe als eine wenig gestörte, flach hügelig-wellige, von breiten Flachmuldentälern durchzogene Verebnungsfläche, deren Neigung in westlicher Richtung nach Obst (1923, S. 6) 1 : 250 beträgt (vgl. Basotu Rumpffläche 1 : 225). Hier wie dort stellen sich mehrere kleine Bruchstufen (s. Kt. I, Geol.) der allgemei-

+) Nur der zum Mbulu Distrikt gehörende Teil wird beschrieben.

nen Westabdachung entgegen (hier annähernd von N nach S verlaufend, das Land in parallele Rücken und Senken gliedernd) und zwingen die Entwässerung in eine von ihr abweichende Richtung (hier nach N oder S). Dieser Stauwirkung verdanken - unterstützt von der ohnehin äußerst geringen Böschung - mehrere weitläufig entwickelte Mbugas ihre Existenz. Ein Blick auf die Karte III, Vegetation, läßt die Übereinstimmung von Basotu und Masai Rumpfflächen sofort erkennen.

9. Swagaswaga Rumpffläche ⁺⁾

Die oberhalb des die Mangati Plains im S und SE begrenzenden Steilanstieges anschließende Swagaswaga Rumpffläche reicht nach Obst (1923, S. 9) von hier etwa 80 km weit nach SE bis an das Usandawi Bergland. Das innerhalb des Mbulu Distriktes gelegene Teilareal umfaßt nur etwa ein Drittel ihrer Gesamtausdehnung.

Die Swagaswaga Rumpffläche dacht sich, entgegengesetzt zu der nach NW und SW weisenden Neigung der Mangati Plains, in S- bis SE-Richtung ab. Ihre Böschung in dieser Richtung beträgt bis zur Distriktgrenze annähernd 1 : 100 (von ca. 1650 m auf ca. 1400 m), übertrifft also erheblich die Böschungsverhältnisse, die für die beiden anderen Rumpfflächen genannt wurden. Dementsprechend ist die Swagaswaga Rumpffläche viel stärker zerschnitten als jene. Der Gesamteindruck, besonders nahe der Balangda-Lalu Stufe und dem Bubu Tal, ist eher der eines Hügellandes, das von einem gut ausgebildeten Gewässernetz durchzogen wird.

IV. Alluvialebenen

Zu den großen, eine selbständige Fassung als morphologische Einheit rechtfertigenden Alluvialebenen gehören auch die Sohlen des Yaida und des Eyasi Grabens. Es schien jedoch sinnvoller, diese beiden Ebenen im Zusammenhang mit der größeren Einheit "Große Grabenbrüche des Tindigalandes" zu beschreiben. Hier folgt daher nur die Darstellung der Manyara Alluvialebene.

⁺⁾ Dieser Name wurde von Obst (1923, S. 9) übernommen (dort "Suaga-Suaga" geschrieben).

10. Manyara Alluvialebene

Die von 960 - 1000 m ü.NN, zwischen der Gr. Bruchstufe im W, dem Ufiome Bergland im S und der Masai Steppe im E gelegene Manyara Alluvialebene ist identisch mit dem Bett eines früheren (pleistozänen ?) Sees, dessen Reste sich in ihren tiefsten Teilen in dem Lake Manyara (rd. 425 qkm) und Lake Burungi (rd. 40 qkm) erhalten haben. Beide Seen sind in dem oben für den Lake Eyasi beschriebenen Sinne als Salzpflanzen zu bezeichnen.

Während sich der Lake Manyara in typischer Weise unmittelbar am Stufenfuß ausdehnt, wird der Lake Burungi weiter entfernt hinter einer von sandigem Lockermaterial bedeckten flachen Gneisschwelle (vgl. Kt. I, Geol.) aufgestaut, aus der mehrere kleine Inselberge aufragen: Pyramid Hills oder Wembe I und II (1144 m bzw. 1105 m), Base (976 m) und Basi (1076 m). Ein weiterer Inselberg, der Minjingu Hill (1072 m) erhebt sich aus einem nördlich dieser Gneisschwelle - nach einer Unterbrechung von 1 km - anschließenden Rücken, dem Minjingu Rücken.

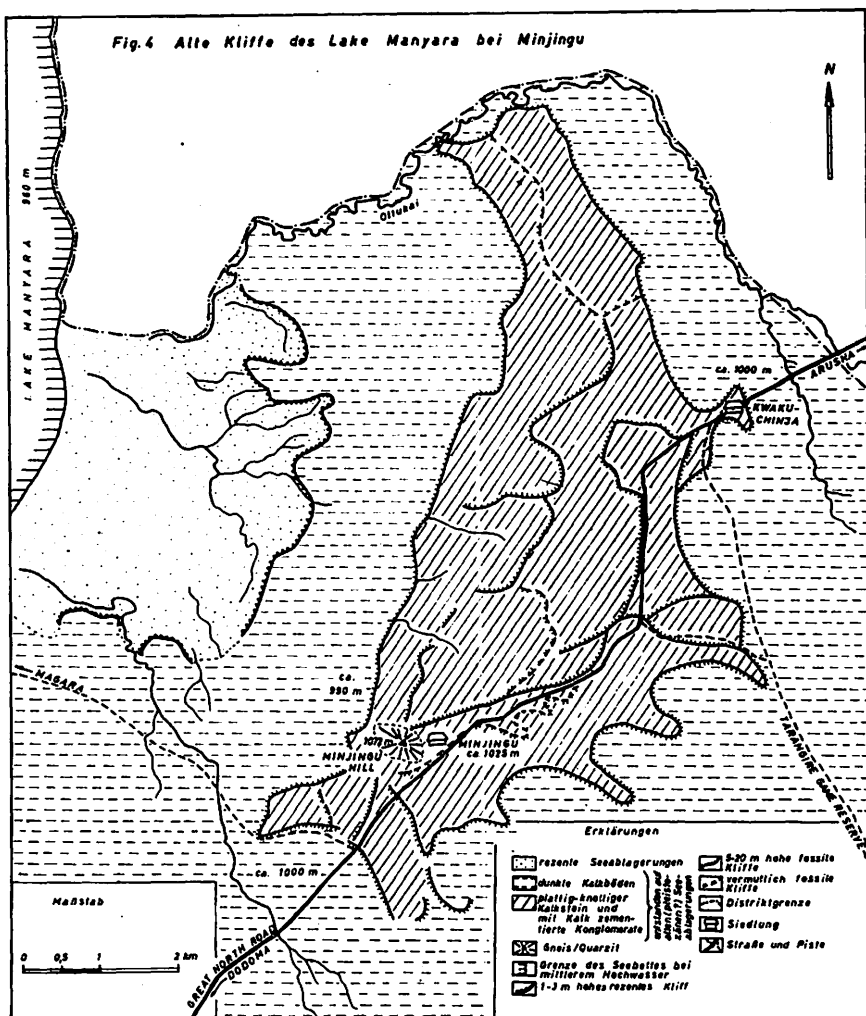
Beide Rücken zeigen einen deutlichen Wechsel von 5 - 20 m hohen fossilen Kliffen und Brandungsplattformen (für den Minjingu Rücken vgl. Fig. 4). Die Kliffe - beim Minjingu Rücken auch die Brandungsplattformen - bestehen aus plattigknolligem Kalkstein, SE von Kwakuchinja aus durch Kalk zementierten, Lavagerölle enthaltenden Konglomeraten. Das Kalkmaterial enthält organische Reste (u. a. Knochen), deren Alter m. W. bisher nicht bestimmt wurde (Kent, 1942, wies ein pleistozänes Alter für ähnliche Absätze im Einschnitt des Makuyuni River nach).

Aus der Höhe der randlichen lakustrischen Sedimente (mindestens 1000 m ü.NN gegenüber 960 m ü.NN des heutigen Seebettes) läßt sich auf einen früheren um wenigstens 40 m höheren Wasserspiegel schließen (zu dieser Folgerung sind bereits Uhlig und Jaeger, 1942, S. 160, gelangt).

Fig. 4 Alte Kliffe des Lake Manyara bei Minjingu

The map illustrates the geological structure of the Lake Manyara region. Key features include:

- Geological Formations:**
 - Recent lake deposits (rezente Seesablagerungen) indicated by horizontal lines.
 - Dark caliche (dunkle Kaliböden) shown with a stippled pattern.
 - Flat, knotted caliche (platt-knotiger Kaltestein) with conglomerates (mit Kalk zementierte Konglomerate) represented by a cross-hatched pattern.
 - 500m high fossil cliffs (500 m hohe fossile Kliffe) marked with diagonal lines.
 - Presumed fossil cliffs (vermutlich fossile Kliffe) indicated by a dotted pattern.
 - 1-3m high recent cliffs (1-3 m hohe rezente Kliff) shown with a vertical line pattern.
- Boundaries and Infrastructure:**
 - District boundary (Distriktgrenze) shown as a dashed line.
 - Settlement (Siedlung) marked with a small circle.
 - Roads and paths (Straße und Piste) shown as solid lines.
 - Boundary of the lake basin with medium water level (Grenze des Seebettes bei mittlerem Hochwasser) indicated by a dashed line.
- Geographical Labels:**
 - Lake Manyara (LAKE MANYARA) on the left.
 - Minjingu Hill (MINJINGU HILL) and Minjingu (MINJINGU) with elevations of 1075 m and 1025 m respectively.
 - Oliveri (OLIVERI) and Kwaru-Chinja (KWARU-CHINJA) locations.
 - Distances: ca. 990 m, ca. 1000 m, and ca. 1025 m.
 - Other labels: MABARA, ARUSHI, TANZANIA-GEB. KENIA, and GREAT NORTH ROAD.
- Map Elements:**
 - Scale bar (Maßstab) from 0 to 2 km.
 - North arrow (N) pointing upwards.



2. Abschnitt: Vegetation und Böden

=====

A. Grundlagen der Gliederung

a. Vegetation

Infolge der mehr oder weniger strengen Abhängigkeit, in der sich die Pflanze von den klimatischen, hydrologischen, petrographisch/pedologischen und morphologischen Bedingungen ihres Standortes befindet, wodurch ihr Vorhandensein oder Fehlen bzw. ihre Abundanz in weitem Maße festgelegt wird, ist die Vegetation zugleich ein Indikator für die Ausbildung jener naturgeographischen Faktoren. In dieser Bedeutung wird sie von keinem der übrigen Geoelemente erreicht. Eine vegetationsgeographische Karte hat daher gegenüber den Darstellungen jener den Vorzug, da sie über den Rahmen ihrer zunächst rein geobotanischen Zielsetzung hinaus in einzigartiger Weise geeignet ist, Einblick in den Naturhaushalt zu geben.

Diesen Wert kann sie aber nur dann besitzen, wenn die ihr zugrundeliegende Interpretation der Vegetationsgliederung mit den natürlichen Differenzierungen der Pflanzendecke übereinstimmt; d.h. nur unter diesen Umständen können die zu Einheiten zusammengefaßten floristischen Gruppierungen und die Grenzen ihrer Verbreitung ein Spiegelbild der wechselnden standörtlichen Gegebenheiten sein.

Es hat sich in meinem Untersuchungsgebiet gezeigt, daß eine Gliederung nach vorwiegend physiognomischen Gesichtspunkten der naturräumlichen Differenzierung nicht gerecht wird. Zwar zeigt die Verbreitung einiger auffallender Wuchsformmerkmale - wie Sukkulenz, Hartlaubigkeit, Mesomorphie, Hygromorphie etc., zudem auch die Höhe und Dichte des Pflanzenkleides - eine deutliche Abhängigkeit von den ökologischen Bedingungen, doch ist die physiognomische Differenzierung oft nicht auffallend und einheitlich genug, um die Gliederung der Vegetation zu erleichtern, in manchen Fällen tritt sie ganz zurück. So zerfällt beispielsweise der physiognomische Typ "Grasland" in die folgenden drei floristisch-ökologischen Einheiten: Montanes G., Mbuga G., G. auf Salzböden (das G. mit unklarer floristischer und ökologischer Stellung ist

eine Notlösung). Andererseits rückt das Mbuga Grasland in die Nähe der Einheit Akazientrockenwald des gleichen Standortes (auf der Karte nur durch Zusatzsymbol unterschieden).

Als wesentliche Erschwernis kommt hinzu, daß menschliches Einwirken - Rodungen mit dem Ziel, Tsetse-Vorkommen zu eliminieren oder aus dem Bedarf an Feuer- und Bauholz, zudem Brandlegungen und Kultivierungen - das ursprüngliche Aussehen der Pflanzendecke weithin willkürlich verändert hat. In früheren geographischen Arbeiten häufig benutzte Begriffe wie "Buschland", "Grasland", "Lichter Baumbestand", etc. haben daher über das rein Beschreibende hinaus weithin jeglichen Aussagewert verloren. Sie lassen sich lediglich als ein die Physiognomie kennzeichnender Zusatz, nicht aber als Faktor für eine natürliche Gliederung verwenden.

Demgegenüber erweisen sich die Artenzusammensetzung menschlichen Eingriffen gegenüber als weit stabiler und die artspezifische Pflanzengestalt im Vergleich mit konvergenten Anpassungsmerkmalen als auffälliger, faßbarer. Daraus wird verständlich, daß nur die Flora zum Ausgangspunkt der vegetationsgeographischen Gliederung - jedenfalls für einen Raum in der Größenordnung meines Untersuchungsgebietes - genommen werden kann.

Reine Bestände einer einzigen Art von kartierbarer Ausdehnung kommen nicht vor. Die einzelnen Arten können daher nicht Einheiten der Vegetationsgliederung sein. Vielmehr müssen aus ihrer vielfältig verzahnten Vergesellschaftung typische Gruppierungen herausgelöst werden, deren Florenelemente möglichst zahlreich in ihren standörtlich bedingten Verbreitungsgrenzen übereinstimmen.

Die Zusammenfassung der Florenelemente zu Gesellschaften ist ohne eine über das Beobachtete hinausführende Interpretation nicht möglich. Dadurch haftet ihr eine Subjektivität an, die leicht zu einer Fehlerquelle werden kann. Methoden, ihr entgegenzuwirken, hat die Pflanzensoziologie entwickelt bzw. bestehen in einer Zuhilfenahme detaillierter ökologischer Untersuchungen. Handelt es sich jedoch - wie im vorliegenden Falle - um eine großräumigere Kartierung, die in relativ kurzer Zeit durchgeführt werden muß, so lassen sich beide Methoden höchstens in Annäherung anwenden. Die Kenntnis allge-

meiner ökologischer Zusammenhänge und die beim Durchwandern linienhaft oder punktförmig gewonnenen Beobachtungstatsachen müssen oftmals ausreichen, die typischen Artengefüge zu bestimmen und ihre Verbreitung zu umgrenzen. Der Anteil der hierbei nötig werdenden Interpolation wird umso bedeutender, je weiter die Orte der Bestandsaufnahmen auseinander liegen bzw. je stärker der Zwang zur Bildung von größeren Einheiten ist. Beides ist bis zu einem gewissen Grade eine Funktion des Maßstabs der zu entwerfenden Karte: Die Verkleinerung des Maßstabs bedeutet eo ipso einen zunehmenden Zwang zur Interpolation. Daraus erwächst jedoch nicht notgedrungen eine zunehmende Ungenauigkeit. Erst in Verbindung mit einer engmaschigen standörtlichen Differenzierung - meist Folge einer kleinräumigen Reliefierung - muß sie zu einer Fehler implizierenden Generalisierung führen. Daraus ergibt sich, jeweils in Abhängigkeit von der besonderen Gestalt des zu untersuchenden Raumes, eine Beschränkung der Maßstabsgröße nach unten, bis zu der eine den ökologischen Eigenheiten gerecht werdende Vegetationskartierung noch eben möglich ist. Im vorliegenden Falle liegt der verwandte Maßstab von 1 : 250 000 nahe dieser unteren Grenze. Gelegentlich mußten physiognomische, floristische oder ökologische Unterschiede bei der Gliederung der Vegetation zu Einheiten hingenommen werden zugunsten der Übereinstimmung in zwei dieser Eigenschaften.

Entsprechend der arbeitstechnisch bedingten Beschränkung in der Anwendung vegetationsstatistischer Methoden können die aufgestellten Einheiten keine Pflanzengesellschaften im strengen pflanzensoziologischen Sinne (= Assoziationen) sein. Vielmehr sind sie lediglich bestimmt durch die Dominanz einer oder weniger Arten (= Soziationen oder Konsoziationen).

Ihre Bezeichnungen richten sich im wesentlichen nach den botanischen Namen der hier vorherrschenden Taxa. Ausnahmen hiervon ergeben sich dann, wenn es nicht gelang, die Kennarten bzw. -gattungen des Typs herauszufinden (d.h. wenn eine eindeutige Abundanz oder Dominanz eines Taxon oder weniger Taxa nicht vorhanden war). Den botanischen Namen der Einheiten wurde jeweils eine physiognomisch/ökologische Bezeichnung hinzugefügt.

Die Grenzen der Pflanzengemeinschaften auf edaphisch feuchten Standorten

(s.u.) sind durchweg physiognomisch wie floristisch scharf ausgeprägt. Ihre Bestimmung bereitete weder im Gelände noch bei der Luftbildinterpretation Schwierigkeiten. Dies gilt - mit Ausnahme des Höhenwaldes - nicht oder nur sehr begrenzt für die klimatischen Einheiten und die Vegetation der edaphisch trockenen Standorte. Zwischen ihnen sind die Übergänge oft gleitend ausgebildet und entsprechend ist die genaue linienhafte Grenzziehung unsicher. Insbesondere die Grenzen zwischen der Combretum Baumsavanne, der Akazien-Commiphora Dornbusch-/Baumsteppe, dem Grashochland mit überwiegend immergrünen Hartlaubsträuchern und des dichten Busches an steinigen Hängen konnten nicht immer eindeutig gezogen werden. Die Luftbildauswertung brachte hier meist keine wesentliche Hilfe. Die aus den oben genannten Gründen sehr unterschiedliche Physiognomie ließ bei der Betrachtung der Luftbilder oft den Eindruck einer engmaschigen Vegetationsgliederung entstehen, deren "Einheiten" sich erst bei der floristisch/ökologischen Überprüfung im Gelände als unnatürlich oder minder bedeutsam erwiesen. Erschwerend wirkte weiterhin, daß die mir zur Verfügung stehenden Luftbilder zu verschiedenen Jahreszeiten aufgenommen, die gleiche Einheit oftmals in wechselndem Grauton und unterschiedlicher Textur zeigen, die Gegensätze vortäuschen können. Schließlich sind die trockenzeitlich ausgedehnten abgebrannten Flächen anzuführen, deren schwärzliche Wiedergabe auf den Luftbildern kaum etwas erkennen ließ.

Die Kartierung der Vegetationseinheiten wurde zunächst auf den (950) Luftbildern (mittlerer Maßstab angenähert 1 : 40 000) vorgenommen. Von ihnen wurden die gefundenen Abgrenzungen auf (31) Kartenvorlagen überwiegend etwas kleineren Maßstabs (1 : 35 000 bis 1 : 65 000) übertragen. Diese Arbeitskarten ermöglichten auf dem Wege einer Projektion den Entwurf einer den ganzen Mbulu Distrikt umfassenden Vegetationskarte im Maßstab 1 : 250 000 (Karte III, im Anhang).

Im Zuge dieser Verkleinerung wurde eine zunehmende Generalisierung notwendig, insbesondere in der Form, daß aus Gründen der Übersichtlichkeit des Kartenbildes die Zahl der Einheiten beschränkt werden mußte. Nur Pflanzengemeinschaften mit einer größeren Verbreitung konnten dargestellt werden, wobei dann allerdings versucht wurde, auch ihre kleinsten isolierten

Vorkommen zu kartieren. Die insgesamt wenig ausgedehnten, auf den großmaßstäbigen Arbeitskarten zum Teil noch ausgegliederten Einheiten - wenngleich auch zuweilen größer als jene kleinsten Vorkommen der weit verbreiteten Vegetationseinheiten - mußten ihnen einverleibt werden. Entsprechend dieser "unnatürlichen" Zusammenfassung mußte die floristische Fassung der zur Kartierung zugelassenen Einheiten gelegentlich erweitert, d.h. in ihrer Genauigkeit abgeschwächt werden.

Die Bestimmung der gesammelten Arten wurde überwiegend vom East African Herbarium, Nairobi, zum geringeren Teil von den Herren Welch, Tengeru bei Arusha, und Newbould, Ngorongoro, ausgeführt. Einen kleinen Teil bestimmte ich selbst. Gesammelt wurden nur die häufigsten Arten, vorwiegend aus dem Bereich der Bäume/Sträucher und der Gräser. In einigen Gebieten, die allein in der Trockenzeit aufgesucht wurden, konnte nur sehr beschränkt für die Bestimmung ausreichendes Herbarmaterial gesammelt werden. Insbesondere die Gräser entzogen sich in dieser Zeit der Vegetationsruhe fast völlig der Determination, Holzpflanzen zu einem beträchtlichen Teil. Für einige Gebiete habe ich zusätzlich Arten aus Arbeiten anderer Verfasser genannt. Hierbei wurden die oft veralteten wissenschaftlichen Namen, soweit es ohne allzugroßen Zeitaufwand möglich war, durch die neusten ersetzt.

Während die Vegetationseinheiten allein nach floristischen Kriterien bestimmt wurden, wurde der ökologisch/physiognomische Gesichtspunkt bei ihrer Gruppierung einbezogen. Der Grad ihrer standörtlichen Übereinstimmung wurde zum Maß ihrer Zusammenfassung zu Einheiten höherer Ordnung. Dies erleichtert dem Nichtbotaniker, ihre Aussage für die Differenzierung des Naturhaushaltes zu verstehen.

Wichtigster Faktor für die Verbreitung der Vegetationseinheiten ist das Ausmaß des Wasserangebotes. Die Wasseraufnahme der meisten höheren Pflanzenarten erfolgt mittels ihrer Wurzelsysteme aus dem Boden. Für das Verstehen der Vegetationsgliederung ist es daher wichtiger, den Wasserhaushalt des Bodens zu kennen, als das Maß und die zeitliche Verteilung der Niederschläge. Da jedoch der Wasserhaushalt des Bodens oft direkt abhängig ist von der Höhe und dem Jahresgang des Niederschlages und dieser leichter meßbar ist, so ist es weithin zulässig, die Vegetationsgliederung zu seinen räumlichen und zeitlichen Veränderungen in Beziehung zu setzen und hieraus Abhängigkeiten abzuleiten. Diese Methode verliert aber dort ihre Gültigkeit,

wo die Niederschläge aufhören, ein Maß für den Bodenwasserhaushalt zu sein. Dies ist einerseits der Fall an den den Abfluß übermäßig begünstigenden steilen Hängen, andererseits an stauenden Hangverflachungen bzw. in Senken und im Uferbereich von Flüssen, wo ein höherer Grundwasserstand oder/und andauernder Grundwasservorrat gehalten wird. Eine erste Unterteilung der Vegetation wird daher die Einheiten solcher Standorte mit vom Niederschlagsverhalten abweichenden hydrologischen Bedingungen ausklammern und sie als "edaphisch bedingte Vegetationseinheiten" den übrigen, den "klimatisch bedingten" gegenüberstellen. Die ersteren müssen weiterhin in die Einheiten auf edaphisch trockenen Standorten einerseits und auf edaphisch feuchten Standorten andererseits unterteilt werden.

Innerhalb dieser drei Abteilungen habe ich solche Einheiten zu den mit römischen Zahlen bezeichneten größeren Gruppen zusammengefaßt, die in ihrem Habitus und ihren Standortsbedingungen weitgehend übereinstimmen. Sie sind demnach Formationen. Ihre Abgrenzung und Nomenklatur entsprechen überwiegend denjenigen, die auf der "Vegetation Map of Africa" der Ass. pour l' Etude Taxonomique de la Flore d' Afrique Tropicale angewandt wurden. Dies gilt mit Ausnahme der Formation "Sumpf" nicht für die edaphisch bedingten Vegetationseinheiten. Sie sind durchweg von geringer Ausdehnung und daher auf der oben genannten Karte im Maßstab 1 : 10 000 000 nicht darstellbar. Das gleiche trifft für die "Vegetation mit unklarer ökologischer und floristischer Zuordnung" zu, eine Hilfskonstruktion für kulturgeprägte Areale, die in keiner Weise eine in sich geschlossene natürliche Einheit darstellt.

Während die Pflanzengemeinschaften detailliertere Aussagen über den Naturhaushalt innerhalb des Mbulu Distriktes zulassen, öffnen die Formationen den Rahmen nach außen auf ganz Afrika: Indem sie sich in die großräumige Vegetationsgliederung des Kontinents einfügen und dadurch eine vergleichende Sicht ermöglichen, lassen sie die ökologische Stellung des Untersuchungsgebietes im gesamtafrikanischen Bereich deutlich werden.

Im Rahmen der Vegetationsgliederung Afrikas, die sich angenähert gürtelförmig um das regenwaldbedeckte Kongobecken im Maße der nach außen ab-

nehmenden Feuchtigkeit anordnet, erhält der Mbulu Distrikt seinen Platz in dem äußersten Saum der Baumformationen, nämlich der Acacia-Commiphora Baumsteppe. Ihre Verbreitung erstreckt sich über den ganzen nördlichen Sudan in annähernd 15° n. B. (unterer Senegal, Niger-Knie, Tschad See, El Fasher, El Obeid, Malakal); im östlichen Afrika von den tieferen östlichen Teilen Äthiopiens über Kenya bis ins mittlere Tanzania; in Südafrika vom östlichen Betschuanaland bis nach Südwest-Afrika hinein. Zwischen dem östlichen und dem südlichen Vorkommen ist der Steppengürtel unterbrochen von einer Waldsavanne, dem Miombo, die sich etwa zwischen 7° und 17° s. B. in ganzer Breite über das Afrikanische Dreieck legt. Sie gehört einem feuchteren Gürtel an, der im N etwa die mittlere Sudanzone einnimmt. Ein Zipfel aus isolierten Vorkommen reicht von SW bis in den Mbulu Distrikt hinein.

Über die konzentrische Vegetationszonierung legt sich im östlichen Afrika vom Abessinischen Hochland bis zum südlichsten Zipfel des Kontinents (Port Elizabeth), den größeren Erhebungen beiderseits des Großen Grabensystems folgend, ein (unterbrochener) Höhenwaldstreifen. Ihm gehören die montanen Regenwaldareale des Mbulu Distriktes an. Die unterhalb an sie anschließenden noch relativ feuchten Übergangsbereiche zur "zonalen" Baumsteppe sind von einer Baumsavanne (Combretum B.) bedeckt, im montanen Teil auch von einer hartlaubigen, immergrünen Strauch-/Grasvegetation. Die Verbreitung dieser beiden Zwischenglieder außerhalb des Mbulu Distriktes ist mir unbekannt.

b. Böden

Der ökologische Teil in der Beschreibung der Vegetationseinheiten bringt die Angaben über das Klima und den Bodenwasserhaushalt nur kurzgefaßt (diese beiden standörtlichen Faktoren werden im Anschluß, im 3. Abschnitt, zusammenhängend behandelt). Dagegen werden die Bodeneigenschaften ausführlich dargelegt. Die zusammenfassende Besprechung von Böden und Vegetation empfiehlt sich, da die räumliche Gliederung beider Geoelemente weithin übereinstimmt. Der Zuordnung der Vegetationseinheiten zu den genannten drei höheren Gruppen, einer klimatisch und zwei edaphisch (trocken bzw. feucht) bedingten, entspricht auch die oberste Einteilung der Böden.

Auf den edaphisch trockenen Standorten wird die Bodengenese des in situ entstandenen Verwitterungsmaterials durch die Abtragung entscheidend beeinflusst, auf den edaphisch feuchten Standorten stellen Ablagerungen fremder Gebiete (umgelagertes Verwitterungs- oder Bodenmaterial) das Ausgangsmaterial. Die physikalischen Bodeneigenschaften sind auf beiden Standorten für eine landwirtschaftliche Nutzung gleich ungünstig: hier sandig-steinige Textur (und geringe Bodentiefe) und sehr schwaches Wasserhaltevermögen, dort lehmig-tonige Körnung, schlechte Durchlüftung und, jedenfalls für längere Zeit im Jahr, ein Zuviel an Bodenwasser.

Die Böden der klimatisch bedingten Vegetationseinheiten nehmen eine Mittelstellung ein: Ähnlich den Böden auf den edaphisch trockenen Standorten liefert überwiegend die Verwitterung des anstehenden Gesteins in situ das Bodenmaterial, im Gegensatz zu den Vorkommen der beiden edaphisch bedingten Vegetationseinheiten sind jedoch die Stoffzufuhr und -abfuhr minder bedeutsam. Das Lockermaterial unterliegt daher in situ länger den bodenbildenden Kräften. Dies hat reifere Böden entstehen lassen: Sie sind überwiegend intensiv rot oder braun gefärbt, meist tiefgründig (> 1 m), sandig-lehmig bis lehmig-tonig (selten steinig), verhärten nicht oder kaum in trockenem Zustand und haben meist einen mächtigen B/C-Horizont. Die physikalischen Bodeneigenschaften sind günstig. Dank der leichten Bearbeitbarkeit werden diese Böden bevorzugt ackerbaulich genutzt. Ihr Verbreitungsgebiet ist daher, soweit es ausreichend Niederschläge erhält, der eigentliche Bereich des Kulturlandes.

Vielleicht mit wenigen Ausnahmen besteht bis heute keine allgemein anerkannte Typengliederung der Tropenböden. Die zahlreich vorhandenen Benennungen variieren meist nicht nur im Namen, sondern - infolge unzureichender Kenntnis der Entwicklungsbedingungen und dementsprechender Unsicherheit in der Bewertung der einzelnen Bodenmerkmale - auch wesentlich in der Umgrenzung der jeweils zu Einheiten zusammengefaßten Böden. So überrascht es nicht, daß z.B. die drei neueren Bodenkartierungen von Ostafrika bzw. Tanzania ⁺⁾ sowohl in der räumlichen Gliederung als auch in der Fassung der

⁺⁾ 1) Blatt 4 des Atlas of Tanganyika, 3rd Ed., 1956 (im wesentlichen nach Calton 1954), 1:3 Mill; 2) Bodenkarte von Ostafrika, von Scott (1962), 1:4 Mill; 3) Bodenkarte von Afrika, Blatt 3, von D'Hoore (1964), 1:5 Mill.

Bodentypen auffallend stark voneinander abweichen. Keine von ihnen eignete sich als Grundlage für die vorliegende Arbeit.

Soweit möglich, erfolgten das Typisieren und die Benennung der Böden in Anlehnung an bereits beschriebene Einheiten. Damit wurde - zusätzlich zu einer größeren Sicherheit - zweierlei gewonnen: Erstens konnten die in den Beschreibungen anderer Autoren genannten Ergebnisse aufwendiger Analysen, die mir nicht möglich waren, ergänzend zur allgemeinen Kennzeichnung hinzugefügt werden, und zweitens wird hierdurch der enge Rahmen des Untersuchungsgebietes gesprengt und der Weg zu einem großräumigeren Verständnis und Vergleich geöffnet. Allerdings gelang es nicht, die Anlehnungen auf ein einziges der vorliegenden Systeme zu beschränken. Sie werden daher jeweils durch Zitat genannt.

Hinweise: Die Farbangaben (nach Munsell Charts) beziehen sich immer auf den trockenen Boden. Die Bodenreaktion wurde, sofern nicht besonders darauf hingewiesen worden ist, mit einem Hellgelb "Pehameter" bestimmt. Die Abkürzungen bedeuten: N mittlere jährliche Niederschlagsmenge, pET mittlere jährliche potentielle Evapotranspiration (berechnet nach Methode von Thornthwaite 1957, u. a.), H Höhe ü. NN, A Austauschkapazität (mval/100 g Boden), S Sättigungsgrad.

Einen Überblick über die räumliche Anordnung der wichtigsten Vegetationseinheiten in Abhängigkeit vom Relief, Klima, Gestein und Boden geben die in Fig. 5 (am Ende dieses Abschnittes) dargestellten Profile.

B. Klimatisch bedingte Vegetationseinheiten

Unter den klimatisch bedingten Vegetationseinheiten markiert nur die Trennungslinie zwischen Savanne und Steppe zugleich einen grundlegenden Wechsel der Böden. Die pedologische Differenzierung im Verbreitungsgebiet der Montanen Formationen und tropophytischen Savannen folgt demgegenüber nicht oder nur zweitrangig den Vegetationsgrenzen; vielmehr erweist sie sich in erster Linie als abhängig vom Gestein und der Oberflächengestalt. Lediglich das Vorkommen der Plateau Soils lehnt sich enger an das einer Vegetationseinheit, nämlich der Combretum-Acacia gerrardii - Hyparrhenia

Baumsavanne, an. Nur in diesem Falle können Boden und Pflanzengemeinschaft gemeinsam dargestellt werden. Für den Raum, den die übrigen montanen Gesellschaften und Hochgrassavannen einnehmen, soll dagegen die Beschreibung der Böden vorgezogen werden.

a. Bodenkundliche Vorbemerkung

Die im Verbreitungsgebiet des altkristallinen Gesteins vorherrschenden roten (oder zumindest mit rötlicher Farbkomponente) Böden gehören wahrscheinlich sämtlich zu der großen Gruppe der in den humiden bis subhumiden Tropen weit verbreiteten Latosole (vgl. Bodenkarte für Ostafrika von Scott 1962a). Die von mir am Dünn Schliff untersuchten Proben (6 Profile) aus dem Iraqw Hochland erwiesen sich nach dem System von Kubiena (1962, u. a.) als mehr oder weniger (insbesondere im Oberboden) vererdete Rotlehme. Es ist wahrscheinlich, daß dies für alle Roten Latosole gilt.

Auf der Bodenkarte von Afrika, Blatt 3 (D'Hoore 1964) sind die von Scott (1962a) für den Mbulu Distrikt angegebenen Latosolvorkommen unterteilt in solche von Ferruginous (Ferralsitic) Soils, Ferrisols und Ferrallitic Soils (in dieser Reihenfolge - angenähert - jeweils ältere Entwicklungsphasen von - wahrscheinlich - den Latosolen als einer höheren Ordnung angehörenden Böden). Meine Beobachtungen und Analysen reichen nicht aus, dieser Untergliederung zu folgen.

Sowohl auf der Karte von Scott als auch auf derjenigen von D'Hoore werden die neovulkanischen Akkumulationsgebiete in die Vorkommen der Latosole bzw. Ferrisols oder Ferrallitic Soils ⁺⁾ eingeordnet, mit Ausnahme einer schmalen Zone am südlichen Abfall des Riesenkraterhochlandes, für die als Catena-Glied von Scott (2) "Dark brown loams (ando like soils)" und von

⁺⁾ Ferrallitic Soils werden für den Kwarakh, Hanang und den südlichen auslaufenden Bereich der nördlichen neovulkanischen Akkumulationen angegeben, Ferrisols - zusammen mit "Eutrophic brown soils" - für den nördlichsten Teil des Mbulu Distriktes.

D'Hoore, etwas weiter nach S ausgreifend, "Eutrophic brown soils of tropical regions - on volcanic ash" angegeben werden. Nach meinen Beobachtungen scheinen jedoch die Böden aller drei vulkanischen Aufschüttungsbereiche charakteristische Gemeinsamkeiten aufzuweisen, die ihre Abtrennung von den Latosolen auf altkristallinem Gestein und Zusammenfassung zu einem besonderen Bodentyp, den "Rotbraunen Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein" (s. d.) nahelegen. Damit soll die Möglichkeit einer ähnlichen (latosolischen bzw. Rotlehm-) Bodengenese nicht ausgeschlossen werden. In Anwendung der von Van Wambeke (1962) genannten Alterskriterien (Struktur, Schluff/Ton-Verhältnis, Gehalt an leicht verwitterbaren Mineralen) läßt sich nachweisen, daß die roten Böden auf altkristallinem Gestein überwiegend ältere Entwicklungsphasen darstellen als diejenigen auf neovulkanischem Gestein. Vielleicht liegt hierin die wichtigste Ursache ihrer derzeitigen Divergenz.

Die im Mbulu Distrikt gefundenen Roten Latosole unterscheiden sich beachtlich voneinander. Die Farbe zeigt alle Übergänge von einem tiefen Dunkelrot (2,5 YR 3/6, häufigste Färbung) - im Oberboden auch dunkel (bis schwärzlich) rötlichbraun (2,5 YR 3/4; 5 YR 3/4, 3/3, 3/2) bis (seltener) dunkelbraun (7,5 YR 3/2, 4/4; 10 YR 3/3, 3/2) - über rot (2,5 YR 5/8, 4/8, 4/6) bis zu einem hellen Gelbrot (5 YR 5/8, 5/6, 4/8, 4/6)⁺. Die Bodenmächtigkeit oberhalb von B/C schwankt zwischen wenigen Dezimetern und mehr als 6 m (gemessen in einem Flußeinschnitt in der westlichen Fußregion der Sangaiwe Bergkette; Lampray (1963, S. 11) nennt für das Tarangire Game Reserve eine maximale Tiefe von wenigstens 12 m). Nach der Korngrößen-Zusammensetzung lassen sich sandige Lehme bis tonige Lehme (geschätzt) unterscheiden. Das Gefüge kann mehr oder weniger vererdet und hohlraumreich sein. In der Regel ist der Gehalt an Silikaten gering, und Quarzminerale überwiegen in der Sandfraktion bei weitem; doch können - insbesondere auf steileren Hängen (s.u. Bodenalter) - erhebliche Abweichungen hiervon auftreten. Nach Muir et al. (1957, S. 13) ergaben Analysen der Tonfraktionen von 5 "Red Loams" aus der Umgebung von Kongwa und Nachingwea übereinstimmend ein Vorherrschen von Kaolinit und (bis zu 10 %) von Hämatit; Illit und Goethit können gelegentlich in kleinen Mengen vorhanden sein. Der Oberboden zeigt regelmäßig eine

⁺) aus 63 Proben von 21 Profilen.

Tonauswaschung, was auch Calton (1959, S. 170) bei 18 "Red Earths" und 10 "Reddish Sands" aus der östlichen Hälfte von Tanzania bestätigt. Der Anteil der Schluffraktion ist durchgehend gering (Muir et al. 1957, S. 9). Die Bodenreaktion variiert zwischen schwach und stark sauer, entsprechend schwankt der Sättigungsgrad ⁺). Die von Calton (1959, S. 171 f.) für den Ober- bzw. Unterboden von 18 "Red Earths" genannten Mittelwerte sind bei S: 58 bzw. 47, bei A: 15,7 bzw. 10,7. Diese Werte liegen innerhalb der von Scott (1962a) - für die von ihm im Mbulu Distrikt dargestellten "Latosolic Soils" - genannten Grenzen von A und S.

In einem Erosionsaufschluß, ca. 5 km nördlich des Gijeda Mara, wurden auf einer mittleren Hanglage, 190 cm unter der Oberfläche, in einem fleckig hellgelblich-braunen (2,5 Y 6/4) und gelbroten (5 YR 5/6) Horizont lößkindelartige Kalkkonkretionen gefunden (Profil XX). Das Gefüge der Grundmasse ist ziemlich dicht und zeigt Pseudogley-Merkmale. Die darüber anschließenden Horizonte haben eine gleichmäßig rubefizierte Grundmasse mit einem auf der Grundlage von Bröckelformen entwickelten Schwammgefüge (gelegentlich Schrumpfrisse). Darin sind zahlreiche primäre Minerale in Grob- und Feinsandgröße (seltener noch größere Gesteinsbruchstücke) eingeschlossen, darunter ein relativ hoher Anteil an Silikaten. Ebenso gibt auch die Struktur, eine für Latosole atypische Verhärtung im trockenen Zustand mit polyedrischen Absonderungsformen, einen Hinweis für ein jüngerer Alter dieses Bodens. Es ist wahrscheinlich, daß es sich insgesamt um umgelagertes, durch Zufuhr frischen Gesteinszersatzes verjüngtes Rotlehmmaterial handelt. Mit dieser einzigen Ausnahme verliefen alle der in Roten Latosolen durchgeführten Kalkproben (mit verd. HCl) negativ.

Der Humushorizont kann über 1 m tief reichen und dunkel schwärzlichbraun gefärbt sein (nur unter Montanem Regenwald); häufiger umfaßt er nur wenige

+) Nach Untersuchungen von Scott (1962b, S. 3) in Ostafrika bestehen folgende Abhängigkeiten zwischen mittlerem jährlichen Niederschlag (N) und Sättigungsgrad (S):

N	arid	750 mm	1150 mm	1900 mm
S	100 %	15 %	55 %	10 %

Dezimeter meist dunkel rötlichbrauner Färbung, nicht selten ist er mit bloßem Auge überhaupt nicht erkennbar. Das Profil XXXVIII zeigt einen humusreichen Rotlehm:

Standort: Zwischen Madunga und Meri im Gebiet des hier ca. 2150 m ü. NN gelegenen Montanen Nou Regenwaldes (Luftbilder: 49 TN 18/024, 025), im mittleren Bereich eines um etwa 10° geneigten Hanges; Ausgangsgestein: Gneis; N: um 1100 mm, pET: 700 - 800 mm.

Bodenbeschreibung: Die primären Minerale - fast ausschließlich Quarz - gehören der Feinsandfraktion an und liegen in ihrem Anteil an der Gesamtbodenmasse sicher weit unter 50 %.

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <p>A₁
0 - 55 cm</p> | <p>Dunkelbraun (10 cm Tiefe: 7,5 YR 3/2, 50 cm, Tiefe: 10 YR 3/3), locker, stark durchwurzelt, humusreich. Das etwas verbräunte Rotlehmgefüge ist hohlraumreich und besteht im wesentlichen aus gelbbraunlichen oder rotgelben, dunkel granulierten, gerollten (durch Tätigkeit von Bodentieren) Aggregaten (von sehr abweichender Größe, meist in der Grobschluffgröße 0,02 - 0,06 mm, und unterschiedlichem Rundungsgrad), die zu unregelmäßig ausgebuchteten Komplexen verbunden sein können. Die 50 cm tiefe Probe zeigt einige im Durchlicht opake, im Auflicht rostrotfarbene Eisenhydroxyd-Konkretionen (bis zu 4 mm im Durchmesser). Die Bodenreaktion beträgt in 10 cm Tiefe: pH (H₂O) 4,1, pH (n/10 KCl) 4,3.</p> |
| <p>A₂
55 - 65 cm</p> | <p>Schwärzlich dunkelbraun (10 YR 2/2) und dunkel rötlichbraun (5 YR 3/4) fleckig, plastisch, im trockenen Zustand sehr kohärent. Der Dünnschliff zeigt eine dichte Grundmasse (fein schwarz granuliert), die durch Schrumpfrisse zerlegt ist, aber auch größere Hohlräume aufweist. pH (H₂O) 4,4, pH (n/10 KCl) 4,3.</p> |
| <p>A₃
65 - 105 cm</p> | <p>Dunkel rötlichbraun (5 YR 3/4), durchwurzelt. Gefüge besteht aus gleichen Komponenten wie dasjenige des A₁-Horizontes, doch unterscheidet es sich hiervon durch den weit höheren Anteil der dicht verschlammten Partien, deren Durchmesser 2 - 3 mm erreichen und Quarzkörper einschließen kann. Auch in diesen größeren Vorkommen sind sie rundlich bis oval geformt und zeigen eine relativ klare Begrenzung zum stabilisierten Bereich der Grundmasse.</p> |
| <p>(B)
unter
105 cm</p> | <p>Gelbrot (5 YR 4/6); das Gefüge ist überwiegend dicht und durch Schrumpfrisse zerlegt, deren Begrenzungen - im Gegensatz zu den glattwandigen Sprüngrissen in der Bolusform - stark gegliedert sind und sich daher als stabilisiert zu erkennen geben. In der Grundmasse liegen verstreut kleine rundliche Eisenhydroxyd-Konkretionen (0,02 - 0,06 mm), im Dünnschliff 101 (Tiefe 105 cm) erreicht eine von ihnen</p> |

einen Durchmesser von 1,2 mm und enthält Quarzminerale. Bodenreaktion in 105 cm Tiefe: pH (H_2O) 4,7, pH (n/10 KCl) 4,3.

Das Bodenalter mag ebenfalls stark divergieren. Bereits oben wurde mit der Profilbeschreibung XX ein jüngerer Boden vorgestellt. Noch jünger sind zweifellos die weiter unten beschriebenen "Juvenilen Bodenbildungen auf B/C-Material" aus Kainam. Allgemein läßt sich sagen, daß die Böden umso jünger sind, je stärker ihr Standort der Abtragung unterlag oder frisches Gesteinszersatzmaterial zugeführt erhielt. Diese Bedingungen sind weithin gegeben im Iraqw Hochland, wo känozoische Bruchbildungen und relative Hebungen, in Verbindung mit den hohen Niederschlägen, zu einer Erosionsbelebung geführt haben. Dort jedoch, wo hier die alte Landoberfläche erhalten geblieben ist, so im Bashenet Hochland (vgl. 1. Abschnitt: Oberflächengestalt), sind die Böden älter. Der 2,5 km ESE von Madunga unter Pennisetum stramineum Grashochland entnommene Rotlehm (Profil XXXVII) wirkt ausgesprochen erdig, locker und zeigt im Dünnschliff ein äußerst hohlraumreiches, aus kleinen kugelig-bröckeligen Aggregaten (Tierlösung ?) zusammengesetztes stabilisiertes Gefüge. Der Anteil der primären Minerale ist gering und beschränkt sich auf Quarzpartikel, deren Durchmesser die Feinsandgröße nicht überschreitet. Entsprechend diesen Merkmalen ist die Fruchtbarkeit gering. Bezeichnenderweise wird das Bashenet Hochland landwirtschaftlich weniger genutzt, als es die günstigen Niederschlagsverhältnisse, die leichte Bearbeitbarkeit, einfache Inkulturnahme (keine Rodung nötig), günstige Hanglage und der vom zentralen Iraqw ausgehende Bevölkerungsdruck erwarten lassen. Die Mehrzahl der Felder liegt dort, wo Erosionseinschnitte tiefere, nährstoffreichere Bodenschichten aufgeschlossen haben (insbesondere nahe der Regenwaldgrenze).

Ein ähnlich hohes Alter mag die Mehrzahl der Roten Latosole unterhalb der Gr. Bruchstufe haben. Sie wirken ebenfalls überwiegend erdig, locker, feinkörnig, und die tiefsten, durchgehend rubefizierten Profile (6 bzw. 12 m, s. o.) wurden in diesem Bereich gefunden. Auch hier werden diese Böden landwirtschaftlich kaum genutzt. In den aus Quarziten und Gneisen aufgebauten Pinaar Heights liegen die Felder auf den Talsohlen.

Bodengüte: Das poröse, stabile Gefüge bewirkt eine gute Wasserdurchlässigkeit und einen günstigen Lufthaushalt, die Gefahr einer Dichtschlammung und Staunässe ist gering. Die relativ leichte Zerteilbarkeit des Bodens erleichtert seine Bearbeitung.

Diesen guten physikalischen Bodeneigenschaften steht eine Reihe von ungünstigen chemischen Merkmalen gegenüber: Die nachschaffende Kraft der meisten Latosole ist infolge ihrer Armut an leicht verwitterbaren, primären Mineralen gering (kann allerdings - wie beschrieben - durch jüngere Bodenkappungen reaktiviert worden sein); es kommt daher oft zu einem empfindlichen Mangel an - möglicherweise allen - wichtigen mineralischen Nährstoffen. Zudem wird die Zufuhr des pflanzlichen Stickstoffs durch das trockenzeitliche Abbrennen des Grases im Savannengebiet häufig so sehr verringert, daß bereits im ersten Jahr der Kultivierung ein N-Mangel auftritt (vgl. Finck 1963, S. 125). Künstliche Düngung kann daher die Bodenfruchtbarkeit oft wesentlich erhöhen (vgl. Ignatieff und Petezval Lemos 1963, Bennema 1963).

Eine große Bedeutung erlangt in diesem Zusammenhang die organische Substanz im Oberboden, die 1. die Stellung des wichtigsten Austauschers ^{+) in dem an sorptionsschwachen Kaoliniten und Sesquioxiden reichen ^{++) Mineralboden übernehmen, 2. die Rolle des überragenden Nährstofflieferanten spielen kann und 3. eine günstige Bodenstruktur bewirkt. Sie kann so zum entscheidenden Träger der Bodenfruchtbarkeit werden. Bei Zerstörung der natürlichen Vegetation und Inkulturnahme des Bodens erweist sich der Humusgehalt als wenig stabil: Es kommt zu einem raschen Abbau der organischen}}

+) Untersuchungen von Scheffer, Sunckel und Welte (1958) an einigen verbreiteten Böden des Zentralplateaus von Angola (1600 m ü. NN, Jahresmitteltemperatur rd. 20° C, N: 1500 mm, Regenzeit Oktober-April) ergaben, daß (für jene Böden) eine Erhöhung des Humusspiegels um 1 g eine solche der Austauschkapazität um 3,5 mval/100 g Boden entspricht.

++) Der Gehalt an Kaoliniten und Sesquioxiden liegt in den Roten Latosolen prozentual höher als in jedem anderen der im Mbulu Distrikt gefundenen Bodentypen.

Substanz ⁺⁾ und entsprechend zu einem Grad der Bodenerschöpfung, der eine weitere ackerbauliche Nutzung unergiebig werden läßt. Als Folge ergibt sich - auf den Roten Latosolen stärker als auf allen anderen Böden - die Notwendigkeit, in Abständen von wenigen Jahren die alten Felder aufzulassen und an anderen Stellen neue anzulegen. Dies wiederum mindert die im Rahmen einer Selbstversorgungswirtschaft grundsätzlich mögliche Kulturdichte: In den Verbreitungsgebieten der Latosole kommt es daher, im Gegensatz zu denjenigen mancher Schwemmlandböden und einiger Areale der Rotbraunen Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein, niemals zu einer geschlossenen Feldlage. Da gegenwärtig die Grenzen der landwirtschaftlichen Nutzung selbst auf der Basis einer Shifting Cultivation bei weitem nicht erreicht werden, zudem nach dem oben Gesagten bei künstlicher Düngung mit einer Erhöhung der aktuellen Produktivität gerechnet werden kann, so liegen im Verbreitungsgebiet der Roten Latosole noch beachtliche Bodenreserven.

Eine äußerst lebhafte Vielfalt zeigen die Böden in den extrem dicht zertalten Gebieten von Kainam und Datlaa (= Juvenile Bodenbildung auf B/C-Material). Dabei läßt sich keine einfache Beziehung zwischen Relief und Boden erkennen, mit der einzigen Einschränkung, daß dunklere Böden auf unteren Hanglagen überwiegen und die Talsohlen meist versumpft sind. Vertisole, sonst - außerhalb der montanen Regenwaldgebiete - überall die Endglieder der Catenae, fehlen hier völlig.

Die Bodendifferenzierung erweist sich als vorrangig abhängig vom Ausgangsmaterial, einem deutlich die ursprüngliche Gneistextur zeigenden Gesteinszersatz von unterschiedlichem Verwitterungsgrad (-art ?) und entsprechend abweichender mineralischer Zusammensetzung. Er beginnt meist wenige Dezimeter unter der Oberfläche. Diese verhältnismäßig geringe Tiefe weist auf

⁺⁾ Nach Birch und Friend (1956) beschleunigt der Wechsel von Austrocknung und Wiederbefeuchtung den Humusabbau (vermutlich über ein Freisetzen des Humus aus seiner Tonbindung, woraus eine höhere Anfälligkeit gegenüber mikrobieller Zersetzung erwächst). Dieser "drying effect" ist unter Ackerkulturen wirksamer als unter einer (geschlossenen und meist höheren) natürlichen Vegetation. Diesem beschleunigten Humusabbau steht eine mit der Zerstörung der natürlichen Pflanzendecke sprunghaft abnehmende Anlieferung von organischem Material zur Seite. Beide Effekte führen, sich summierend, zu einer schnellen Erniedrigung des unter ungestörten Bedingungen je nach Klima und Pflanzengesellschaft auf einem höheren Niveau eingependelten Humusspiegels.

vorausgegangene Bodenkappungen hin (ebenso der Vergleich mit der Bodenprobe aus dem Nou Regenwald XXXVIII, vgl. S.43 f.). Sie wurden wahrscheinlich ausgelöst, als vor ca. 250 Jahren der diesen Raum ursprünglich bedeckende Regenwald gerodet wurde (vgl. S.13). Hierdurch wurde auch die pflanzliche Stoffproduktion erheblich eingeschränkt und daher fehlt eine die unterschiedlichen Bodenentwicklungen oberflächlich nivellierende Humus-Schwarzfärbung (so weithin in den benachbarten Höhenwaldgebieten). So kommt es hier zu einem bunten Mosaik, das die Farben weiß, gelb, rot und braun in vielen Abstufungen und Übergängen enthält ⁺). Ein Aufschluß an der Piste südlich von Kuta (Probe XXI) zeigt in einem weißlichen, sandigen Grundmaterial zwei den Schieferflächen des stark verwitterten (leicht bröckeligen) Gesteins folgende, nur ca. 50 cm voneinander entfernte Bänder, von denen das eine bräunlich-sandig ist und das andere rot tonig mit einem schma-

-
- +) XXXVIII (2,5 km NW von Hayloto, oberer Teil eines flachen Hanges)
- 0-30 cm dunkel graubraun (10 YR 3/2)
- B/C { 40 cm braungelb (10 YR 6/6)
60 cm gelb (10 YR 7/8)
- XXXIX (1,5 km NW von Kweramusl, mittlerer Hang)
- 5 cm dunkelbraun (10 YR 4/3) } gegenüber B/C
- 25 cm blaßbraun (10 YR 6/3) } quarzreicher
- B/C { 35 cm rosa (7,5 YR 7/4) } sehr reich an Biotit,
- 70 cm fleckig rötlichgelb } quarzarm
- (5 YR 6/6) und braun
(10 YR 5/3)
- XXX (3 km N von Kuta, auf flachem Rücken, Aufforstung mit *Acacia mollissima*): sehr quarzreich, überwiegend in Grobsandgröße.
- 0 - 50 cm blaßgelb (2,5 Y 9/4)
- 70 cm weiß (2,5 Y 9/2)
- B/C ? 100 cm gelb (2,5 Y 9/6)
- B/C 150 cm weiß (10 YR 8/2)
- XXXI (1,5 km N von Kuta, unterer Hang, Kulturland)
- 10 cm braun (10 YR 5/3)
- 25 cm dunkelbraun (10 YR 4/3)
- 40 cm gelbbraun (10 YR 5/4)
- B/C 60 - 165 cm rötlichgelb (7,5 YR 6/8)
- XXXII (1 km SE von Muray, mittlerer Teil eines flachen Hanges)
- 10 cm rötlichbraun (5 YR 5/3)
- 35 cm rötlichbraun (5 YR 5/4)
- B/C { 80 cm rot (2,5 YR 5/8) } sehr glimmerreich
- { 130 cm rot (10 YR 5/8) }

leren bräunlichgelben tonigen Streifen in seiner Mitte.

Die Kainam/Datlaa-Böden könnten, da ein eigenstrukturierter Boden nur schwach entwickelt ist, den Lithosolen zugeordnet werden. Im Unterschied zu diesen (vgl. VII. Dichter Busch auf steinigten Hängen) liegen sie jedoch einem mächtigen, lockeren (von Wurzeln durchdringbaren), feintexturierten (meist nicht steinigem) B/C-Material auf. Dadurch besitzen sie weitaus günstigere physikalische Bodeneigenschaften, die eine Inkulturnahme ermöglichen (Kainam ist im Bereich der klimatisch bedingten Vegetationseinheiten - mit Ausnahme einiger Areale auf neovulkanischem Gestein - das am dichtesten ackerbaulich genutzte Gebiet; es fehlt die für das Verbreitungsgebiet der Roten Latosole typische Shifting Cultivation).

Mehrmals wurden nahe dem Hangfuß Eisenkonkretionslagen gefunden, die hier durch die Abtragung freigelegt worden sind. Der pH-Wert liegt in allen Profilen im stark sauren Bereich, mit einem schwachen Anstieg im Oberboden.

Die Verbreitung der in der oben beschriebenen Weise gekennzeichneten Kainam/Datlaa-Böden reicht über das engere Gebiet des durch diese Siedlungsnamen bezeichneten Areals hinaus. So wurde im Bereich des Nou immer wieder flach unter einem dunkel gefärbten humosen Oberboden anstehendes helleres Gesteinszersatzmaterial gefunden (doch scheinen hier, wie auch im nördlich anschließenden Marang Höhenwald, mächtig entwickelte B- oder (B)-Horizonte weitaus häufiger, die Bodenkappungen also von minderer Bedeutung zu sein). Oberhalb von Kansay nahe der heutigen westlichen Grenze des Marang Regenwaldes sah ich unverwitterte Quarzbänder in einem tiefroten Feinboden an die Oberfläche treten, ebenfalls ein Hinweis für jüngere Bodenabtragungen.

Die Verbreitung der Rotbraunen Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein umfaßt nahezu den gesamten vulkanischen Akkumulationsbereich des Riesenkraterhochlandes (ohne Ladja Tal und südwestlichen Ausläufer, vgl. Kt. I, Geol.) und des Kwarakh, beim Hanang die feuchteren Hangpartien (mit Ausnahme der Gipfelregion) und die bergnäheren Zonen des südlichen und östlichen Vorlandes. Diese Vorkommen variieren beträchtlich in der Hö-

henlage (1100 - 2400 m ü.NN) und in den jährlich zu erwartenden Niederschlagsmengen (< 500 - > 1000 mm). Es ist daher mit einer bodengenetischen Differenzierung zu rechnen.

Die Rotbraunen Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein unterscheiden sich in augenfälliger Weise von den Latosolen auf altkristallinem Gestein durch ihre rötlichbraune Farbe, eine meist feinere Textur ⁺⁾ und geringe Catena- und Profildifferenzierung. Sie sind meist tiefgründig und sehr permeabel (daher zum Abdecken der Temben - häufigste Hausform - nicht geeignet; vermutlich aus diesem Grunde überwiegen in ihrem Verbreitungsgebiet die grasbedeckten Giebeldach-Rechteckhäuser). Im trockenen Zustand sind sie verfestigt, bei Wassersättigung dispergieren sie stark (stabile Flußtrübe), werden schmierig-klebrig und sind leicht erodierbar. Ein bedrohliches Ausmaß haben diese Bodenerosionen im Gebiet von Ghurus (SW von Karatu) erreicht. Neben einer "gully erosion" an den steileren Hängen kommen auch häufig flächige Ausräumungen in schwächer geböschten Arealen vor, die meist mit einer steilen, 1-2 m hohen Stufe vom unzerstörten Bodenbereich abgesetzt sind.

Chemische Analysen liegen vor aus 5 Profilen von Upper Kitete ⁺⁺⁾ am Loolmalasin (Anderson 1963a) und aus 1 Profil von der Heights Estate (Francke) ⁺⁺⁺⁾

+) Nach Schätzung toniger (schluffiger) Lehm bis schwerer Ton; an den unteren Hängen des Kwarakh und Hanang, wo ein das umgebende Land bis zu 200 m überragender altkristalliner Gneis/Quarzit- bzw. Granitsockel die Unterlage bildet (Jaeger 1913, S. 30 f., Obst 1923, S. 71 f.) und stellenweise durch die Erosion freigelegt worden ist, ist es zur Ausbildung von sandreicheren Bodenarten gekommen. Dies gilt ebenfalls für das südliche Grenzgebiet des Nördlichen vulkanischen Aufschüttungsbereiches (Riesenkraterhochland), wo zahlreiche Gneishügel herausragen. Sonst ist aber gerade dieser nördliche Raum gekennzeichnet durch die sehr einheitliche Entwicklung eines tiefgründigen, sehr feintexturierten, dunkel rötlichbraunen Bodens, in dem nur selten unverwitterte Lava- brocken vorkommen (z. B. am westlichen Fußhang des Lenduroto und, ausgedehnter, auf den südwestlichen Hängen des Oldeani - hier vielleicht begünstigt durch die geringere Niederschlagshöhe: < 600 mm). Anstehender unverwitterter Basalt, Asche oder Tuffe beschränken sich fast immer auf die tieferen, steileren Flußeinschnitte, die Bruchstufen und einige wenige Aschenkegel.

++) H: rd. 1800 m, N: 900 - 1000 mm.

+++ H: rd. 1700 m, N: 991 mm (Mittel aus 12 Jahren).

am Ngorongoro (Birch 1958). Sie brachten die in Tab. 1 genannten Ergebnisse.

Tab. 1: Bodenanalysen aus dem Nördlichen vulkanischen Aufschüttungsgebiet

	Upper Kitete (Anderson 1963a)	Heights Est. (Birch 1958)
Austauschkapazität (mval/100 g Boden)	30,4 - 45	11,6 - 28,9
Sättigungsgrad (%)	65 - 84	61 - 85,4
pH (1 : 2,5 H ₂ O)	6,2 - 7,4	6,4 - 7,2

Aus ihnen läßt sich der Unterschied zu den Roten Latosolen deutlich erkennen (vgl. z.B. die Analysen von Muir et al. 1957).

Ebenfalls ein sehr abweichendes Ergebnis erbrachte die Korngrößenanalyse von Birch von der Heights Estate (Mittel aus 5 Proben eines 3,5 m tiefen Profils): Sand 22,9 %, Schluff 19,5 %, Ton 55,5 %. Hierin ist besonders der hohe Schluffanteil bedeutsam, der auf einen ansehnlichen Gehalt an leicht verwitterbaren Mineralen und damit auf eine gute nachschaffende Kraft dieses Bodens schließen läßt. Anderson (1963a) nennt als Bodenart "silty medium loam".

Am südlichen Abfall des Riesenkraterhochlandes im Bereich des Montanen Regenwaldes und nahe seiner Untergrenze ist der Oberboden infolge höheren Humusgehaltes bis zu mehreren Dezimetern Tiefe schwärzlich rötlichbraun (5 YR 3/2 und 2/2) gefärbt. Nach Analysen von Anderson (1963a) in Upper Kitete erreicht der Anteil der Humussubstanzen bereits unterhalb dieser dunkel gefärbten Böden, also noch im "typisch" rotbraunen Bereich (Combretum Savanne), den ansehnlichen Betrag von 4 - 6 % (im Oberboden).

Die Rotbraunen Böden auf neovulkanischem Gestein werden - zumal sie überwiegend in regenreicheren Gebieten liegen - bevorzugt ackerbaulich genutzt. Die Viehzucht tritt demgegenüber stark zurück (im Gegensatz zu dem Verbreitungsgebiet der Latosole). Die Mehrzahl der europäischen und indischen Far-

men befindet sich in ihrem Gebiet (die übrigen liegen - mit Ausnahme von Derakuta - zumindest mit dem größten Teil ihrer Anbauflächen auf Schwemmlandböden). Angebaut werden Kaffee, Weizen, Bohnen und Mais.

b. Einheiten mit überwiegend immergrünen Baum-/Straucharten

I. Montaner Regenwald

1. Cassipourea-Ekebergia-Fagaropsis-Juniperus-Olea-Podocarpus-Pygeum Höhenwald

Der Regenwald kommt nur auf den höheren, meist 2100 m übersteigenden Erhebungen vor. Er gehört damit zum Formationstyp des Montanen Regenwaldes (Syn.: Nebelwald, feuchter und trockener tropischer Höhenwald, Montaner Feuchtwald). Seine einzelnen isolierten Vorkommen sind einander physiognomisch und auch floristisch sehr ähnlich und meist scharf abgegrenzt von den sie umgebenden Vegetationsformen (dies mag durch menschliches Einwirken gefördert worden sein). Sieht man ab von den Degradationsformen, wie sie sich besonders umfangreich am NW-Rand des Marang Waldes anschließen, und den atypischen, kleinen aber unzähligen mit Gras bedeckten Lichtungen des westlichen Nou Waldes, so erweisen sich die folgenden physiognomischen Merkmale als charakteristisch: Geschlossener Baumstand, dessen Kronen entsprechend der mosaikartigen Anordnung der einzelnen Arten sehr unterschiedlich hoch sind, und zwar maximal knapp 30 m, meist jedoch unter 20 m bleiben; die Blätter sind oft groß, zart und von sehr dunkelgrüner Farbe; Stämme und Zweige sind von einem dichten epiphytischen Flechten- und Moospolster eingehüllt, worunter besonders die Bartflechte, *Usnea barbata*, auffällt; der Unterwuchs besteht aus zahlreichen krautigen Arten, unter denen Farne einen beträchtlichen Anteil haben; Grasarten sind, im Gegensatz zu jeder anderen Vegetationseinheit, nur unbedeutend vertreten.

Die untere Waldgrenze reicht an den den regenbringenden Winden exponierten Osthängen bis auf etwa 1800 m ü. NN herab, im westlichen Lee dagegen nicht tiefer als ca. 2000 m. Die isolierten, eine Höhe von 2100 m ü. NN überragen-

den Gipfel im westlichen Iraqw Hochland, Gijeda Mara und Maara, tragen keinen Höhenwald. Demgegenüber findet er sich, in kleiner Ausdehnung zwar, auf der 1800 m nur wenig überschreitenden höchsten Erhebung (Ipiri 1848 m) der Pinaar Heights oberhalb von Bonga. Dieser Höhenzug ist den über die etwa 1200 m hoch gelegene Masai Steppe heranwehenden Winden frei ausgesetzt. Die obere Waldgrenze wird nur bei dem 3418 m hohen Hanang erreicht und liegt hier bei etwa 2800 m.

Niederschlagsmessungen liegen mit Ausnahme des Nou nur von einigen randlich gelegenen Stationen vor. Danach dürften in allen Regenwaldgebieten die mittleren jährlichen Regenmengen zwischen 1000 und 1200 mm liegen, mit Minima in den tieferen bzw. nordwestlichen Partien um 900 mm und Maxima um 1300 mm. Eine absolute Trockenzeit, wie sie in den tieferen Lagen von Juli bis September vorhanden ist, fehlt; doch verringern sich die mittleren monatlichen Regenmengen während dieser Zeit oft auf wenige Millimeter (vgl. Tab. 6). Die untere Regenwaldgrenze liegt an den Ostseiten der Hänge weit innerhalb der 1000 mm-Jahresisohyete. Dies zeigt, daß die größere Höhenlage mit ihrer die Verdunstung einschränkenden Kühle wesentlich beiträgt zur Ausbildung des Montanen Regenwaldes. Hinzukommen die hohe relative Luftfeuchtigkeit und häufige Nebelbildung in diesen Höhenbereichen. Es muß damit gerechnet werden, daß Tau und nässende Nebel die gemessenen Niederschläge nicht unerheblich erhöhen. Genauere Untersuchungen hierüber liegen für die Regenwälder des Mbulu Distriktes nicht vor.

Die beiden größten geschlossenen Regenwaldgebiete, der knapp 200 km² umfassende Marang und der 216 km² große Nou Wald, bedecken die höchsten Erhebungen des Iraqw Hochlandes, die überwiegenden Teile der gleichnamigen Scheitelrumpfflächen. Zwischen ihnen, nahe der Gr. Bruchstufe, liegt ein kleiner, im wesentlichen die Hassama Berggruppe einnehmender Regenwald von fast 50 km² Ausdehnung. Von ähnlicher Größe ist das auf der Vegetationskarte dargestellte Waldareal des Hanang Vulkans, doch dürfte das tatsächliche Regenwaldgebiet in ihm kaum größer sein als das des wesentlich niedrigeren und an Umfang erheblich kleineren Kwarakh, nämlich in beiden Fällen gut 20 km² betragen. Als unbedeutendster Zwerg unter den insgesamt nur kleinen Regenwaldgebieten des Mbulu Distriktes ist das auf der höchsten

Erhebung der Pinaar Heights anzufügen. Nur ca. $4,5 \text{ km}^2$ groß, fügt es sich unauffällig in den dieses Bergland bedeckenden mesophytischen Miombo ein. Einige noch kleinere Waldstücke, Ausläufer des das Hochland der Riesenkrater umgürtenden Regenwaldes, dessen südlicher unterer Rand den Mbulu-Distrikt im N begrenzt, sind zu unbedeutend, als daß es noch sinnvoll erschiene, ihre Ausdehnung zahlenmäßig anzugeben. Doch seien sie der Vollständigkeit halber erwähnt, zumal sie hinweisen auf den großen nördlich anschließenden Regenwaldbereich, dessen Wasserspende zu einem wesentlichen Teil dem nördlichen Iraqw zugute kommt. Aus der Addition der angegebenen Arealgrößen ergeben sich als Gesamtfläche des Regenwaldes rd. 500 km^2 , das sind 3 % des Distrikt Gebietes.

Diesem geringen Flächenanteil des Regenwaldes steht seine umso größere Bedeutung für den Wasserhaushalt gegenüber. Indem er nämlich den Abfluß der hier die größten Beträge erreichenden Niederschläge verzögert und auf das ganze Jahr ausdehnt, erfüllt er zu einem erheblichen Teil die Aufgabe, die in der Trockenzeit oft kritisch werdende Wasserversorgung der unterhalb lebenden Bevölkerung und des Viehs zu sichern. Von wenigen unbedeutenderen Ausnahmen abgesehen, entspringen sämtliche perennierenden Flüsse in den genannten Regenwaldarealen. Diese Abflußregulierung trägt zudem nicht unbeträchtlich dazu bei, die Gefahr der Bodenerosion zu vermindern. Aufgrund dieser hervorragenden Eigenschaften für die Erhaltung eines gesunden Naturhaushaltes wurden alle Regenwaldvorkommen - zum Teil bereits vor dem Ersten Weltkrieg von der deutschen Verwaltung (zum Beispiel Marang 1911, nach Heering 1930 unveröff.), spätestens in den dreißiger Jahren - zu Schutzgebieten erklärt. Dies bedeutet, daß sie für die Anlage von Siedlungen und Feldern gesperrt sind und lediglich als Weide und zur Deckung des Bau- und Feuerholzbedarfs zeitlich, und auch dann nur auf einen kleinen Personenkreis beschränkt, geöffnet sind. In der Nachbarschaft von dichteren Siedlungen wurden Feuerschutzstreifen gerodet, die gleichzeitig die Reservatgrenzen markieren. In vielen Fällen schließt diese Regenwaldbegrenzung Vorkommen anderer Vegetationseinheiten ein. Von diesen wird erwartet, daß sie bei genügend langem Schutz vor menschlichen Eingriffen zugunsten einer Regeneration des Höhenwaldes zurückgedrängt werden. Beim Marang und Hanang

(mit Ausnahme der über der natürlichen oberen Waldgrenze gelegenen afro-alpinen Vegetation) dürfte es zutreffen, daß der von den Reservatgrenzen mit eingeschlossene Busch eine Sekundärererscheinung ist, worauf hier vereinzelt typische Regenwaldarten hindeuten. Beim Bereku Forest Reserve handelt es sich jedoch um einen sehr feuchten, epiphytische Bartflechten tragenden Miombo, der hier, von der regenwaldbestandenen höchsten Erhebung abgesehen, unter 1800 m ü. NN gelegen, sicher das Klimax darstellt. Reste dieses mesophytischen Waldtypus am Kwarakh deuten darauf hin, daß die hier noch geschützten unteren Hangpartien, gegenwärtig überwiegend mit Combretum Baumsavanne bedeckt, ebenfalls zu diesem Vegetationstyp und nicht zum Regenwald zurückkehren werden. Die Gesamtfläche der von den Waldreservaten eingeschlossenen Areale beträgt etwa 760 km², das sind 4,35 % des Mbulu Distriktes (s. Tab. 2).

Tab. 2: Größe der Regenwaldreservate und ihre Vegetation

Name	Waldreservat Größe (qkm)	Größe des Regen- waldes (qkm)	Vegetation der Differenzfläche
Nou	288	216	Montanes Grasland
Marang	212	191	Kulturgeprägter Busch
Hassama	48	48	---
Kwarakh	80 (?) ++	22,5 ++	Submontaner Miombo und Combretum Baum- savanne
Hanang	56	20 ⁺	Afro-alpine Strauch-/ Staudenformation und kulturgeprägter Busch
Bereku	80 (?) ++	4,5 ++	Submontaner Miombo
Summe:	764	502	

+ nach Greenway (1955),

++ nach eigener Schätzung;

übrige Zahlen aus unveröffentlichten Berichten des Forest Dept., Arusha.

Floristische Untersuchungen - wenn auch unvollständig - liegen für alle genannten Regenwaldareale vor. Sie wurden im Iraqw Hochland und auf den beiden Vulkanen von Mitarbeitern des Forest Dept. in Arusha ausgeführt (unveröff.), auf dem Hanang zusätzlich von Greenway (1955). Angaben über die Flora der Pinaar Heights finden sich bei Burt (1942), Phillips (1930) und Scott (1934). Ich selbst habe zwar alle Regenwaldgebiete aufgesucht, aber keine Belegexemplare gesammelt. Die im folgenden genannten Regenwaldarten entstammen daher ausschließlich jenen Unterlagen.

Die Tabelle 3 enthält eine Zusammenstellung derjenigen Baum-/Straucharten, die in mindestens zwei getrennten Waldarealen nachgewiesen worden sind. Sie zeigt deutlich, daß alle sechs Teilgebiete des Höhenwaldes floristisch eng miteinander verzahnt sind, zudem, daß es keine besonderen floristischen Affinitäten zwischen einzelnen von ihnen gibt: mit Ausnahme des wenig untersuchten Hassama sind es jeweils 5 - 10 Arten, in denen die einzelnen Waldgebiete mit wenigstens einem anderen übereinstimmen. Andererseits läßt sich aus dem Fehlen von Arten bei dem jetzigen Stand der mangelhaften Bestandsaufnahme keinesfalls auf floristische Divergenzen schließen. Angaben über Abundanzverhältnisse fehlen.

Bambus (*Arundinaria alpina*) soll nach Baldock (1925, unveröff.) stellenweise im Nou geschlossene Bestände bilden. Ebenfalls für den SE-Hang des Kwarakh wurde er nachgewiesen, während er nach Heering (1930, unveröff.) im Marang fehlen soll.

Jeweils nur für ein einziges Waldgebiet wurden folgende Baum-/Straucharten nachgewiesen:

NOU: *Bridelia* sp., *Pittosporum jaegeri*. Für die Waldränder: *Agauria salicifolia*, *Clusia* sp., *Galiniera coffeoides*, *Grumilea* sp., *Hypericum* sp., *Olinia* sp. und *Xymalos monospora*.

MARANG: *Trichilia roka*

HANANG: *Albizia schimperiana*, *Calpurnea subdecandra*, *Celtis africana*, *Clerodendrum eriophyllum*, *Clusia brachyadenia*, *Cussonia spicata*, *Dovyalis abyssinica*, *Ehretia cymosa* var. *silvatica*, *Erythrococca bongensis*, *E. fischeri*, *Euclea divinorum*, *E. kella*, *Hagenia abyssinica*, *Fagaropsis mellioides*, *Ilex mitis*, *Nuxia congesta*, *Ocotea usambarensis*, *Pavetta greenwayi*, *P. silvicola*, *Synadenium* sp., *Syzygium* sp., *Teclea simplicifolia*, *Vangueria apiculata*.

BEREKU: (viele der folgenden Arten kommen auch außerhalb des geschlossenen Regenwaldbereiches vor): *Clerodendrum rotundifolium*, *Crasso-*

Tab. 3: Baum-/Straucharten, die in mindestens zwei der sechs isolierten Regenwaldgebiete des Mbulu Distriktes nachgewiesen wurden (+ = Nachweis)

Arten	Marang	Hassama	Nou	Hanang	Kwarakh	Bereku ⁺
<i>Albizia gummifera</i>	+				+	+
<i>Apodytes dimidiata</i>				+		+
<i>Bersama abyssinica</i>	+		+			+
<i>Calodendrum capense</i>	+			+	+	+
<i>Casearia battiscombei</i>		+	+			
<i>Casearia</i> sp.	+					
<i>Cassipourea malosana</i> (Syn. <i>C. elliotii</i>)	+	+	+	+	+	
<i>Catha edulis</i>	+			+	+	+
<i>Clausena anisata</i>				+		+
<i>Clerodendrum myricoides</i>				+		+
<i>Cordia abyssinica</i>					+	+
<i>Croton macrostachyus</i>	+			+		+
<i>Croton megalocarpus</i>	+				+	
<i>Diospyros abyssinica</i>	+			+		+
<i>Ekebergia rueppeliana</i>	+	+	+	+	+	
<i>Fagaropsis angolensis</i>	+	+	+	+		
<i>Juniperus procera</i>			+	+	+	
<i>Maeearanga</i> sp.	+	+				
<i>Neoboutonia macrocalyx</i>				+	+	
<i>Newtonia</i> sp. (Syn. <i>Piptadenia</i> sp.)	+	+				
<i>Ochna holstii</i>				+		+
<i>Olea africana</i> (Syn. <i>O. chrysophylla</i>)	+		+	+	+	
<i>Olea hochstetteri</i>	+	+	+			+
<i>Olinia usambarensis</i>			+	+		+
<i>Phoenix reclinata</i>	+		+			+
<i>Podocarpus gracilior</i>	+		+			+
<i>Podocarpus milanjanus</i>	+		+	+	+	+
<i>Pygeum africanum</i>	+	+		+	+	
<i>Rhamnus prinoides</i>			+	+		+

⁺ Diese Nachweise beziehen sich auf ein Gebiet, das auch einzelne Regenwaldvorkommen außerhalb der Distriktgrenze einschließt.

cephalum manii, *Cussonia spicata*, *Cypholepas* ? sp., *Euclea divinorum*, *E. nr. kellau*, *Ficus capensis*, *F. wakefieldii*, *Grewia forbesii*, *Kotschya africana* (Syn. *Smithia kotschyi*), *Landolphia* ? sp., *Mucuna stans*, *Ochna ovata*, *Oxyanthus speciosus*, *Pavetta abyssinica*, *P. oliveriana*, *Pavonia* sp. *Pluchea* ? sp., *Tephrosia* sp., *Tiliacora funifera*, *Toddalia asiatica*, *Trema guineensis*, *Tricalysia cacondensis*, *Trimeria tropica*, *Triumfetta macrophylla*, *T. tomentosa*, *Turraea mombassana*; Kräuter: *Clematopsis scabiosifolia*, *Commelina* sp., *Eriosema* ? sp., *Pentas* ? sp., *Rhamphicarpa montana*.

Einen trockenen Typus des Montanen Regenwaldes beschreibt Greenway (1955, S. 555) für den W-Hang des Hanang. Als co-dominante Arten nennt er die unserem Wacholder verwandte Konifere *Juniperus procera*, die Ostafrikanische Olive *Olea africana* (Syn. *O. chrysophylla*), *Olinia usambarensis* (Syn. *O. volkensii*) und *Catha edulis*. Ich selbst fand hier häufig *Podocarpus milanjanus*, eine Art, die Greenway nicht erwähnt. Weitere häufige Baumarten sind *Euclea kellau*, *Schrebera* sp., *Scolopia theifolia*; dagegen seltene: *Cassipourea malosana*, *Olea welwitschii* und *Podocarpus usambarensis*.

Aus eigener Anschauung scheinen mir die physiognomischen Eigentümlichkeiten dieses trockenen Montanen Regenwaldes darin zu bestehen, daß er etwas niedriger ist als der feuchte Typus, kaum Epiphyten trägt und eine krautige Bodenschicht fehlt, zumindest nicht eine annähernd so üppige Entwicklung zeigt wie im feuchten Höhenwald. Möglicherweise hat auf den E-Hängen des Hanang ursprünglich ein ähnlicher Waldtyp bis weit unterhalb der heutigen Höhenwaldgrenze gereicht (Greenway 1955, S. 553), fiel hier jedoch den Bränden zum Opfer, die in der Absicht, freie Flächen für den Ackerbau und für Weiden zu schaffen, angelegt wurden. Denn gerade diese relativ niederschlagsreicheren Standorte eignen sich hervorragend für die Anlage von Trockenkulturen und da sie andererseits periodisch derart trocken sind, daß der ursprüngliche Wald durch das einfache Mittel des Abbrennens vergleichsweise leicht beseitigt werden konnte, wurden sie bevorzugt von den landsuchenden Menschen in Besitz genommen: Heute schließt sich die Mehrzahl der dicht genutzten Anbaugebiete (auch der europäischen und indischen Farmen) unterhalb des erhaltengebliebenen Regenwaldes an. Demzufolge ist es oft schwierig, diese Zonen in die allgemeine Vegetationsgliederung einzufügen. Zwar soll - wie bereits erwähnt - keinesfalls nur die mit ihren natürlichen Standortbedingungen in Einklang stehende Vegetation erfaßt werden, doch wenn andererseits eine bestimmte physiognomi-

sche und floristische Einheit in einem solchen Ausmaß kulturgeprägt ist, daß ihre Umgrenzung allein ein Zeichen für die Reichweite der menschlichen Einwirkung ist, so verliert sie ihren ökologischen Aussagewert. Daher mußte ich gewisse Areale, in denen eine dichte Feldlage mit Unkrautgesellschaften abwechselfalt, der floristisch und ökologisch wenig beinhaltenden Einheit "kulturgeprägtes Gras-/ Buschland" zuordnend, ausklammern. Doch sind derartige Zonen selten; in der Mehrzahl finden sich auch in den dichteren Anbaugebieten zumindest einzelne floristische Elemente aus den benachbarten ungestörten Pflanzengemeinschaften und erlauben daher - unter Vernachlässigung physiognomischer Kriterien - ihre Einfügung in diese.

Im folgenden werden die sich unterhalb der Regenwälder anschließenden Pflanzengemeinschaften genannt und kurz beschrieben. Dabei sollen zunächst die ausschließlich hier vorkommenden, also eindeutig montanen Vegetationseinheiten behandelt werden.

II. Montane Strauch-/Grasformationen

Kainam

Eine Sonderstellung nimmt hier das zwischen 1700 und 1900 m ü. NN gelegene Kainam-Becken (vgl. 1. Abschnitt: Oberflächengestalt) ein. Seine östliche Gebirgsumrahmung ist nur lückenhaft ausgebildet, so daß die regenbringenden E-Winde einen nur wenig behinderten Zutritt haben. Dieses Gebiet gehört daher mit einem mittleren (aus neun Jahren) Niederschlag von 1221 mm pro Jahr (Kainam) zu den regenreichsten des Mbulu Distriktes. Seit vielen Jahrzehnten ist Kainam, der Kern des Iraqw Siedlungsbereiches, das am dichtesten besiedelte Gebiet, und entsprechend intensiv ist die anthropogene Einwirkung auf die ursprüngliche Vegetation. Heute reiht sich auf dem Boden und an den unteren Hängen des unvergleichlich dichtmaschig angelegten Talnetzes Feld an Feld, und die schmalen Rücken sind mit Gras (*Pennisetum schimperii*) bedeckt, neuerdings an zahlreichen Stellen auch mit kleinen Aufforstungen der eingeführten *Acacia mollissima* ("Black Wattle") und sehr viel seltener von Eucalyptusbäumen. Ich fand keine floristischen Hinweise für die frühere Vegetation. Wenn ich mich trotzdem entschloß, diese ausgesprochen kulturgeprägte Zone im Zu-

sammenhang mit den montanen Pflanzengesellschaften zu nennen, so deshalb, weil einerseits die natürlichen Standortbedingungen und die Oberflächengestalt (vgl. 1. Abschnitt: Morphologie), andererseits Beschreibungen von Jaeger (1913, S. 52 f.) darauf hinweisen, daß sich einst der Höhenwald des Nou geschlossen über dieses Gebiet ausdehnte. So fand Jaeger auf der Gara Bergkuppe noch kurz nach der Jahrhundertwende Regenwaldstücke und im Becken selbst vielerorts Phoenixpalmen (die auch heute noch auf dem Guang-Gara-Kandami Bergland zu finden sind) und andere typische Höhenwaldbaumarten. Namentlich werden in dem ersten Teil seines Werkes (1911, S. 90) folgende Arten genannt:

Clusia robusta, *Cyathula globulifera*, *Cynoglossum coeruleum*, *Geranium simense*, *Gomphocarpus* sp., *Helichrysum panduratum*, *Hypericum roeperianum*, *Hypoestes triflora*, *Kalanchoe glaberrima*, *Kotschy recurvifolia*, *Lobelia holstii*, *Pavonia schimperiana* var. *tomentosa*, *P. urens*, *Rauwolfia caffra* und *Solanum sepium*.

2. Pteridium aquilinum Halbstrauchgesellschaft

Im W, S und E wird das Kainam Kulturgebiet eingefaßt von einer geschlossenen Adlerfarnzone (*Pteridium aquilinum*), die als eine typische Degradationsform des umgebenden Regenwaldes, zu dem sie im Bereich des Nou und Hassama den Übergang vom Kulturland bildet, gedeutet wird. Ich fand in ihr zusätzlich häufig die ebenfalls krautige Art *Kotschy recurvifolia*. Die schmalen Talböden der zahlreichen permanent wasserführenden Bäche werden oft von Riedgras-Sümpfen (*Cyperus platycaulis*) eingenommen, doch sind diese von zu geringer Ausdehnung, als daß sie auf der Vegetationskarte hätten dargestellt werden können.

Datlaa

Die klimatischen Bedingungen sprechen dafür, daß das sich nördlich an Kainam anschließende und bis zum südlichen Rand des Marang reichende Datlaabecken, heute von jeglichem Baumwuchs entblößt, ein von Feldern nur spärlich unterbrochenes Grasland tragend, früher ebenfalls von Höhenwald bedeckt war, so daß die heute getrennten Wälder des Nou und Marang ursprünglich unter Einschluß des Hassama Waldes einen zusammenhängenden Regenwald bildeten, der vom Endabash River im N bis zum Bashenet River im S reichte.

Buger

Während im E die Gr. Bruchstufe eine natürliche unüberwindliche und daher eindeutige Schranke für den Höhenwald darstellt, war es mir im W unmöglich, die Ausdehnung der potentiellen Regenwaldvegetation mit Sicherheit zu erkennen (für den Nou: vgl. S.11 und S. 61 f.). Dies gilt insbesondere für die westlich des Marang anschließenden Landstriche, in denen die vielen Rodungen und Kultivierungen der hier sehr dicht lebenden Bevölkerung zu einem sehr heterogenen Bild der Vegetation geführt haben. Nördlich des Aitcho legt sich zwischen den geschlossenen Regenwald und die unterhalb folgende Combretum Savanne ein Landstreifen, dessen Pflanzendecke durch Arten beider Pflanzengesellschaften gekennzeichnet ist und in dem einzelne isolierte Regenwaldvorkommen, insbesondere entlang dem Endabash River, zu finden sind. In dieser Zone liegen auch die Hütten und Felder der Siedlung Buger, deren heute baumloser Rodungsbereich an denjenigen von Kainam erinnert.

In der degradierten Regenwaldzone oberhalb von Kansay fand ich die folgenden Baum-/(Halb-)Straucharten:

Abutilon ? sp., *Acacia nilotica* ssp. *subalata*, *Carissa edulis*, *Croton macrostachyus*, *Diospyros abyssinica*, *Dodonea viscosa*, *Dombeya burghesiae*, *Indigofera swaziensis* var. *perplexa*, *Maytenus undatus*, *Podocarpus* sp., *Rhamnus staddo*, *Rytigynia euclioides*, *Sida* ? sp., *Tephrosia* ? sp., *Vangueria* sp. und *Vernonia* sp.;

an Kräutern sammelte ich: *Clematopsis* sp., *Eriosema* ? sp. *Erlangea* ? *cordifolia*, *Lantana viburnifolia*, *Loranthus* ? sp. und *Pentas* ? sp..

Daudi-Mbulu

Südlich des Aitcho, die Siedlungsplätze Daudi und Mbulu umfassend, fand ich keine Vertreter des Regenwaldes und da ebenfalls Arten des hier weiter westlich anschließenden "Grashochlandes mit immergrünen Hartlaubsträuchern" nur sehr sporadisch vorkommen, so kann über die Vegetation dieses Gebietes nichts anderes ausgesagt werden, als daß es ein Busch-/Grasland mit unklarer floristischer Affinität und ökologischer Stellung ist. Es liegt im Mittel zwischen 1700 und 1800 m ü. NN.

3. Pennisetum stramineum Grashochland

Ganz andere Verhältnisse ergeben sich westlich des Nou Waldes. In einer Höhe zwischen 2050 und 2250 m ü. NN breitet sich hier, besonders ausgedehnt im Gebiet von Bashenet, ein reines Grashochland aus, das nur sehr nahe der Waldgrenze von kleinen Waldinseln durchsetzt ist. Die hier weithin ausschließlich vorkommende Grasart ist *Pennisetum stramineum*. Sie ist als Futterpflanze für das Vieh ungeeignet und das erklärt teilweise (vgl. S. 44) daß dieses vom Wasserangebot her günstig erscheinende Grashochland nur relativ spärlich besiedelt worden ist.

Das Bashenet Grashochland findet in den zahlreichen Lichtungen des Nou Waldes gleichsam seine Fortsetzung.

Die dominante Grasart scheint hier jedoch *Pennisetum schimperi* zu sein, das ich auch in Kainam fand. Als weitere Grasarten nennen die Berichte des Forest Dept. *Eleusine jaegeri* und *Loudetia simplex*, als häufige Kräuter: *Helichrysum* sp., *Solanum* sp., *Tephrosia* sp. und *Indigofera* sp.; ich selbst sammelte das Gras *Exothea abyssinica*.

Andererseits gibt Jaeger (1913 S. 61) Hinweise dafür, daß sich auch der Höhenwald einst weiter nach W ausgedehnt hat. Bei Tumati sah er ein frisch gerodetes Waldstück und auch im Gebiet von Bashenet vereinzelt Regenwaldbäume. Auf seiner Karte 2. findet sich zudem westlich von Madunga ein heute verschwundenes Waldareal von einer etwa 6,5 km² umfassenden Fläche. Troll (1936 S. 293) sieht demgegenüber in den Vorkommen von vereinzelt Waldflecken kein Anzeichen dafür, das Grashochland von Bashenet als eine Waldfolgevegetation aufzufassen. Nach seinen Beobachtungen beschränkt(e) sich das Auftreten von Wald- bzw. weiter unterhalb von Buschinseln auf Termitenhügel oder kleine steinige Erhebungen, deren physikalische Bodeneigenschaften für den Baumwuchs günstiger sein sollen. Nach seiner Deutung ist das Vorhandensein der Waldinseln klimatisch ebenso gerechtfertigt wie das des Graslandes, beide sind lediglich edaphische Varianten. In diesem Ergebnis stimmen meine Beobachtungen mit denen von Troll überein, doch macht die heutige Waldauflösung nicht den Eindruck einer Termitensavanne. Die innerhalb des Nou von E nach W und von N nach S abnehmenden Niederschlagsbeträge führen in diesen Richtungen zu einer kontinuierlichen Auflockerung des Wal-

des. Die Lichtungen, anfangs noch sehr klein, folgen zunächst den Rücken, werden dann zunehmend ausgedehnter und greifen auf die tieferen Hangpartien über bis schließlich nur noch entlang den Flußläufen ein Höhenwald auftritt. Außerhalb der Waldreservatgrenzen im Bereich des Siedlungsraumes haben Rodungen dazu beigetragen, diese schmalen auslaufenden Regenwaldstreifen in kleinere Waldflecken aufzugliedern, die sich heute vornehmlich in den Quellgebieten auch der kleinsten Seitentälchen erhalten haben. Diese Form der allmählichen Waldauflösung zeigt, daß die Niederschläge in diesem Grenzbereich den für das Gedeihen eines Höhenwaldes nötigen Mindestbetrag unterschreiten, dieser Wald daher zunehmend auf jene Standorte verdrängt wird, auf denen eine gewisse Anreicherung des Bodenwassers infolge eines Regenwasserzuflusses erfolgt, bis auch dieses nicht mehr ausreicht und reines Grasland an seine Stelle tritt. Physiognomisch erinnert dieser Übergang vom Regenwald zum Grasland an die Galeriewaldsavannen von Zentralafrika und ökologisch dürfte er genau das gleiche sein.

4. Grashochland mit überwiegend immergrünen Hartlaubsträuchern (*Carissa edulis* - *Euclea schimperi* - *Osyris compressa* - *Rhus natalensis*)

Westlich des Bashenet Grashochlandes und der kulturgeprägten Zone Daudi-Mbulu schließt sich ein Busch-/Grasland an, dessen Straucharten überwiegend kleinblättrig, hartlaubig und immergrün sind. Die Sträucher formen meist einen sehr lichten Bestand, doch kommen örtlich ebenfalls die beiden Extreme, dichter Busch und reines Grasland, vor. Die menschliche Einwirkung ist groß und hat zu dieser physiognomischen Vielfalt beigetragen. Die anthropogene Zerstörung des Buschbestandes ist oft unmittelbar sichtbar.

4.1. Grashochland mit immergrünen Hartlaubsträuchern

Floristisch am reinsten ist dieses montane Busch-/Grasland an den stärker geböschten Hängen ausgebildet, so am westlichen Abfall des Bashenet Grashochlandes (Nou Rumpfstufe) und auf den Bergen Injila (1790 m ?), Aitcho (ca. 2000 m), Umbao (ca. 1800 m), Gijeda Mara (2180 m), Maara (2112 m) und auf dem östlich von Mbulu gelegenen Guang-Gara-Kandami Bergland (ca. 2200 m). Demgegenüber ist die Strauchvegetation in den flacheren Partien

zwischen ihnen und dem Höhenwald weniger ausgeprägt hartlaubig-immergrün: In der Daudi-Mbulu Region ist die Pflanzendecke - wie beschrieben - kultur-geprägt und mußte daher als Vegetation mit unklarer ökologischer und floristischer Zugehörigkeit ausgeklammert werden. In den Siedlungsbereichen von Dongobesh und Gununeda-Maskaroda-Bashay (beide höher als 1900 m) wachsen zusätzlich Straucharten der Combretum Baumsavanne, im letzteren darüberhinaus auch solche der Acacia-Commiphora Dornbusch-/Baumsteppe. Beide Gebiete sind zudem stark kulturbeeinflußt.

Zwei Varianten des Busch-/Graslandes mit immergrünen Straucharten nehmen einige der höher gelegenen Räume unterhalb der Gr. Bruchstufe ein:

4.2. Protea Busch-/Grashochland

Auf dem auf gut 1800 m ü. NN ansteigenden Dangwal Hochland (mittlerer Teil der westlichen Ufiome Bergumrahmung), das sich als breiter, ostwestlich ausgerichteter Rücken zwischen dem Kwarakh und der Gr. Bruchstufe erhebt und die Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten des Manyara Sees und des nach S entwässernden Bubu bildet, ist das Vegetationsbild charakterisiert durch einen lockeren Bestand der auffallend großblättrigen Protea-Büsche (*Protea abyssinica*, *P. sp. nr. angolensis*, *P. gauedi*). Dieses Protea Busch-/Grashochland setzt sich an den Hängen der hier auf 2300 m ü. NN aufragenden Gr. Bruchstufe fort und reicht unmittelbar an den Nou Höhenwald heran. Ein kleines isoliertes Vorkommen bedeckt den den Kiru Talraum nördlich begrenzenden 1700 m hohen Kinoi. Auf seiner Gipfelfläche stehen auch einige Phoenixpalmen (*Phoenix reclinata*).

Abgesehen von den Protea-Arten stimmt die Baum-/Strauchflora dieser Zone weitgehend mit derjenigen des südlich anschließenden "Grashochland mit immergrünen und trockenkahlen Sträuchern" überein. In beiden Varianten haben die Tropophyten einen weit höheren Anteil an der Artenzusammensetzung, als dies im oberhalb der Gr. Bruchstufe gelegenen Tellareal dieser Einheit der Fall ist.

4.3. Grashochland mit immergrünen und trockenkahlen Sträuchern

Diese Einheit bedeckt - im N zunächst in ganzer Breite an die Proteazone anschließend - hauptsächlich den westlichen, etwa zwischen 1600 und 1800 m ü. NN gelegenen Teil der südwestlichen Ufione Bergumrahmung und umfaßt im S den Hanang unterhalb des Höhenwaldgürtels, im E bis auf etwa 1700 m, im W auf etwa 1900 m ü. NN herabreichend. Ein isoliertes Vorkommen umgibt den südlich der Mangati Plains gelegenen 1734 m hohen Kiboga Hill.

Die Physiognomie dieser Zone ist ähnlich uneinheitlich wie die seines Partners im Iraqw Hochland. Dem stellenweise geschlossenen Busch im N steht ein derart weitläufiger Strauchstand im S gegenüber, daß gelegentlich, insbesondere um Giting, der Eindruck eines Graslandes entsteht. Den westlichen Teil dieses Graslandes habe ich auf der Vegetationskarte gesondert dargestellt (er zeigt in der Nachbarschaft des westlich anschließenden *Acacia-Commiphora* Trockenwaldes floristische Übereinstimmungen mit diesem). Die hier gesammelten Grasarten sind:

Themeda triandra und *Cymbopogon excavatus*; weniger häufig *Aristida adoensis* und *Harpachne schimperi*; an den unteren Hängen des Hanang unterhalb des Regenwaldes: *Pennisetum schimperi* und *Hyparrhenia collina*, nach Greenway (1955, S. 557) außerdem *H. filipendula* var. *pilosa*, *Themeda triandra* und *Pennisetum stramineum*.

Dichtes Kulturland der Iraqw bedeckt im Bereich dieser Vegetationseinheit die südlichen und östlichen Hänge des Hanang und im N die Umgebung von Dareda. In der Proteazone reihen sich beiderseits der Babati-Dareda Straße, die ziemlich genau der Wasserscheide folgt, europäische und indische Weizenfarmen (in der Nähe der Bruchstufe auch Kaffee-Plantagen) aneinander.

Die mittleren jährlichen Niederschläge liegen im Iraqw Hochland, also dem Kerngebiet dieser Einheit, meist über 800 mm, sinken jedoch im Bereich der an Tropophyten reichen Varianten unterhalb der Gr. Bruchstufe auf knapp 700 mm ab.

Viele der für die Einheit Grashochland mit überwiegend immergrünen Hartlaubsträuchern typischen Arten gedeihen auch außerhalb der oben umrissenen Areale, insbesondere in den höher gelegenen Bereichen der *Combretum* Baumsavanne (Endabash, Endala, Mbulumbulu, Endesh, Haidom, Kikore) und des

"dichten Busches an steinigen Hängen". So zeigen meine Bestandsaufnahmen von den südlichen Laganga Bergen (zwischen Ufana und Guse), an der Gr. Bruchstufe unterhalb von Bashenet, auf dem Abfall der Turu Stufe und an der E-Seite der Pinaar Heights zahlreiche floristische Übereinstimmungen mit dem "Grashochland mit überwiegend immergrünen Hartlaubsträuchern". Trotzdem habe ich jene Vorkommen ausgeklammert, da ich teils eine Trennung zu den umgebenden Vegetationseinheiten nicht zu ziehen vermochte (z. B. bei den Pinaar Heights), teils weil mir - zugunsten physiognomischer und ökologischer Kriterien - ihre Zuordnung zu der Einheit "dichter Busch an steinigen Hängen" sinnvoller erschien.

Zu den kleinblättrigen, immergrünen Hartlaubsträuchern gehören die folgenden Arten: *Boscia angustifolia* var. *angustifolia*, *B. a.* var. *corymbosa*, *B. salicifolia*, *Carissa edulis*, *Cassine aethiopica*, *Dolichos* sp., *Euclea multiflora*, *E. schimperi*, *Fagara chalybea*, *Faurea saligna*, *F. speciosa*, *Maytenus atkaio*, *M. senegalensis* var. *inermis*, *M. undatus*, *Myrica salicifolia*, *Myrsine africana*, *Osyris compressa*, *Pappea capensis*, *Pavetta assimilis*, *Rhus natalensis*, *Teclea glomerata*, *T. sp.*, *Thylachium africanum*, *Ziziphus mucronata*.

Weiterhin sind es folgende, überwiegend tropophytische Baum-/Straucharten, die hier vorkommen: *Acacia hockii*, *A. macrothyrsa*, *A. nilotica* ssp. *subalata*, *A. senegal* var. *senegal*, *A. sieberiana* var. *vermoesenii*, *Acalypha* ? sp., *Albizia petersiana*, *Apodytes dimidiata*, *Aspilia* sp., *Azanza garckeana*, *Balanites* sp., *Beccium* sp., *Bridelia cathartica*, *B. scleroneuroides*, *Cadaba farinosa*, *Cantuffa exosa*, *Capparis fascicularis* var. *elaeagnoides*, *Cassia singueana*, *C. ?* sp., *Cissus trothae*, *Coleus ignarius*, *Combretum gueinzii* ssp. *splendens*, *Commiphora mossambicensis*, *Conyza newii*, *Cordia ovalis*, *Croton dichogamus*, *Cussonia arborea*, *Cyathula cylindrica*, *Dalbergia* sp., *Dodonea viscosa*, *Dombeya burgessiae*, *D. rotundifolia*, *D. sp.*, *Dyschoriste procumbens*, *Englerodaphne subcordata*, *Erythrina abyssinica*, *Flacourtia indica*, *Gardenia jovis-tonantis*, *Gnidia subcordata*, *Gomphocarpus integer*, *Grewia lilacina*, *G. mollis*, *G. similis*, *Heeria reticulata*, *Heteromorpha trifoliata*, *Hibiscus ruscus*, *Hippocratea* ? sp., *Hymenodictyon floribundum*, *Indigofera rhynchocarpa*, *I. swaziensis* var. *perplexa*, *Ipomoea hildebrandtii*, *Lanea schimperi*, *Lippia javanica*, *L. ukambensis*, *Maytenus putterlickioides*, *Microglossa oblongifolia*, *Ocimum suave*, *Opilia celtidifolia*, *Ormocarpum bibracteatum*, *O. ? mimosoides*, *O. trichocarpum*, *Piliostigma thoningii*, *P. sp.*, *Protea abyssinica*, *P. angolensis*, *P. gauedi*, *P. madiensis*, *P. sp.*, *Psiadia arabica*, *P. punctata*, *Pterolobium stellatum*, *Pycnostachys orthodonta*, *P. sp.*, *Rhamnus staddo*, *Rhoicissus tridentata*, *Rhus vulgaris*, *Rhynchosis resinosa*, *Rumex nervosus*, *R. usambarensis*, *Tephrosia aequilata*, *Turraea holstii*, *T. nilotica*, *Vangueria tomentosa*, *Vernonia auranthiaca*, *V.*

brachycalyx, *V. exsertiflora*, *Vitex doniana*, *V. mombassae*, *Ziziphus abyssinica*.

Zusätzlich wurden nachgewiesen:

A. von Greenway (1955, S. 554, 557 - 560, 562) für den Hanang: *Berberis holstii*, *Buddleia polystachya*, *Cassia didymobotrya*, *Crotalaria imperialis*, *Croton scheffleri*, *Dombeya quinqueseta*, *Erythrina* sp. (nicht *abyssinica*), *Indigofera arrecta*, *Lantana trifolia*, *Ormocarpum kirkii*, *Pistacia aethiopica*, *Protea angustemarginata*, *Rhus incana*, *Rumex maderensis*, *Solanum aculeastrum*, *Steganotaenia araliacea*, *Tinnea fischeri*, *Vangueria apiculata*, *Vernonia auriculifera*, *Ximenia americana*.

B. von Burt (1942, S. 116 f.) und/oder Phillips (1930, S. 223 f.) für die Pinaar Heights: *Acacia abyssinica*, *Bridelia micrantha*, *Capparis* sp., *Crotalaria* sp., *Dembeya quinqueseta*, *Indigofera* sp., *Lantana trifolia*, *Lasiosiphon glaucus*, *Parinari curatellifolia*, *Protea madiensis*, *Psorospermum febrifugum*, *Rhynchosia* sp., *Steganotaenia araliacea*, *Turraea robusta*, *Ximenia caffra*.

Grasarten: sehr häufig *Themeda triandra*, *Hyparrhenia dissoluta*, *H. filipendula* var. *pilosa*; in den höheren Lagen des Iraqw Hochlandes und des Hanang: *Exothea abyssinica*, *Pennisetum schimperii*, *P. stramineum*, *Setaria sphacelata* und (nur für Hanang von Greenway 1955, S. 557, genannt) *Andropogon schirensis*. Weiterhin folgende Arten: *Digitaria setivalva*, *Heteropogon contortus*, *Hyparrhenia cymbaria*, *H. hirta*, *H. rufa*, *H. variabilis*, *Sporobolus pyramidalis*.

III. Afro-alpine Strauch-/Staudenformation

5. Senecio-Helichrysum Strauch-/Staudengesellschaft

Viele der für das Grashochland mit überwiegend immergrünen Hartlaubsträuchern genannten Arten kommen ebenfalls in der sich auf dem Hanang über der oberen Regenwaldgrenze anschließenden afro-alpinen Vegetationszone vor. Nach Greenway (1955, S. 560) bilden in ihrem unteren Teil (NE: 2900 - 3200 m, S: 2750 - 2900 m) die folgenden Straucharten einen dichten immergrünen Busch:

Adenocarpus manii, *Anthospermum usambarense*, *Hypericum lanceolatum*, *Kotschya recurvifolia*, *Myrica salicifolia*, *Myrsine africana*, *Philippia excelsa*, *Protea abyssinica*, *P. ramosa* und *Rhamnus staddo*.

Nach meinen eigenen Beobachtungen zieht sich dieser dichte, fast undurchdringliche Busch auf dem NW-Hang bis auf etwa 2300 m abwärts (hier ist zudem der Regenwaldgürtel auf einem schmalen - auf der Karte III nicht dargestellten - Sektor unterbrochen). Von den oben genannten Arten sammelte

ich hier in einer Höhe von 2300 - 2600 m die folgenden:

Anthospermum usambarense, *Kotschya recurvifolia*, *Myrsine africana* und *Protea abyssinica*; zusätzlich: *Conyza newii*, *Erica arborea*, *Erlangea* sp., *Gnidia glauca*, *Helichrysum argyranthum*, *H. cymosum* var. *fruticosum*, *Kniphofia thomsonii*, *Leonotis mollissima*, *Lotus goetzii*, *Pycnostachys* sp., *Senecio* sp. nov., *Sparmannia ricinocarpa* und *Tephrosia interrupta*.

Mit zunehmender Höhe lockert sich dieser dichte Buschgürtel auf und macht einer reichen Kraut-Stauden-Grasflora Platz. Greenway (1955, S. 561) fand in dieser lichten Gipfelzone, deren Boden flachgründig und steinig ist, zusätzlich zu den von ihm für die Buschzone genannten Straucharten (s.o.; mit Ausnahme von *Adenocarpus manii*, *Myrica salicifolia* und *Rhamnus staddo*) die folgenden:

Agauria salicifolia var. *latissima* subvar. *reducta*, *Helichrysum acrobates*, *H. fruticosum* var. *compactum* (identisch mit der von mir weiter unterhalb gefundenen *H. cymosum* var. *fruticosum* ?), *H. newii*, *Hyparrhenia ruwenzoriense*, *Myrica meyeri-johannis*, *Senecio newii*, *S. sp.*.

Greenway beschreibt darüberhinaus zahlreiche Kraut- und Grasarten, worauf ich hier verweisen möchte.

c. Tropophytische Vegetationseinheiten

In das übrige Gebiet teilen sich drei tropophytische Baum-/Gras-Gemeinschaften: Eine (Kurzgras-) Steppe mit kleinblättrigen, dornigen Baum- und Straucharten, die *Acacia-Commiphora*-Gemeinschaft, und zwei (Hochgras-) Savannen mit großblättrigen, dornlosen Holzpflanzen, die *Combretum*-Einheit und der *Miombo*.

ca. Hochgrasformationen

Beide Savannentypen können unmittelbar bis zum Höhenwald hinaufreichen, also Standorte einnehmen, die an anderen Stellen von einer der oben beschriebenen ausschließlich montanen Gemeinschaften eingenommen werden. Sie zeigen in diesen oberen Höhenlagen floristische Eigenheiten, die im Falle des *Miombo* die Ausklammerung einer submontanen Variante ausreichend begründen. Bei der *Combretum* Savanne scheinen sie mir jedoch unbedeutender zu sein als die

Gemeinsamkeiten, die die höheren und tieferen Areale dieser Einheit miteinander verbinden. Hier habe ich daher nicht untergliedert.

Der Submontane Miombo und die Combretum Baumsavanne nehmen zusammen mit den montanen Vegetationstypen die regenreicheren Räume ein. Mit Ausnahme der geschützten Regenwaldareale bilden sie den Bereich der Ackerbauwirtschaft und damit die eigentliche Siedlungszone. Dort, wo die mittleren jährlichen Niederschläge unter 600 mm sinken, stellen sich die Acacia-Combiphora Steppe und der trockene Miombo ein. Jene sind nicht oder nur sehr dünn besiedelt und werden vorwiegend weidewirtschaftlich genutzt.

IV. Baumsavanne

6. Combretum-Hyparrhenia Baumsavanne und

7. Combretum/Acacia gerrardii-Hyparrhenia Baumsavanne

Die Combretum Baumsavanne überzieht die flachen Hänge und Rücken im nordöstlichen Viertel des Mbulu Distriktes. Eine Variante von ihr, die durch eine Co-Dominanz der *Acacia gerrardii* gekennzeichnet ist, bedeckt die höheren Gebiete im SW (Haidom-Endalat Scholle, südlicher Teil des Dongobesh Rumpfflächenstückes). Diese Akazienart bildet reine Bestände in einigen staunassen Schwarzerde-Senken (Bashay, Endasak, u. a., vgl. 16. Akazientrockenwald). Ihr gemeinsames Vorkommen mit Combretum Species überrascht, da jene Arten in ihrem nordöstlichen Verbreitungsgebiet streng auf die mit Rotlehm bedeckten Hangzonen beschränkt sind. Im SW wird diese Standortstreue aufgegeben, ebenso wie *A. gerrardii* hier ihre Standortsansprüche einzuschränken scheint: Beide Formen treffen sich gleichsam auf halbem Wege, auf einem blaßgefärbten, meist bräunlichgrauen, flachgründigen, sehr sandigen, im trockenen Zustand leicht verfestigten Boden, der zu leichter Staunässe (häufig Pseudogley-Merkmale im Unterboden) neigt (dies gilt allerdings nicht für den äußersten SW, wo etwa ab Haidom wieder tiefgründiger Rotlehm vorkommt). Die beiden im folgenden beschriebenen Bodenproben stammen aus dem mit einer mittleren jährlichen Niederschlagsmenge von 600 - 800 mm und einer pET von 700 - 900 mm zu den feuchteren Regionen des Mbulu Distriktes gehörenden Verbreitungsgebiet dieses blaßgefärbten Bodens:

Profil XXXIX: Endalat, etwa in der Mitte eines flachen Hanges:

- | | |
|-----------|--|
| 10 cm | graubraun (10 YR 5/2), lehmiger Sand (geschätzt), fast Einzelkornstruktur; |
| 40 cm | braun (10 YR 5/3), fein rötlichgelb fleckig (7,5 YR 6/8), lehmiger Sand (geschätzt) leicht verfestigt; keine Absonderungsformen; |
| B/C 90 cm | hellgrau, rot- und gelbscheckig, toniger Lehm (geschätzt), (Fein-)Sand besteht fast nur aus Quarz. |

Profil LII: Maghang, auf flachem Rücken:

- | | |
|-------|--|
| 10 cm | hell bräunlichgrau (10 YR 6/2), schwach verfestigt, zerfällt leicht in Einzelkörner, lehmiger Sand (geschätzt); |
| 70 cm | hellgrau (10 YR 7/2), mäßig stark verfestigt, lehmiger Sand (geschätzt); |
| 80 cm | geschlossene Lage aus (Quarzsteine einschließenden) Eisenkonkretionen, an deren Oberfläche sandig-toniges, hellgraues (10 YR 7/2) Feinmaterial fest haftet und daher, obwohl mengenmäßig weit in der Minderheit, die Farbe bestimmt. |

An den unteren Hängen wurden von der Denudation freigelegte Eisenkrusten, die auf ähnliche Bodenbildungen hinweisen, unweit dieser Probenentnahmestelle unterhalb der Schule von Maghang und ca. 3 km SE von hier an der Piste zum Nagawhog Damm gefunden.

Die Bodenreaktion lag in beiden Profilen bei pH 4 - 6.

Sowohl die Bedingungen des Standortes als auch die Profile weisen diese Böden als Plateau Soils aus (Name und Beschreibung von Milne et al., 1936, zitiert nach Mohr und Van Baren 1954, S. 457) ⁺⁾ . In einer späteren Veröffentlichung äußert Milne (1947, S. 247) die Annahme, daß die erste Entwicklungsphase der Plateau Soils auf alten, eingeebneten, mehr oder weniger abflußbehinderten Landoberflächen lag. Durch die jüngere bruchtektonische Zerlegung wurde dann eine Bodenabtragung eingeleitet. Dies führte zu einer trockenzeitlich tiefer reichenden Austrocknung und damit zu einer Verhärtung der vorwiegend in der früheren Entwicklungsphase entstandenen Eisenausscheidungen. Derartige Lagen aus Eisenkonkretionen sind aber kein notwendiges Merkmal der Plateau Soils.

⁺⁾ Wahrscheinlich sind sie identisch mit den "sols ferrugineux (ferrallitiques) tropicaux lessivés" und den "sols ferrugineux tropicaux endures" (vgl. Aubert 1963).

Nach demselben Autor (S. 231) sollen die Plateau Soils zu den in Tanzania am weitesten verbreiteten Böden gehören. Ebenfalls wurde ihre Verbreitung für Nordrhodesien nachgewiesen (Trapnell und Clothier 1937; Trapnell, Martin und Allen 1947 - beide Arbeiten zitiert nach Muir et al. 1957 -, Report on the Central African Rail Link Development Survey 1952 - zitiert nach Mohr und Van Baren 1954).

Mineralogische Untersuchungen wurden von Muir et al. (1957) an einem Plateau Soil ("pallid soil") aus Tanzania (Kongwa) durchgeführt. Hierbei handelt es sich um einen sandigen Lehm, dessen Tiefe bis zum B/C-Horizont (Gneis-Zersatz) 85 cm betrug. Die Tonfraktion bestand aus Kaolinit und Illit, etwas Hämatit und Quarz, zudem fand sich ein mäßiger Gehalt an Montmorillonit in der Gesteinszersatzzone, von dem infolge der schlechten Wasserführung immer ein kleiner Anteil im Boden erhalten bleibt (im Gegensatz zu den Roten Latosolen, in denen Montmorillonit immer verlorengeht). Der Anteil der Schlufffraktion ist sehr gering. Muir et al. vermuten, daß sich die blasse Bodenfarbe im wesentlichen aus einer Eisenverarmung erklärt, die unter staunassen Bedingungen oder durch langandauernde Auswaschung erfolgte. Die von ihnen angegebene Bodenreaktion ($1 : 2,5 \text{ H}_2\text{O}$) liegt zwischen 5,75 im Oberboden und 4,55 im Unterboden. Milne (1947, S. 231) gibt für den Oberboden eines Plateau Soils in der Nähe von Tabora den pH-Wert 5,5 - 5,75 an. Die Austauschkapazität ist bei dem von Muir et al. untersuchten Plateau Soil sehr gering, ebenfalls der Humusgehalt. Ganz ähnliche Ergebnisse bringt Calton (1959, S. 170 ff.) für die von ihm als "Yellowish to greyish sands with iron concretions" (auch kurz: "greyish sands") bezeichneten, sehr wahrscheinlich mit den Plateau Soils identischen Böden. Danach betragen der pH-Wert 6,2 bzw. 5,8, A: 5,7 bzw. 4,7, S: 52 % bzw. 32 % (Mittelwerte aus 11 Profilen, jeweils für Ober- und Unterboden). Der Anteil des Grobsandes liegt bei 68 bzw. 65 %, der des Feinsandes in beiden Tiefen bei 25 %. Calton gibt an, daß Eisenausscheidungen gewöhnlich vorkommen.

Das oben skizzierte Vorkommen der Plateau Soils ist möglicherweise nicht das einzige. So scheinen die auf der Swagaswaga Rumpffläche (mit Ausnahme der Alluvionen) vorherrschenden, blassen, lehmig-sandigen bis sandig-lehmigen Böden ebenfalls zu den Plateau Soils zu gehören. Eine genauere Untersu-

chung wurde leider versäumt. Ein weiteres fragliches Areal schließt sich NE von Endalat und Maretadu an. Es umfaßt die Siedlungsgebiete Bashay, Tumati und Dongobesh, zudem die Talräume der Laganga Berge (in ihrem östlichen Teil - zwischen Ufana und Guse - unterhalb der hier die einzelnen Granitberge umgebenden Rotlehmfußzonen), also den größten Teil des Dongobesh Rumpfflächenstückes. Die hier auftretenden oberflächlich blaßgefärbten, ebenfalls sandreichen Böden scheinen jedoch tiefgründig zu sein und, wie die Probe XXXIII von Tumati zeigt, einen rötlichgelben, dichtgeschlämmten Unterboden zu besitzen.

Einen guten Eindruck vom Aussehen der Combretum Savanne vermitteln mehrere Photographien von Morison et al. (1948), am besten Plate 5, Phot. 11, S. 43 (hier allerdings Terminalia-Arten zeigend). Die Bäume sind niedrig (vielfach unter 5 m), von schlankem, lichtem Wuchs und in einem lockeren Bestand angeordnet. Hohes (oft übermannshohes) Gras, meist Hyparrhenia-Arten, bedeckt geschlossen den Boden. Mit dieser Physiognomie erweist sich diese Einheit als eine typische Baumsavanne.

Durch menschliche Eingriffe ist der Baumbestand jedoch in einigen Gebieten, so besonders im nordöstlichen Zipfel des Distriktes (Mbulumbulu - Lossitete), derartig stark reduziert, daß der Eindruck eines Graslandes entsteht. Möglich erscheint bei diesem Beispiel, daß es sich hier - in einer Höhe von 1700 bis 1900 m - um eine von den natürlichen Bedingungen geförderte Baumarmut handelt, also um eine natürliche Tendenz zu einem montanen Grasland. Die wichtigste Grasart stellt Themeda triandra; häufig sind zudem Bothriochloa insculpta, Eragrostis sp., Hyparrhenia spp., Setaria sphacelata, Sporobolus fimbriatus.

Eine ähnlich unklare Stellung zwischen degradiertter Combretum Savanne und Grashochland nimmt das kleine Graslandareal ein, das westlich an die europäisch/indische Farmzone am Oldeani anschließt (auf der Vegetationskarte als montanes Grasland eingezeichnet). Die sehr vereinzelt in ihm vorkommenden, schirmkronigen Akazien gehören wahrscheinlich der Art A. lahai an, die am Ostrand des Ngorongoro Kraters ausgedehnte Bestände bildet.

Eindeutig degradierte Vegetationsformen sind demgegenüber die Busch-/Grasländer zwischen Endabash und Karatu und die der östlichen Mangati Plains. Eine sichere Aussage über ihre ursprüngliche floristische Zugehörigkeit ist nicht möglich. Jedoch ist insbesondere für das nördliche der beiden Gebiete sehr wahrscheinlich, daß es früher eine Combretum Savanne getragen hat. Heute ist es ein offenes Siedlungsgebiet der Iraqw, deren Rodungen jedoch nicht die Ursache für die Zurückdrängung des Baumbestandes sein können, da diese Hamiten erst in den 30er Jahren hierher einwanderten, zu einem Zeitpunkt, zu dem längst "ein mit spärlichen Bäumen besetztes Grasland" (Jaeger 1913, S. 41) vorhanden war. Die Grasländer der Mangati Plains sind nur sehr dünn von viehhaltenden Barabaig bewohnt.

In dem kulturgeprägten Busch-/Grasland zwischen Endabash und Karatu wurden nahe dem Oldonjo Lenduroto folgende Arten gesammelt: *Aerva lanata* var. *oblongata*, *Albizia* sp., *Aspilia asperifolia* ?, *Astragalus* sp., *Azanza garckeana*, *Balanites aegyptiaca*, *Capparis fascicularis* var. *elaeagnoides*, *Carissa edulis*, *Cissus cactiformis*, *Commicarpus* ? *pedunculatus*, *Cordia ovalis*, *Cyphostemma* ? sp., *Dolichos* sp., *Dombeya rotundifolia*, *Dyschoriste procumbens*, *Grewia* sp., *Harrisonia abyssinica*, *Heliotropium undulatifolium*, *Hermannia* ? sp., *Hibiscus* ? *aponeurus*, *H. calyphyllus*, *Hypoestes* ? *verticillata*, *Ipomoea* sp., *Lippia* sp., *Maytenus senegalensis* var. *inermis*, *Ocimum* sp., *Pappea capensis*, *Rhamphicarpa* sp., *Rhynchosia albiflora*, *Sida* ? sp., *Solanum incanum* ?, *Stachys hildebrandtii*, *Sterculia africana*, *Teclea* sp., *Terminalia* sp..

Im Grasland östlich von Basodowesh fand ich *Bothriochloa insculpta*, *Hyparrhenia filipendula* var. *pilosa*, *Setaria sphacelata* und *Themeda triandra*.

Im Bereich der europäisch/indischen Farmzone am Ngorongoro und Oldeani Hang sind häufig: *Acacia hockii*, *Azanza garckeana*, *Combretum gueinzii*, *Dombeya rotundifolia*.

Im Grasland der südöstlichen Mangati Plains sammelte ich: *Themeda triandra* und *Hyparrhenia filipendula* (?); darin sehr vereinzelt Bäume der Arten *Azanza garckeana* und *Combretum gueinzii* gefunden.

Nachweisbare Zerstörungen eines *Combretum*-bestandes ergeben sich für das in etwa von den Siedlungsplätzen Haidom, Endalat und Maretadu eingeschlossene Dreieck und für kleinere Areale östlich von Madege und Galapo: Hier wurden Ende der 40er/Anfang der 50er Jahre weite Flächen total, andere selektiv gerodet mit dem Ziel, sie tsetsefrei zu machen und damit

der Besiedlung zu öffnen. Obwohl seitdem Iraqw und - unterhalb der Gr. Bruchstufe - Gorowa in großer Zahl dorthin eingewandert sind und ihre Felder sich heute in ähnlicher Dichte wie im früher besprochenen Raum zwischen Endabash und Karatu ausdehnen, hat sich dennoch die einstige Combretum Baumflora weithin wieder durchsetzen können.

Neben den Rodungen verdient die zerstörende Kraft des Feuers erwähnt zu werden. Alljährlich ziehen in der späten Trockenzeit ausgedehnte Grasbrände durch weite Teile der Savanne und wenn auch die Mehrzahl der Baumarten feuerresistent ist, so fallen ihren Flammen dennoch viele der Keimlinge zum Opfer, und so vermögen sie, außer zu einer Artenselektion, wesentlich dazu beizutragen, den Baumbestand licht zu halten.

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge liegt minimal bei 600 mm, in den höheren Lagen (bei Mbulumbulu) und unmittelbar unterhalb der Gr. Bruchstufe steigt sie auf einen Betrag von knapp 1000 mm an.

Im folgenden gebe ich eine Zusammenstellung der von mir in der Combretum Savanne gesammelten Baum-/Straucharten, zunächst der den beiden Teilvorkommen gemeinsamen, danach der nur in einem von ihnen gefundenen Formen. Letztere lassen keine sicheren Schlüsse über weitergehende floristische Unterschiede der beiden Varianten zu, da meine Sammlungen zu unvollständig sind, als daß das Fehlen von Arten in der einen auch gleichzeitig deren Nichtvorkommen beweisen könnte. Der Wert einer getrennten Aufzählung liegt vielmehr in erster Linie darin, den jeweiligen Fundort näher einzukreisen.

Gemeinsame Arten: *Acacia nilotica* ssp. *subalata*, *Albizia amara* ssp. *sericocephala*, *A. petersiana*, *Azanza garckeana*, *Combretum apiculatum*, *C. gueinzii* ssp. *splendens*, *C. zeyheri*, *Commiphora trothae*, *Dalbergia melanoxylon*, *Dichrostachys cinerea*, *Entada abyssinica*, *Erythrina abyssinica*, *Fagara chalybea*, *Gardenia jovis-tonantis*, *Grewia bicolor*, *G. fallax*, *G. lilacina*, *Heeria reticulata*, *Loranthus* sp., *Markhamia obtusifolia*, *Maytenus putterlickioides*, *M. senegalensis*, *Terminalia kilimandscharica*, *Xeromphis* sp., *Ziziphus mucronata*.

Nur im NE-Teil (Combretum-Hyparrhenia Baumsavanne) gefunden:

Acacia etbaica ssp. *platycarpa*, *A. hockii*, *A. kirkii* ssp. *kirkii* var. *intermedia*, *A. mellifera*, *A. senegal* var. *senegal*, *Albizia anthelmintica*, *A. harveyi*, *A. versicolor*, *Balanites aegyptiaca*, *B. glabra*, *Boscia salici-*

folia, *Bridelia scleroneuroides*, *Cadaba farinosa*, *Cassia abbreviata*, *C. usambarensis*, *Cissus trochae*, *Combretum aprocton*, *C. binderanum*, *C. schumannii*, *Commiphora africana*, *C. madagascariensis*, *Crossopteryx febrifuga*, *Crotalaria burtii*, *C. deflersii*, *Dalbergia nitidula*, *D. stuhlmannii*, *Dombeya rotundifolia*, *Euphorbia grantii*, *Harrisonia abyssinica*, *Heliotropium eduardii*, *Hoslundia opposita*, *Lannea stuhlmannii*, *L. triphylla*, *Lonchocarpus bussei*, *L. eriocalyx*, *Markhamia acuminata*, *M. hildebrandtii*, *Ormocarpum ? mimosoides*, *Phyllanthus engleri*, *Piliostigma thonningii*, *Pseudolachnostylis glauca*, *Rhamphicarpa heuglini*, *Rhus vulgaris*, *Rhynchosia comosa*, *Sclerocarya birrea*, *Sesbania quadrata*, *Strychnos* sp., *Tamarindus indica*, *Tarenna graveolens*, *Tephrosia ehrenbergiana*, *T. incaria*, *Terminalia brownii*, *T. mollis*, *T. sericea*, *T. sp. nr. stenostachys*, *Tragus berteronianus*, *Vernonia* sp. nr. *cinerascens*, *Ziziphus pubescens*.

Nur im SW-Teil (Combretum/Acacia gerrardii-Hyparrhenia Baumsavanne) gefunden: *Acacia gerrardii* var. *calvescens*, *A. g.* var. *gerrardii*, *Cassia singueana*, *Glycine ? javanica*, *Maerua parvifolia*, *M. triphylla* var. *johannis*, *Schrebera trichoclada*, *Strychnos stuhlmannii*, *Teclea glomerata*, *Triaspis macropteron* var. *massaiensis*.

Die in der Combretum Savanne gesammelten Grasarten sind: *Cymbopogon excavatus*, *Hyparrhenia cymbaria*, *H. diplandra*, *H. disso-luta*, *H. filipendula*, *H. f.* var. *pilosa*, *H. pseudocymbaria*, *Loudetia superba* und *Themeda triandra*; auf stärker geböschten, leicht steinigten Hängen: *Heteropogon contortus* und *Sehima nervosa*.

V. Waldsavanne (Miombo)

Südlich der Combretum Baumsavanne i. e. S. (NE-Teilgebiet) schließt eine Waldsavanne (woodland; nach Manshard 1960/61, S. 460 und Abb. 19: "Lichte Waldung") an, in deren Baumbestand fiederblättrige *Brachystegia*-Arten überwiegen. Sie gehört damit zur Pflanzengemeinschaft des Miombo.

8. *Brachystegia microphylla* Submontaner Miombo

Der nördliche Teil der Waldsavanne - im S etwa bis zum Bagara (Endahababiyeg)-Bubu reichend - stellt eine an feuchtere Bedingungen angepasste Variante dar, in der *Brachystegia microphylla* dominiert (weithin sogar reine Bestände in der Baumschicht bildet). Sie ist auf eine Höhenlage von über 1500 m beschränkt und erweist sich damit als eine "submontane" Untereinheit des Miombo. Auf dem Kwarakh und den Pinaar Heights schließt sie unmittelbar unterhalb des Höhenwaldes an und enthält hier typische Vertreter seiner Flora (s. o.). Dazu gehört auch das Vorkommen der epiphytischen

Flechte *Usnea barbata*, deren "Bärte" an den höheren Standorten (auch am Kinei unterhalb des seine Gipfelfläche bedeckenden *Protea* Grashochlandes) zahlreich von den Ästen der *Brachystegia microphylla* Bäume herabhängen und dieser Miombo-Variante fast das Aussehen eines Höhenwaldes verleihen. Dies mag den Irrtum von Obst (1915) verständlich machen, daß er einer Photographie hiervon (S. 52, Abb. 20) die Erläuterung "Höhenwald (*Juniperus procera*) ..." gab. Tatsächlich zeigt seine Aufnahme *B. microphylla* Bäume und ist hervorragend geeignet, die Physiognomie dieses Waldsavantentypus zu zeigen: Die ungefähr schirmförmigen Kronen der 20 bis 25 m hohen Bäume schließen sich teils zu einem lose zusammenhängenden Dach zusammen, teils bleiben sie isoliert. Eine Strauchschicht ist höchstens schwach entwickelt, dagegen bedeckt eine geschlossene hohe Grasdecke den Boden.

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge beträgt 700 - 1000 mm und liegt damit im oberen Bereich der für die *Combretum* Baumsavanne genannten Grenzen. Da auch die edaphischen Standortbedingungen ähnlich sind, so wird es verständlich, daß sich die Verbreitungsgebiete beider Einheiten vielfältig verzahnen, wobei die *Combretum* Savanne oft die unteren Hangzonen bevorzugt einnimmt. Doch tritt sie auch in höheren Lagen auf und ist hier wahrscheinlich, so unterhalb des Regenwaldes am Kwarakh und auf den Pinaar Heights, als eine Folgevegetation des zerstörten Submontanen Miombo aufzufassen. Andererseits könnten aber auch florengeschichtliche Gründe zur Gliederung beigetragen haben: Die *Brachystegia* Waldsavanne stellt - wie beschrieben - den nordöstlichsten Vorposten des im W und S von hier das Afrikanische Dreieck in ganzer Breite überziehenden Miombo.

Über die Artenzusammensetzung des *Brachystegia microphylla* Submontanen Miombo (in seinem Verbreitungsgebiet auf den Pinaar Heights) liegen Untersuchungen von Burt (1942, S. 82 f.), Phillips (1934, S. 219 ff.) und Scott (1930, S. 213 f.) vor. Auf sie sei hier verwiesen. Ich selbst sammelte zwischen Dareda und Riroda *Brachystegia spiciformis* und *B. tamarindoides*, östlich von Gidas *Xeromphis taylorii*. Die häufigsten Grasarten sind nach meinen Sammlungen *Hyparrhenia filipendula*, *H. rufa* und *Panicum maximum*.

9. Brachystegia Trockenwald

Von wesentlich anderer Artenzusammensetzung und Physiognomie ist der südlich des Bagara/Endahababiyeg anschließende Miombo. Die in der nördlichen Variante dominierende Stellung von *Brachystegia microphylla* scheint hier von der Art *B. spiciformis* (deren Blätter viel schwächer gefiedert sind) eingenommen zu werden.

Das Vorkommen des trockenen Miombo fällt mit der Ausdehnung der Swagawaga Rumpffläche zusammen. Dort, wo diese Rumpffläche im NW an das vulkanische Akkumulationsgebiet des Hanang (Mangati Plains) angrenzt, findet auch der Miombo seinen Abschluß. Diese Grenze ist fast auf ganzer Länge durch "Tsetse-Rodungen" verschärft. Gleichzeitig ist sie heute eine absolute Siedlungsgrenze. Seit dem Eindringen der Tsetse *Glossina morsitans* (etwa zwischen 1910 und 1930 - nach Jackson 1933) ist der Miombo völlig unbewohnt.

Entgegen meiner Darstellung auf der Vegetationskarte beschränkt sich das Vorkommen des *Brachystegia* Trockenwaldes auf die mit leicht rötlichen, sandigen Böden (wahrscheinlich Plateau Soils, s.o.) bedeckten Bodenwellen und Hügel der Swagawaga Rumpffläche. Die flachen und z. T. recht ausgedehnten Talräume (besonders südlich der Mangati Plains) sind hingegen von einem buschreichen Akazientrockenwald bedeckt, in dem - nach Untersuchungen von Jackson (1933) - *Acacia roivumae* und *A. kirkii* dominieren sollen. Bei der *A. roivumae*, die neuerdings in mehrere Arten aufgespalten wurde, handelt es sich wahrscheinlich um *A. tanganyikensis* (vgl. Brennan 1959, S. 90, in: Lfg. "Leguminosae" der "Flora of Tropical East Africa"), die ich auch in den Tälern südlich und westlich des Ghatabalangda Dammes als häufigste Art fand. Ich habe diese den Flußläufen folgenden, edaphisch bedingten Trockenwälder nicht aus der Miombo-Einheit ausgeklammert, da ich, infolge eines nur kurzen Besuches in der das Sammeln erschwerenden späten Trockenzeit keine Gelegenheit hatte, für die Bestimmung ausreichendes Pflanzenmaterial zu erhalten und daher nicht in der Lage bin, ihre floristische Zusammensetzung genau anzugeben. Wahrscheinlich ist, zumal ihre pedologischen Standortbedingungen - ein grauer, im ausgetrockneten Zu-

stand zur Verhärtung neigender, nicht aufreißender Boden (wahrscheinlich Plains Soil, s.u.) - damit in Einklang stehen, daß sie zur edaphischen Einheit "periodisch abflußbehinderter Trockenwald" (vgl. IX, 17) zu rechnen sind.

Im SW-Teil des Miombo verdrängen oft Inseln dichten Busches den lockeren *Brachystegia spiciformis* Bestand. Ihre Artenzusammensetzung blieb mir aus dem gleichen Grund wie die des Akazientrockenwaldes unbekannt. Doch scheinen nach meinem flüchtigen Eindruck *Commiphora* Species einen bedeutenden Anteil zu haben (nach Angaben von Burtt - 1942, S. 83 - für den Miombo der südlich an die Grenzen des Mbulu Distriktes anschließenden Zentralprovinz: wahrscheinlich *C. africana* und *C. fischeri*). In der Nähe von Majimalu sammelte ich *Bussea massaiensis*. Der dichte Busch nimmt möglicherweise die von der hier früher (vor der Tsetse-Einwanderung) lebenden Bevölkerung zerstörten *Brachystegia* Waldareale ein. Nach der durch das Eindringen der Tsetse erzwungenen Entvölkerung konnten sich die Lichungen unbehindert von Bränden mit einem dichten Sekundärbusch bedecken.

Der Graswuchs des trockenen Miombo ist im Gegensatz zu dem der submontanen Variante meist schütter.

cb. Kurzgrasformationen

VI. Dornbusch-/Baumsteppe

Die verbleibende tropophytische Formation, die xeromorphe Dornbusch-/Baumsteppe, weist in jeder der drei möglichen Richtungen, der Flora, Physiognomie und Ökologie, beträchtliche Unterschiede auf. Es ist nicht möglich, eine oder wenige dominante Art(en) für ihr ganzes Verbreitungsgebiet zu nennen. Vielmehr setzt sich ihre Flora zusammen aus einer Vielzahl von Pflanzenverbänden, deren Verbreitung dem engräumigen Standortswechsel folgt. In dieser ausgeprägten standörtlichen Differenzierung nimmt der Dornbusch eine Sonderstellung unter den bisher besprochenen Einheiten ein. Seine edaphischen Abhängigkeiten sind jedoch nicht so schwerwiegend, daß sie die Ausgliederung einiger seiner Subtypen in die Gruppe der edaphisch

bedingten Vegetationseinheiten rechtfertigen könnten. Lediglich seine Vorkommen auf steinigten Hängen habe ich auf der Vegetationskarte der Einheit "dichter Busch auf steinigten Hängen" zugeordnet, möchte ihre Pflanzendecke jedoch zusammen mit der klimatisch bedingten Einheit des Dornbusches besprechen, da sie enge floristische Beziehungen zu diesem hat.

Die beiden Subtypen mit der größten Verbreitung sind die *Commiphora* Obstgartensteppe und der Schirmakazien (*A. tortilis* ssp. *spirocarpa*) Trockenwald. Beide in ihnen dominierenden Taxa kommen auch in den meisten übrigen Bereichen des Dornbusches vor und stellen daher die verbindenden floristischen Glieder dar. Da sie zudem außerhalb der Grenzen der Dornbusch-/Baumsteppe fast ganz fehlen, so können sie als seine Kennarten aufgefaßt werden, auch wenn sie keine den ganzen Raum umspannende echte Co-Dominanz besitzen.

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge liegt vermutlich für den größten Teil der *A. tortilis*-*Commiphora* Steppe zwischen 500 und 550 mm. Werte bis zu 650 mm werden im W der Masai Steppe (Tarangire Game Reserve) und - wahrscheinlich - auf der Endesh Scholle erreicht. Erheblich unter 500 mm dürften die Regenmengen im Gebiet des Lake Eyasi liegen. Diese Niederschläge verteilen sich auf eine nur 5 - 6 Monate dauernde Regenzeit. Die mittlere jährliche potentielle Evapotranspiration liegt zwischen 800 und 1200 mm (Höhe ü. NN: 1000 - 1800 m).

Die Böden lassen sich im wesentlichen zwei Einheiten zuordnen, den überwiegend im altkristallinen Bereich verbreiteten Plains Soils und den Braunen Kalkböden auf Tuff.

Nach Milne (1947) lassen sich die Plains Soils (oder Hardpan Soils) ⁺⁾ charak-

+) Mohr und Van Baren (1954) unterscheiden Plains Soils und Hardpan Soils (s.d.S. 452 und 460). Sie beziehen sich hierbei im wesentlichen auf Beschreibungen von Milne (1936 und 1947). Tatsächlich gibt die letztere Veröffentlichung kaum eine Handhabe für diese Trennung; eher könnte in den "Plains Soils" ein Oberbegriff gesehen werden, der die "Hardpan Soils" einschließt. Das von Mohr und Van Baren aus Milne (1947, Phot. 4) abgedruckte Photo eines "calcarous plains soil" und seiner charakteristi-

(Fortsetzung S. 79)

terisieren als grusig-sandig-tonige, trockenzeitlich verfestigte (aber nicht aufreißende), meist graue, nicht ausgewaschene Böden der sehr flachen Hänge unter semi-aridem Klima.

Im Dornbusch-/Baumsteppen-Bereich des Mbulu Distriktes finden sich diese Böden auf entsprechenden Hanglagen im Eyasi und Yaida Graben (vgl. Kt. III, Veg.: am Lake Eyasi im Gebiet der Commiphora Obstgartensteppe (ohne Dünensaum), im Yaida Graben - südwestlich der Udahaya Einmündung - unter *Acacia tortilis* ssp. *spirocarpa*-Commiphora Dornbusch-/Baumsteppe). Wahrscheinlich kommen sie auch im Tarangire Game Reserve (vgl. Lamp-ray 1963, S. 11) und in den Randzonen von Mbugas in dem trockeneren südlichen Teil des Mbulu Distriktes vor. Unter (IX.) "Periodisch abflußbehinderter Trockenwald" sind sie im Yaida Graben und wahrscheinlich auf der Swagaswaga Rumpffläche verbreitet. Als Glied einer Catena nehmen die Plains Soils eine Übergangsstellung ein zwischen einerseits Roten Latosolen, Plateau Soils oder Lithosolen im höheren Bereich und andererseits Vertisolen (im Yaida Graben) oder Salzböden (im Eyasi Graben) in den unterhalb anschließenden staunassen Senken.

Das Ausgangsmaterial stellen überwiegend sandig-tonige fluviatile, in einer schmalen Zone entlang dem Lake Eyasi auch limnische Sedimente; im Bereich des nordwestlichen Abfalles des Kiderohorstes ist der Plains Soil wahrscheinlich als Verwitterungsboden auf Granit und Glimmerschiefer ausgebildet.

Der Plains Soil wird in der Trockenzeit sehr fest (selbst mit der Spitzhacke nur mühsam zu zerteilen), erweist sich aber als äußerst bröckelig, wenn man Teile herauszulösen versucht. Letzteres steht ebenso im Gegensatz zum Vertisol wie das Ausbleiben trockenzeitlicher Rißbildung und der hohe

Fortsetzung von S. 78:

schen Vegetation (Fig. 99, S. 453) zeigt in Wahrheit einen Boden, von dem Milne (S. 212 f.) vermutet, daß er ein Hardpan Soil ist (ebenfalls bezieht er ihn bei seinen Überlegungen über die Bildungsbedingungen des Hardpan Soil - S. 251 - ein). Auch das von Mohr und Van Baren in Tab. 138 (S. 455) beschriebene Profil (einschl. der chemischen Daten und der voraufgehenden Standortsbeschreibung) eines Plains Soil zeigt in allem die Merkmale eines Hardpan Soil. Aufgrund dieser zumindest unklaren

Anteil der Sandfraktion. Oberflächlich ist der Plains Soil oft mit einer dünnen Lage losen, rötlichgelben Quarzsandes bedeckt. Die Verfestigung kann unmittelbar unter ihr oder in einer meist nur wenige Zentimeter tiefen Bodenschicht beginnen. Ein von Milne (1947) als typisch beschriebener, auch gegenüber tieferen Bodenhorizonten besonders zäher Ton-Illuvialhorizont ("hardpan") wurde niemals gefunden. Dagegen wurden mit einigen Beschreibungen von Milne (1947) übereinstimmend in den tieferen Bodenschichten (etwa ab 40 cm) der meisten Profile Kalkkonzentrationen von mergelig-kreideartiger Konsistenz festgestellt, die dem Boden eine weiße Fleckigkeit verleihen. Aber auch die dunkleren Partien zeigten überwiegend einen leichten Gehalt an CaCO_3 . Die an 11 Profilen durchgeführten pH-Bestimmungen ergaben für den Oberboden eine schwach saure (selten) bis schwach alkalische, im Unterboden eine schwach bis mäßig-stark alkalische Reaktion. Diese hohen pH-Werte wie auch das vereinzelte (stellenweise auch häufige) Vorkommen von *Acacia nubica* und *Salvadora persica* deuten auf einen gelegentlichen Salzgehalt des Unterbodens hin. Die Farben dieser Profile (maximal wurde bis zu 80 cm Tiefe gegraben) schwanken geringfügig. Häufigste Farbtöne sind hell-bräunlichgrau (2,5 Y 6/2) und graubraun (2,5 Y 5/2). Meist sind die Unterböden leicht heller gefärbt (hellgrau: 5 Y 7/1, blaßgelb: 5 Y 7/3). Das trockene Klima und die damit im Zusammenhang stehende geringe pflanzliche Stoffproduktion bedingen einen sehr niedrigen Humusgehalt. Die Austauschkapazität (nach Calton 1959: gemittelte Werte aus 5 Plains Soils in Tanzania) liegt bei 18, der Sättigungsgrad bei 78 % (vgl. auch die Werte eines bei Mohr und Van Baren 1954, S. 455, wiedergegebenen Profils). Die von Scott (1962a) beschriebenen (27) "Dark grey to greyish brown compacted loamy sands (solodized solonchic soils)" sind wahrscheinlich identisch mit den Plains Soils. Danach beträgt der pH-Wert 6 - 8,5, A: 16 - 40, S: 80 - 100 %.

Fortsetzung von S. 79:

Unterscheidung beider Termini sollen sie im folgenden gleichgesetzt und dem Namen "Plains Soils" der Vorrang gegeben werden.

Bereits Milne (1947) weist auf die geringe Erosionsanfälligkeit der Plains Soils hin. Dies steht deutlich im Gegensatz zu der leichten Zerstörbarkeit der Roten Latosole und Rotbraunen Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein. Mit der Widerständigkeit der Plains Soils steht sicherlich im Zusammenhang, daß in ihrem Verbreitungsgebiet nur selten eindeutige Flußbetten ausgebildet sind, der lineare Abfluß also zugunsten eines mehr flächigen Abrinnens des Regenwassers zurücktritt.

Die Wasserdurchlässigkeit der Plains Soils ist gering. Die Dünnschliffe zeigen bei den mindestens 30 cm tiefen Proben meist eine die zahlreichen primären Mineralkörner (in Fein- und Grobsand - bis Grusgröße) dicht umschließende, braunlehmartige Grundmasse, die durch Schrumpfrisse zerlegt ist und dadurch ihre Quellfähigkeit, d.h. Verdichtung bei Durchfeuchtung, zu erkennen gibt. In vielen, insbesondere in den im Profil höher gelegenen Proben ist die Tonsubstanz stellenweise ausgeflockt (vererdetes Braunlehmgefüge). In der oberen Bodenschicht tritt die Grundmasse mengenmäßig zurück, indem sie nurmehr hüllenartig die Mineralkörner umgibt und zusammenhält. Spuren einer Pseudovergleyung sind in den tieferen Horizonten überall erkennbar. Kubiena (mündlich) vermutet anhand der von mir gesammelten Proben, daß sich die Plains Soils auf der Grundlage mehr oder weniger vererdeter, fossiler Braunlehmsedimente entwickelt haben.

Randlich an das oben beschriebene Verbreitungsgebiet der grauen Plains Soils - aber noch innerhalb des Bereiches der Dornbusch-/Baumsteppe - anschließend, d.h. unter einem weniger ausgesprochen semi-ariden Klima, finden sich auf ähnlich flachen Hanglagen rötlichbraune bis dunkelbraune Böden von gleicher Konsistenz (trockenzeitliche Verhärtung ohne Ausbildung von Trockenrissen), Bodenart (sandig-lehmig) und Bodenreaktion (schwach sauer bis schwach alkalisch). Ebenfalls zeigen sie gelegentlich einen schwachen Kalk- und - seltener - Salzgehalt. Diese zahlreichen Übereinstimmungen legen es nahe, sie der Gruppe der Plains Soils zuzuordnen (= Rote Plains Soils). ⁺⁾ Ihre rötlichbraune Farbe mag sich daraus erklären, daß sie - was

⁺⁾ Milne (1947, S. 205 ff.) beschreibt ebenfalls rotbraune Plains Soils aus der südlichen Masai Steppe.

ihr Standort wahrscheinlich macht - in stärkerem Maße einer Zufuhr von Rotlehmmaterial bzw. einer Sedimentation von rotbraunen Verwitterungsmassen, entstanden auf neovulkanischem Gestein, unterliegen. Im einzelnen lassen sich ihre Vorkommen wie folgt umgrenzen:

1. Zwischen Mangola und Endamagha im Bereich des Schirmakazien Trockenwaldes (vgl. Kt. III, Veg.); im unteren Hangbereich salzig und stark kalkhaltig (Kalkkonkretionen).
2. In der Barai Alluvialebene (wahrscheinlich altes Seebecken, vermutlich über pseudovergleyten Vertisolen (vgl. Kt. I, Geol.).
3. Auf der Sohle des Yaida Grabens, NE an das Vertisolvorkommen bei Endanyawish anschließend (vgl. Kt. I, Geol.: sandiges Lockermaterial).
4. Verflachungen im Staffelbruch der Yaida Stufe (vgl. Kt. III, Veg.: Schirmakazien Trockenwald) und, von SW nach NE an Breite zunehmend, auch die oberen Teile ihres Fußhanges, im Bereich der Udahaya-Einmündung bis an die hier rotbraunen Vertisole heranreichend (vgl. Kt. I, Geol.: sandiges Lockermaterial).
5. Im Manyara National Park unter Schirmakazien- und vermutlich auch Balanites Trockenwald (vgl. Kt. III, Veg.).

Es ist wahrscheinlich, daß rötliche Plains Soils auch in dem dem Mbulu Distrikt angehörenden Teil der Masai Steppe (Tarangire Game Reserve) und im südlichen vulkanischen Aufschüttungsbereich des Hanang (Mangati Plains) vorkommen. Ebenfalls bedecken sie vermutlich die Sohle des Ladja Talraumes (vgl. Kt. I, Geol.), wahrscheinlich örtlich über Vertisolen.

Die Braunen Kalkböden auf Tuff nehmen die, mit Kalktuffen bedeckten, flachen Bodenwellen (in den Senken: kalkreicher, dunkelgrauer bis schwarzer Vertisol) der schwach gegliederten Landoberfläche zwischen Basotu und der Endesh Stufe ein. Ihre Ausdehnung stimmt mit derjenigen der neovulkanischen Akkumulationen in diesem Bereich überein (vgl. Kt. I, Geol.). Die klimatischen Bedingungen sind mit N: 500 - 600 mm und pET: 800 - 900 mm semi-arid. Die Höhe ü. NN liegt zwischen 1600 und 1800 m.

Die Merkmale dieses Bodens sind: dunkel graubrauner Oberboden (10 YR 3/2) und ein etwas hellerer Unterboden (graubraun 2,5 Y 5/2, blaßbraun 10 YR 6/3), tonig-lehmige Textur (geschätzt), neutrale bis schwach alkalische Bodenreak-

tion, geringer oder fehlender Kalkgehalt im Oberboden (aber vereinzelt lößkindelartige Kalkkonkretionen), kalkreicher Unterboden, dessen Kalkausscheidungen, meist von kreideartiger Konsistenz, geschlossene brüchige Lagen in unterschiedlicher Tiefe (20 cm in oberen Hanglagen bis zu 80 cm - und mehr ? - in der Nähe der Mbugas) bilden.

Die Braunen Kalkböden sind wahrscheinlich identisch mit den von Scott (1962a) beschriebenen, jedoch nicht für ihr Verbreitungsgebiet angegebenen (10.) "Brown to darkbrown calcarous clay loams (Chestnut soils)".

Danach beträgt A: 20 - 40 und S: 80 - 100 %.

Vermutlich gehören die sehr kalkreichen Böden in der Umgebung des Lake Balangida und - teilweise - zwischen Hanang und Lake Balangda-Lalu ebenfalls zu diesem Boden, möglicherweise auch die an harten Kalkkonkretionen reichen Böden auf basaltischen Laven zwischen dem Oberrand der Oldeani-Barai Stufe, der Mangola Quelle und dem Limbita Vulkanhügel (kleinere Vorkommen liegen auch östlich dieser Umgrenzung).

Die grauen und roten Plains Soils und die Braunen Kalkböden auf Tuff werden, von sehr vereinzelt Ausnahmen abgesehen, ackerbaulich nicht genutzt. Dies ist durch die Regenarmut ihres Verbreitungsgebietes - wenigstens - mitbegründet. Zudem liegen sie überwiegend in den Wohngebieten der Barabaig, deren Wirtschaft vorrangig auf der Viehzucht basiert.

10. *Acacia tortilis* ssp. *spirocarpa* (Schirmakazien-) Trockenwald

Der Schirmakazien Trockenwald ist typisch für die Hangfußzonen. Teils auf den Schwemmhalden, teils auf den unterhalb oftmals anschließenden Plains Soils oder Roten Plains Soils bildet er hier einen parkartig lichten Wald. Gräser bedecken geschlossen seinen Boden, worunter die Arten *Cynodon plectostachyus* und, in feuchteren Bereichen, *Panicum maximum* am häufigsten zu sein scheinen.

Weiterhin sammelte ich *Bothriochloa radicans*, *Cenchrus ciliare*, *Chloris roxburghiana*, *Cymbopogon excavatus*, *Digitaria setivalva*, *Orochloa trichopos*, *Pennisetum mezianum*, *Sporobolus marginatus* und *Themeda triandra*.

Ausgedehnte Bestände des Schirmakazien Trockenwaldes liegen in dem in die Masai Steppe hineinreichenden östlichen Zipfel des Distriktes: An den Rändern des Tarangire Talraumes und in der Nachbarschaft der weiten Mbugas. Nach Lampray (1963, S. 12) nehmen sie etwa ein Fünftel des Tarangire Game Reserve ein. Kleinere Areale umgeben die Salzseen Balangida und Balangda-Lalu und bedecken zwischen ihnen die Fußzone der Gr. Bruchstufe / Turu Stufe. Ein schmaler Streifen erstreckt sich im zuflußarmen südlichen Lake Manyara National Park zwischen dem Manyara See und der hier nur um 400 - 600 m aufsteigenden Gr. Bruchstufe. Von ähnlicher Ausdehnung ist der Trockenwaldsaum am Fuß des westlichen Ol-deani Hanges zwischen Mangola und Endamagha. Einige kleinere Parzellen nehmen die Verflachungen innerhalb des Staffelbruchabfalles der Yaida Stufe ein.

11. *Acacia tortilis*-*Commiphora* Dornbusch-/Baumsteppe und

12. *Commiphora* Obstgartensteppe

Gegenüber den bisher genannten reinen Schirmakazientrockenwäldern sind diese beiden Untereinheiten bestimmt durch - wenigstens - eine Co-Dominanz von *Commiphora* ssp. (hauptsächlich *C. campestris*).

Ganz allgemein gilt, daß bei gleichzeitigem Vorkommen von *Acacia tortilis* ssp. *spirocarpa* und *Commiphora* spp. die erstere in den tieferen Lagen überwiegt, während die letzteren bevorzugt die oberen Hänge einnehmen. In Abhängigkeit eines engräumig wechselnden Reliefs stellt sich daher eine Art Fliesengefüge ein, in dem beide Taxa zwar - in der Regel - überall vertreten sein können, jedoch ihre Abundanz stark wechselt. Gute Beispiele hierfür bietet die Artenverteilung in der dichten Vulkanhügelzone südwestlich von Katesh (vgl. S. 23 f.) und - noch ausgeprägter - oberhalb der Turu Stufe, NNE von Endesh, wo einige kleine Bruchstufen zusätzlich in die Re-

liefgestaltung eingegriffen haben. Hier dominieren in der folgenden Reihenfolge (hangabwärts): *Commiphora africana* (außerdem hier gefunden: *Albizia petersiana*, *Boscia angustifolia* var. *corymbosa*, *Cassia singueana*, *Dombeya rotundifolia*, *Erythrina abyssinica*, *Grewia* ? *bicolor*) - *Acacia tortilis* ssp. *spirocarpa* (*Balanites* spp.) - *Acacia seyal* var. *seyal* - *Acacia drepanolobium*/A. *mbuluensis* (?) /A. *gerrardii* var. *gerrardii*. In der gleichen Richtung verändert sich die Bodenfarbe von rot (Rotbraune Verwitterungsböden auf neovulkanischem Material ?) über grau (Plains Soil ?) zu dunkelgrau bis schwarz (Vertisol). Die häufigste Grasart an den Hängen scheint *Themeda triandra* zu sein, in den Senken das typische Mbuga-Gras *Pennisetum mezianum*.

Die standörtliche Trennung von *Acacia tortilis* und *Commiphora* spp. liegt wahrscheinlich im hangabwärts wechselnden Wasserhaushalt des Bodens begründet: *A. tortilis* erweist sich auf den feuchteren Standorten als konkurrenzstärker und verdrängt die *Commiphora* spp. auf die edaphisch trockeneren oberen Hänge. Erst bei sich verminderndem Wasserangebot (sei es durch Verringerung des Niederschlages oder durch Abnahme des Zuflusses) vermögen sich jene auf den Fußzonen zunehmend durchzusetzen. Dies beginnt in dem relativ trockenen Yaida Graben (auf dem Schuttsaum der Kidero Stufe und dem viel ausgedehnteren Fußhang der Yaida Stufe, bis weit in den Udahaya Talraum hineinreichend) und im Ladja Talraum. Beide Taxa formen hier einen Mischbestand. Ihre vollkommenste Ausbildung findet die Zurückdrängung der Schirmakazien jenseits (nordwestlich) des Kiderohorstes: Ein überwiegend reiner Bestand von *Commiphora* spp. (*C. campestris*, *C. madagascariensis*) bedeckt hier zwischen Mangola und Matala das sich leicht zum Lake Eyasi hin abdachende Vorland (einschließlich der Dünenzone). Er hat das Aussehen eines Obstgartens. Eine ausgezeichnete Photographie dieses Typs findet sich bei Winkler (1921/22, Tafel 46), aufgenommen wenige Kilometer SE des Kilimanjaro. Mit einer Höhe von 3 - 5 m ist diese Obstgarten Steppe wesentlich niedriger als der etwa 10 - 15 m hohe Schirmakazien Trockenwald. Der niedrige, meist schütterere Graswuchs scheint hier nach einer Angabe von Kohl-Larsen (1958, S. 16) für den NE-Rand des Lake Eyasi überwiegend aus den beiden Arten *Sporobolus marginatus* und *Themeda triandra* zu bestehen.

Nördlich von Mangola übernimmt wiederum der Schirmakazien Trockenwald die dem Standort der Obstgarten Steppe entsprechende untere Hangzone. Da der Niederschlagsbetrag in beiden Gebieten gleich niedrig sein dürfte, so kann allein der höhere Grundwasserzufluß vom regenwaldbedeckten, knapp 3200 m hohen Oldeani dafür verantwortlich sein. Tatsächlich findet der Schirmakazienwald seine südliche Grenze genau dort, wo aufgrund der Neigungsverhältnisse der Zufluß von Fremdlingswasser endet.

13. Aloe-Euphorbia-Sansevieria-Acacia nubica Sukkulenten-/Dornbuschsteppe

Einen fast halbwüstenartigen Eindruck macht die Vegetation um Mangola, das zu den trockensten Gebieten von Tanzania gehört. Die ohnehin große Niederschlagsarmut des Eyasi Grabens (möglicherweise unter 300 mm/Jahr; längere Meßreihen fehlen) wird hier in ihrer den Pflanzenwuchs hemmenden Wirkung verstärkt durch einen fast ununterbrochen und heftig wehenden Ostwind. Die Folge ist, daß sich dort, wo weder Fremdlingswasser zufließt, noch der Grundwasserspiegel in der Nähe des Lake Eyasi erreicht werden kann, ein extrem xeromorpher, meist offener Busch ausbreitet, dessen Lichtungen nur spärlich von Gräsern (*Aristida adscensionis*, *Cynodon plecostachyus* und *Enneapogon cenchroides*) bedeckt sind. Zu seinen Arten gehört eine Reihe von Sukkulenten: *Aloe* spp., *Caralluma speciosa*, *Cissus cactiformis*, *C. quadrangularis*, *Euphorbia candelabra*, *E. graciliramea* und *Sansevieria* sp.; weiterhin die Stammsukkulenten *Adansonia digitata* (Affenbrotbaum - mit Ausnahme des südlichen Teilgebietes der Dornbusch-/Baumsteppe, Mangati Plains und Basotu Rumpffläche, vereinzelt im gesamten Steppenbereich verbreitet; sonst nur auf der Besi-Kaiti Gneisschwelle und auf dem Steilhang der Gr. Bruchstufe oberhalb von Mto-wa-Mbu), eine *Adenia*-Art (*A. sp. nov.* - deren knolliger Stamm einen Durchmesser bis zu etwa 1 m erreichen kann) und *Adenium coetaneum* (nur auf dem Kiderohorst gefunden; dieser Baum dient den Tindiga zur Gewinnung ihres Pfeilgiftes).

An sclero-xeromorphen Arten wurden gefunden: *Acacia mellifera*, *A. nubica*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa*, *Barleria longissima*, *Boscia angustifolia* var. *angustifolia*, *Cadaba farinosa* ssp. *farinosa*, *Commiphora campestris*, *C. madagascariensis*, *C. merkeri*, *C. mollis*, *Cordia gharaf*, *Courbonia glauca*, *Croton menyharthii*, *Delonix elata*, *Disperma* sp., *Ecbolium revolutum*, *Euphorbia matabelensis*, *E. scheffleri*, *Maerua crassifolia*, *M. triphylla* var. *johannis*, *Pupalia lappacea*, *Salvadora persica* und *Sericocomopsis hildebrandtii*.

Je nach dem Vorherrschen von einzelnen der genannten Arten kann die Physiognomie auffallend wechseln. Zwischen Mangola (Baraza) und dem Beginn des Schirmakazien Trockenwaldes am unteren Oldeani Hang (s. o.) überwiegt ein dichter übermannshoher Busch der salzanzeigenden Sträucher *Acacia nubica* und *Salvadora persica*. Die kaum 1 m hohen Büsche *Croton menyharthii* und *Disperma* sp. formen hangaufwärts lichte Buschinseln. Oberhalb der Quelle des Mangola Baches erstreckt sich ein kleines Areal, in dem fast nur Sukkulenten wachsen. Ihr Vorherrschen ist hier edaphisch begünstigt. In geringer Tiefe, teils sogar bis an die Oberfläche reichend, ist eine feste Kalkkruste ausgebildet. Sie verwehrt dem Regenwasser, tiefer einzudringen. Der Boden trocknet daher rasch aus. Diese besondere Ungunst verschafft den Sukkulenten den entscheidenden Vorteil: Mit ihrem meist flach streichenden Wurzelsystem sind sie befähigt, auch das nur wenig eingesickerte Regenwasser aufzunehmen und in ihrem Wassergewebe zu speichern.

Am Südhang des Oldeani ist stellenweise *Acacia mellifera* dominant.

Der Flora des Mangola-Trockengebietes ähnelt die des Kiderohorstes.

Folgende Baum-/Straucharten wurden hier nachgewiesen:

Acacia tortilis ssp. *spirocarpa*, *Adansonia digitata*, *Adenium coetaneum*, *Aloe* sp., *Barleria longissima*, *Commiphora campestris*, *C. mollis*, *Cordia gharaf*, *Croton dichogamus*, *Euphorbia candelabra*, *Grewia bicolor*, *G. platyclada*, *Maerua crassifolia*, *M. triphylla* var. *johannis*, *Premna* ? sp., *Sansevieria* sp.; nach Kohl-Larsen (1958, S. 16) zusätzlich: *Achyranthes aspera*, *Combretum purpureiflorum*, *Grewia villosa*.

Viele der genannten Arten kommen an steileren steinigen Hängen auch außerhalb der Grenzen der *Acacia tortilis*-*Commiphora* Baumsteppe vor.

Lampray (1963, S. 12) nennt für die Acacia-Commiphora Dornbusch-/Baumsteppe im Tarangire Game Reserve (Masai Steppe), die ich nur in ihrem westlichen Teil kennengelernt habe, die folgenden Arten:

Acacia etbaica, *A. mellifera*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa*, *Adansonia digitata*, *Commiphora africana*, *C. madagascariensis*, *C. schimperi*, *Euphorbia candelabra*, *Grewia bicolor* und *G. platyclada*.

Die östliche Ausbuchtung des Acacia-Commiphora Areals zwischen Dareda und Giting erweist sich nur beschränkt als dieser Einheit zugehörig. Folgende Arten wurden hier gesammelt:

Acacia gerrardii var. *calvescens*, *A. kirkii* ssp. *kirkii* var. *intermedia*, *A. senegal* var. *senegal*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa*, *Albizia petersiana*, *Ormocarpum trichocarpum*; Gräser: *Aristida adscensionis* und *Bothriochloa pertusa*.

C. Edaphisch bedingte Vegetationseinheiten

Die Mehrzahl der edaphisch bedingten Vegetationseinheiten tritt, mit Ausnahme des Regenwaldbereiches, innerhalb aller klimatischen Formationen auf, und zwar dort, wo die Wasserführung des Bodens infolge extremer Abflußverhältnisse deutlich von der niederschlagsbedingten abweicht. Diese Abweichung kann in einer Verminderung oder in einer Anreicherung der Bodenwassermenge liegen.

a. Edaphisch trockene Standorte

VII. Dichter Busch an steinigen Hängen

14. *Acacia brevispica*-*Aloe*-*Dalbergia*-*Euphorbia*-*Grewia*-*Lannea*-*Markhamia*-*Sansevieria* Strauchgesellschaft

Eine Verminderung der Bodenwassermenge gegenüber der aus dem Niederschlagsverhalten zu erwartenden erfolgt auf den steilen Hängen. Hier kommt es, gefördert durch das geringe Wasserhaltevermögen der dünnen und meist unzusammenhängenden Bodendecke, zu einem schnellen Abfluß

des Regenwassers und damit zur Ausbildung von relativ sehr trockenen Standorten ⁺⁾ . Der für sie typische Boden ist, neben kleineren Vorkommen oberflächlich anstehenden Gesteins und groben Gesteinsschuttes ("Rock and Rock Debris", D'Hoore 1964), ein Lithosol oder Skelettboden ("Lithosols (skeletal soils) and Lithosolic Soils", D'Hoore 1964). Er ist flachgründig (meist < 30 cm bis zur Zersatzzone des anstehenden Gesteins), von sandig-steiniger Textur, hat Einzelkornstruktur, ist blaßgefärbt (schwach rötlich, gelblich oder grauschwärzlich) und im feuchten Zustand niemals plastisch. Die Profilentwicklung ist höchstens schwach ausgebildet ((A) C-Profil). Der Anteil an unverwitterten Mineralen des Muttergesteins ist hoch. Die Gesteinszersatzzone ist geringmächtig und enthält wie auch der Oberboden unzersetzte Gesteinsbrocken. Der Lithosol erhält sich auf der Grundlage eines Gleichgewichtes von (vorwiegend physikalischer) Verwitterung anstehenden Gesteins (= Anlieferung von neuen Lockerprodukten) und Abtragung (einschließlich der Auswaschung der feineren Bestandteile), d.h. der Bodentyp bleibt bestehen bei ständig wechselndem Material, sein juveniles Stadium wird zum Klimax (wenn man die klimabedingte Abtragung einbezieht).

Die Vegetation auf den in dieser Weise gekennzeichneten edaphisch trockenen Standorten besteht durchweg aus einem dichten, stellenweise ohne Schlagmesser undurchdringlichen Busch. Der Anteil der Gräser ist, in auffallendem Gegensatz zu fast allen übrigen Vegetationseinheiten, sehr gering. Die Erklärung hierfür liegt in dem schwachen Wasserhaltevermögen des Lithosols: Die intensiv wurzelnden Gräser sind unter diesen Bedingungen den Sträuchern unterlegen, deren zwar weniger dicht, dafür aber weiter und tiefer streichende Wurzeln besser geeignet sind, das Wasser, auch aus den tieferen Klüften, aufzunehmen.

An der Flora des dichten Busches haben xeromorphe Arten oft einen großen Anteil. Stete sukkulente Vertreter sind die Kandelaber-Euphorbie

⁺⁾ Dies ist in den regenwaldbedeckten Hochregionen erst an wandartig steilen Hängen der Fall, in Richtung stärker werdender klimatischer Trockenheit genügen dagegen zunehmend flachere Böschungen.

(*E. candelabra*), *Sansevieria* sp. und *Aloe* spp. . Im einzelnen liegen jedoch große Unterschiede in der Artenzusammensetzung vor. Sie können so ausgeprägt sein, daß sich die Übereinstimmung auf wenige, zudem oft seltene Formen beschränkt. Andererseits bestehen regelmäßig mehr oder weniger deutliche Affinitäten mit der Flora der jeweils benachbarten klimatischen Vegetationseinheit. Eine floristische Rechtfertigung für die Zusammenfassung des Busches auf steinigten Hängen gibt es daher nicht. Lediglich die Ähnlichkeiten der ökologischen Bedingungen (relative Trockenheit, Skelettboden) und der Physiognomie (dichter Strauchbestand) vermögen sie zu begründen. Der dichte Busch auf steinigten Hängen hat damit allein die Stellung einer Formation. Die oben genannte "Strauchgemeinschaft" (14) vermag daher nicht mehr zu bedeuten als eine bloße Zusammenstellung der hier am häufigsten gefundenen Arten.

Der dichte Busch auf steinigten Hängen ist viel verbreiteter als auf der Vegetationskarte dargestellt werden konnte. Zusätzlich zu seinen Vorkommen auf den Erhebungen, die hier fast ausschließlich berücksichtigt wurden, nimmt er regelmäßig die steilen Hänge von Bruchstufen und tiefen Kerbtaleinschnitten ein. Die Verbreitung der Lithosole umfaßt zusätzlich einige Vorkommen des Grashochlandes mit immergrünen Hartlaubsträuchern (II,4.1; z. B. die Guang-Gara-Kandami Berggruppe), die Gipfelregion des Hanang und weite Bereiche in dem isolierten Granitvorkommen zwischen der Singida Stufe und der Endesh Stufe.

Der Lithosol ist für eine ackerbauliche Nutzung ungeeignet; ebenso scheidet sein Verbreitungsgebiet als Weideland weitgehend aus.

Folgende Straucharten wurden überwiegend oder ausschließlich auf steinigten Hängen gefunden (mit Ausnahme des Kiderohorstes, dessen Flora bereits beschrieben wurde):

Acacia brevispica, *A. hockii*, *Commiphora trothae*, *Cordia gharaf*, *C. ovalis*, *Croton dichogamus*, *Dalbergia melanoxylon*, *D. stuhlmannii*, *Delonix elata*, *Dichrostachys cinerea*, *Grewia bicolor*, *G. fallax*, *G. lilacina*, *G. platyclada*, *Harrisonia abyssinica*, *Lannea humilis*, *L. stuhlmannii*, *Markhamia acuminata*, *M. hildebrandtii*, *M. obtusi-*

folia, *Phyllanthus engleri*, *Turraea fischeri*, *Vellozia aequatorialis*,
Vernonia sp. nr. *cinerascens*.

Die beiden häufigsten Grasarten sind *Heteropogon contortus* und
Sehima nervosa.

b. Edaphisch feuchte Standorte

Die Standorte der übrigen edaphisch bedingten Vegetationseinheiten sind durch eine vorübergehende oder dauernde Erhöhung der Bodenwasserführung gegenüber ihrer stärker geböschten Umgebung gekennzeichnet. Je nach der Art ihrer hydrologischen Bedingungen - permanente oder periodische Staunässe bzw. Abflußbehinderung ⁺⁾ , Ausmaß der zugeführten Wassermengen, Dauer der Überflutung, Süß- oder Salzwasser - tragen sie eine unterschiedliche Pflanzendecke.

VIII. Periodisch staunasses(r) Grasland/Trockenwald

Die periodisch staunassen Standorte, die Mbugas, bilden angenähert tischebene, oft abflußlose Senken. Bevorzugt finden sie sich dort, wo sich jüngere (quer zur allgemeinen Abdachung verlaufende) Bruchstufen den periodisch oder episodisch wasserführenden Flüssen in den Weg gelegt haben und sie aufstauen; seltener in Erweiterungen von Tälern. Ihre größte Ausdehnung gewinnen sie auf den beiden kaum gestörten Rumpfflächen des Mbulu Distriktes, der Masai Steppe und der Basotu Rumpffläche. Zahlreiche kleinere Vorkommen liegen im Bereich der neogenen vulkanischen Akkumulationen.

Die Vegetation der Mbugas zeigt alle Übergänge von reinem Grasland über Grasland mit einzelnen oder in Gruppen angeordneten Akazien bis zu einem geschlossenen Akazienbestand. Es ist mir nicht gelungen, standörtliche Unterschiede für diesen Wechsel des Pflanzenkleides zu erkennen. Doch ist

+) "Abflußbehinderung" wird hier als eine schwächere, niemals zur Überflutung führende Form der Staunässe verstanden.

wahrscheinlich, daß das Auftreten von Bäumen auf ganzjährig im Untergrund vorhandenes Wasser hindeutet (vgl. Walter 1962).

Die Verbreitung der Mbugas ist identisch mit derjenigen des Vertisols⁺. Dieser Boden ist im typischen Fall ein dunkelgrauer bis tiefschwarzer (gelegentlich mit blavioletttem Schimmer) schwerer Tonboden - seltener sandiger Ton - von geringer Permeabilität. Die erschwerte Bodenwasserbewegung und der gehemmte oberflächliche Abfluß führen regenzeitlich zu Staunässe, gelegentlich zu Überflutung. Andererseits verhindert die geringe Durchlässigkeit die Ausschlammung der Ton-/Schluffraktion; es gibt daher normalerweise weder Eluvial- noch Illuvial-Horizonte (A/C-Profil). Im trockenen Zustand ist der Vertisol außerordentlich hart, zähe (kohärenter als alle anderen Böden im Mbulu Distrikt) und von maximal etwa 2 m tief reichenden⁺⁺, vielfältig verästelten Sprungrissen in eckig-kantige Absonderungsformen zerlegt, wobei oberflächlich etwa hasel- bis walnußgroße Polyeder, im Unterboden großblockige Prismen überwiegen. Bei Durchfeuchtung quillt der Boden, die Schrumpfrisse schließen sich, die Konsistenz wird weich, schmierig-klebrig (plastisch). Die Mbugas werden zu dieser Zeit für jeden Motorverkehr unpassierbar.

Charakteristisch für den Vertisol ist, daß die Wasseraufnahme des Unterbodens derjenigen des Oberbodens vorausgeht (u. a. beschrieben bei Finck 1963, S. 67 ff.): Bei den ersten Niederschlägen (oder Zuflüssen) nach der Trockenzeit sammelt sich das Wasser in den vorher durch Bröckel von der Oberfläche mehr oder weniger locker aufgefüllten Spalten und gelangt so zum größten Teil in die tieferen Bodenschichten. Infolge der hohen Quellung bei Wasseraufnahme kommt es hier daraufhin zu einer über das zur Verfügung stehende Hohlraumvolumen hinausführenden Expansion: Eine vertikale Ausgleichsbewegung ist die Folge, die schließlich zu einer Selbstmulchierung des Vertisols führen kann.

Die Dünnschliffe eines aus einer Mbuga bei Matala entnommenen Profils

⁺) Name aus US. Dept. Agric. 7th Approximation, 1960; da er auch auf der neuen Bodenkarte Afrikas (D'Hoore) verwendet wird, soll ihm hier unter den zahlreichen Benennungen der Vorzug gegeben werden. Zu den (wahrscheinlichen) Synonyma gehören: Grumusol, Black Cotton Soil, Tirs (Marokko), Mbuga Soil (Ostafrika), Black Turf Soil (Südafrika), Regur (Indien).

⁺⁺) Die tiefstreichenden und am weitesten klaffenden Risse finden sich meistens auf den sanften Erhebungen einer Mbuga.

(Probe IV) zeigen eine gleichmäßig blaßbräunlich gefärbte, fein dunkel granuliert, dichte Grundmasse, die durch Schrumpfrisse (teilweise wohl durch Tätigkeit von Bodentieren vorgeprägt) mit buchtig-eckig gestalteten Wänden auffallend stark zerlegt ist. In der Grundmasse fallen meist aderförmig geformte, stärker doppelbrechende Zonen auf: Einregelung der Tonteilchen durch die bei der Quellung auftretenden Gleitbewegungen zwischen den einzelnen Aggregaten? Identisch mit den in der 7th Approx. beschriebenen "slickensides"? Der Anteil an Mineralkörnern ist sehr gering. Kleinere Ausscheidungen von Eisenhydroxyd treten vereinzelt auf.

Der Kalkgehalt kann in weiten Grenzen schwanken: Die kalkreichsten Vertisole scheinen im Kalktuffbereich um Basotu vorzukommen: Hier, aber auch in der Masai Steppe östlich des Kwarakh, wurden oberflächlich lößkündelartige Kalkkonkretionen gefunden. Obst (1923, S. 20) beschreibt Kalklagen in 1,5 - 2 m Tiefe für mehrere "Schwarzerde-Becken", die u. a. im Süden des heutigen Mbulu Distriktes liegen. Häufiger zeigt der Unterboden lediglich feine, unverfestigte, weiße Flecken, die bei Zugabe von verd. HCl stark aufbrausen. Daneben gibt es zahlreiche Vertisole, die auf diese Probe negativ reagieren.

Salzanreicherungen gehören zu den Ausnahmen. Sie wurden gefunden am südwestlichen Ausgang der Dabil Mbuga und in der Durumo Mbuga, unmittelbar oberhalb der Stelle, wo der Durumo River die Haidom Stufe in westlicher Richtung durchbricht ⁺⁾ .

Die Bodenreaktion lag bei den zahlreich daraufhin untersuchten Vertisolen im schwach sauren bis schwach alkalischen Bereich (meist im Unterboden leicht ansteigend). Anderson (1963a) bestimmte den pH-Wert (1:2,5 H₂O) eines Vertisols aus einer Hochland-Mbuga (Upper Kitete Scheme) mit 6,6 im Oberboden und 6,8 im Unterboden (45 - 75 cm). Calton (1959,

⁺⁾ In beiden Fällen handelt es sich um Hohlformen, die wahrscheinlich bis in jüngere Zeit hinein abflußlos waren und daher den Charakter von Salzpfannen hatten.

S. 171) nennt als Mittelwerte für 6 Vertisole ("cracking clays and sandy clays") von Tanzania 7,8 (Oberboden) - 7,5 (Unterboden), Scott (1962a) für den Unterboden der (22.) "Black to grey clays (grumusolic soils)" in Ostafrika 7 - 8,5. Muir et al. (1957, S. 5) maßen den pH-Wert von einem dunkelgrauen Vertisol bei Kongwa mit 6,85 (0 - 10 cm) - 8,30 (65 - 75 cm) und von einem schwarzen Vertisol bei Nachingwea mit 6,67 (0 - 15 cm) - 8,08 (140 - 210 cm).

Die Austauschkapazität für die entsprechenden Tiefen betrug bei dem letzten Profil 27,4 bzw. 48,7; Scott (1962a) nennt als mittlere Grenzen für die ostafrikanischen Vertisole 30 - 60, und für S: 90 - 100 %, Calton (1959, S. 171 f.) als mittlere Austauschkapazität von 6 Vertisolen aus Tanzania 45,3 (Oberboden) und 43,4 (Unterboden) und als mittleren Sättigungsgrad 82 - 84 %; unter den austauschbaren Kationen überwiegen die Erdalkalien Ca (62 %) und Mg (18 - 20 %). Analysen der sekundären Tonminerale, durchgeführt von Muir et al. (1957, S. 13) an den beiden erwähnten Proben, ergaben für den dunkelgrauen Vertisol ein Vorherrschen von Illit (und etwas Kaolinit), für den schwarzen Vertisol von Montmorillonit (und 20 - 30 % Kaolinit). Nach der u. a. von Dudal (1963) genannten allgemeinen Regel herrschen gewöhnlich die Montmorillonite vor. Ihre Bildung mag durch den hohen Gehalt an Erdalkalien und den gehemmten Sickerwasserabfluß begünstigt sein. Daneben gibt es mehrere Fälle, in denen die Dominanz von Illiten nachgewiesen wurde (Dudal 1963).

Der Gehalt an Humusstoffen ist trotz der dunklen Färbung gering. "Die außerordentlich hohe Färbekraft der geringen Humusmenge kommt dadurch zustande, daß der Humus auf der großen Oberfläche des montmorillonitischen Tons farblich stark zur Wirkung kommt." (Finck 1963, S. 72).

Die klimatischen Bildungsbedingungen des Vertisols sind gekennzeichnet durch den jahreszeitlichen Wechsel von Staunässe und Austrocknung. Die Höhe der jährlichen Regenfälle scheint ohne eindeutigen Einfluß zu sein. Nach Dudal (1963) liegt sie zwischen 150 und 2000 mm, meist jedoch zwischen 500 und 900 mm, nach Scott (1962a) zwischen 500 und 750 mm. Im

Mbulu Distrikt finden sich Vertisole innerhalb der Niederschlagsgrenzen von < 400 bis 800 ($900 ?$) mm; die zugehörigen jährlichen Verdunstungsmengen (pET) liegen zwischen 1100 bis 1200 und 800 mm. Zu bedenken ist, daß wohl alle Mbugas einen episodischen bis periodischen Zufluß erhalten, der die durch Niederschläge zugeführte Wassermenge erheblich erhöhen kann. Da die Menge dieser Zuflüsse in der Regel mit steigendem Regenfall zunimmt, so ergibt sich bei ihrer Berücksichtigung eine Ausweitung der klimatisch-hydrologischen Grenzwerte, innerhalb derer sich Vertisole zu entwickeln vermögen. Für die regenreichsten Vertisol-Vorkommen im Iraqw Hochland ist wahrscheinlich, daß die mittlere Dauer ihrer jährlichen Austrocknung kaum einen Monat überschreitet. Einige wenige Aufschlüsse und Grabungen zeigten hier durchweg eine rostfarbene Fleckung aus weichen Eisenhydroxyd-Konkretionen im Unterboden. Ähnliche "Rost-"Flecke wurden auch in den tieferen Vertisol-Horizonten solcher klimatisch trockenen Standorte gefunden, die einen perennierenden oder semi-perennierenden Zufluß erhalten. Häufig sind die hier vorkommenden Vertisole oberflächlich bis zu mehreren Dezimetern Mächtigkeit von jüngeren, bodengenetisch wenig entwickelten, blaß gelblich-bräunlichen, sandigen Flußsedimenten bedeckt (Regosole), u. a. beobachtet in den Talräumen des Barai, Ladja, Waama (N von Mbulu) und Gidahanda (bei Maskaroda). Auf Standorten mit ständiger Staunässe (in allen abflußbehinderten Senken des Marang Nebelwaldes und von Kainam) treten humusreichere und entsprechend lockerer strukturierte Sumpfböden an die Stelle der Vertisole.

Die Art des Ausgangsmaterials scheint von zumindest untergeordneter Bedeutung zu sein: Unabhängig von dem jeweils anstehenden Gestein oder den randlich anschließenden Böden haben sich Vertisole überall dort entwickelt, wo die oben beschriebenen klimatisch-hydrologischen Bedingungen erfüllt sind. Dies gilt mit Ausnahme jener Areale, die von Salzböden eingenommen werden.

Die Vertisole gelten als sehr fruchtbar. Nach Dudal (1963) haben sie gewöhnlich einen hohen Gehalt an Pflanzennährstoffen, und die Selbstmulchierung

führt zu einer gewissen Stabilität der Fruchtbarkeit. Da sie jedoch eine Reihe von ungünstigen physikalischen Bodeneigenschaften aufweisen und mit der von den Eingeborenen nach wie vor bevorzugten Hacke schwer zu bearbeiten sind, so steht ihrer hohen potentiellen Produktivität (und ihrer beträchtlichen Verbreitung) bis heute eine geringe Nutzung gegenüber. Unter den ansässigen Stämmen sind es besonders die Iraqw, die im südlichen Teil des Iraqw Hochlandes mit dem Anbau von Mais, Bohnen und Zwiebeln den Anfang gemacht haben, und zwar auf den Mbugas bei Gehandu, Tlawi, Bashay, Dongobesh, Tumati, Madunga, Nar, Walahu und - unterhalb der Gr. Bruchstufe - bei Dabil. Östlich von Endasak haben vorwiegend gebietsfremde Wanyaturu ihre Felder auf Vertisolen angelegt (für alle genannten Vorkommen vgl. Kt. III, Veg.: "Geschlossenes Kulturland" in der Nähe dieser Ansiedlungen). Gemeinsam ist diesen jungen Kulturgebieten auf Vertisolen (auch auf manchen anderen aus Alluvionen entwickelten Böden), daß ihre Felder in einem geschlossenen Verband angeordnet sind, im Gegensatz zur sonst ausgebildeten, die einzelnen Besitznahmen isolierenden Streulage. Dies mag teils begründet sein durch die sich aus den besonderen Schwierigkeiten der Inkulturnahme erklärende gemeinschaftliche Aufgabe der Be- und Entwässerung, teils dadurch, daß die Vertisole als Baugrund ungeeignet sind. Letzteres erzwingt eine Trennung von Haus- und Feldlage und schließt daher die grundsätzlich erwünschte Schaffung eines geschlossenen Besitzes von vornherein aus. Im Falle der Hochlandmbugas handelt es sich vorwiegend um zusätzliche (auch jahreszeitlich an die Bestellung der Felder auf Rotlehm anschließende) Kulturen, deren Früchte in erster Linie verkauft werden (Zwiebeln!). Damit wird hier eine Stufe der landwirtschaftlichen Entwicklung erreicht, die über die sonst weit verbreitete reine Selbstversorgung hinausführt.

Es muß untersucht werden, ob die ackerbauliche Nutzung von Vertisolen erheblich ausgeweitet werden kann. Gerade die großflächigen Vertisol-Vorkommen liegen in sehr regenarmen und daher für den Regenfeldbau ungeeigneten Bereichen, und es erscheint unsicher, ob hier die Zuflüsse das Niederschlagsdefizit auszugleichen vermögen. Für die Anlage von größeren Bewässerungskulturen reichen sie auf jeden Fall nicht aus! In dieser Hinsicht sind die Salzböden eindeutig besser gestellt.

Im Gegensatz zu ihren Vorkommen an feuchteren Standorten zeigen die Vertisole in den am ausgeprägtesten semiariden Gebieten (N: < 400 - 600 mm, pET: 1200 - 1000, H: 1050 - 1350 m) zu den ihnen benachbarten, meist rötlichbraunen Plains Soils einen ausgedehnten farblich gleitenden Übergang (= Rotbrauner bis brauner Vertisol) . Die folgenden sechs Proben (XXXVI, 1 - 6) aus der einen großen Teil der Sohle des Yaida Grabens einnehmen- den Mbuga, gesammelt ca. 3 km E von Yaida Chini, mögen dies beispielhaft zeigen. Sie wurden nahe unter der Oberfläche in Abständen von jeweils wenigen hundert Metern entnommen und zeigen, beginnend am Rand der Mbuga und von hier fortlaufend zu ihrem Inneren, folgende Farben:

1. 5 YR 4/4 rötlichbraun
2. 10 YR 4/3 braun
3. 2,5 Y 5/2 graubraun (gelbrot rostfleckig)
4. 2,5 Y 4/2 dunkel graubraun (braunrot rostfleckig)
5. 2,5 Y 3/2 sehr dunkel graubraun
6. 10 YR 4/1 dunkelgrau

Abgesehen von dieser farblichen Variation stimmen die Rotbraunen bis braunen Vertisole in allen Merkmalen mit den "typischen" schwarzen bis dunkelgrauen Vertisolen überein: u. a. tonige Textur, trockenzeitliche Rißbildung, schwach saure bis schwach alkalische Bodenreaktion und häufig schwacher bis mäßig starker Kalkgehalt. Nach Analysen von Anderson (1963b) an drei rötlichbraunen "cracking clays" im Gebiet des Mangola Irrigation Scheme bilden ebenfalls Ca- und Mg-Kationen den Hauptanteil an den austauschbaren Basen, und unter den Tonmineralen haben Montmorillonite einen beträchtlichen Anteil.

Die Rotbraunen bis braunen Vertisole bilden sich nur dort, wo entsprechend gefärbte Sedimente fluviatil (meist durch perennierende oder semi-perennierende Flüsse) zugeführt werden. Andererseits können diese nicht, wie ähnliche Ablagerungsverhältnisse in den feuchteren Zonen zeigen ⁺⁾ , die

⁺⁾ Aufreißende rötliche Tonböden fehlen hier auch unterhalb von Roten Latosolen und den Rotbraunen Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein vollständig.

eigentlichen bildungsbestimmenden Kräfte sein. Vielmehr sind sie nur Voraussetzung, die wesentliche Ursache für die Entwicklung von Rotbraunen bis braunen Vertisolen aber scheint die Trockenheit des Klimas zu sein.

Rötlichbraune (5 YR 4/3 - 4/4) und dunkel rötlichbraune (5 YR 3/4) Vertisole wurden gefunden am Südrand des Mangola Sumpfes (oberhalb der Mangola Duka), am Barai, im südlichen Zipfel der westlich von Basodowesh gelegenen Mbuga, im unteren Teil des Udahaya Talraumes (kurz oberhalb der Endadubu-Einmündung) und am S- (s.o.) und NE-Rand der Yaida Mbuga. In allen Fällen schließt oberhalb ein rötlicher Boden an, der wahrscheinlich ein Plains Soil ist.

15. Pennisetum mezianum Grasland

Das "Mbuga-Grasland" ist mit größerer Wahrscheinlichkeit eine natürliche Bildung als das früher beschriebene Pennisetum stramineum Grashochland. Seine häufigste Grasart scheint Pennisetum mezianum zu sein. Weiterhin wurden gefunden: *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*, *Setaria sphacelata*, *Sorghum versicolor*, *Sporobolus pyramidalis* und *Themeda triandra*. Auf den offenen Mbugaflächen unterhalb von Haidom im Durumo Tal und in einem Maar westlich der Straße Basodesh-Basotu fand ich Bestände des Zwergstrauches *Hygrophila auriculata*. Sie weisen wahrscheinlich auf länger andauernde Feuchtigkeit hin.

16. Akazientrockenwald (*Acacia drepanolobium*, *A. gerrardii*, *A. mbuluensis* oder *A. seyal*)

Die folgenden vier Akazienarten können vereinzelt oder geschlossen auf Mbuga vorkommen: *Acacia drepanolobium*, *A. mbuluensis*, *A. seyal* (var. *fistula* und var. *seyal*) und *A. gerrardii* (var. *calvescens* und var. *gerrardii*); davon sind die ersten drei in ihrem Vorkommen weitgehend auf Vertisole beschränkt, geschlossene Bestände sind von allen vier immer an Mbugas gebunden. Auffallend ist, daß sich in der Regel immer nur eine einzige der genannten Arten zu einem Trockenwald zusammenschließt und dann sehr oft

innerhalb der Grenzen einer Mbuga allein vorkommt. Die enge Bindung der vier Akazienarten an die Vertisole mag als eine besondere Anpassung an die auf diesem Boden besonders erschwerten Wachstumsbedingungen zu deuten sein: Die Bewegungen des Bodenmaterials bei Schrumpfung und Quellung (einschließlich der vertikalen Verschiebungen: "Selbstmulchierungen"), die hohe Bodendichte, periodische Staunässe und extreme trockenzeitliche Verhärtung behindern die Entwicklung der Wurzelsysteme.

Am häufigsten ist *Acacia drepanolobium*, ein spindeliger, 3 - 5 m hoher Baum, der, ebenso wie *A. mbuluensis* und *A. seyal* var. *fistula*, (meist von Ameisen bewohnte) Gallen trägt. Die mit einer Höhe bis zu 10 m wesentlich größere und auch an Umfang mächtigere *A. mbuluensis* bildet ausgedehnte Wälder im unteren Flußgebiet des Dongobesh River. Sie ist eine endemische Art in der Barabaig Region. Die licht gewachsene, rot- oder gelbrindige, 3 - 9 m hohe *A. seyal* scheint am häufigsten im Nordteil des Distriktes zu sein. Die bis zu 15 m hohe *A. gerrardii* kommt nur bei Bashay, Endasak, NW von Bonga und am Yere Awak/Bubu auf Vertisolen vor.

IX. Periodisch abflußbehinderter Trockenwald

Jenseits der Mbugas und Salztonebenen formen oft gegenüber den Vertisolen und Salzböden etwas gröber texturierte Ablagerungen einen flachen, fast unmerklichen Geländeanstieg. Diesem "oberen Alluvium" fehlen meist - ähnlich den ausgesprochenen Senken - deutlich eingeschnittene Flußbetten. Entsprechend erfolgt der Abfluß verlangsamt, nach starken Regenfällen häufig episodisch flächenhaft. Die Vegetation dieser periodisch abflußbehinderten Standorte besteht aus einem überwiegend aus Akazienarten zusammengesetzten Busch/Trockenwald. Der Boden ist ein Plains Soil (vgl. VI. Dornbusch-/Baumsteppe) bzw. - in Mbugwe - ein Dunkler Kalkboden (vgl. X. Regengrüne bis immergrüne Grundwasserwälder auf permanent grundwasserreichen Standorten).

17. Acacia kirkii ssp. kirkii var. intermedia - A. mellifera-A. nilotica
ssp. subalata-Lannea humilis Trockenwald

Die beiden Vorkommen dieser Pflanzengemeinschaft, im nordöstlichen Teil des Yaida Grabens und im Süden von Mbugwe (östlich der feuchteren, von den Flüssen Cau und Dudumera permanent wasserversorgten Gebiete), haben folgende Arten gemeinsam: *Acacia kirkii* ssp. *kirkii* var. *intermedia* (wahrscheinlich häufigste Art im Mbugwe Teilgebiet dieses Typs), *A. mellifera*, *A. nilotica* ssp. *subalata*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa* und *Lannea humilis*. Für jeweils eines der beiden Teilgebiete wurden nachgewiesen:

a. Yaida Graben: *Acacia nubica*, *A. stuhlmannii*, *Commiphora campestris*, *Maerua crassifolia*, *M. triphylla* var. *johannis*, *Salvadora persica* und *Terminalia* ? sp.; Grasarten: *Chloris virgata*, *Panicum poaeoides* und *Pennisetum mezianum*.

b. Mbugwe: *Acacia brevispica*, *A. seyal*, *Adansonia digitata*, *Harrisia abyssinica*, *Ormocarpum trichocarpum* und *Ziziphus pubescens*.

18. Balanites Trockenwald

Wahrscheinlich nimmt der lichte *Balanites aegyptiaca* (?) -Trockenwald bei Riroda und auf dem Schwemmkegel des Endabash River unterhalb der Gr. Bruchstufe ebenfalls einen periodisch abflußbehinderten Standort ein. Ich habe ihn auf der Karte (III) mit demgleichen Grundraster dargestellt. Dagegen stellte ich die *Commiphora* Obstgartensteppe und den *Acacia tortilis* ssp. *spirocarpa* Trockenwald, die - wie beschrieben - ebenfalls unter ähnlichen edaphischen Bedingungen vorkommen, zu der klimatischen Vegetationseinheit *Acacia tortilis*-*Commiphora* Dornbusch-/Baumsteppe.

X. Regen grüne bis immergrüne Grundwasserwälder auf permanent grundwasserreichen Standorten

Ein ganz anderes Bild bietet die Vegetation der ganzjährig grundwasserreichen Alluvionen. Sowohl ihr Baumwuchs als auch die geschlossene Grasbedeckung (mit Ausnahme des fast regenwaldartigen Grundwasserwaldes im nördlichen Teil des Lake Manyara National Park) sind höher und der Gesamteindruck ist der einer üppigeren Pflanzenentfaltung. Eine ackerbauliche Nutzung dürfte überall günstig sein. Alle europäischen und indischen Farmen unterhalb der Gr. Bruchstufe, mit Ausnahme derjenigen auf dem Dangwal Hochland, nehmen zumindest mit einem Teil ihrer Felder permanent grundwasserreiche Standorte ein. Demgegenüber haben die Einheimischen kaum Anteil an ihrer Nutzung.

Die ganzjährig grundwasserreichen Standorte sind überwiegend gebunden an das Vorhandensein von perennierenden oberflächlichen Zuflüssen; seltener finden sie sich in Senken oder auf Hangfußzonen, die lediglich unterirdisch ständig mit Wasser versorgt werden. Je nach Ausmaß dieser Wasserzufuhr ist ihre Pflanzendecke, floristisch wie physiognomisch, deutlich unterschieden und läßt weitere Untergliederungen zu. Im einzelnen gelang es mir jedoch nicht, das Vorkommen jeder dieser möglichen pflanzensoziologischen Differenzierungen mit letzter Sicherheit auf bestimmte hydrologische Unterschiede zurückzuführen.

Gleichfalls ungelöst blieb die Gliederung der Böden. Die beiden Einheiten mit dem wahrscheinlich größten Flächenanteil sind die Dunklen Kalkböden auf alten Seeablagerungen und die Gley- bzw. Pseudogley-Böden. Nur sie sollen hier beschrieben werden.

Die Verbreitung der Dunklen Kalkböden beschränkt sich auf die Manyara Alluvialebene und hier auf die beiden Restseen, Lake Manyara und Lake Burungi, umgebenden abflußbehinderten Gebiete. Auszuschließen sind allerdings die Sümpfe und das auf der Vegetationskarte (III) ausgeschiedene Grasland auf Salzböden, dagegen einzubeziehen der nicht staunasse Minjingu Rücken.

Der in diesem Bereich vorkommende Boden hebt sich durch seine im feuchten Zustand schwärzliche, im trockenen dunkelgraue bis dunkel-graubraune Färbung auffällig von den ihn umgebenden roten bis braunroten Böden ab. Sein Ausgangsmaterial stellen limnische Sedimente altkristallinen (Gneis) und neovulkanischen ^{+) (Basalt, auch Kalktuff ?) Ursprungs, zudem jüngere fluviatile Ablagerungen, insbesondere der größeren perennierenden Flüsse Cau, Dudumera, Magara, Dagaa, Giheri, Yambi, Endabash River, Marera und Kiraruma, außerdem des periodisch fließenden Tarangire. Ihre sandig-kiesigen Aufschüttungen können dort, wo sie aus dem deutlich steiler ansteigenden Hügelland (E und S) bzw. der steilen Aufragung der Gr. Bruchstufe (W) in das äußerst sanft zu den beiden heutigen Salzpflanzen hin abfallende Schwemmland einmünden, mehrere Meter mächtig sein. Aber auch weiter zum Inneren hin bedeckt meist ein mehrere Dezimeter tiefer sandiger Oberboden (wahrscheinlich fluviatiler Herkunft) die darunter anschließenden sandig-tonigen Horizonte (wahrscheinlich limnischen Ursprungs). Nur die gelegentlich vorkommenden sanften Bodenwellen (ausgedehnter auf dem durch alte Kliffe gegliederten Minjingu Rücken - vgl. Fig. 4) zeigen auch oberflächlich Kalkkonkretionen, die sich zu geschlossenen Krusten verdichten können. In der Regel jedoch folgen Kalkausscheidungen erst in einer Tiefe von mehreren Dezimetern, teils in mergelig-kreideartiger Konsistenz, dem Boden eine Weißfleckigkeit verleihend, teils - wohl häufiger - in festen plattig-knolligen Konkretionen, die sich zu mehr oder weniger geschlossenen, brüchigen Lagen zusammenschließen können. Die Farbe des Feinmaterials dieses Kalkanreicherungshorizontes ist nur geringfügig heller als diejenige des Oberbodens. Nach unten folgt in sehr unterschiedlicher, vermutlich mit zunehmender Entfernung von den heutigen Salzpflanzen größer werdenden Tiefe ein sehr heller, meist leicht oliv getönter, sandig-toniger Unterboden. Er wurde bei Kaiti in 50 cm, bei Magugu dagegen erst in 90 cm Tiefe gefunden. Seine Farbe wurde als grau (2,5 Y 5/1) bzw. blaßoliv (5 Y 6/3) bestimmt. Dieser helle Unterboden kann zwar ebenfalls Kalkkonkretionen enthalten, doch dürfte er insgesamt}

+) auch östlich des Lake Manyara wurden südöstlich von Kwakuchinja Agglomerate gefunden.

bodengenetisch wenig verändertes limnisches Ablagerungsmaterial darstellen, also als C-Horizont anzusprechen sein. Seine Bodenreaktion liegt meist im stark alkalischen Bereich, deutet also auf einen höheren Salzgehalt hin. Die pH-Werte des Oberbodens schwanken zwischen schwach sauer bis schwach alkalisch.

Im trockenen Zustand verhärten die Dunklen Kalkböden mäßig stark (ohne aufzureißen), bei Durchfeuchtung sind sie demgegenüber weich, morastig. Die Great North Road ("Kap-Kairo-Straße"), die hier hindurchführt, mußte dementsprechend aufgeschottert werden, wozu das brüchige Kalkgestein mitverwandt wurde. Im übrigen folgt die Führung dieser wichtigen Fernstraße der Besi-Kaiti Gneisschwelle und dem Minjingu Rücken.

Die Bildung der Dunklen Kalkböden dürfte neben den bedeutsamen Einflüssen des Ausgangsmaterials wesentlich mitbestimmt sein durch die besonderen hydrographischen Bedingungen der Schwemmlandebene: Einem ziemlich semi-ariden Klima (N: 600 - 700 mm, pET: 1000 - 1100 mm, regenlose Zeit: 5 - 6 Monate) steht ein ungewöhnlich hoher, zu einem beträchtlichen Teil auch während der Trockenzeit andauernder Zufluß gegenüber, der zu einem vermutlich ganzjährig in geringer Tiefe liegenden (wohl kaum einige Meter Tiefe überschreitenden) Grundwasserstand führt. Als Folge muß ein umfangreicher kapillarer Bodenwasseraufstieg während der Trockenmonate angenommen werden, der den oben beschriebenen Kalkanreicherungshorizont erklären könnte.

Die von Scott (1962a) angeführten (11.) "Dark greyish brown calcarous clay loams (rendzinic soils)" sind vermutlich identisch mit diesem Boden, wenngleich nicht für dieses Verbreitungsgebiet genannt. Danach betragen A: 25 - 45 und S: 85 - 100 %.

Die Dunklen Kalkböden haben viele Ähnlichkeiten mit den grauen Plains Soils, und zwar sowohl in ihrem Standort - hier wie dort nehmen sie in charakteristischer Weise eine Übergangszone zwischen den stärker geböschten, gut drainierten Hängen mit Verwitterungsböden (hier Rotlehme) und

den ausgesprochenen Senken (hier Salzböden, Vertisole fehlen) ein - als auch in vielen Bodeneigenschaften. Wenn ich mich trotzdem zu einer Trennung entschloß, so im wesentlichen deshalb, weil hier in Mbugwe meist ein derart mächtiger Kalkanreicherungschorizont ausgebildet ist, wie ich ihn in den grauen Plains Soils niemals fand.

Die nur örtlich betriebene ackerbauliche Nutzung der Dunklen Kalkböden liegt fast ausschließlich in den Händen von fremdstämmigen Afrikanern und von Europäern und Indern. Die afrikanischen Siedlungskerne liegen perlschnurartig an der Great North Road aufgereiht: Kwakuchinja, Minjingu, Kaiti und Magugu. Angebaut werden überwiegend Mais und Bohnen. In Magugu wachsen einige Kokospalmen. Westlich von hier, am Rande der ausgedehnten Cau- und Dudumerasümpfe, wird auf humusreichen Böden (Sumpfböden) Reis kultiviert (Kisangaji und Kalimaji). Die europäischen Farmen reihen sich am südlichen und westlichen Rand der Schwemmlandebene auf. Sie liegen hier überwiegend im Bereich mächtigerer fluviatiler Aufschüttungen, unterhalb der Gr. Bruchstufe auch auf der steiler ansteigenden Hangfußschuttzone. Zwei indische Farmen schließen sich nördlich bzw. südlich des Sino Hill an. Angebaut werden meistens Weizen, Papaya und Kaffee, neuerdings auch Sisal. Die ursprünglichen Herren dieses Gebietes, die den Bantu angehörenden, sehr konservativen Wambugwe, haben ihre Hirsefelder überwiegend auf dem leichter zu bebauenden (vermutlich auch ihren traditionellen ackerbaulichen Methoden stärker entgegenkommenden) dunkelgraubraunen sandigen Boden der Besi-Kaiti Gneisschwelle angelegt. Sie sind zudem Viehhalter. Ihre Hütten, flachgedeckte Temben, liegen zum größten Teil im Bereich der das Zentrum der Schwemmlandebene einnehmenden Salzböden, und zwar südlich des Lake Manyara und entlang dem Westufer des Lake Burungi.

Die Verbreitung der Gleye oder gleyähnlichen Böden ist nur vermutungsweise anzugeben: Der schwärzliche humose Oberboden vereitelt eine sichere Ansprache, erst Grabungen können den G-bzw. g-(= S-)-Horizont freilegen; und da derartige Aufschlüsse nur sehr begrenzt angelegt werden konnten (natürliche fehlen meist), so bleibt allein die Möglichkeit, aus diesen weni-

gen über einen Vergleich ihrer standörtlichen Gegebenheiten auf die gesamte Verbreitung dieser grund- oder stauwasserbeeinflussten Böden zu schließen. Danach sind sie die vorherrschenden Bodentypen auf umgelagertem Material in den schmalen, höchstens regenzeitlich überfluteten Talauen von perennierenden bis semi-perennierenden Flüssen unter subhumidem bis humidem Klima.

Gegenüber den schwach braunrostarben gefleckten, sonst aber dunkelgrauen bis schwarzen Unterböden mancher Vertisole an relativ feuchten Standorten zeichnen sich die gefundenen Gleye bzw. Pseudogleye durch eine viel stärkere, überwiegend gelblichrötliche Fleckigkeit in einer fahlgrauen bis weißlichen Grundfarbe aus. Das Gefüge ist außerordentlich dicht und weist (Probe XXXV, Ari) - im Gegensatz zu den von Sprungrissen dicht zerlegten Vertisolen - kaum Hohlräume auf. Die Eisenkonzentrationen liegen z. T. in kristalliner Form vor. Die Bodenreaktion lag bei den vier daraufhin untersuchten Proben (XXXIV, XXXV, XLII, LIX) im sauren bis schwach sauren Bereich. In der Bodenart scheinen keine Unterschiede zu den Vertisolen zu bestehen: Zumindest der Unterboden ist außerordentlich tonreich, ebenfalls ist die trocken-/regenzeitliche Konsistenz ähnlich. Der Oberboden ist fast immer von schwärzlich grauer Farbe und zeigt oft einen höheren Sandgehalt. Er reißt trockenzeitlich nicht auf.

Die Gleye und gleyähnlichen Böden sind wahrscheinlich identisch mit den "Mineral hydromorphic soils" von D'Hoore (1964) und den (26.) "Greyish brown, mottled clays (Gley Soils: 'Vlei Soils')" von Scott (1962 a). Nach Scott beträgt A: 5 - 25, S: 30 - 70 %.

19. Cordia-Maerua Grundwasserwald

Die Cordia-Maerua Einheit ist ein trockener Typ des Grundwasserwaldes. Er nimmt die unteren Talräume des im Oberlauf perennierenden Udahaya und des ganzjährig bis zur Mündung wasserführenden Barai/Mangola ein: Die Barai Alluvialebene und die Alluvionen des Udahaya Talraumes. Die beiden Teilgebieten gemeinsamen Arten sind *Acacia tortilis* ssp. *spirocarpa*,

Cordia gharaf, *C. ovalis* und *Maerua triphylla* var. *johannis*; im floristisch von mir kaum untersuchten Udahaya Tal fand ich außerdem *Adansonia digitata*, am Barai zusätzlich: *Acacia xanthophloea*, *Borassus* (?)palmen, weit ausladende immergrüne *Ficus*bäume und *Tamarindus indica*.

Die ursprüngliche Vegetation auf dem Schwemmland des perennierenden Yaida Baches (unterhalb der Yaida Stufe) dürfte floristisch/physiognomisch ähnlich gewesen sein. Heute ist dieses Gebiet durch "Tsetse Rodungen" völlig entwaldet; lediglich *Ficus*bäume (wohl *F. sycomorus*) säumen die Ufer des Yaida River.

Ebenfalls zeigt die Baum-/Strauchvegetation im nordöstlichen Teil des Yaida Grabens (NE der Mbuga bei Endanyawish) eine floristische Affinität zu dieser Einheit.

Die Mehrzahl der permanent grundwasserreichen Standorte wird von Akazien-Grundwasserwäldern eingenommen. Die vielfältigen Artengemeinschaften lassen sich wenigstens zwei Typen zuordnen, dem Fieberbaum-Grundwasserwald und dem *Acacia polycantha* ssp. *campylacantha*-*A. clavigera* ssp. *usambarensis*-*A. sieberiana* Grundwasserwald.

20. *Acacia xanthophloea* (Fieberbaum-) Grundwasserwald

Der *Acacia xanthophloea* Grundwasserwald ist gekennzeichnet durch die Dominanz des gelbrindigen, bis zu 25 m hohen Fieberbaums (*A. xanthophloea*). Seine Vorkommen liegen meist an den Ufern von Seen oder Sümpfen, und zwar wohl immer innerhalb ihrer Überschwemmungsbereiche.

Fieberbaumwälder umgeben die süßwasserhaltigen Seen bei Babati und bei Basotu und - stellenweise - den Cau/Dudumera Sumpf. Ein kleiner Bestand schließt bei Masakaloda an den Bubu Sumpf an, während ein lichter Fieberbaumwald, in dem auch *Acacia gerrardii* vorkommt, die feuchteren Areale des Bagara Schwemmlandes unterhalb der Endasak Stufe bedeckt. Die Vorkommen von *A. xanthophloea* an den Salzseen Balangida, Balangda-Lalu und Manyara liegen in Bereichen ober- oder unterirdischen Süßwasserzuflusses.

Die Brunnen, die von den Einheimischen im Fieberbaumwald am Lake Balangida und Lake Balangda-Lalu gegraben wurden, enthalten brackisches Wasser:

Am Lake Babati wurden als assoziierte Arten gefunden: *Acacia drepanolobium*, *A. polycantha* ssp. *campylacantha*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa* und - randlich - *Balanites aegyptiaca*; am Lake Balangida: *Acacia stuhlmannii* ? .

21. *Acacia polycantha* ssp. *campylacantha*-*A. clavigera* ssp. *usambarensis*-
A. sieberiana Grundwasserwald

Zu diesem zweiten Typ (?) der Akazien-Grundwasserwälder gehören die Akazienbestände nördlich von Madege, zwischen Galappo, Kikore und Kash und - zum Teil - im südlichen Mbugwe. Der Baumbestand aller drei Vorkommen ist durch "Tsetse-Rodungen" stark gelichtet.

An der Artenzusammensetzung haben *Acacia polycantha* ssp. *campylacantha* und *A. sieberiana* (wahrscheinlich var. *sieberiana*), in den beiden östlichen Teilarealen *Acacia clavigera* ssp. *usambarensis* einen bedeutenden Anteil.

Zwischen Kikore und Kash wurden weiterhin die folgenden Species gesammelt: *Acacia nilotica* ssp. *subalata*, *A. seyal* var. *seyal*, *Albizia amara* und *Kigelia aethiopum* (Leberwurstbaum); Gräser: *Hyparrhenia pseudocymbaria*, *H. rufa*, *Panicum maximum*. Nach Scott (1934, S. 200 und 205) außerdem: *Harrisonia abyssinica*, *Lannea humilis*; Gräser: *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*, *Echinochloa haploclada*, *Eragrostis superba*, *Heteropogon contortus*, *Hyparrhenia cymbaria*, *Pennisetum massaicum*, *Setaria aequatorialis*, *Sorghum versicolor* und *Themeda triandra*.

Im Mbugwe-Teilgebiet fand ich: *Acacia seyal* var. *seyal*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa*, *A. xanthophloea*, *Balanites aegyptiaca*, *Harrisonia abyssinica*, *Kigelia aethiopum*, *Tamarindus indica*; Gräser: *Panicum maximum* und *Pennisetum purpureum*.

Die hier genannten Arten stellen auch die wichtigsten Vertreter der übrigen mit einem Akazienwald bestandenen permanent stauenden Alluvionen. Doch reichen meine Bestandsaufnahmen nicht aus, über ihre Zugehörigkeit zu diesem Typ zu entscheiden. Im folgenden nenne ich für einige von ihnen die von mir dort gesammelten Pflanzenarten.

a. Den östlich der Straße Arusha - Dodoma (Great North Road) gelegenen Teil des früheren Manyara Seebodens bedeckt ein überwiegend aus *Acacia tortilis* ssp. *spirocarpa* bestehender Trockenwald. Darin verstreut vorkommende *Borassus* (?) palmen deuten auf permanentes Wasser im Untergrund hin. Weiterhin wurden gefunden: *Acacia etbaica*, *A. mellifera*, *Albizia anthelmintica*, *A. harveyi*, *Balanites aegyptiaca*, *Crotalaria burtii*, *Heeria reticulata*, *Lannea triphylla*, *Lonchocarpus eriocalyx*; Grasarten: *Aristida hordeacea*, *Cyperus rotundus*, *Echinochloa* sp. aff. *haploclada*, *Orochloa trichopos*, *Panicum maximum*, *Setaria incrassata*, *Sorghum verticilliflorum* und *Sporobolus marginatus*.

b. In dem schmalen Uferwaldsaum des Oltukai: *Borassus*(?) palmen und *Acacia polycantha* ssp. *campylacantha*.

c. Auf dem meist licht mit Bäumen bestandenen Talboden des Tarangire River: *Acacia sieberiana*, *A. xanthophloea*, *Borassus*(?) palmen, *Kigelia aethiopum* und *Tamarindus indica* (ergänzt durch Angaben von Lamprey, 1963).

d. Im staunassen Mündungsgebiet des Maretadu Baches in den Dongobesh River: *Acacia albida*, *A. sieberiana* (?) und *Ficus* sp..

e. Im Tal des Ufana River bei Ufana und auf der Endesh Scholle bei Endesh: *Acacia sieberiana*.

f. In einem von der Rodung verschont gebliebenen Wäldchen des Kiru Beckens: *Acacia brevispica*, *A. polycantha*, ssp. *campylacantha*, *A. sieberiana* (?), *Combretum binderanum*, *Tamarindus indica* und das Gras *Panicum maximum*.

g. Grundwasserwald/Mbugagrasland NE der Kiru Estate (L. O. NO. 18293): *Acacia brevispica*, *A. drepanolobium*, *A. mellifera*, *A. seyal* var. *fistula*, *A. seyal* var. *seyal*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa*, *A. xanthophloea*, *Albizia harveyi*, *Balanites glabra*, *Combretum binderanum*, *Commiphora madagascariensis*, *Cordia gharaf*, *Dichrostachys* ? sp., *Lannea humilis*, *Strychnos* ? sp.; Gräser: *Echinochloa* ? *haploclada*, *Eragrostis superba*, *Panicum infestum*, *P. massaiense*, *P. maximum*, *P. meyerianum*, *Pennisetum mezianum*, *Sporobolus greenwayi* und *S. marginatus*.

h. Stark gelichteter Grundwasserwald südlich der den Lake Babati umrahmenden Fieberbaum-Uferwaldzone: *Acacia gerrardii* (häufigste Art), *A. drepanolobium*, *A. nilotica* ssp. *subalata*, *A. polycantha* ssp. *campylacantha*, *A. senegal* var. *senegal*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa*, *A. xanthophloea*, *Ficus* sp..

22. *Borassus*(?) palmen Grundwasserwald

Auf ähnlich brackigen Überschwemmungsbereichen, wie ich sie für einige Vorkommen des Fieberbaumwaldes beschrieb, stehen am nordöstlichen Ufer

des Lake Eyasi - unterhalb des Schirmakazien Trockenwaldes (s.o.), von Endamagha nach S bis auf ca. 6 km an die Mangola Baraza heranreichend - und am südöstlichen Rand des Lake Manyara - zwischen Minjingu Hill und Kaiti - *Borassus*(?)palmen Grundwasserwälder.

Im Lake Eyasi-Teilgebiet ist *Acacia xanthophloea* codominant. An Grasarten wurden hier *Chloris gayana* und *Sporobolus robustus* gefunden. Salzausblühungen bedecken in der Trockenzeit stellenweise den Boden, andererseits zeugt eine Reihe von süßen Quellen von einem Grundwasserzufluß (das vom Oldeani Vulkanberg abkommende Wasser versickert - mit Ausnahme des Olbosare - in der den unteren Hang bedeckenden Schuttzone und tritt hier teilweise wieder aus).

Am Lake Manyara formen *Acacia kirkii* ssp. *kirkii* var. *intermedia*, *A. polycantha* ssp. *campylacantha* und *A. sieberiana* gleichsam einen Unterwuchs unter den bis zu 25 m aufragenden schlanken Palmen. Ich sammelte hier das Gras *Sporobolus marginatus*.

23. Halbbimmergrüner Grundwasserwald

Aus überwiegend dornlosen, zu einem großen Teil immergrünen Baumarten bestehen einige Grundwasserwälder am Fuße der Gr. Bruchstufe: unterhalb des Hassama und Marang Höhenwaldes und am NW-Ende des Lake Manyara.

Im Bereich von Shauri Moyo und Magara, dem südlichen der beiden Vorkommen, haben die Rodungen der hier in der zweiten Hälfte der 50er Jahre ansässig gewordenen europäischen Farmer den Wald weithin zerstört. Die erhalten gebliebenen Bestände ähneln in manchen ihrer floristischen und physiognomischen Merkmale den Höhenwäldern. Clausen (1959) fand in ihnen die folgenden montanen Regenwaldarten:

Albizia gummifera, *Bersama* spp., *Casearia* spp., *Cassipourea malosana* (Syn. *C. elliotii*), *Catha edulis*, *Croton megalocarpus* und *Ekebergia rueppeliana*; zusätzlich sammelte ich *Croton macrostachyus* und *Trichilia roka*.

Das Auftreten dieser montanen Regenwaldarten an diesem nur 1000 m ü. NN gelegenen Standort wird verständlicher, wenn man bedenkt, daß die mittlere jährliche Niederschlagsmenge mit rd. 1000 mm ähnlich hoch ist wie die des Höhenwaldes.

An Grundwasser-Arten wurden nachgewiesen (⁺ nur von Clausen gefunden):

Acacia brevispica, ⁺ *A. kirkii* ssp. *kirkii* var. *intermedia*, ⁺ *A. mellifera*, *A. tortilis* ssp. *spirocarpa*, *A. sieberiana*, *A. xanthophloea*, *Balanites aegyptiaca*, *Borassus* sp. (oder *Hyphaene* sp. ?), ⁺ *Capparis fascicularis* var. *elaeagnoides*, *Commiphora schimperi*, ⁺ *Cordia ovalis*, ⁺ *C. gharaf*, *Ficus* sp., *Gardenia jovis-tonantis*, *Grewia* spp., ⁺ *Harrisonia abyssinica*, *Heeria reticulata*, *Kigelia aethiopum*, *Lonchocarpus eriocalyx*, *Tamarindus indica*, *Terminalia kilimandscharica*, *Ventilago* sp., *Ziziphus pubescens*.

Einen ähnlich regenwaldartigen Eindruck macht der Grundwasserwald bei Mto-wa-Mbu, dem nördlichen der beiden Vorkommen dieses Typs, obwohl die mittlere jährliche Niederschlagsmenge mit rd. 550 mm nur gut halb so groß ist. Die Ursache für die üppige Pflanzenentfaltung liegt hier eindeutig in dem ganzjährig reichlichen Wasserzufluß vom doppelgipfeligen Olosirwa/Loolmalasin Vulkanberg.

Greenway untersuchte in den Jahren 1964/65 die Flora des Manyara National Park. Seiner bisher unveröffentlichten Artenliste für den Grundwasserwald bei Mto-wa-Mbu entnahm ich die folgenden häufiger vorkommenden Baum- und Straucharten:

Acacia sieberiana, *A. xanthophloea*, *Acalypha fruticosa*, *Bridelia micrantha*, *Calpurnea subdecandra*, *Celtis africana*, *Chaetacme aristata*, *Conopharyngia usambarensis*, *C. sp. aff. elegans*, *Cordia abyssinica*, *C. gharaf*, *C. goetzei*, *C. ovalis*, *Croton macrostachyus*, *Diospyros abyssinica*, *Dovyalis xanthocarpa*, *Ekebergia buchananii*, *Ficus sycomorus*, *F. wakefieldii*, *Gardenia jovis-tonantis*, *Hibiscus calyphyllus*, *Hoslundia opposita*, *Hyphaene ? ventricosa*, *Kigelia africana*, *Ocimum suave*, *Phoenix reclinata*, *Rauwolfia caffra*, *Tamarindus indica*, *Thylachium africanum*, *Trema orientalis*, *Trichilia emetica*, *Vangueria acutiloba*, *Vepris uguenensis*, *Ziziphus pubescens*.

XI. Sumpf

24. Cyperaceen Grassumpf

Ist ein permanent grundwasserreicher Standort regelmäßig für längere Zeit im Jahr überflutet, so kann sich ein Baumwuchs nicht halten: Ein vornehmlich mit Riedgräsern (Cyperaceae) geschlossen bedeckter Sumpf tritt an seine Stelle. Im Mbulu Distrikt sind derartige Grassümpfe selten und fast immer von sehr geringer Ausdehnung. Sie folgen in der Mehrzahl den perennierenden Flüssen und bilden oft die Endpunkte ihrer Entwässerung. Kleinere Vorkommen nehmen stellenweise die Uferzonen der Seen (bei Salzseen nur solche Standorte, an denen reichlich Süßwasser zufließt) und die Kratersohlen einiger Vulkanhügel und Maare ein. Die Böden wurden nicht näher untersucht. Nach der Nomenklatur von D'Hoore (1964) gehören sie zu den "organic hydromorphic soils".

Die auffälligste Art der gesammelten Riedgräser, der Papyrus (*Cyperus papyrus*), scheint auf die fast ganzjährig von Süßwasser flach überfluteten Senken beschränkt zu sein. Ein fast reiner Papyrusbestand begleitet den Bubu River zwischen Dareda und der Straßenüberquerung Endasak - Gidas. Kleinere Areale finden sich im Iraqw Hochland (E von Daudi, am Kurufa und Harako, in Kainam und im Marang) und im Cau/Dudumera Sumpf.

Weiterhin wurden die folgenden Arten nachgewiesen:

NW der Mangola Baraza am Lake Eyasi:

Cyperus alternifolius, *Juncellus laevigatus* und *Typha australis*;

W der Mangola B.: *Cyperus longus* ssp. *tenuiflorus*, *Echinochloa haploclada* und *Scirpus maritimus*;

Yaida Graben, SW von Endanyawish: *Cyperus immensus*;

NNE von Haidom: *Cyperus denudatus*, *Eragrostis inamoena* und *Scirpus confusus*;

NE-Rand des Lake Balangida: *Juncellus laevigatus*;

E von Endasak: *Cyperus exaltus*;

S-Ende des Lake Burungi: *Sporobolus robustus*;

N-Manyara See: *Cyperus exaltus* (?) und *Juncellus laevigatus* (auch am S-Ende des Sees);

Kainam: *Cyperus platycaulis*.

Eine Sonderstellung nimmt der südlich des Basotu Maar-Sees anschließende Sumpf ein: Ein mangrove-ähnlicher Sumpfbusch/wald, deren Arten zu bestimmen leider versäumt wurde, bedeckt ihn geschlossen. Er dient allnächtlich Tausenden von weißen Reiher (wahrscheinlich *Bubulus ibis*) als Schlafplatz.

An den Rändern des Dudumera Sumpfes östlich von Magugu wird von fremdstämmigen Siedlern Reis gepflanzt.

XII. Grasland auf Salzböden

Sowohl die grauen Plains Soils als auch die Dunklen Kalkböden können - wie beschrieben - einen ansehnlichen Salzgehalt im Unterboden aufweisen; doch bleibt er in jedem Falle unter der Grenze, von der ab sich trockenzeitlich Salzausblühungen an der Bodenoberfläche ausbilden. Dort, wo diese Grenze überschritten wird, zeigt bereits die Vegetation den Wechsel in der Salzkonzentration an: Der Baumwuchs hört völlig auf, und an seine Stelle tritt eine meist unzusammenhängende Grasdecke, in der *Odyssea jaegeri* und *Sporobolus*-Arten überwiegen. Dieses Salzgrasland grenzt in allen Fällen an (vegetationslose) Salzpfannen, und es ist wahrscheinlich, daß es in manchen Jahren von dem regenzeitlichen Hochwasser jener überflutet wird. Stärker noch als hierdurch wird mit einer ständigen Salzzufuhr über einen Grundwasserzufluß zu rechnen sein. Mit zunehmender Entfernung vom eigentlichen Seebett verringert er sich, und ein - zumindest - in diesem Nachbarschaftsbereich noch salzhaltiger aber doch salzärmerer solonetziger Plains Soil oder Dunkler Kalkboden schließt sich an. Da es unsicher ist, ob der Salzgehalt (in den Unterböden) ein typisches Merkmal dieser beiden Böden ist, so soll der Begriff "Salzböden" den trockenzeitlich salzeffloreszierenden, solontschakartigen Böden des Salzgraslandes und der Salzpfannen vorbehalten bleiben.

Die in dieser Weise abgegrenzten Salzböden kommen an folgenden vier Stellen vor (jeweils Seebett und anschließendes Salzgrasland; vgl. Kt. III, Veg.):

1. Eyasi: H. 1030 m, N < 400 mm, pET 1100 - 1200 mm
2. Manyara und Burungi: H 960 m, N 600-700 mm, pET 1000 - 1100 mm

3. Balangida: H 1530 m, N 500 - 600 mm, pET 800 - 900 mm
4. Balangda-Lalu: H 1390 m, N 500-600 mm, pET 900 - 1000 mm.

Das sedimentierte Material ist in allen vier Fällen altkristallinen (Gneis, Granit und/oder Glimmerschiefer) und neovulkanischen (Basalt, Nephelinit, Tuffe und/oder Aschen) Ursprungs. Die Salzseen trocknen in der regenlosen Jahreszeit meistens aus, die kleineren Seen Burungi, Balangida und Balangda-Lalu wohl immer, während die ausgedehnten Seen Manyara und Eyasi in regenreichen Jahren auch ganzjährig nahezu ihr gesamtes Seebett ausfüllen können und - im anderen Extrem - immer kleinere isolierte Wasserflächen, gespeist durch perennierende Quellen und Flüsse, erhalten bleiben.

Die allgemeinen Merkmale der Salzböden, wie sie sich aus den Feldbeobachtungen und einigen Profiluntersuchungen im Labor ergaben, lassen sich wie folgt zusammenfassen: Das Gefüge ist dicht und zeigt keine Absonderungsformen. Die Konsistenz im trockenen Zustand ist mäßig hart (aber nicht zähe), bei Durchfeuchtung breiig. Der Anteil der Sandfraktion schwankt in weiten Grenzen; allgemein scheint er im Oberboden höher zu sein als in tieferen Horizonten. Die Bodenreaktion liegt durchweg im stark alkalischen Bereich, der Kalkgehalt dürfte überall hoch sein (bei Zugabe von verd. HCl zeigten alle Proben ein starkes Aufbrausen). Die beteiligten Salze sind überwiegend Kochsalz und Soda, zum geringeren Teil Natriumbicarbonat und Natriumsulfat (nach Analysen der Salzkrusten und des Wassers für die Seen Eyasi und Balangida von Orr und Grantham 1931, für den Manyara von Harris 1951). Oberflächlich sind die Salzböden während der Trockenzeit mit einer dünnen Kruste aus Salz und Bodenmaterial, in den zuletzt austrocknenden Partien einiger Salzpflanzen (z.B. Lake Balangida) mit einer bis zu ca. 10 cm mächtigen, schneeweißen, rissigen Salzschrift bedeckt. Die Farbe des Oberbodens ist ähnlich derjenigen der grauen Plains Soils; ein helles Bräunlichgrau (2,5 Y 6/2) scheint zu überwiegen; beim Lake Balangida, der in größerem Umfang als die übrigen Salzpflanzen vulkanisches Verwitterungsmaterial zugeführt erhält, ist sie rötlichbraun. Die Unterböden (Tiefe: 60 cm) von drei Profilen (LXXIX, LXXXIII, CIV) im Bereich des Salzgraslandes südlich und westlich des Lake Manyara sind blaßgelb (5 Y 8/3), blaßoliv (5 Y 6/3) bzw. hellgrau

(2,5 Y 7/2), gleichen also in ihrer Färbung den C-Horizonten der Dunklen Kalkböden (s.o.). Das Profil II, aufgenommen im Seebett des Lake Eyasi (westlich von Matala, ca. 1 km vom Ufer entfernt), zeigt in einer Tiefe von 25 cm eine wenige Zentimeter mächtige, schwarze (5 Y 2/1) Tonschicht ⁺, die in ausgetrocknetem Zustand sehr hart ist und scharfkantig, mit auffallend planen Bruchflächen, bricht. Unterhalb folgt wiederum helleres Material, zunächst mäßig verfestigt, feinsandig, hellbräunlichgrau (2,5 Y 6/2), später mehlig-staubig, blaßgelb (5 Y 7/3) und schließlich (in einer Tiefe von 110 cm) weiß (5 Y 9/2). Die obere Bodenschicht ist reich an Grob- und Feinsand, von geringer Kohärenz und von (schwarz grünlich) grauer. (5 Y 5/1) bis hellolivier Färbung (5 Y 6/2).

Die Salzböden sind vermutlich identisch mit den (29.) "Saline and alkali clays (Solonchak)" von Scott (1962a). Danach beträgt A: 30 - 70 und S. 100 %.

Die Salzböden werden ackerbaulich nicht genutzt. Auf der nördlichsten Magara-Farm (am südwestlichen Ufer des Lake Manyara) waren im Juni 1963 von dem italienischen Besitzer einige Sisalstauden versuchsweise im Bereich des Salzgraslandes gepflanzt worden. Ihre Entwicklung war bis zum Ende jenes Jahres durchaus zufriedenstellend verlaufen. Es erscheint weiterhin aussichtsreich, in den randlichen Zonen der Salzpflanzen, insbesondere dort, wo Einmündungen perennierender Flüsse zu einer gewissen Aussüßung des Bodens führen, Reis anzubauen. Das Wasser, sonst weithin im Minimum, ist hier im Überschuß ganzjährig vorhanden. Allerdings erfordert die Nutzbarmachung dieser Areale eine großräumige Planung und einen beträchtlichen Aufwand, der sich nur bei intensiver Bewirtschaftung der angelegten Felder rentieren würde. Schwierigkeiten also, die sich vorläufig kaum überwinden ließen, zumal genügend Reserven an leichter zu bearbeitenden Böden (s.o.) derartig aufwendige Entwicklungsvorhaben z. Zt. nicht dringlich erscheinen lassen.

⁺) Auch Orr und Grantham (1931, S. 16) berichten von zähem, schwarzen bis dunkelgrauen Ton im Seebett des Lake Eyasi. Er soll allerdings in der Regel erst in 90 cm Tiefe auftreten.

25. Diplachne fusca-Chloris gayana-Odysea jaegeri-Sporobolus spp.

Grasland

Das Grasland auf Salzböden säumt in einem die Breite von wenigen hundert Metern selten überschreitenden Streifen die Ufer der Salzseen. Unmittelbar am Seebett fand ich in ihm - sowohl am Lake Manyara als auch am Lake Eyasi - dominant die am Boden kriechende, sich verzweigende Grasart *Odysea jaegeri*. Häufig sind weiterhin *Chloris gayana*, *Diplachne fusca*, *Sporobolus* spp. (*S. homblei*, *S. marginatus*, *S. piliferus* und *S. spicatus*).

Zusätzlich wurden gefunden am Manyara See: *Bothriochloa insculpta*, *Cyperus fulgens*, *Digitaria setivalva*, *Eragrostis heteromera* und das Kraut *Triplocephalum holstii*; am Lake Eyasi bei Mangola: *Dactyloctenium aegyptium*, *Eragrostis viscosa* und *Euphorbia graciliramea*.

XIII. Periodisch überflutete Salzpfannen

Die Seebetten der - in den meisten Jahren - trockenzeitlich wasserlosen Salzseen sind völlig bar jeder höheren Vegetation. Über die Böden vgl. XII. Grasland auf Salzböden.

D. Kulturgeprägte Vegetation

a. Grasländer ungeklärter Entstehung

Auf die kulturgeprägte Vegetation ist bereits mehrmals hingewiesen worden. Sie ist durchweg gekennzeichnet durch einen sehr spärlichen Baumbestand, häufig dichtere Buschbedeckung, an der der Halbstrauch *Solanum incanum* (?) oft einen großen Anteil hat, und der reicheren Entfaltung einer Krautflora. Busch- und Krautschicht enthalten typische Kulturfolgearten.

Soweit Florenelemente von benachbarten natürlichen Einheiten genügend zahlreich vertreten sind, habe ich die Vorkommen dieser Folgevegetation jenen zugeordnet (auf der Vegetationskarte lediglich abgehoben durch Auflö-

sung der Signatur in Querstreifen). Für die übrigen Vorkommen mußte eine neutrale Signatur gewählt werden. Für einige von ihnen ist nicht mit letzter Sicherheit nachzuweisen, daß sie auf menschliche Einwirkungen zurückzuführen sind. Hierzu gehören die bereits von Jaeger (1913) und Obst (1923) genannten Grasländer östlich des Manyara Sees um Kwakuchinya, SW von Ufana und S von Basotu. Floristisch genauer untersucht habe ich das zuerst genannte: Die hier auftretende Flora gliedert sich in Abhängigkeit von der morphologischen Dreiteilung dieses mit alten Seeablagerungen bedeckten Raumes (vgl. Fig. 4). Die folgenden Arten wurden hier gesammelt:

a. Zone der rezenten Seeablagerungen (Grasland auf Salzböden): Gräser: *Bothriochloa radicans*, *Cenchrus ciliare*, *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Diplachne fusca*, *Eragrostis superba*, *Odyssea jaegeri*, *Sporobolus homblei*, *S. marginatus*, *S. spicatus*; und die Composite *Triplocephalum holstii*.

b. Zone der Dunklen Kalkböden im grundwasserreichen Gebiet (örtlich lichter - Borassus- oder Hyphaene- ? - Palmenbestand): *Cenchrus ciliare*, *Cymbopogon afronardus*, *C. excavatus*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *Heteropogon contortus*, *Hyparrhenia filipendula* var. *pilosa*, *Pennisetum mezianum*, *Setaria* ? *sphacelata*, *Sporobolus fimbriatus* var. *latifolius*, *S. greenwayi*, *Themeda triandra*; Kräuter: *Chlorophytum* sp., *Epaltes alata*, *Rhamphicarpa heuglini*, *Sesbania quadrata*.

c. Minjingu Rücken (Kalkgestein): Gräser: *Cenchrus ciliare*, *Chloris gayana*, *Cyperus obtusiflorus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Oryzopsis trichosperma*, *Panicum maximum*, *Setaria nervosa*, *Sporobolus marginatus*; lichter Baum-/Buschbestand: *Acacia drepanolobium*, *A. senegal*, *Albizia harveyi*, *Cassia usambarensis*, *Heliotropium eduardii*.

b. Aufforstungen

Auf Anregung und mit Unterstützung der Regierung wurden im Iráqw Hochland, Umbugwe und Gorowa zahlreiche kleine Forste von den Afrikanern zur Eigennutzung angelegt. Ihre Größe liegt im Höchstfalle bei wenigen Hektar, oft bleibt sie unter 1 ha. Die Aufforstungen begannen vereinzelt Anfang der 30er Jahre, nahmen aber erst zu Beginn der 50er Jahre örtlich in größerem Umfang zu. Der entscheidende Beweggrund für ihre Anlage war, die Versorgung der Einheimischen mit Feuer- und Bauholz zu erleichtern. Dies war für

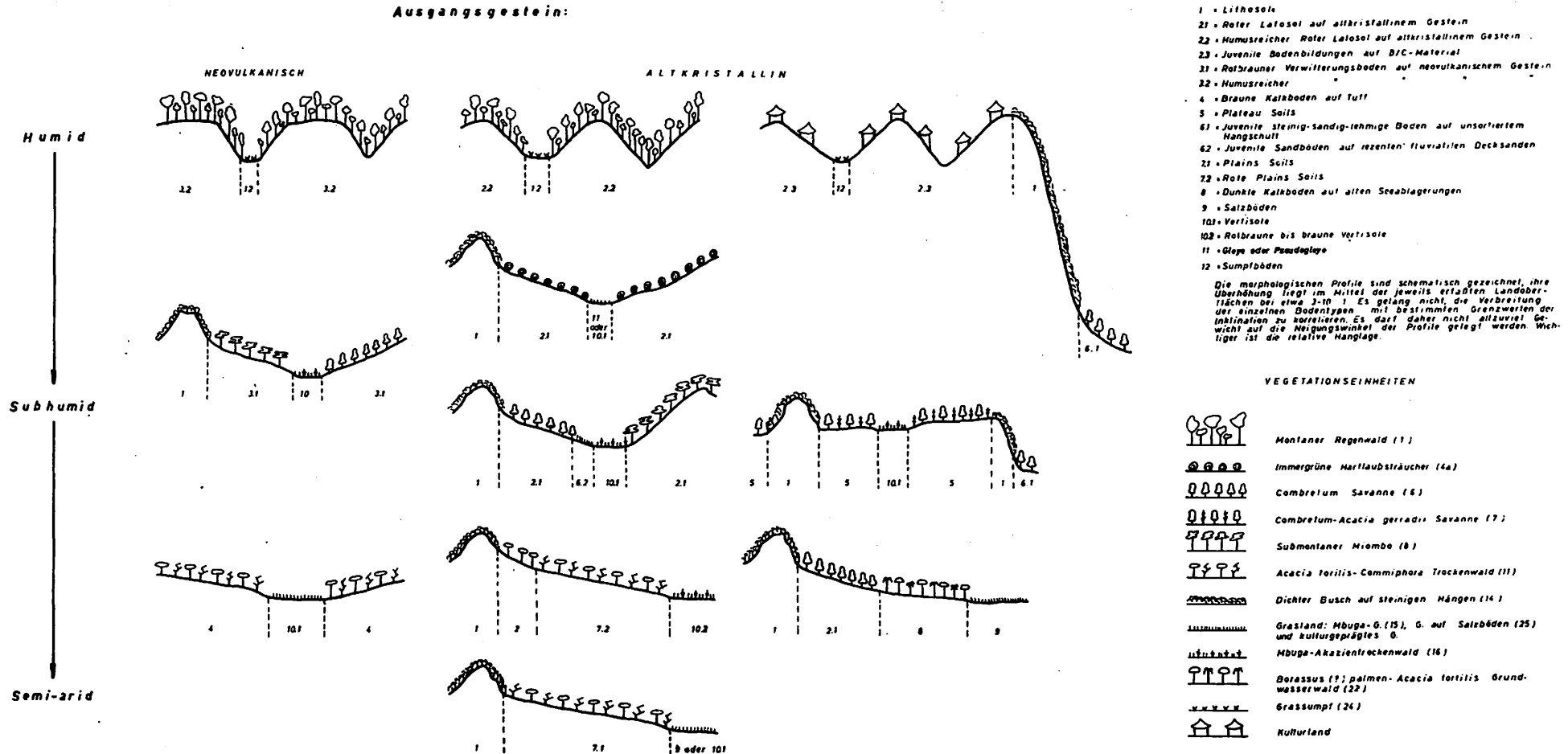
Siedlungsgebiete im Iraqw Hochland besonders dringlich, die in starkem Maße von der Abschließung der Regenwaldbereiche (deren Reservat-Status nur die Entnahme von Fallholz gestattet) betroffen wurden. Dies macht verständlich, daß die größte Forstdichte in Kainam und Bashenet erreicht wird (sie erlangt hier stellenweise ein solches Ausmaß, daß die Aufforstungen zu einem das Landschaftsbild mitbestimmenden Element werden). Es erklärt aber auch, daß die gepflanzten Baumarten unter anderen Gesichtspunkten ausgewählt wurden als sie für die Erzielung guten Bauholzes gelten. Die Mehrzahl von ihnen liefert lediglich Feuer- und - für den Bau der einfachen afrikanischen Hütten ausreichendes - Stangenholz.

Alle verwendeten Baumarten sind in außerafrikanischen Teilen der Erde beheimatet. Die meisten von ihnen wurden bereits von Deutschen vor dem Ersten Weltkrieg nach Tanzania eingeführt (vgl. Pary und Willan 1957).

Die im Mbulu Distrikt häufigsten Arten sind die aus Australien stammende *Acacia mollissima* (Black Wattle) und die aus Südostasien eingeführte *Cassia siamea*. Die letztere wird, da sie wärmeliebender und trockenresistenter ist, nur unterhalb der Gr. Bruchstufe ausgesät. Kleinere Parzellen liegen bei Gidas, Riroda, Nakwa, Galappo, Magugu, Mbuyuni Germani (E von Besi) und Kaiti. Das Vorkommen der an gemäßigte Temperaturen besser angepassten *Acacia mollissima* beschränkt sich demgegenüber auf das Iraqw Hochland. Aus der Rinde dieser Baumart lassen sich Gerbstoffe gewinnen. Ihre Anpflanzung bietet den Afrikanern daher gleichzeitig die Möglichkeit zu einem kleinen Gelderwerb.

Sehr vereinzelt - wohl mehr versuchshalber - wurden außerdem kleine Flächen im Iraqw Hochland mit den folgenden Arten aufgeforstet (soweit mir bekannt, jeweils in Klammern die Vorkommen): *Callitris robusta* (Tumati), *Cupressus lusitanica* (Nou), *Eucalyptus globulus* (Daudi), *E. maculata* (Mbulu), *E. maideni*, *E. paniculata* (Mbulu), *E. resinifera* (Mbulu), *E. saligna*, *Pinus canariensis* (Madunga), *P. patula* (Madunga) und *P. radiata* (Nou, Madunga). Im europäisch/indischen Farmgebiet am Oldeani und Ngorongoro wurde früher *Grevillea robusta* als Schattenbaum auf den Kaffeeplantagen gepflanzt. Ein großer Teil dieser Bäume wurde neuerdings gerodet.

Fig. 5 EINIGE TYPISCHE BODEN-CATENAE, IN ABHÄNGIGKEIT VON DEM GESTEIN, KLIMA UND DER VEGETATION.



Anmerk.: Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Nummerierung im vegetationsgeographischen Teil

E. Verzeichnis der im vegetationsgeographischen Abschnitt erwähnten
Pflanzenarten (Tab. 4)

(Arten, die nur von anderen Autoren nachgewiesen wurden, sind durch ein Kreuz (+) gekennzeichnet).

a. Einheimische Arten (ohne Gräser)

Abutilon ? sp.	Malvaceae
+ Acacia abyssinica	Mimosaceae
" albida	"
" brevispica	"
" clavigera ssp. usambarensis	"
" drepanolobium	"
" etbaica ssp. platycarpa	"
" gerrardii var. calvescens	"
" gerrardii var. gerrardii	"
" hockii	"
" kirkii ssp. kirkii var. intermedia	"
" lahai ?	"
" macrothyrsa	"
" malacocephala ?	"
" mbuluensis	"
" mellifera	"
" nilotica ssp. subalata	"
" nubica	"
" polycantha ssp. campylacantha	"
" senegal var. senegal	"
" seyal var. fistula	"
" seyal var. seyal	"
" sieberiana var. sieberiana	"
" sieberiana var. vermoesenii	"
" stuhlmannii	"
" tanganyikensis	"

Acacia tortilis ssp. spirocarpa	Mimosaceae
" xanthophloea	"
+ Acalypha fruticosa	Euphorbiaceae
" ? sp.	"
+ Achyranthes aspera	Amaranthaceae
Adansonia digitata	Bombacaceae
Adenia sp. nov.	Passifloraceae
Adenium coetatum	Apocynaceae
+ Adenocarpus mannii	Papilionaceae
Aerva lanata var. oblongata	Amaranthaceae
+ Agauria salicifolia	Ericaceae
+ " salicifolia var. latissima subvar. reducta	"
Albizia amara ssp. sericocephala	Mimosaceae
" anthelmintica	"
+ " gummifera	"
" harveyi	"
" petersiana	"
+ " schimperiana	"
" versicolor	"
Allophylus rubifolius	Sapindaceae
Aloe sp.	Liliaceae
" sp.	"
Anthospermum usambarense	Rubiaceae
+ " whyteanum	"
Apodytes dimidiata	Icacinaceae
Aspilia asperifolia ?	Compositae
+ " holstii	"
" sp.	"
Astragalus sp.	Papilionaceae
Azanza garckeana	Malvaceae
Balanites aegyptiaca	Balanitaceae
" glabra	"

Balanites sp.	Balanitaceae
Barleria longissima	Acanthaceae
" sp.	"
Becium sp.	Labiatae
+ Berberis holstii	Berberidaceae
+ Bersama abyssinica	Melianthaceae
+ " sp.	"
Borassus ? aethiopum	Palmae
Boscia angustifolia var. angustifolia	Capparidaceae
" angustifolia var. corymbosa	"
" salicifolia	"
" sp.	"
Brachystegia microphylla	Caesalpiniaceae
" spiciformis	"
" tamarindoides	"
Bridelia cathartica	Euphorbiaceae
+ " micrantha	"
" scleroneuroides	"
+ Buddleya polystachya	Loganiaceae
Bussea massaiensis	Caesalpiniaceae
Cadaba farinosa ssp. farinosa	Capparidaceae
+ Calodendrum capense	Rutaceae
+ Calpurnea subdecandra	Papilionaceae
+ Cantuffa exosa	
Capparis fascicularis var. elaeagnoides	Capparidaceae
Caralluma speciosa	Asclepiadaceae
Carissa edulis	Apocynaceae
+ Casearia battiscombei	Samyclaceae
" sp.	"
Cassia abbreviata ssp. abbreviata	Caesalpiniaceae
+ " didymobotrya	"
" singueana	"
" usambarensis	"

Cassia ? sp.	Caesalpiniaceae
Cassine aethiopica	Celastraceae
+ Cassipourea malosana	Rhizophoraceae
+ Catha edulis	Celastraceae
+ Celtis africana	Ulmaceae
+ Chaetacme aristata	"
Chlorophytum sp.	Liliaceae
Cissus cactiformis	Vitaceae
" quadrangularis	"
" trothae	"
Clausena anisata	Rutaceae
Clematopsis scabiosifolia	Ranunculaceae
" sp.	"
+ Clerodendrum eriophyllum	Verbenaceae
" myricoides	"
" rotundifolium	"
+ Clutia brachyadenia	Euphorbiaceae
+ " robusta	"
Coleus igniarius	Labiatae
Combretum apiculatum	Combretaceae
" aprocton	"
" binderanum	"
" gueinzii ssp. splendens	"
+ " purpureiflorum	"
" schumannii	"
" zeyheri	"
Commelina sp.	Commelinaceae
Commicarpus ? pedunculatus	
Commiphora africana	Burseraceae
" campestris	"
" madagascariensis	"
" merkeri	"
" mollis	"
" mossambicensis	"

+ Commiphora fischeri	Burseraceae
+ " schimperi	"
" trothae	"
+ Conopharyngia usambarensis	Apocynaceae
+ " sp. aff. elegans	"
Conyza newii	Compositae
+ Cordia abyssinica	Boraginaceae
" gharaf	"
+ " goetzei	"
" ovalis	"
Courbonia glauca	Capparidaceae
Crassocephalum manii	Compositae
Crossopteryx febrifuga	Rubiaceae
Crotalaria burtii	Papilionaceae
+ " imperialis	"
" deflersii	"
Croton dichogamus	Euphorbiaceae
" macrostachyus	"
+ " megalocarpus	"
" menyharthii	"
+ " scheffleri	"
Cussonia arborea	Araliaceae
" holstii	"
+ " spicata	"
Cyathula cylindrica	Amaranthaceae
" globulifera	"
+ Cynoglossum coeruleum	Boraginaceae
Cypholepas ? sp.	
Cyphostemma ? sp.	Ampelidaceae
Dalbergia melanoxylon	Papilionaceae
" nitidula	"
" stuhlmannii	"

Delonix elata	Caesalpinaceae
Dichrostachys cinerea ssp. nyassana	Mimosaceae
Diospyros abyssinica	Ebenaceae
Disperma sp.	
Dodonea viscosa	Sapindaceae
Dolichos sp.	Papilionaceae
Dombeya burgessiae	Sterculiaceae
+ " quinquieseta	"
" rotundifolia	"
" sp.	"
+ Dovyalis abyssinica	Flacourtiaceae
+ " xanthocarpa	"
Dyschoriste procumbens	Acanthaceae
Ecbolium revolutum	Acanthaceae
+ Ehretia cymosa var. silvatica	Boraginaceae
+ Ekebergia buchananii	Meliaceae
+ " rueppeliana	"
+ Englerodaphne subcordata	Thymelaeaceae
Entada abyssinica	Mimosaceae
Epaltes alata	Compositae
Erica arborea	Ericaceae
Eriosema ? sp.	Papilionaceae
Erlangea ? cordifolia	Compositae
" sp.	"
Erythrina abyssinica	Papilionaceae
+ " sp.	"
+ Erythrococca bongensis	Euphorbiaceae
+ " fischeri	"
+ Euclea divinorum	Ebenaceae
+ " kellau	"
" multiflora	"
" schimperi	"

Euphorbia candelabra	Euphorbiaceae
" graciliramea	"
" grantii	"
" matabelensis	"
" scheffleri	"
Fagara chalybea	Rutaceae
+ Fagaropsis angolensis	"
+ " mellioides	"
Faurea saligna	Proteaceae
+ " speciosa	"
+ Ficus capensis	Moraceae
" sycomorus	"
+ " wakefieldii	"
" sp.	"
Flacourtia indica	Flacourtiaceae
+ Galiniera coffeoides	Rubiaceae
Gardenia jovis-tonantis	"
+ Geranium simense	Geraniaceae
Glycine ? javanica	Papilionaceae
Gnidia glauca	Thymelaeaceae
" subcordata	"
Gomphocarpus integer	Asclepiadaceae
Grewia bicolor	Tiliaceae
" fallax	"
+ " forbesii	"
" lilacina	"
" micrantha	"
" mollis	"
" platyclada	"
" similis	"
+ " villosa	"
Grumilea sp.	Rubiaceae

+ Hagenia abyssinica	Rosaceae
Harrisonia abyssinica	Simaroubaceae
Heeria reticulata	Anacardiaceae
+ Helichrysum acrobates	Compositae
" argyranthum	"
" cymosum var. fruticosum	"
+ " fruticosum var. compactum	"
+ " newii	"
+ " panduratum	"
" schimperi	"
Heliotropium eduardii	Boraginaceae
" undulatifolium	"
Hermannia ? sp.	
Heteromorpha trifoliata	Umbelliferae
Hibiscus ? aponeurus	Malvaceae
" calyphyllus	"
" fuscus	"
Hippocratea ? sp.	Celastraceae
Hoslundia opposita	Labiatae
Hygrophila auriculata	Acanthaceae
Hymenodictyon floribundum	Rubiaceae
Hypericum kenienae	Hypericaceae
+ " lanceolatum	"
+ " ruwenzoriense	"
+ " roeperianum	"
+ Hyphaene ? ventricosa	Palmae
+ Hypoestes triflora	Acanthaceae
" ? verticillata	"
+ Ilex mitis	Aquifoliaceae
+ Indigofera arrecta	Papilionaceae
" rhynchocarpa	"
" swaziensis var. perplexa	"

<i>Ipomoea hildebrandtii</i>	Convolvulaceae
<i>Julbernardia globiflora</i>	Caesalpiniaceae
<i>Juniperus procera</i>	Cupressaceae
<i>Justicia</i> sp.	Acanthaceae
+ <i>Kalanchoe glaberrima</i>	Crassulaceae
<i>Kigelia aethiopum</i>	Bignoniaceae
+ " <i>africana</i>	"
<i>Kniphofia thomosonii</i>	Liliaceae
+ <i>Kotschya africana</i>	Papilionaceae
" <i>recurvifolia</i>	"
<i>Landolphia</i> ? sp.	Apocynaceae
<i>Lannea humilis</i>	Anacardiaceae
" <i>schimperi</i>	"
" <i>stuhlmannii</i>	"
" <i>triphylla</i>	"
+ <i>Lantana trifolia</i>	Verbenaceae
" <i>viburnifolia</i>	"
+ <i>Lasiosiphon glaucus</i>	Thymelaeaceae
<i>Leonotis mollissima</i>	Labiatae
<i>Lippia javanica</i>	Verbenaceae
" <i>ukambensis</i>	"
+ <i>Lobelia holstii</i>	Lobeliaceae
<i>Lonchocarpus bussei</i>	Papilionaceae
" <i>ericalyx</i>	"
<i>Loranthus</i> sp.	Loranthaceae
<i>Lotus goetzii</i>	Papilionaceae
+ <i>Macaranga</i> sp.	Euphorbiaceae
<i>Maerua crassifolia</i>	Capparidaceae
" <i>parvifolia</i>	"
" <i>triphylla</i> var. <i>johannis</i>	"

Maerua triphylla var. triphylla	Capparidaceae
Markhamia acuminata	Bignoniaceae
" hildebrandtii	"
" obtusifolia	"
Maytenus atkaio	Celastraceae
" putterlickioides	"
" senegalensis var. inermis	"
" undatus	"
Microglossa oblongifolia	Compositae
Mucuna stans	Papilionaceae
+ Myrica meyeri-johannis	Myricaceae
+ " salicifolia	"
Myrsine africana	Myrsinaceae
+ Neoboutonia macrocalyx	Euphorbiaceae
+ Newtonia sp.	Mimosaceae
+ Nuxia congesta	Longaniaceae
+ Ochna holstii	Ochnaceae
+ " ovata	"
Ocimum suave	Labiatae
+ Ocotea usambarensis	Lauraceae
+ Olea africana	Oleaceae
+ " hochstetteri	"
+ " welwitschii	"
+ Olinia usambarensis	Oliniaceae
Opilia celtidifolia	Opiliaceae
Ormocarpum bibracteatum	Papilionaceae
+ " kirkii	"
" ? mimosoides	"
" trichocarpum	"
Osyris compressa	Santalaceae
+ Oxyanthus speciosus	Rubiaceae

Papaea capensis	Meliaceae
+ Parinari curatellifolia	Rosaceae
+ Pavetta abyssinica	Rubiaceae
" assimilis	"
+ " greenwayi	"
" oliveriana	"
+ " silvicola	"
+ Pavonia schimperiana var. tomentosa	Malvaceae
+ " urens	"
Pentas ? sp.	Rubiaceae
+ Philippia excelsa	Ericaceae
Phoenix reclinata	Palmae
Phyllanthus engleri	Euphorbiaceae
Piliostigma thonningii	Caesalpiniaceae
" sp.	"
+ Pistacia aethiopica	Anacardiaceae
+ Pittosporum jaegeri	Pittosporaceae
Pluchea ? sp.	Compositae
+ Podocarpus gracilior	Podocarpaceae
" milanjanus	"
+ " usambarensis	"
Polygonum senegalense	Polygonaceae
Premna ? sp.	Verbenaceae
Protea abyssinica	Proteaceae
+ " angustemarginata	"
" angolensis	"
" gauedi	"
+ " madiensis	"
+ " ramosa	"
Pseudolachnostylis glauca	Euphorbiaceae
Psiadia arabica	Compositae
+ " punctata	"
+ Psorospermum febrifugum	Hypericaceae

<i>Pteridium aquilinum</i>	Polypodiaceae
<i>Pterolobium stellatum</i>	Caesalpiniaceae
<i>Pupalia lappacea</i>	Amaranthaceae
<i>Pycnostachys orthodonta</i>	Labiatae
" sp.	"
+ <i>Pygeum africanum</i>	Rosaceae
+ <i>Rauwolfia caffra</i>	Apocynaceae
+ <i>Rhamnus prinoides</i>	Rhamnaceae
" staddo	"
<i>Rhamphicarpa heuglini</i>	Scrophulariaceae
+ " montana	"
<i>Rhoicissus tridentata</i>	Vitaceae
+ <i>Rhus incana</i>	Anacardiaceae
" natalensis	"
" vulgaris	"
<i>Rhynchosia albiflora</i>	Papilionaceae
" comosa	"
" resinosa	"
+ <i>Rumex maderensis</i>	Polygonaceae
" nervosus	"
" usambarensis	"
<i>Rytigynia euclioides</i>	Rubiaceae
<i>Salvadora persica</i>	Salvadoraceae
<i>Sansevieria</i> sp.	Agavaceae
<i>Schrebera trichoclada</i>	Oleaceae
<i>Sclerocarya birrea</i>	Anacardiaceae
+ <i>Scolopia theifolia</i>	Flacourtiaceae
<i>Securinea</i> ? virosa	Euphorbiaceae
+ <i>Senecio newii</i>	Compositae
" sp. nov.	"
<i>Sericocomopsis hildebrandtii</i>	Amaranthaceae

+ <i>Sesbania goetzii</i>	Papilionaceae
" <i>quadrata</i>	"
<i>Sida</i> ? sp.	Malvaceae
+ <i>Solanum aculeastrum</i>	Solanaceae
" <i>arundo</i>	"
" <i>incanum</i> ?	"
+ " <i>sepiarium</i>	"
<i>Sparmannia ricinocarpa</i>	Tiliaceae
<i>Stachys hildebrandtii</i>	Labiatae
+ <i>Steganotaenia araliacea</i>	Umbelliferae
<i>Sterculia africana</i>	Sterculiaceae
<i>Stereospermum kunthianum</i>	Bignoniaceae
<i>Stigmatorhynchus umbelliferus</i>	Asclepiadaceae
<i>Strychnos stuhlmannii</i>	Loganiaceae
+ <i>Synadenium</i> sp.	Euphorbiaceae
+ <i>Syzygium</i> sp.	Myrtaceae
 <i>Tamarindus indica</i>	 Caesalpiniaceae
" sp.	"
<i>Tarenna graveolens</i>	Rubiaceae
<i>Teclea glomerata</i>	Rutaceae
+ " <i>simplicifolia</i>	"
" sp.	"
+ <i>Tephrosia aequilata</i>	Papilionaceae
+ " <i>ehrenbergiana</i>	"
+ " <i>incaria</i>	"
" <i>interrupta</i>	"
" ? sp.	"
<i>Terminalia brownii</i>	Combretaceae
" <i>kilimandscharica</i>	"
" <i>mollis</i>	"
" <i>sericea</i>	"
" sp. nr. <i>stenostachys</i>	"

Thylachium africanum	Capparidaceae
Tiliacora funifera	Menispermaceae
Tinnea fischeri	Labiatae
+ Toddalia asiatica	Rutaceae
Tragus berteronianus	
+ Trema guineensis	Ulmaceae
+ " orientalis	"
Triaspis macropteron var. massaiensis	Malpighiaceae
Tricalysia cacondensis	Rubiaceae
+ Trichilia emetica	Meliaceae
+ " orientalis	"
" roka	"
+ Trimeria tropica	Samydaceae
Triplocephalum holstii	Compositae
+ Triumphetta macrophylla	Tiliaceae
+ " tomentosa	"
Turraea fischeri	Meliaceae
" holstii	"
+ " mombassana	"
" nilotica	"
+ " robusta	"
Usnea barbata	Usneaceae
Uvaria acuminata	Annonaceae
+ Vangueria acutiloba	Rubiaceae
+ " apiculata	"
" tomentosa	"
" sp.	"
Vellozia aequatorialis	Vellociaceae
Ventilago sp. (neu für Tanzania)	Rhamnaceae
+ Vepris ugwenensis	Rutaceae
Vernonia auranthiaca	Compositae
+ " auriculifera	"

Vernonia brachycalyx	Compositae
" sp. nr. cinerascens	"
" exsertiflora	"
" sp.	"
Vitex doniana	Verbenaceae
" mombassae	"
Xeromphis taylorii	Rubiaceae
" sp.	"
+ Ximenia americana	Oleaceae
+ " caffra	"
+ Xymalos monospora	Monimiaceae
Ziziphus abyssinica	Rhamnaceae
" mucronata	"
" pubescens	"

b. Einheimische Gräser

Cyperaceae (Riedgräser):

Cyperus alternifolius
" denudatus
" exaltatus
" fulgens
" immensus
" longus ssp. tenuiflorus
" obtusiflorus
" papyrus
" platycaulis
" rotundus
" sp.
" sp.

Scirpus confusus
" *maritimus*

Gramineae (echte Gräser):

+ *Andropogon schirensis*

Aristidia adoensis
" *adscensionis*
" *hirtigluma*
" *hordeacea*

Arundinaria alpina

Bothriochloa insculpta

" *pertusa*
" *radicans*

Cenchrus ciliare

Chloris gayana

" *pynothrix*
" *roxburghiana*
" *virgata*

Chrysopogon aucheri var. *quinqueplumis*

Cymbopogon afronardus

" *excavatus*

Cynodon dactylon

" *plectostachyus*

Dactyloctenium aegyptium

Digitaria setivalva

Diplachne caudata

" *fusca*

Echinochloa haploclada

" *sp. aff. haploclada*

+ *Eleusine jaegeri*

Enneapogon cenchroides

Enteropogon macrostachyus

Eragrostis heteromera

" *inamoena*

" *superba*

" *viscosa*

Exotheca abyssinica

Harpachne schimperi

Heteropogon contortus

Hyparrhenia collina

" *cymbaria*

" *diplandra*

" *dissoluta*

" *filipendula* var. *pilosa*

" *hirta*

" *pseudocymbaria*

" *rufa*

" *variabilis*

+ *Loudetia simplex*

" *superba*

Odyssea jaegeri

Orochloa trichopos

Panicum infestum

" *massaiense*

" *maximum*

" *meyerianum*

" *poaeoides*

+ *Pennisetum massaicum*

" *mezianum*

Pennisetum purpureum

" **schimperii**

" **stramineum**

Sehima nervosa

+ **Setaria aequatorialis**

" **holstii**

" **incrassata**

" **sphacelata**

" **verticillata**

Sorghastrum rigidifolium

Sorghum versicolor

" **verticilliflorum**

Sporobolus fimbriatus var. latifolius

" **greenwayi**

" **hombleri**

" **marginatus**

" **piliferus**

" **pyramidalis**

" **robustus**

" **spicatus**

Themeda triandra

Tragus berteronianus

Juncaceae

Juncellus laevigatus

Typhaceae

Typha australis

c. Eingeführte Baumarten

Acacia mollissima

Callitris robusta

Cassia siamea

Cupressus lusitanica

Eucalyptus globulus

" maculata

" maideni

" paniculata

" resinifera

" saligna

Grevillea robusta

Pinus canariensis

" patula

" radiata

Mimosaceae

Cupressaceae

Caesalpiniaceae

Cupressaceae

Myrtaceae

"

"

"

"

"

Proteaceae

Pinaceae

"

"

3. Abschnitt: Klima und Wasserhaushalt

=====

A. Jahresgang der Klimaelemente

Vgl. hierzu Fig. 6.

Für den Naturhaushalt ist das Niederschlagsverhalten von überragender Bedeutung. Sein Jahresgang wird bestimmt durch das wechselnde Eindringen von - im wesentlichen - zwei maritimen Luftmassen unterschiedlicher Herkunft, einer stabilen des SE-Passates und einer labil geschichteten des NE-Monsuns (NE-Passates). Die Niederschlagshöhe ist zudem abhängig von der Höhe über NN.

Der jahreszeitliche Wechsel der beiden Luftmassen folgt der Verlagerung der äquatorialen Tiefdruckrinne über den Äquator nach S während des Südsommers. Die im Bereich der äquatorialen Tiefdruckrinne konvergierenden Winde (Inner-Tropische Konvergenzzone = ITC) führen zu den höchsten Niederschlagsbeträgen des Jahres.

Der erste Durchgang der ITC liegt - von Jahr zu Jahr schwankend und mit von N nach S zunehmender Verzögerung - zwischen Oktober und Januar. Ergiebige, anhaltende Regenfälle, oft in Verbindung mit Gewittern, begleiten ihn ("Kleine Regenzeit"). Der mittlere Luftdruck ^{+) am Boden erreicht in dieser Zeit sein absolutes Minimum (etwa 3 - 5 mb geringer als zur Zeit des absoluten Maximums zwischen Juni und August). Die Windrichtung bleibt vorherrschend östlich (NE bis - häufiger - SE), doch treten in dieser Phase auch - meist schwache - westliche Luftströmungen auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit sinkt auf ihren tiefsten Wert (0 - 2,5 m/sec).}

Der sich in der Folgezeit durchsetzende NE-Monsun ("Kleine Trockenzeit")

^{+) Alle genannten Mittelwerte beziehen sich auf den Zeitraum eines Monates. Mit Ausnahme derjenigen des Niederschlages und der Temperatur wurden sie den jährlich erscheinenden Publikationen des East African Meteorological Dept. "The Weather of East Africa" entnommen.}

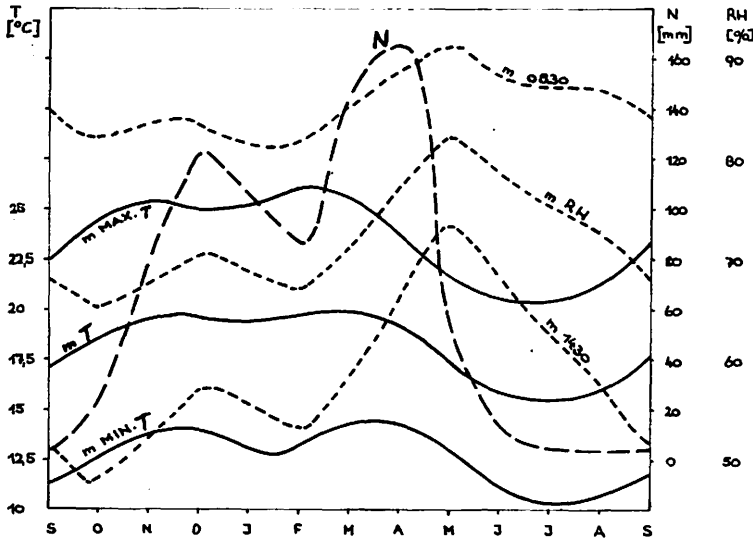


Fig. 6: Mbulu (1770 ü.NN): Mittlerer Jahresgang des Niederschlages (N), der Temperatur (mMAX.T und mMIN.T: mittleres monatliches Maximum bzw. Minimum,

$$mT = \frac{mMAX.T + mMIN.T}{2}$$

und der relativen Luftfeuchtigkeit (m08.30 und m14.30: mittlere Monatswerte von 8.30 h bzw. 14.30 h E. A. S. T.,

$$mRH = \frac{m08.30 + m14.30}{2}$$

erreicht das Mbulu Gebiet am Boden überwiegend aus SE, weicht also in seiner Richtung nicht von derjenigen des winterlichen SE-Passates ab (allerdings bleibt er an Beständigkeit und Stärke hinter jenem zurück). Diese überraschende Anomalie erklärt sich aus der ablenkenden Gradientkraft des quasi-permanenten flachen Tiefdruckgebietes am Viktoria See. In 3000 m Höhe ü.NN ver-

schwindet diese Ablenkung (Cochemé 1960). Der thermisch labile Aufbau der Monsunluftmasse läßt heftige Gewitterschauer entstehen. Die meist vormittags in zunehmender Zahl sich bildenden flachen Cumuli quellen gegen Nachmittag sehr hoch auf, gehen in Cumulo-Nimbuswolken über und entladen sich schließlich in heftigen, meist nur kurz anhaltenden Gewitterregen. Gegen Abend löst sich die Bewölkung wieder auf. Im Mittel ist die Wolkenbedeckung gering, die aktuelle Sonnenscheindauer kommt in dieser Zeit nahe an das jährliche Maximum heran oder erreicht dieses sogar. Dies ist umso erstaunlicher, als die während der "Kleinen Trockenzeit" normalerweise fallenden Niederschlagsbeträge nur wenig unter denen der beiden "Regenzeiten" bleiben. Ebenfalls ist im Vergleich zu ihnen die Zahl der Regentage gering, entsprechend die Regenergiebigkeit oft recht hoch.

Mit Rückkehr der ITC und dem damit verbundenen Vordringen des SE-Passates setzen erneut - bei meist abflauenden Winden - länger andauernde Regenfälle aus einer geschlossenen, tiefliegenden Nimbostratusdecke ein ("Große Regenzeit"). Gewitter werden seltener und fehlen schließlich (etwa ab April/Mai) ganz. Das mittlere tägliche Niederschlagsmaximum rückt in die nächtlichen Stunden (dies gilt, wenn auch weniger deutlich ausgeprägt, ebenso für die "Kleine Regenzeit"). Am frühen Morgen liegt die Untergrenze der Stratusdecke in Höhe der unteren Regenwaldgrenze, also etwa zwischen 1800 und 2000 m ü. NN. Im Laufe des Vormittages hebt sie sich langsam und wird lichter, doch löst sie sich im allgemeinen nicht auf. Die geringste Sonnenscheindauer des Jahres fällt mit dieser Phase zusammen. Der Luftdruck am Boden sinkt - nach einem schwachen Anstieg im Februar von im Mittel sicher weniger als 1 mb - auf ein zweites Minimum ab.

Ab Mai/Juni beginnt - Hand in Hand mit einem raschen Temperaturabfall (Minimum im Juli) und einer Luftdruckzunahme - die Zeit des beständig, oft mit großer Heftigkeit wehenden SE-Passates. Die von ihm herbeigeführten Luftmassen sind zwar ebenfalls ziemlich feucht, doch ist ihr innerer Aufbau stabil (nach oben mit einer deutlichen Inversion begrenzt). Daher kommt es selbst bei dicht bedecktem Himmel - besonders häufig in den ersten Trockenmonaten - kaum zu Niederschlägen ("Große Trockenzeit"). Lediglich an den

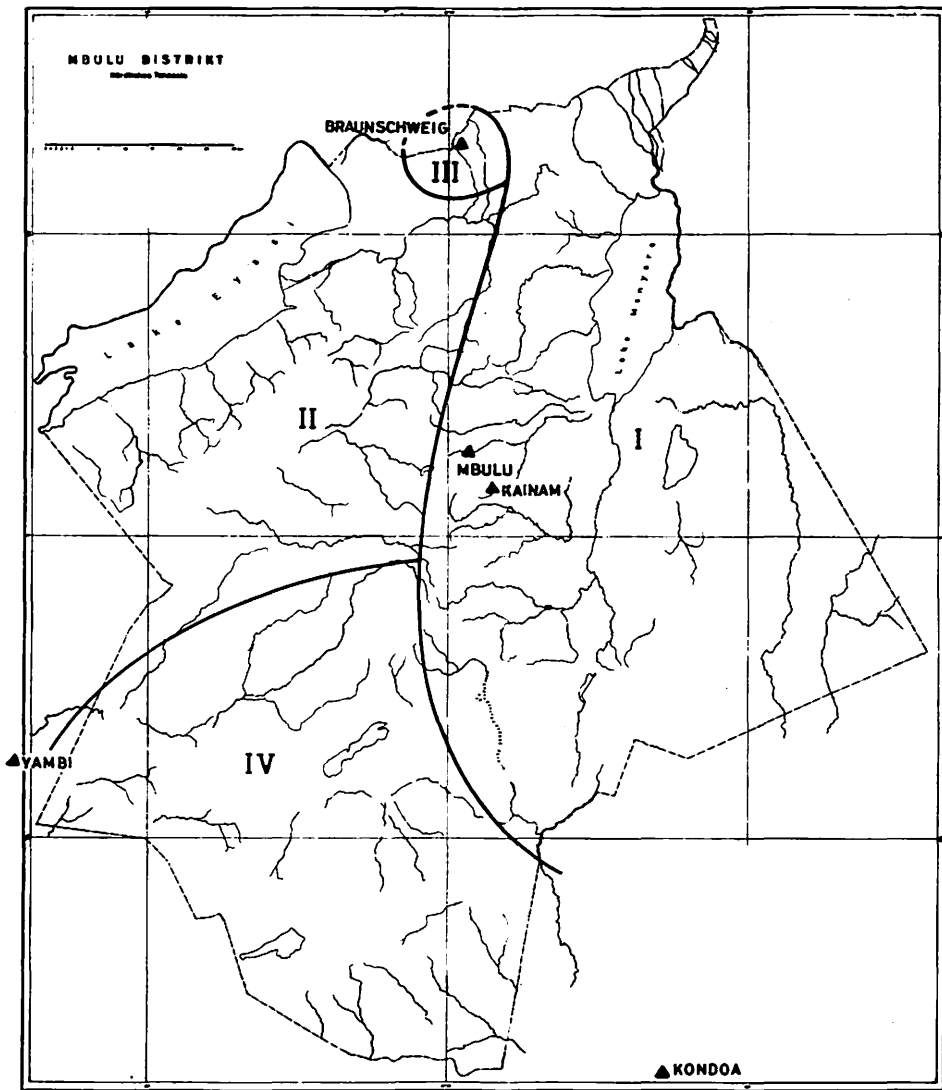
Luvseiten der höheren, 1800 m ü. NN überschreitenden Erhebungen können bis weit in die Trockenzeit hinein beträchtliche Steigungsregen fallen, und zwar überwiegend in den ersten nachmittäglichen Stunden. Am Südhang des Oldeani (Ndamakai Estate, Mittel aus 2 Jahren) fallen im Juni 70 % der Niederschläge zwischen 0 und 4 Uhr E. A. S. T. (East African Standard Time), im Juli 68 % zwischen 2 und 7 Uhr E. A. S. T. (Thompson 1957). Die typische Bewölkungsfolge ist ähnlich derjenigen der "Großen Regenzeit", doch kommt es, insbesondere mit fortschreitender Dauer der Trockenzeit, häufiger zu einer nachmittäglichen Auflockerung der Stratusdecke in Cumulostratus und gelegentlich zu völliger Auflösung am Abend. Nächtlich bildet sich die Stratusdecke wieder neu, und zwar in Höhe der Regenwaldgebiete (nicht selten schon ab 1600 m), die sie am frühen Morgen in dichten Nebel hüllt.

Gegen Ende der "Großen Trockenzeit" geht der Bewölkungsgrad stark zurück (nur um die Gipfelregion des 3418 m hohen Hanang hält sich meist auch weiterhin eine mächtige Wolkenbank), und die Sonnenscheindauer und die Temperatur erreichen ihr jährliches Maximum oder kommen doch nahe an dieses heran: Es ist dies die heißeste Zeit des Jahres mit - insbesondere in den tieferen Bereichen - überwiegend Strahlungswetter. Damit steht diese zweite Hälfte der "Großen Trockenzeit" deutlich im Gegensatz zur kühlen, sonnen-scheinarmen ersten.

B. Niederschlag

a. Jahresgang des Niederschlages

Der mittlere Jahresgang des Niederschlages zeichnet sich im gesamten Mbulu Distrikt durch zwei Maxima aus, die durch eine regenärmere, aber noch humide Zeit getrennt werden. Er gehört damit dem "Äquatorialen Typ mit einer ariden Zeit" (Lauer 1952) an. Unterschiede ergeben sich allein im Zeitpunkt, zu dem die höchsten Regenfälle auftreten. Entsprechend variieren Dauer und Lage der humiden Zeit. Diese Abweichungen sind keine einfache Funktion des sich von N nach S zeitlich verschiebenden Sonnendurchganges (s. Karte IV und Fig. 7).



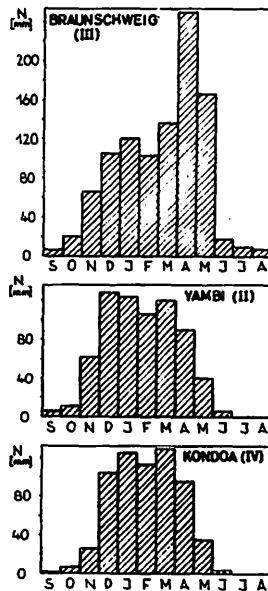
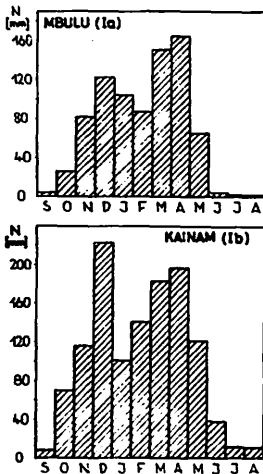
KARTE IV: LAGE DER NIEDESCHLAGSMAXIMA

- I Dezember - April, Δ 3 Monate
- II " - März Δ 2 "
- III Januar - April Δ 2 "
- IV - März Δ 1 Monat

Δ Niederschlagsdiagramm, s. Fig. 7

Die im Mittel trockensten Monate sind übereinstimmend Juli, August und September (mittleres monatliches Minimum des Jahres liegt am häufigsten im August), in denen in den meisten Jahren überhaupt kein Regen fällt. Der vorausgehende Monat Juni ist nur wenig besser gestellt, während der in der Übergangsphase von der Trocken- zur Regenzeit gelegene Monat Oktober einen etwas höheren Niederschlagsbetrag aufweist, im Mittel jedoch auch noch zu den "Trockenmonaten" zu rechnen ist. Ein steiler Anstieg der Regenfälle erfolgt erst im November, der den eigentlichen Beginn der bis zum Mai dauernden Regenzeit bildet.

Fig. 7
Mittlere Monatsniederschläge
von 5 Stationen



Die mittleren Monatsniederschläge nehmen mit größer werdender Erhebung der Landoberfläche (insbesondere an den Luvseiten) zu (s.u.). Gleichlinig

verlängert sich die Niederschlagsperiode. Beide Erscheinungen führen, sich summierend, zu einem beträchtlichen Anstieg der jährlichen Niederschlagssummen parallel zu der Höhenzunahme.

Die räumlichen Variationen der Regenzeitdauer sind allerdings minder bedeutsam. In jedem Falle läßt sich ein bevorzugter Streuungsbereich der Regenfälle innerhalb der oben genannten Grenzen von November bis Mai erkennen. Die Abweichungen hiervon drücken mehr die Wahrscheinlichkeit aus, mit der in den einzelnen Jahren Über- oder Unterschreitungen zu erwarten sind (vgl. hierzu Fig. 14, 1 - 9: monatliche Humiditätserwartung). In den langjährigen Monatsmitteln treten sie demgegenüber - mit Ausnahme von Kainam - völlig zurück (vgl. Tab. 6); Die Werte aller Stationen zeigen einen deutlichen Anstieg im November und einen sprunghaften Abfall im Juni. Der Anteil der innerhalb dieses Zeitraumes fallenden Regenmengen an den mittleren Jahresniederschlägen liegt überwiegend bei gut 95 % (s. Tab. 5).

Tab. 5: Mittlerer prozentualer Anteil der regenzeitlichen (Nov. - Mai) Niederschläge an denjenigen des Jahres

Station	Mittlere Niederschläge		Station	Mittlere Niederschläge	
	Jahr (mm)	Regenzeit (%)		Jahr (mm)	Regenzeit (%)
Yaida	546	96	Singu	789	98
Loiborsoit	562	96	Kongoni	810	95
Mto-wa-Mbu	582	95	Mbulu	811	96
Ugenini	611	96	Galappo	820	97
Kondoa	637	98	Tlawi	839	96
Yambi	691	97	Mbulubmulu	937	95
Dongobesh	726	96	Ndamakai	944	95
Karatu	747	94	Braunschweig	1010	94
Dareda	760	97	Gendi	1040	97
Katesh	771	97	Kainam	1221	89

Diese Übereinstimmungen rechtfertigen die Einführung einer für den ganzen Mbulu Distrikt gültigen "Regenzeit" von November bis Mai. Lediglich Kainam (und damit die regenwaldbedeckten Hochländer) scheinen von dieser Regel eine Ausnahme zu bilden, indem hier auch die Monate Oktober und Juni derart hohe mittlere Niederschlagsbeträge aufweisen, wie sie sonst nur innerhalb der "Regenzeit" erreicht werden.

Für die Beurteilung des Wasserhaushaltes empfiehlt es sich, entsprechend diesem periodischen Jahresgang der Niederschläge ein "Regenjahr" einzuführen. Sein Beginn soll übereinstimmend auf den Monat September festgesetzt werden (erster Monat nach dem Minimum im August), seine Jahreszahl ist die des Kalenderjahres, dem die Monate Januar bis August angehören. Alle im folgenden genannten Jahreswerte beziehen sich auf den Zeitraum dieses Regenjahres.

b. Räumliche Gliederung der mittleren Jahresniederschläge

Für den Entwurf der Isohyetenkarte (Karte V) wurden Regenfallmessungen von 62 Stationen ⁺⁾ verwertet. Die Tabelle 6 gibt eine Zusammenstellung von ihnen und der aus ihren Messungen gemittelten Monats- und Jahreswerte, geordnet nach den sechs "divisions" des Mbulu Distriktes (die außerhalb seiner Begrenzung gelegenen Meßstellen wurden der ihnen nächst gelegenen "division" zugeordnet). Die Höhenangaben stimmen überwiegend nur näherungsweise.

Die Niederschlagsmessungen der erfaßten Stationen schließen meist verschiedene Zeiträume ein, d. h. die aus ihnen gebildeten Mittelwerte sind nicht ohne weiteres vergleichbar. Für den Entwurf der Niederschlagskarte (Kt. V) mußte daher eine Reduktion durchgeführt werden. (Die Verwendung der vorliegenden Messungen auf eine übereinstimmende Meßperiode zu beschränken, erwies sich als unzweckmäßig, da dies zu einer wesentlichen Einschränkung der Stationszahl wie auch der Meßzeit geführt hätte).

Dem örtlich nur geringfügig abweichenden Jahresgang des Niederschlages steht

⁺⁾ Europäische und indische Farmen, Missionen, Verwaltungsstellen und Schulen.

Tab. 6: Stationsverzeichnis

Station	Südl. Breite	Länge ö. Gr.	Höhe ü. NN	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Mittl. Jahres-N	Beob. Jahre
Mittlere Monatsniederschläge																	
<u>NORTH-IRAQW</u>																	
Ndamakai	3°23'	35°28'	1850	5	18	61	114	132	98	158	212	124	14	4	4	944	25
Braunschweig	3°21'	35°31'	1700	7	20	66	105	121	103	136	251	166	18	10	7	1010	21
Gurland	3°18'	35°33'	1700	11	15	65	88	105	86	147	360	170	25	6	3	1081	10
Kongoni	3°20'	35°34'	1650	4	17	59	92	94	84	114	214	112	10	6	4	810	20
Jaeckel	3°20'	35°34'	1600	13	8	75	84	131	58	108	215	98	8	3	1	802	6
Schulze	3°20'	35°34'	1600	7	8	67	68	104	60	111	234	105	9	1	1	775	7
Derhmann	3°22'	35°33'	1500	5	7	46	60	90	65	67	233	74	3	2	0	652	7
Ugenini	3°24'	35°34'	1450	3	8	61	60	91	69	108	146	60	3	1	1	611	10
Rohde	3°18'	35°36'	1700	8	24	70	107	96	95	136	268	162	15	5	4	990	23
Francke	3°18'	35°37'	1700	5	27	110	118	98	87	135	209	164	17	14	7	991	12
Ben Dhu	3°19'	35°38'	1700	3	35	70	115	101	97	152	221	169	14	10	7	994	13
Pflug	3°19'	35°37'	1550	5	6	77	83	83	74	121	265	131	13	1	0	859	7
Gibb	3°17'	35°40'	1700	7	24	70	101	92	92	123	250	134	12	7	4	916	20
Karatu	3°20'	35°40'	1500	6	23	80	84	73	76	109	178	102	6	6	4	747	15
Mbulumbulu	3°16'	35°49'	1800	7	18	87	101	65	84	133	285	136	12	6	3	937	17
Mto-wa-Mbu G. D.	3°22'	35°51'	1060	2	19	69	91	84	63	104	107	37	3	2	2	583	9 - 11
Mto-wa-Mbu N. T.	3°22'	35°52'	975														
<u>CENTRAL-IRAQW</u>																	
Mbulu	3°52'	35°33'	1770	4	26	82	122	104	87	150	164	65	4	2	2	811	44
Tlawi	3°55'	35°29'	1920	4	26	78	117	107	94	145	184	77	5	2	0	839	21

Station	Südl. Breite	Länge ö.Gr.	Höhe ü. NN	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Mittl. Jahres-N	Beob. Jahre
Yaida Chini	3°58'	35°10'	1311	6	5	26	137	79	74	129	61	17	6	3	1	544	9
Kainam	3°56'	35°35'	1880	8	70	116	223	101	141	183	197	121	38	12	11	1221	9
<u>SOUTH-IRAQW</u>																	
Dongobesh	4°05'	35°21'	1950	5	14	48	122	130	101	153	111	34	6	2	0	726	22
Nou I	4°08'	35°29'	2150	0	100	133	173	119	99	192	89	56	5	1	3	970	2-5
Nou II	4°08'	35°30'	2200	0	110	176	168	99	47	118	117	60	4	6	4	916	2-5
Nou III	4°07'	35°32'	2200	0	71	125	152	150	104	156	176	52	17	6	0	1009	4-5
Nou IV	4°10'	35°30'	2150	0	80	143	164	130	105	151	191	54	10	11	0	1039	4-5
Haidom	4°12'	35°01'	1750	4	28	90	115	123	95	166	96	30	5	0	0	752	4-6
<u>BARABAIG</u>																	
Kinampanda	4°23'	34°31'	1500	4	14	47	110	122	108	131	97	23	5	0	1	662	17
Igugunu	4°34'	34°37'	1350	4	6	18	117	146	91	118	130	44	12	0	1	687	8
Issanzu	4°06'	34°45'	1500	10	24	63	81	139	89	113	129	31	1	1	4	685	9
Yambi Mission	4°21'	34°45'	1500	6	11	62	128	124	107	120	90	41	6	0	0	695	16
Yambi Leprosarium	4°20'	34°50'	1450	2	18	120	16	88	167	120	45	22	0	0	0	598	4
Singida	4°48'	34°45'	1560	1	7	44	137	143	118	119	73	14	2	0	1	659	33
Wilwana	4°31'	34°52'	1500	1	2	11	185	108	137	73	47	19	0	1	1	585	4
Mgori	4°51'	34°59'	1300	2	12	48	192	140	114	105	98	17	1	0	1	730	10-12
Katesh	4°31'	35°23'	1650	1	15	48	113	114	111	143	134	85	5	1	1	771	21
Kurio	5°13'	35°23'	1230	2	5	32	100	148	116	140	84	22	4	0	0	653	30
Kondoa	4°53'	35°47'	1360	1	6	26	104	125	113	129	95	35	3	0	0	637	28

Station	Südl. Breite	Länge ö. Gr.	Höhe ü. NN	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Mittl. Jahres-N	Beob. Jahre
Mittlere Monatsniederschläge																	
<u>MBUGWE</u>																	
Tom	3°43'	35°45'	980	0	39	146	178	132	86	166	220	183	24	0	0	1174	4
Prinz Bernhard	3°48'	35°44'	980	5	37	94	112	100	79	187	216	100	11	3	2	946	6
Kaufmann	3°56'	35°43'	990	5	30	95	191	98	105	183	249	84	10	4	1	1053	7
Mwada	3°52'	35°48'	970	1	14	74	101	70	62	130	172	57	3	0	0	684	20
Idulu Ginnery	4°56'	35°49'	980	1	23	95	92	65	66	119	195	83	12	0	0	751	7
Derakuta Unit I	3°58'	35°38'	1200	3	49	209	138	97	84	206	208	41	5	8	2	1050	4-5
Levi	3°59'	35°43'	990	1	31	123	90	89	92	154	134	24	3	2	0	743	4
Benetti	4°00'	35°42'	990	0	54	179	130	82	119	187	161	28	8	0	0	948	6
<u>GOROWA</u>																	
Stewart	4°06'	35°37'	1120	2	26	160	129	92	140	216	137	64	7	2	0	975	5-6
Verheyen	4°06'	35°39'	1130	3	29	116	143	83	118	172	158	90	3	3	0	918	6-7
Six	4°05'	35°40'	1130	1	21	131	117	100	104	151	132	60	4	0	0	821	7-8
Dareda	4°14'	35°30'	1650	3	17	71	131	93	84	134	163	57	4	1	2	760	11
Patel	4°11'	35°33'	1650	3	25	155	179	155	97	190	194	161	6	5	1	1171	5-7
Singu	4°12'	35°40'	1650	2	12	67	123	110	100	143	167	60	4	1	0	789	25
Gendi	4°15'	35°45'	1370	1	30	116	195	86	105	177	255	68	6	1	0	1040	14
Bereku	4°27'	35°45'	1600	5	16	48	132	112	71	121	151	107	5	3	0	771	8
Kikilo	4°33'	35°43'	1560	1	7	26	131	127	95	104	144	60	0	0	3	698	4-5
Galappo	4°16'	35°51'	1370	2	13	105	159	99	92	140	143	58	9	0	0	820	15
E-Kwarakh	4°14'	35°52'	1500	0	25	101	174	126	128	249	138	70	7	2	1	1021	6-7
Tarangire	3°57'	36°05'	1100	1	22	64	93	49	79	170	142	21	2	1	1	645	4
Loiborsoit	3°47'	36°28'	1550	2	10	31	80	83	76	103	121	47	5	2	2	562	15

eine außergewöhnlich große räumliche Differenzierung der mittleren jährlichen Niederschlagsmengen gegenüber (s. Karte V). Letztere erweist sich deutlich abhängig von der Höhe ü. NN und der Exposition gegenüber den östlichen regenbringenden Winden. Der Bereich mit über 900 mm Jahresniederschlägen (bis etwa 1300 mm; Kainam, 9-jähriges Mittel: 1221 mm) hält sich an die höchsten Erhebungen: den südlichen und südöstlichen Hang des Riesen-Kraterhochlandes, das Iraqw Hochland, die höchsten Teile des Ufiome Berglandes (Dangwal Hochland, Kwarakh und Pinaar Heights) und den Hanang. Von diesen niederschlagsreichsten Gebieten nimmt die jährliche Regenmenge nach allen Seiten ab, und zwar im S und E auf 500 - 600 mm, im W auf sicher unter 400 mm.

c. Vegetationsgliederung in Abhängigkeit vom Verlauf der Jahresisohyeten

Die Gliederung der Vegetation steht im Einklang mit dieser Niederschlagsverteilung. Da die Isohyeten an den Luvseiten der Erhebungen tiefer herabreichen als in ihrem Lee, so ergibt sich für die Mehrzahl der klimatisch bedingten Vegetationseinheiten, daß sie im östlichen bis südöstlichen Teil ihres Verbreitungsgebietes tiefere Areale bedecken als im westlichen bis nordwestlichen. Besonders ausgeprägt ist dies beim Montanen Regenwald, der seine Untergrenze an den östlichen Hängen bei 1800 m, an den westlichen dagegen bei 2000 - 2100 m findet. Weniger auffallend, doch nicht minder vorhanden, ist diese Asymetrie auch bei den Vorkommen der übrigen Vegetationseinheiten ausgebildet.

Folgende Isohyeten stimmen mit wichtigen Vegetationsgrenzen überein (s. Tab. 7): Über 900 - 1000 mm (und einer Mindesthöhe von 1800 m ü. NN) stellt sich der Montane Regenwald ein. Bis zur Isohyete 800 mm schließt sich unterhalb das Grashochland mit immergrünen Hartlaubsträuchern und das Protea Grashochland an. Der wohl aus florensgeschichtlichen Gründen (vgl. 2. Abschnitt: Vegetation und Böden) auf den Südosten des Mbulu Distriktes beschränkte Submontane Miombo findet seine Untergrenze an der Isohyete 700 mm (und einer Höhe von mindestens 1500 mm ü. NN). Die äußere Verbreitungsgrenze der Combretum Baumsavanne stimmt recht deutlich mit dem

Verlauf der Isohyete 600 mm überein, die zugleich die gegenwärtige Grenze des Regenfeldbaues bildet. Jenseits von 600 mm Jahresniederschlägen beginnt die *Acacia tortilis*-*Commiphora* Dornbusch-/Baumsteppe, die schließlich im trockensten Bereich am Lake Eyasi in die *Commiphora* Obstgartensteppe und eine Sukkulentensteppe übergeht.

Tab. 7: Die Übereinstimmung zwischen der Vegetationsgliederung und der mittleren Niederschlagsverteilung

Mittlere Jahresniederschläge	Vegetationseinheit
< 600 mm	<i>Acacia tortilis</i> - <i>Commiphora</i> Dornbusch-/Baumsteppe, <i>Brachystegia</i> -Trockenwald
600 - 1000 mm	<i>Combretum</i> Savanne
700 - 1000 mm	Submontaner Miombo
800 - 1000 mm	Grashochland mit immergrünen Hartlaubstraucharten
900 - > 1000 mm	Montaner Regenwald

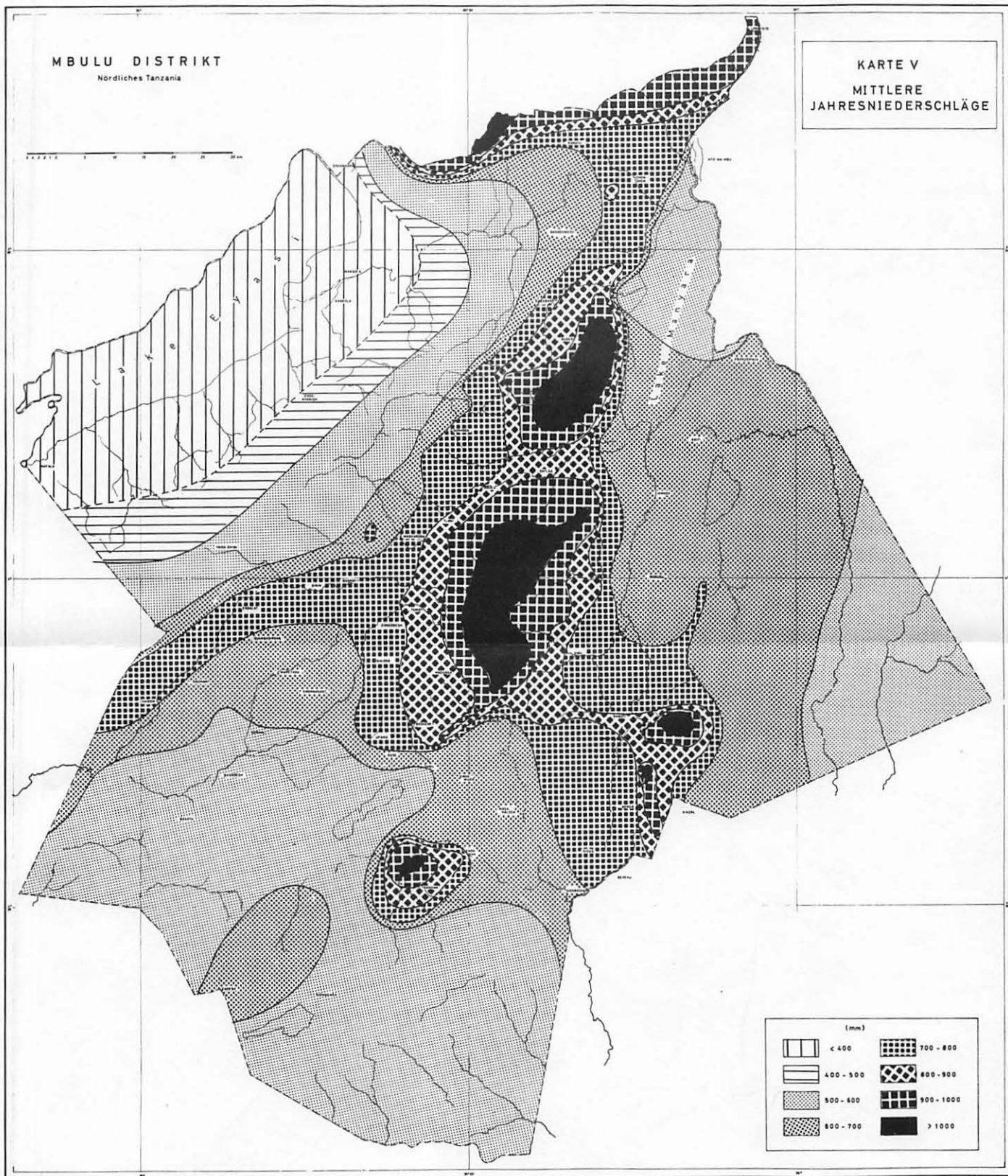
d. Variabilität der Jahressummen des Niederschlages

Die Übereinstimmungen zwischen der Verbreitung der Vegetationseinheiten und dem Verlauf der Isohyeten lassen theoretisch keine Aussage darüber zu, wie sie zu erklären sind. Keinesfalls kann aus ihnen geschlossen werden, daß die genannten Pflanzengemeinschaften ihre absolute Verbreitungsgrenze bei der Regenmenge pro Jahr finden, die von der ihre Vorkommen jeweils einschließenden Isohyete ausgedrückt wird. Denn in vielen, oft mehrmals aufeinander folgenden Jahren werden diese mittleren Niederschlagshöhen nicht erreicht. Von größerem Einfluß sind daher Häufigkeit, Dauer und Ausmaß der Regendefizite (gegenüber dem Mittel), d. i. die Wahrscheinlichkeit minimaler Wachstumsbedingungen.

MBULU DISTRIKT
Nördliches Tanzania

0 5 10 15 20 25 30 km

KARTE V
MITTLERE
JAHRESNIEDERSCHLÄGE



Wenn sich trotzdem eine Entsprechung von Vegetations- und mittlerer jährlicher Niederschlagsverteilung ergibt, so ist dies grundsätzlich nur unter der Bedingung möglich, daß die Schwankungsamplitude des Regenfalls in Abhängigkeit von der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe variiert. Diese Forderung läßt sich für die mittleren und tiefsten negativen Abweichungen der jährlichen Regenmengen vom langjährigen Mittel bestätigen.

Berechnungen der Niederschlagsvariabilität innerhalb der Regenzeiten, also während der Vegetationsperioden, wurden nicht angestellt, obwohl sie für den Pflanzenwuchs nicht minder bedeutsam sein dürften. Im Rahmen dieser Arbeit mag die Feststellung genügen, daß die Wahrscheinlichkeit längerer (und wirksamerer) innerregenzeitlicher Trockenperioden ebenfalls annähernd in dem Maße zunimmt, in dem die mittlere jährliche Niederschlagshöhe sich verringert (vgl. hierzu D, c.: Variabilität der Humiditätsdauer).

Die unperiodische Variabilität der jährlichen Niederschlagssummen wurde beispielhaft für 9 Stationen berechnet (s. Tab. 8). Diese Stationen verteilen sich über das gesamte Untersuchungsareal. Zudem entstammen sie Gebieten mit sehr unterschiedlichen mittleren Jahresniederschlägen. Es kann daher erwartet werden, daß die anhand ihrer Beobachtungen gewonnenen Ergebnisse geeignet sind, die für den ganzen Mbulu Distrikt gültigen Beziehungen von Niederschlagshöhe und Variabilität mit genügender Sicherheit aufzuzeigen.

Danach läßt sich folgendes Resultat formulieren: Die mittlere prozentuale Variabilität (V_m) liegt im Mittel der 9 Stationen bei 25 %; die Mittel der einzelnen Stationen (zwischen 18 und 30 %) lassen keine Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe erkennen. Die für die Beurteilung des Pflanzenwachstums wichtigere mittlere negative prozentuale Variabilität (nV_m) zeigt, gemittelt aus den 9 Stationen, zahlenmäßig das gleiche Ergebnis. Jedoch streuen die einzelnen Stationsmittelwerte viel weniger (zwischen 22 und 28 %). Damit ergibt sich eine allgemein gültige Näherungsbeziehung: Die mittleren jährlichen Niederschlagsminima liegen bei 75 % der jährlichen Niederschlagsmittel. In einem ebenfalls engeren Streuungsbereich liegen die einzelnen Stationswerte für die absolute negative prozentuale Variabilität (= Fehlmen-

Tab. 8: Variabilität der jährlichen Niederschlagssummen von 9 Stationen

Station	n	N (mm)	Vm (%)	mMin (mm)	nVm (%)	abs. Min (mm)	nVabs (%)	abs. Max (mm)	abs. Ampl (mm)
Yaïda Chini	10	544	29	403	26	159	71	990	831
Kondoa	18	637	26	465	27	347	46	952	605
Mwada	21	684	28	499	27	309	55	1141	832
Yambi	18	695	23	528	24	381	45	1011	630
Dongobesh	22	726	30	523	28	376	48	1256	880
Katesh	13	771	18	586	23	412	47	965	553
Mbulu	24	811	25	617	24	486	40	1418	932
Gibb	19	916	27	714	22	449	51	1793	1344
Braunschweig	12	1010	26	747	26	609	40	1813	1204

Die mittlere prozentuale Variabilität (Vm) wurde in Anlehnung an eine bei Keller (1961) genannte Formel berechnet:

$$Vm = \frac{\sum \left[\frac{100}{N} \cdot e \right]}{n}$$

Darin bedeuten: "e die absolute Abweichung der jährlichen Niederschläge vom langjährigen Mittelwert (d.h. ohne Berücksichtigung des Vorzeichens), n die Anzahl der Jahre und N die mittlere Jahressumme der Niederschläge" (Keller 1961, S. 31). Die jährlichen Niederschläge beziehen sich jeweils auf einen Zeitraum von Sept. bis Aug. (= "Regenjahr").

Die mittlere negative prozentuale Variabilität (nVm) wurde nach der gleichen Formel über eine Summierung der negativen Abweichungen errechnet.

Weitere Abkürzungen (jeweils für die Niederschlagssummen eines Regenjahres):

mMin	mittleres Minimum	absMax	absolutes Maximum
absMin	absolutes Minimum	absAmpl	absolute Amplitude
nVabs	absolute negative prozentuale Variabilität		

ge der tiefsten gemessenen Jahressumme in Prozent des Jahresmittels;

nVabs): Mit Ausnahme des ungewöhnlich niedrigen, wahrscheinlich auf feh-

lerhafter Messung beruhenden Wertes von Yaida Chini schwanken sie zwischen 40 und 55 %. Das hieraus gebildete Mittel für die nVabs beträgt 47 %, d. h. die absoluten jährlichen Regenminima liegen bei gut 50 % (53 %) der jährlichen Niederschlagsmittel.

Die negativen Abweichungen der Jahressummen - und zwar sowohl die mittleren als auch die absoluten - verhalten sich also in Annäherung proportional zu den Jahresmitteln: Das mögliche Defizit zum errechneten Mittel, ausgedrückt in mm, ist umso größer, je höher das Mittel liegt, aber die tatsächlichen Tiefstwerte steigen an. In der Tabelle 9 wurden diese Näherungsbeziehungen zusammengestellt.

Tab. 9: Die Abhängigkeit der negativen Variabilität von der Höhe der mittleren Jahresniederschläge (N)

N (mm)	Mittleres Minimum (mm)	Absolutes Minimum (mm)
500	375	265
600	450	318
700	525	371
800	600	424
900	675	477
1000	750	530

Die Häufigkeit der Abweichungen zeigt Fig. 8 an dem Beispiel von Mbulu. Aus ihr ist zu entnehmen, in wievielen Jahren vom Hundert jeweils mit einer bestimmten Abweichung vom Niederschlagsmittel zu rechnen ist.

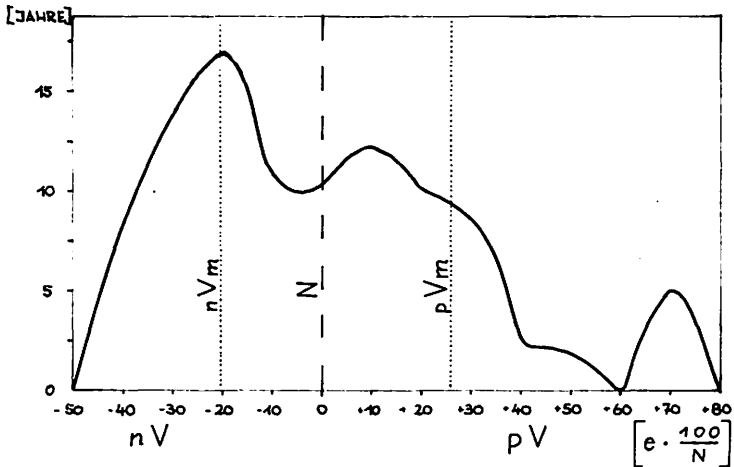
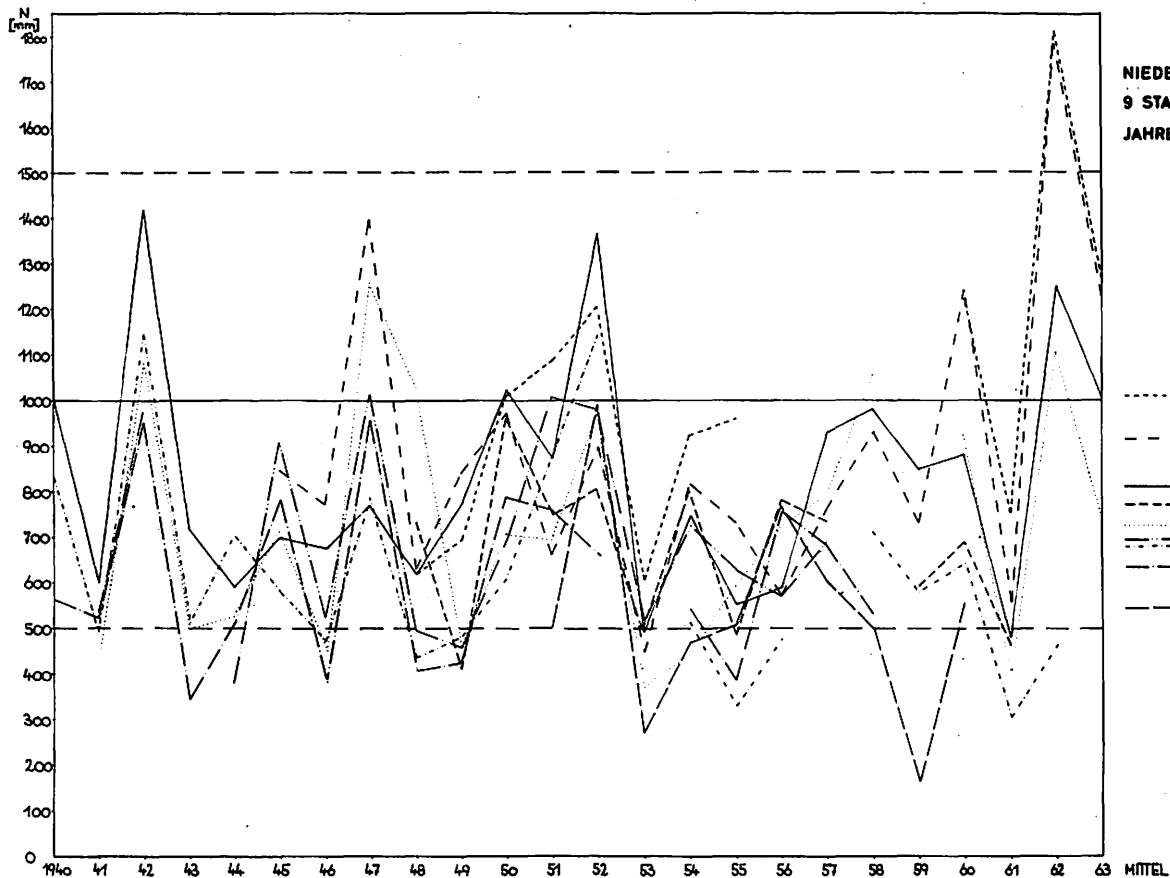


Fig. 8: Mbulu: Häufigkeit der jährlichen positiven (pV) und negativen (nV) Abweichungen vom Niederschlagsmittel

($e \cdot \frac{100}{N}$, abgerundet auf Zehnerprozent), bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren; pVm mittlere positive Variabilität, weitere Abkürzungen s. Tab. 8.

Für eine rechnerische Bestimmung der möglichen Summierung negativer Abweichungen, die über die Beobachtungszeit hinaus gültig sein könnte, reichen die vorhandenen Meßreihen nicht aus. In Fig. 9, 1 wird daher der tatsächliche Niederschlagsverlauf (Jahressummen) gezeigt, wie er bei den bereits in Tabelle 8 genannten 9 Stationen während eines Zeitraumes von 1940 - 1963 gemessen wurde. Figur 9, 2 zeigt den "mittleren" Verlauf der jährlichen Niederschlagsschwankungen für die gleiche Zeitspanne: Von den in Fig. 9, 1 genannten 9 Stationen wurden für die einzelnen Jahre jeweils die prozentualen Abweichungen von ihren Niederschlagsmitteln berechnet und daraus für jedes Jahr die Mittel gebildet. Wenn auch die Höhe der jährlichen Regenmengen nicht bei allen Stationen des Mbulu Distriktes übereinstimmend für alle



Jahre ein Plus oder Minus gegenüber ihren Niederschlagsmitteln oder wenigstens den Vorjahrsbeträgen aufweist, so zeigen doch die Extreme eine überregionale Gleichförmigkeit. So lassen sich die Regenspitzen der Fig. 9, 2 in den Regenjahren 1942, 1947, 1952 und 1962 bei nahezu allen Stationen des Untersuchungsgebietes erkennen. Dasselbe gilt für die Tiefpunkte in den Jahren 1943, 1948/49, 1953 - 1956 und 1961. Die Abweichungen hiervon beruhen sicher zu einem guten Teil auf unzulänglichen Messungen.

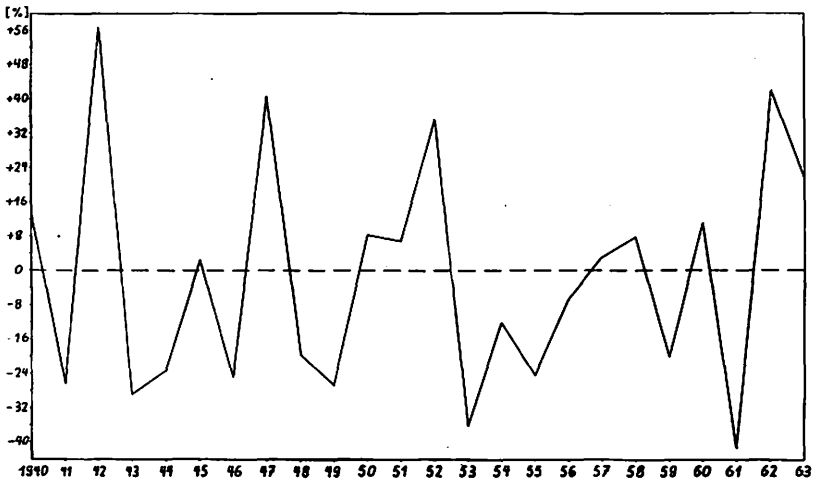


Fig. 9, 2: Prozentuale Abweichungen der jährlichen (Sept. - Aug.) Niederschlagssummen, gemittelt aus den prozentualen Abweichungen von den langjährigen Mitteln einzelner Stationen (insgesamt 9, vgl. Fig. 9, 1)

C. Verdunstung

Zu den wesentlichen Faktoren, die die Zusammenhänge zwischen Vegetationsgliederung von Isohyetenverlauf beeinflussen, gehört neben der Niederschlagsvariabilität auch die Verdunstung. Gleiche Niederschläge bei höheren Temperaturen verdunsten schneller, d.h. ein das Pflanzenwachstum hemmendes bzw. auslöschendes Wasserdefizit wird früher erreicht. Eine Erhöhung des Niederschlagsbetrages wäre nötig, um die gleichen Wachstumsbedingungen wiederherzustellen. Daraus folgt, daß der Verlauf der Isohyeten grundsätzlich nichts über die "Wirksamkeit" der Niederschläge aussagt. Für den Mbulu Distrikt gilt, da sowohl die Niederschlagsmenge als auch die Verdunstungshöhe von der Erhebung über NN abhängen, daß sich beide angenähert parallel (wenn auch gegenläufig) verändern, d.h. die Regenfällwirksamkeit in großen Zügen dem Verlauf der Isohyeten entspricht.

Die Gesamtverdunstung einer eine Pflanzendecke tragenden Landoberfläche, die Evapotranspiration (ET), ist abhängig einerseits von Temperatur, möglicher Sonnenscheindauer, Sättigungsdefizit, Luftbewegungen, u.a. (potentielle ET = pET), andererseits von dem ihr zur Verfügung stehenden Wasserangebot des Bodens, das zu einer Einschränkung der pET führen kann, also zu einer Differenz zwischen möglicher (pET) und tatsächlicher (aktueller ET = aET) Verdunstung.

Für die Berechnung der pET wurde die Methode von Thornthwaite (Thornthwaite 1948, Thornthwaite und Mather 1957) angewendet. Sie berücksichtigt allein die Temperatur und die mögliche Sonnenscheindauer in der Annahme, daß diese beiden Klimaelemente einen ausreichenden Indikatorwert für die Höhe der pET besitzen. Die Berechnung der pET aus ihnen erfolgt mit Hilfe einer empirisch gefundenen Formel. Die aET wird dann auf dem Wege über einen Vergleich von pET, Niederschlag und Bodenwasserführung bestimmt.

Der Vorzug der Thornthwaiteschen Methode ist, daß sie für ein Untersuchungsgebiet in der Größe des Mbulu Distriktes lediglich Temperatur- und - nur

für die aET-Bestimmung - Niederschlagsmessungen benötigt, die von allen Klimadaten am ehesten vorliegen. Andererseits liegt aber gerade hierin ihr größter Nachteil, da sie den Einfluß der übrigen Atmosphärien, die sicher unabhängig von Temperatur und Niederschlag variieren können, vernachlässigt.

a. Temperatur

Im Gegensatz zu den 62 Stellen mit Regenfallmessungen gibt es nur 4 mit mindestens vierjährigen Temperaturmonatsmitteln ⁺⁾ , nämlich Mbulu (10 Jahre), Kondoa und Tarangire ⁺⁺⁾ (je 4 Jahre) und Galappo (4 1/12 Jahre, nach Obst 1923). Für Mangola liegen von Kohl-Larsen (1958) ein- bis zweijährige Werte für die Monate Januar bis November vor, für Kikore von Scott (1934) für 1 3/4 Jahre.

"Der jährliche Gang der Temperatur ist bedingt einerseits durch die Sonnenhöhe, andererseits durch die Verteilung von Regen- und Trockenzeiten" (Obst 1923, S. 99). Fig. 10, 1 zeigt den Jahresgang der Temperatur am Beispiel von Kondoa.

Die mittlere jährliche Temperaturschwankung (Differenz der mittleren Temperaturen des kältesten und wärmsten Monats) liegt bei 5° C, die mittlere tägliche Schwankung (Differenz der mittleren Maximum- und Minimumtemperaturen eines Monats) ist doppelt (während der Regenzeit) bis dreifach (während der Trockenzeit) so hoch. Der kälteste Monat ist der Juli, die wärmsten Monate sind November oder Dezember und, nach einem leichten Temperaturabfall während der Kleinen Regenzeit, der März.

Im Gegensatz zu der hohen Variabilität der Jahresniederschläge sind die Schwankungen der Temperatur von Jahr zu Jahr gering. Die mittleren Temperaturkurven von Mangola, Tarangire, Kondoa, Galappo und Mbulu (Fig. 10, 2)

⁺⁾ mittl. monatl. Max. + mittl. monatl. Min. ₂ , für Galappo: Mittel der täglichen Temperaturextreme

⁺⁺⁾ nach Lampray (persönlich)

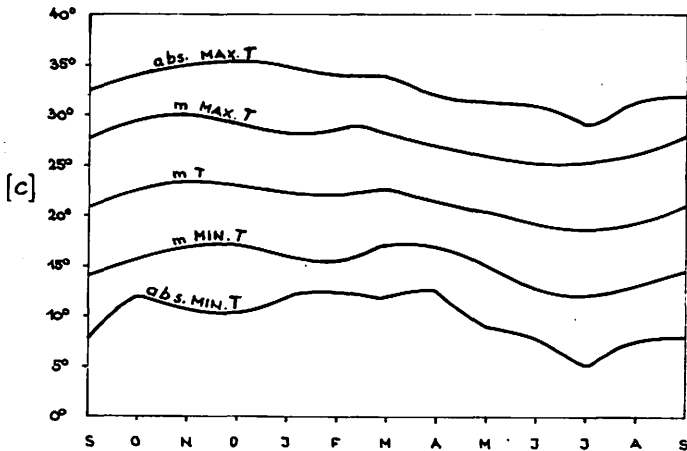
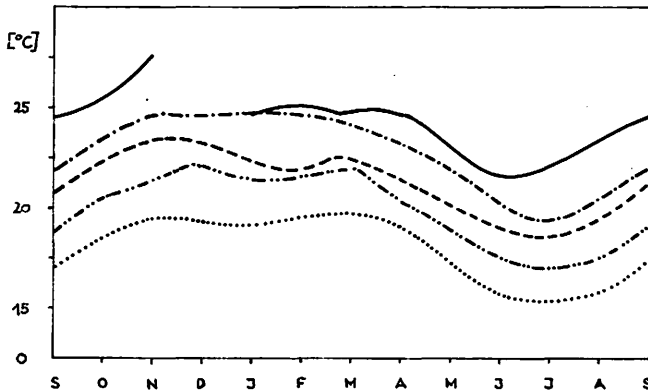


Fig. 10, 1: Jahresgang der Temperatur in Kondoa (1360 m ü. NN): Monatsmittel (mT), mittleres monatliches Maximum (mMAX. T) und Minimum (mMIN. T), absolutes Maximum (abs. MAX. T) und Minimum (abs. MIN. T)

zeigen geringe Abweichungen in ihrem Auf- und Absteigen im Laufe des Jahres gegenüber größeren Unterschieden der Temperaturhöhe des Gesamtverlaufes. Letztere erweisen sich als abhängig von der Höhenlage der Station; die Differenz der gleichhoch über NN gelegenen Meßstellen Kondoa und Galappo erklärt sich aus dem temperaturerhöhenden Einfluß einer Kessellage (Kondoa).

Die Monatsmittel der beiden Stationen Mbulu und Galappo, deren Hanglage am ehesten vergleichbar ist, unterscheiden sich um $0,24^{\circ}$ (April) - $0,61^{\circ}$ C (Dezember) pro 100 m Höhendifferenz, im Mittel des Jahres um $0,47^{\circ}$ C pro 100 m. Wesentlich größere Werte erbringt der Vergleich mit den Monatsmitteln von Kondoa und Tarangire, wo die Messungen in einer Depression (Talsohle) vorgenommen wurden. Hier beträgt die Differenz zu Mbulu pro 100 m Höhenabnahme im Jahresmittel $0,8^{\circ}$ C



	Station	Höhe ü. NN	Beobachtungszeit
—	Mangola	1050 m	1 - 2 Jahre
- - -	Tarangire	1100 m	4 "
- . - .	Kondo	1360 m	25 "
- - - .	Galappo	1370 m	4 1/12 "
.....	Mbulu	1770 m	10 "

Fig. 10, 2: Mittlere Monatstemperaturen für Mbulu, Galappo, Kondo, Tarangire und Mangola

(November $0,98^{\circ}\text{C}$ - April $0,53^{\circ}\text{C}$) bzw. $0,72^{\circ}\text{C}$ (Januar $0,85^{\circ}\text{C}$ - April $0,58^{\circ}\text{C}$). Die jahreszeitlichen Schwankungen der Höhengradienten stimmen darin überein, daß die vertikale Temperaturänderung im April generell am niedrigsten ist und die höchsten Werte am häufigsten in der zweiten Hälfte der Großen Trockenzeit und in der Kleinen Regenzeit liegen. Wesentliche Abweichungen von dieser Regel schließen jedoch eine sichere allgemeingültige Aussage aus. Bei der Berechnung von Monatsmitteltemperaturen weiterer Stationen mußten daher die jahreszeitlichen Einflüsse unberücksichtigt bleiben. In der Annahme, daß der sich aus den Messungen von Mbulu und Galappo

errechnende vertikale Temperaturgradient am repräsentativsten ist, zudem in Anlehnung an die Reduktionen im Climatological Atlas of Africa, wurde - von Mbulu ausgehend - für alle Monate eine Temperaturerniedrigung von $0,5^{\circ}\text{C}$ auf 100 m Höhenzunahme und umgekehrt zugrundegelegt. Bei den in großräumigen Hohlformen gelegenen Stationen Yaida Chini, Mto-wa-Mbu und Mwada wurde zusätzlich zu jedem Monatswert 1°C addiert.

Die in dieser Weise berechneten monatlichen Temperaturmittel von einigen der Regenfallmeßstationen, die selbst keine Temperaturmessungen durchführen, können selbstverständlich nur grobe Näherungswerte sein. Doch gewinnt ihre Brauchbarkeit, wenn man sie als Durchschnittswerte für ein größeres Gebiet sieht, dessen Höhe ü. NN derjenigen der für die Berechnung jeweils zugrundegelegten Station gleicht. Die besondere Reliefsituation dieser Stationen mit ihrem Einfluß auf den Temperaturgang kann dann vernachlässigt werden. Für die vorliegende Untersuchung liegt hierin sogar ein Vorteil: Nicht die oftmals durch örtliche Faktoren beeinflussten Temperaturen an der Thermometeraufstellung, die zudem häufig unsachgemäß ausgeführt ist, interessieren, sondern die für einen größeren Bereich repräsentativen Mitteltemperaturen, mit deren Hilfe die räumliche Abstufung der pET flächenhaft kalkulierbar wird und damit Aussagen über die räumlichen und zeitlichen Unterschiede des Wasserhaushaltes möglich werden. Für diesen Zweck ist die oben ausgeführte Art der Temperaturberechnung ausreichend zuverlässig: Die im folgenden genannten Zahlen werden sich, sobald eine bessere Berechnungsgrundlage geschaffen worden ist, in gewissen Grenzen ändern, doch werden hierdurch die aus ihnen gezogenen Schlüsse über die räumliche und zeitliche Abstufung der Humidität und die Humiditätsvariabilität im Prinzip sicher nicht erschüttert.

b. Potentielle Evapotranspiration

Da die mögliche Sonnenscheindauer innerhalb des zwischen dem 3. und 5. südlichen Breitenkreis gelegenen Mbulu Distriktes nur geringfügig variiert, so reduziert sich die Differenzierung der nach Thornthwaite berechneten pET auf die Abhängigkeit von der Temperatur und damit von der Höhenlage.

Die Darstellung der räumlichen Verteilung der jährlichen pET (s. Karte VI) entspricht daher in großen Zügen der Höhengliederung der Landoberfläche. Es gelten angenähert die in Tabelle 10, 1 genannten Entsprechungen. Sie stimmen weitgehend überein mit denen, die Sansom (1954) für ganz Ostafrika aufgestellt hat (s. d. Fig. 27).

Tab. 10, 1: Die Abhängigkeit der potentiellen Evapotranspiration (pET) von der Höhenlage

Höhe ü. NN (m)	Jahressumme der pET (mm)
1900	800
1500	900
1200	1000

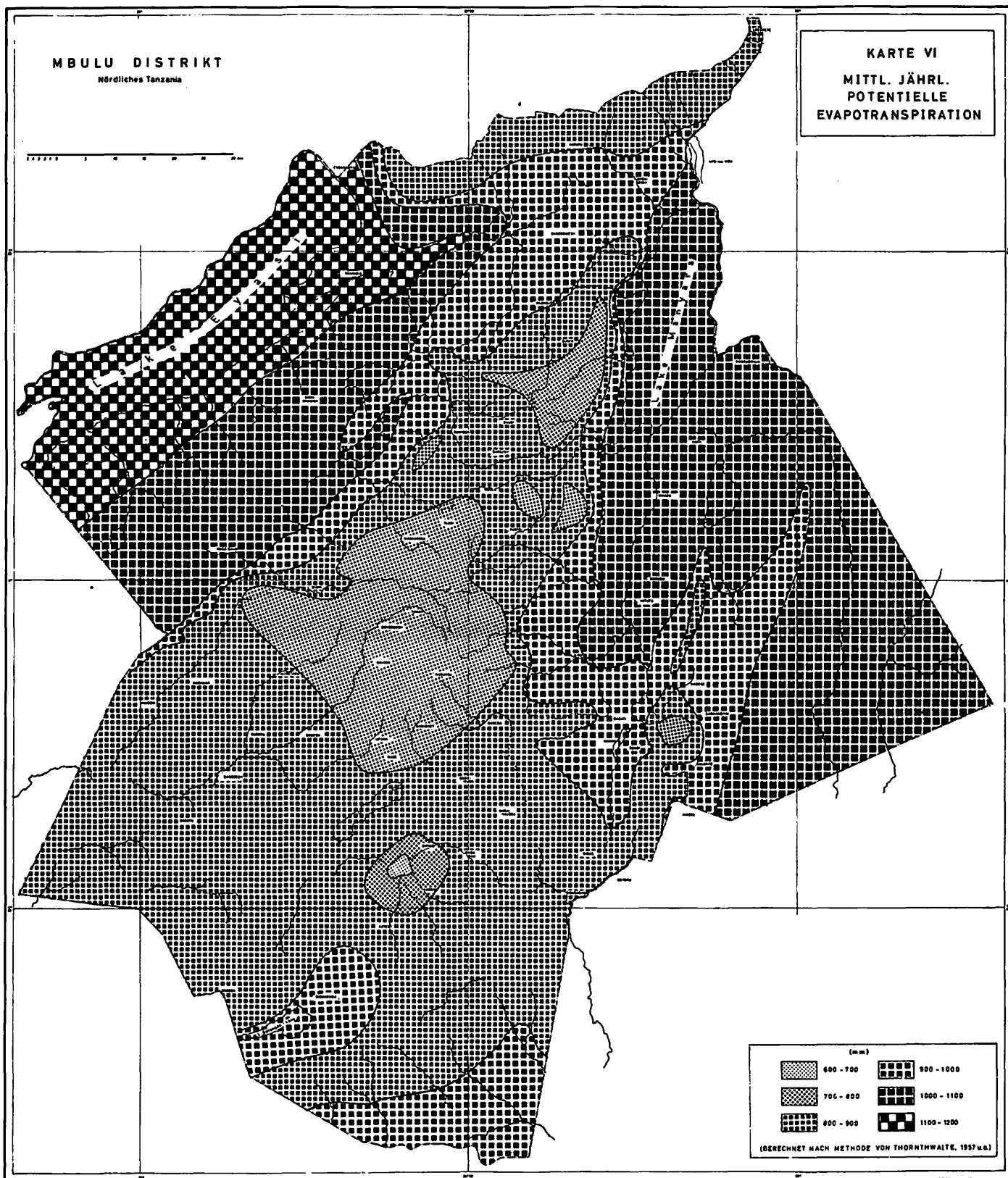
Für das von dem Iraqw Hochland im SE, dem Oldeani im N und der Nyarasa Bruchstufe im NW kesselartig eingeschlossene Yaida-Eyasi Gebiet gilt in etwa die in Tabelle 10, 2 genannte Beziehung.

Tab. 10, 2: Die Abhängigkeit der potentiellen Evapotranspiration (pET) von der Höhenlage in den großen Senken des Yaida-Eyasi Gebietes

Höhe ü. NN (m)	Jahressumme der pET (mm)
1700	900
1500	1000
1200	1100

MBULU DISTRIKT
Nördliches Tanzania

KARTE VI
MITTL. JÄHRL.
POTENTIELLE
EVAPOTRANSPIRATION



Der mittlere Jahresgang der pET wurde in Tabelle 11 beispielhaft an 8 Stationen dargestellt. Die ungewöhnlich hohen Monatswerte von Mangola beruhen auf nur ein- bis zweijährigen Temperaturmessungen (s. o.; der Wert

Tab. 11: Mittlere monatliche potentielle Evapotranspiration von 8 Stationen, berechnet nach der Methode von Thornthwaite (1957, u. a.)

Station	Höhe ü. NN (m)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Mwada	970	105	100	112	102	83	68	65	71	81	101	107	111	1106
Mangola +	1050	107	108	112	108	96	75	80	97	105	122	147	135	1292
Kondoa +	1360	99	86	97	84	77	59	58	65	81	98	105	108	1017
Galappo +	1370	92	83	97	78	71	56	56	59	69	85	89	99	934
Katesh	1650	80	74	87	75	64	53	52	56	63	76	83	83	846
Mbulu +	1770	80	74	81	75	65	51	49	53	63	76	80	83	830
Dongobesh	1950	76	68	78	72	59	50	46	52	57	72	77	76	783
Hanang	3418	57	54	59	54	46	39	34	40	45	57	58	60	603

+ nach stationseigenen Temperaturmessungen (vgl. Fig. 10, 2); über die Zuverlässigkeit der übrigen Temperaturbestimmungen vgl. C, a.

für Dezember wurde ergänzt). Es muß damit gerechnet werden, daß sie in Wirklichkeit niedriger liegen. Ihre Jahressumme dürfte kaum 1200 mm übersteigen. Abgesehen von der nur für die Gipfelregion des Hanang gültigen pET von weniger als 700 mm ergibt sich somit für die einzelnen Bereiche des Mbulu Distriktes eine jährliche potentielle Verdunstungsspanne von 500 mm (700 - 1200). Die Differenz des höchsten und tiefsten Monatsmittels der pET beträgt für Mwada und Kondoa etwa 50 mm, für die höher gelegenen Stationen gut 30 mm.

D. Klimatischer Wasserhaushalt und Pflanzenwachstum

a. Stufen der Humidität

Der Wasserhaushalt wird wesentlich bestimmt durch das Verhältnis von Niederschlag (N) zu Verdunstung (pET). Ist für einen gewissen Zeitraum $N \geq pET$, so gilt er als humid: Es ist genügend Bodenwasser vorhanden, die Verdunstungsverluste auszugleichen, das Pflanzenwachstum vermag sich daher uneingeschränkt zu entfalten. Nach Überschreiten der Feldkapazität erfolgt ein oberflächlicher Abfluß. Wird demgegenüber $\frac{N}{pET} < 1$ (= arid), so erfolgt zwar eine Verminderung der Evaporation des Bodens gegenüber der möglichen, doch ist wahrscheinlich, daß die Transpiration der natürlichen Vegetation davon zunächst nicht betroffen wird. Thornthwaite geht von der Überlegung aus, daß sich bei dauerndem Niederschlagsüberschuß eine Vegetation einstellt, die eine maximale, in Bereichen gleicher klimatischer "Verdunstungskraft" übereinstimmende Transpirationsintensität aufweist (Thornthwaite 1948). Die unter diesen - in Ostafrika fast nirgends verwirklichten - Umständen auftretende Verdunstung (im wesentlichen nur noch Transpiration) setzt er gleich seiner pET ⁺⁾ . Seine Berechnungen führen daher zu pET -Werten, die auch bei einer sie übersteigenden Niederschlagshöhe nicht erreicht werden, und zwar bleibt die Transpiration der xeromorphen Pflanzengemeinschaften weiter hinter ihnen zurück als die der meso- oder hygromorphen, da sich die Vegetationsdichte mit abnehmendem Niederschlag verringert. Das heißt, ein nicht allzu großes Defizit von N gegenüber der nach Thornthwaite berechneten pET wird sich im Bereich des Montanen Regenwaldes stärker in einer Einschränkung oder selbst Unterbrechung des Wachstums bemerkbar machen als in der Combretum Savanne und kann für die Baumsteppe völlig ohne nachteiligen Einfluß bleiben. Daraus folgt, daß eine auf den Wachstumsbedingungen der Pflanzendecke basierende Unterteilung in aride (Vegetations-

+) Keller (1961) weist darauf hin, daß mit zunehmender Verdunstung eine Erhöhung der Luftfeuchte eintritt, die ihrerseits zu einer Verminderung der pET führt. Das Maximum der pET liegt daher vor Erreichen der maximalen Vegetationsentwicklung (s.d. Abb. 53. 1, S. 53)

ruhe) und humide (Vegetationsperiode) Monate nicht auf den Schwellenwert $\frac{N}{pET} = 1$ zu gründen ist, daß vielmehr die jeweils maximal mögliche Transpirationsintensität der tatsächlich vorhandenen Vegetationseinheit berücksichtigt, d.h. - bei geschlossener Pflanzenbedeckung - direkt in Beziehung zu N und der Bodenwasserführung gesetzt werden muß. Da diese potentielle Transpiration nicht bekannt ist, zudem, da sie auch artspezifisch nach Alter und Standort variiert, auch kaum allgemeingültig zu bestimmen ist, so habe ich aus den "ariden" ($\frac{N}{pET} < 1$) Monatswerten pauschal diejenigen ausgeklammert, deren $N \geq \frac{2}{3} pET$ und $< pET$ (= "subhumid") bzw. $N \geq \frac{1}{2} pET$ und $< \frac{2}{3} pET$ (= "semi-arid") sind.

Diese Untergliederungen sollen nicht mehr als eine schematische Abstufung des klimatischen "Ariditätsgrades" geben. Daß sie unabhängig von den Schwellenwerten der natürlichen Vegetation festgelegt wurden, schließt nicht aus, daß sie brauchbare Relativwerte liefern. Mehr ist auf dem Wege einer rein klimatischen Ariditäts-Humiditäts-Bestimmung, wie im Kapitel E. ausgeführt wird, ohnehin nicht zu erreichen. Auf jeden Fall sind diese Relativwerte der Unterteilung überlegen, die sich allein auf den Grenzwert $\frac{N}{pET} = 1$ gründet. Denn, wie oben gezeigt wurde, ist für die Wachstumsbedingungen der natürlich vorkommenden Pflanzengemeinschaften durchaus nicht unwichtig, ob die Niederschläge nur wenig oder sehr bedeutend unter den pET-Werten des gleichen Zeitraumes bleiben. Es erscheint möglich, daß insbesondere der subhumide Zeitraum noch "humide Wachstumsbedingungen" (d.i. Bestehenbleiben optimaler Transpiration) für die xeromorphen Vegetationseinheiten bedeutet.

b. Mittlere Humiditätsdauer in ihrer räumlichen Differenzierung

Tabelle 12 zeigt für die wichtigsten Stationen den jeweiligen Anteil an humiden, subhumiden, semi-ariden und ariden Monaten, berechnet aus den mittleren Monatsniederschlägen in Prozent der mittleren monatlichen pET.

Wie beschrieben, verlaufen die negative Niederschlagsvariabilität und die Verdunstungshöhe annähernd parallel zu der räumlichen Veränderung des mitt-

Tab. 12: Anzahl der humiden, subhumiden, semi-ariden und ariden Monate und ihre Verteilung über das Jahr, von 22 Stationen.

Zahlenwerte berechnet nach der Formel $\frac{N \cdot 100}{pET}$ (darin bedeuten für die einzelnen Monate: N mittl. monatl. Niederschlag, pET mittl. monatl. potentielle Evapotranspiration; für das Jahr: die entsprechenden Jahreswerte von N und pET)

121 humid (N $\geq$ pET) 84 subhumid (N = 66 - 99 % pET) 53 semi-arid (N = 50 - 65 % pET) 15 arid (N < 50 % pET)

Station	Zahl der humiden Monate n. Lauer (1952)	Anzahl der Monate mit N																		Jahr
		$\geq$ pET (humid)	= 66 - 99 % pET (subhumid)	$\geq$ 66 % pET	= 50 - 65 % pET (semi-arid)	$\geq$ 50 % pET	< 50 % pET (arid)	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	
Kainam	8	7	2	9	0	9	3	13	97	150	279	133	199	226	263	195	76	25	21	152
Tlawi	7	7	0	7	0	7	5	7	36	101	154	141	138	186	255	130	10	4	0	107
Mbulu	7	7	0	7	0	7	5	6	33	103	147	130	118	186	219	100	8	4	4	98
Braunschweig	7	6	1	7	0	7	5	12	27	83	133	153	145	162	335	268	33	20	13	122
Ndamakai	7	6	1	7	0	7	5	8	24	76	144	167	138	195	283	200	26	8	7	115
Mbulumbulu	7	6	1	7	0	7	5	12	24	109	123	82	112	164	380	219	24	12	6	114
Gibb	7	6	1	7	0	7	5	12	32	88	137	116	130	146	334	216	22	14	7	111
Kongoni	7	6	1	7	0	7	5	6	23	71	112	119	114	131	285	172	19	11	7	96
Galappo	7	6	1	7	0	7	5	3	15	118	161	108	111	145	183	82	16	0	0	88
Katesh	6	6	0	6	1	7	5	2	20	58	136	143	150	165	179	133	9	2	2	91
Gendi	7	5	2	7	0	7	5	2	35	130	212	97	127	189	293	96	11	2	0	112
Singu	7	5	2	7	0	7	5	3	16	81	148	137	135	164	221	92	8	2	0	93
Yambi Mission	6	5	1	6	1	7	5	9	14	72	147	143	134	133	111	60	11	0	0	78
Dongobesh	6	5	0	5	2	7	5	9	19	65	160	171	149	191	154	58	12	4	0	93
Grenze des periodischen Abflusses																				
Kondoa	5	4	1	5	0	5	7	1	6	25	96	126	132	133	113	45	5	0	0	63
Karatu	7	3	4	7	0	7	5	9	18	93	95	86	95	121	220	150	10	11	7	84
Ugenini	7	3	4	7	0	7	5	4	10	69	68	103	86	120	174	85	5	2	4	67
Mwada	7	2	4	6	1	7	5	1	14	69	92	67	62	116	168	69	4	0	0	68
Grenze des Regenfeldbaus																				
Loiborsott	5	2	4	6	0	6	6	3	12	35	87	93	92	110	139	66	9	4	3	60
Yaida Chini	5	2	3	5	0	5	7	9	6	27	144	86	86	133	70	24	10	5	2	57
Tarangire	5	2	2	4	1	5	7	1	22	57	81	42	75	156	151	24	3	2	1	58
Mto-wa-Mbu	6	1	3	4	2	6	6	3	19	64	82	80	63	93	105	45	5	3	3	53

leren Jahresniederschlags. Das gleiche gilt für die jährliche Anzahl der "feuchten" Monate. Die Tabelle 13 und das zugehörige Diagramm (Fig. 11)

Tab. 13: Die jährliche Anzahl der humiden ($N \geq pET$), humid/subhumiden ($N \geq 2/3 pET$) und der humid/subhumid/semi-ariden ($N \geq 1/2 pET$) Monate in Abhängigkeit von den mittleren Jahresniederschlägen (N_j); N monatliche Niederschlagsmittel, pET Monatsmittel der potentiellen Evapotranspiration, berechnet nach Thornthwaite (1957 u. a.). Zum Vergleich die nach dem Ariditätsindex von De Martonne/Lauer (Lauer 1952) $20 = \frac{12 n}{t + 10}$, n monatlicher Niederschlag, t monatliche Temperatur, berechneten Werte.

N_j (mm)	Zahl der Monate mit:				20
	$N \geq pET$	$N \geq 2/3 pET$	$N \geq 1/2 pET$	$\frac{12 n}{t + 10}$	
500 - 700	1 - 4	4 - 6	5 - 6	5	
700 - 800	5	7	7	6	
800 - 1000	6			7	
1100	7	9	9	8	

zeigen ihre Abhängigkeit von der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe.

Infolge der deutlichen Parallelität, die für die räumliche Wandlung der vier veränderlichen Größen, Jahresniederschlag, seine negative Variabilitätsamplitude, Verdunstung und Anzahl der humiden (bzw. subhumiden oder semi-ariden) Monate gilt, läßt sich schwer abschätzen, welche von ihnen entscheidend für die Vegetationsgliederung ist. Einer hohen mittleren Jahresregenermenge entsprechen einerseits eine hohe Anzahl von feuchten Monaten, andererseits eine niedrige pET und ein hohes jährliches Niederschlagsminimum. Das heißt, auf die Vegetation übertragen: Die niederschlagsreichen Gebiete haben zugleich eine geringere klimatische Transpirationsspannung, eine längere Wachstumszeit und eine verminderte Gefährdung durch Trockenjahre.

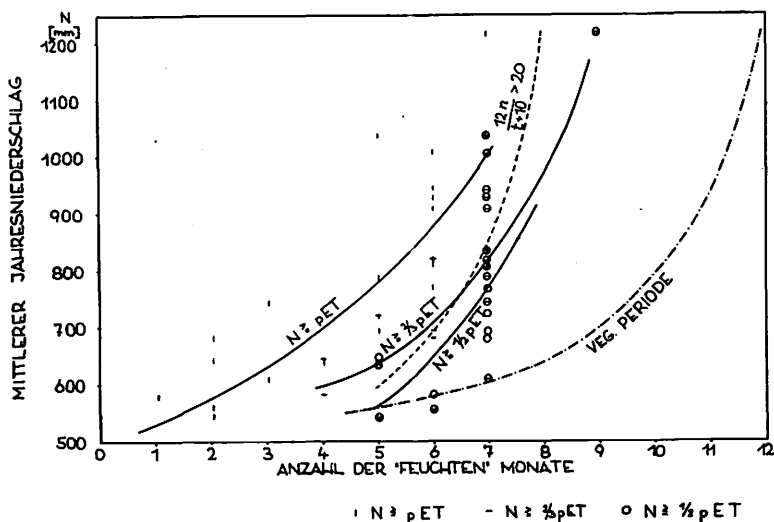


Fig. 11: Die Anzahl der humiden ($N \geq pET$), humid/subhumiden ($N \geq \frac{2}{3} pET$) und humid/subhumid/semi-ariden ($N \geq \frac{1}{2} pET$) Monate und die Dauer der Vegetationsperiode (vgl. E. Bodenwasserhaushalt und Pflanzenwachstum) in Abhängigkeit von der Höhe der mittleren jährlichen Niederschläge; zum Vergleich die nach der Methode von Lauer (1952) errechnete Humiditätsdauer.

N, n	mittl. monatl.	Niederschlag
pET	"	potentielle Evapotranspiration
t	"	Temperatur

Die Baum-/Strauch-Vegetation vermag dementsprechend immergrün zu sein und entwickelt nur einen schwachen Transpirationsschutz. Die tatsächliche Wasserabgabe der Pflanzen (aktuelle Transpiration) ist daher groß. Das bedeutet einerseits eine hohe Stoffproduktion (Zuwachs), andererseits eine geringe Trockenresistenz. Für die niederschlagsärmeren Bereiche gilt zunehmend das Umgekehrte. Zusammenfassend läßt sich daher sagen, daß das Wachstum in den Gebieten hohen Niederschlages auch durch die übrigen kli-

matischen Faktoren begünstigt, dagegen in solchen geringen Regenfalls zusätzlich benachteiligt wird. Dies gilt mit Ausnahme der Temperatur.

Tabelle 14, 1 zeigt die Beziehungen, wie sie zwischen der Vegetationsgliederung und der Anzahl der humid/subhumiden Monate pro Jahr bestehen.

Tab. 14, 1: Die Abhängigkeit der Vegetationsgliederung von der mittleren jährlichen Anzahl der humid/subhumiden ($N \geq 2/3$ pET) Monate, berechnet aus den mittleren Monatsniederschlägen (N) und der mittleren monatlichen potentiellen Evapotranspiration (pET) (Methode I)

Mittlere jährliche Anzahl der Monate mit $N \geq 2/3$ pET	Vegetationseinheiten
4 - 6	Acacia tortilis ssp. spirocarpa-Commiphora Baumsteppe, Brachystegia Trockenwald
6 - 8	Combretum Baumsavanne, Submontaner Miombo, Grashochland mit immergrünen Hartlaubstraucharten
8 - 9	Montaner Regenwald

Eine wesentliche Erniedrigung dieser Werte ergibt sich, wenn man von der tatsächlichen Zahl der Monate mit $N \geq 2/3$ pET ^{+) in den einzelnen Beobachtungsjahren ausgeht und daraus die Mittel bildet (Methode II, s. Tab. 14, 2), anstatt - wie oben beschrieben - die langjährigen monatlichen Niederschlagsmittel in Beziehung zur jeweiligen mittleren pET setzt (Methode I).}

Diese Beziehungen entsprechen zwar den wirklichen Verhältnissen, d.h. der effektiv im Mittel pro Jahr zu erwartenden Anzahl "feuchter" Monate. Doch

+) Bei allen Humiditätsberechnungen für einzelne Jahre wurden für die pET Mittelwerte eingesetzt. Dies ist möglich, da die Temperatur von Jahr zu Jahr nur geringfügig variiert.

Tab. 14, 2: Die Abhängigkeit der Vegetationsgliederung von der mittleren jährlichen Anzahl der humid/subhumiden Monate, berechnet aus der in den einzelnen Beobachtungsjahren tatsächlich vorhandenen Zahl von Monaten mit Niederschlagssummen $n \geq 2/3 \text{ pET}$ (Methode II)

Jährliche Anzahl der Monate mit $n \geq 2/3 \text{ pET}$		Vegetationseinheiten
Mittel	Variationsbreite	
3 - 4	1 - 6	Steppe
4 - 6	2 - 8	Savanne
6 - 7	2 - 9	Montaner Regenwald

sind sie sicher weniger geeignet, die Abhängigkeit zwischen der Vegetationsgliederung und der Dauer der feuchten Zeit auszudrücken, da sie die in humiden Monaten oft vorhandenen Überschüsse (N minus pET) unberücksichtigt lassen (bei der Berechnung nach Methode I werden diese Überschüsse über die der Humiditätsbestimmung vorausgehenden N -Mittelbildung indirekt einbezogen). Diese Überschüsse vermögen einen folgenden niederschlagsarmen Monat "edaphisch" subhumid oder gar humid zu machen und daher die Kontinuität einer für das Wachstum ausreichenden Feuchtigkeit herzustellen. Ihre Erfassung ist daher für die Bestimmung der Vegetationszeit unbedingt erforderlich, die letztere, scheinbar exaktere Methode II hier nicht anwendbar. Lediglich als ein Zeichen für die Humiditätsvariabilität innerhalb der Regenzeit hat sie eine positive Aussage. Die beiden Diagramme (Fig. 12, 1 - 2) für Kondoa und Gibb-Ngorongoro mögen dies verdeutlichen.

Die Dauer der humid/subhumiden Zeit, wie sie sich nach Methode I ergibt, erstreckt sich geschlossen am Ngorongoro über die 7 Monate von November bis Mai, bei Kondoa nur über die 5 Monate zwischen Dezember und April. Der tatsächliche Niederschlagsgang während dieser Zeitspannen zeigt demgegenüber für beide Stationen, daß die Kontinuität selbst "semi-arider" Niederschlagsfeuchtigkeit nur in wenigen Jahren verwirklicht ist. Trotzdem

liefert ein getreues Bild davon. Methode II gibt dagegen nur die mittlere Erwartung feuchter Monate pro Jahr an, ohne etwas über deren Lage zueinander und damit die Länge der Vegetationszeit auszusagen (s. Tab. 15).

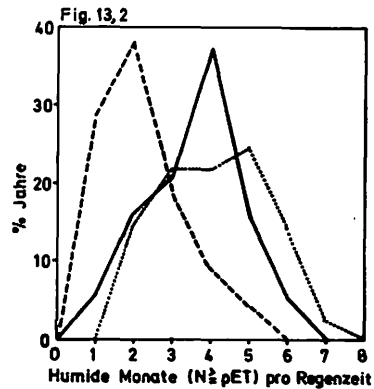
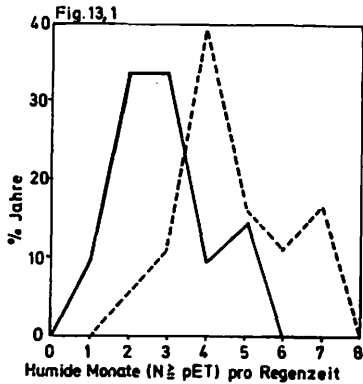
Tab. 15: Vergleich der nach Methode I und II (vgl. Tab. 14, 1 und 2) berechneten mittleren jährlichen Anzahl von "feuchten" Monaten für die Stationen Gibb-Ngorongoro und Kondoa

Humiditäts- grad N (n) ²	Mittlere jährliche Anzahl der "feuchten" Monate			
	berechnet aus mittl. Monatsniederschlägen (Methode I)		berechnet aus der tatsächlichen Zahl "feuchter" Monate pro J. (Meth. II)	
	Gibb	Kondoa	Gibb	Kondoa
pET	6	4	4,6	2,9
2/3 pET	7	5	5,5	3,9
1/2 pET	7	5	6,2	4,2

c. Variabilität der Humiditätsdauer

Die vorausgegangenen Überlegungen und insbesondere die Diagramme für Kondoa und Gibb-Ngorongoro (Fig. 12, 1 - 2; vgl. auch Tab. 14, 2) weisen bereits auf die Schwankungsamplitude der Humidität hin. In der Fig. 13, 1 wird nun für Kondoa und Gibb gezeigt, in wievielen Jahren vom Hundert jeweils eine bestimmte Zahl von humiden Monaten erreicht wird. Diese Angaben werden in der Fig. 13, 2 durch die entsprechenden Werte für Mwada, Yambi und Mbulu ergänzt.

Beide Diagramme lassen erkennen, in welchen weiten Grenzen die Humiditätsdauer schwanken kann. Beispielsweise zeigt der Kurvenverlauf von Mbulu, daß das Mittel der Humiditätsdauer (4,1 Monate) pro Regenzeit nur in 22 Jahren vom Hundert eingehalten wird. In den engeren Grenzen von 3 bis 5 humiden Monaten liegen knapp 70 % der Jahre, während rd. 15 % unter-



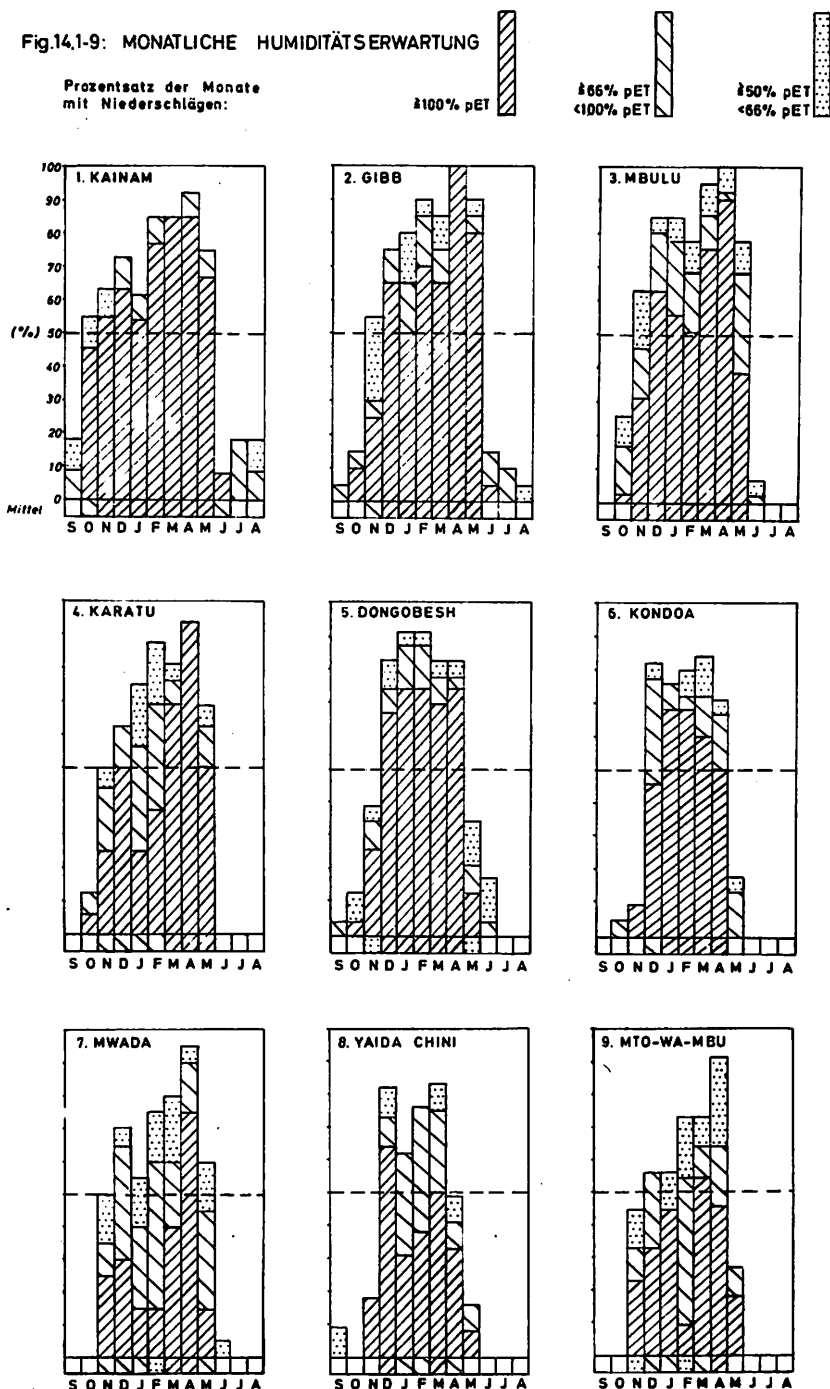
— Kondoia (21 J., Mittel:2,9) --- Mwada (21 J., Mittel:2,2)
 --- Gibb (18 J., " :4,6) — Yambi (19 J., " :3,6)
 Mbulu (41 J., " :4,1)

Fig. 13, 1 - 2: Prozentuale Häufigkeit der Regenzeiten gleicher Humiditätserwartung (gleicher Zahl an humiden Monaten).

bzw. oberhalb von ihnen bleiben. Der Anteil von 15 Jahren mit nur 2 humiden Monaten in einem Zeitraum von 100 Jahren stellt zweifellos eine schwere Belastung sowohl für die natürliche Vegetation als auch für den Ackerbau und die Viehhaltung dar. Zu welchem Ausmaß diese Belastung in anderen noch ungünstiger gestellten Bereichen des Mbulu Distriktes anwachsen kann, mag die Kurve von Mwada verdeutlichen: Bei dieser Station sinkt die jährliche Humiditätsdauer in knapp 30 % aller Jahre auf 1 Monat.

Aus der Fig. 14 ist für 9 Stationen ersichtlich, mit welcher Wahrscheinlichkeit die einzelnen Monate des Jahres klimatisch humid (bzw. subhumid oder semi-arid) sind. Ein Vergleich mit den Tabellen 6 und 12 zeigt erwartungsgemäß, daß ihre Humiditätserwartung in großen Zügen der Höhe ihrer Niederschlagsmittel und ihrem mittleren Humiditätsgrad folgt.

Fig.14.1-9: MONATLICHE HUMIDITÄTSPERWARTUNG



Anmerk.: Für den Index der Ordinaten s. Diagramm 1. KAINAM

Doch ergeben sich zahlreiche Abweichungen von jenen Werten. Ein Teil von ihnen erklärt sich aus der jahreszeitlich wechselnden Höhe von pET, wodurch sich die Lage der Humiditätsgrenzen verschiebt: Bei gleichen Fehlmengen von übereinstimmenden Niederschlagsmitteln kommt es in wärmeren Monaten früher zu einem Unterschreiten der Humiditätsgrenzen, d.h. bei gleicher Niederschlagsvariabilität muß hier die Humiditätserwartung geringer sein. Zum Beispiel haben in Kainam die Monate November und Mai etwa die gleichen Niederschlagsmittel (116 bzw. 121 mm), jedoch eine deutlich abweichende pET (77 bzw. 62 mm). Entsprechend unterscheidet sich die Wahrscheinlichkeit, mit der diese Monate humid sind, um 12 % (55 bzw. 67 %). Diese von der pET abhängige Differenz spiegelt sich in den Humiditätsgraden wider (150 bzw. 195 %).

Das Beispiel von Kainam kann in gewissen Grenzen als repräsentativ für den ganzen Mbulu Distrikt gelten. Unter den regenzeitlichen Monaten (Nov. - Mai) hat der Mai eine auffallend niedrige pET. Demzufolge liegt seine Humiditätserwartung fast überall höher als es aus einem bloßen Vergleich der monatlichen Niederschlagsmittel zu erwarten ist.

Anders liegen die Verhältnisse jedoch in Mbulu für die beiden selben Monate wie in Kainam: Hier ist der Humiditätsgrad fast gleich (103 bzw. 100 %; die zugehörigen Werte von N und pET sind: 82 und 80 mm bzw. 65 und 65 mm), jedoch unterscheidet sich die Humiditätserwartung um 7 % (32 bzw. 39 %), diejenige mindestens subhumider Feuchtigkeit sogar um 22 % (46 bzw. 68 %). Hieraus kann nur gefolgert werden, daß der Mai für Mbulu eine geringere Variabilitätsamplitude des Niederschlages aufweist als der November.

Derartige Einzelbeispiele ließen sich leicht vermehren. Doch scheint mir ihre Aufzählung wenig auszusagen, solange nicht für zahlreiche Stationen längere Meßreihen vorliegen: Bei dem jetzigen Stand der Regenfalldaten sind die Fehlergrenzen zu groß, als daß allgemeingültige, räumliche wie zeitliche, Regelmäßigkeiten der monatlichen Niederschlagsvariabilität zuverlässig berechnet werden könnten. So muß es im Rahmen dieser Arbeit genügen, wenn ich für 9 ausgewählte Stationen die monatliche Humiditätserwartung darstelle.

Die Tabelle 16 bringt für eine Auswahl von 8 Stationen den prozentualen Anteil der "feuchten" Regenzeiten (November - Mai). Der Vergleich zwischen den Stationen zeigt, ähnlich wie es für die Variabilitätsamplitude der monatlichen Niederschläge beschrieben wurde, auch hier keine strenge Übereinstimmung zwischen der mittleren Niederschlagshöhe (N) und dem mittleren Humiditätsgrad ($\frac{N \cdot 100}{pET}$) einerseits, und dem Anteil an humiden ($n \geq pET$) bzw. subhumiden ($n \geq 2/3 pET$) Regenzeiten andererseits. Hierfür ist die unterschiedliche Höhenlage der Stationen und damit ihre abweichende mittlere pET nur begrenzt verantwortlich zu machen. Dies weist auf eine räumliche Differenzierung der Niederschlagsvariabilität hin. Aus dem Humiditätsgrad und erst recht aus den Niederschlagsmitteln kann also nur in grober Annäherung auf die Wahrscheinlichkeit humider Bedingungen geschlossen werden.

Tab. 16: Anteil der "feuchten" Regenzeiten (November - Mai) in 100 Jahren von 8 Stationen. N und pET mittlere regenzeitliche Niederschläge bzw. potentielle Evapotranspiration, n regenzeitliche Niederschlagssummen

Station	N (mm)	$\frac{N \cdot 100}{pET}$ (%)	Anteil der Regenzeiten mit	
			$n \geq pET$ (%)	$n \geq 2/3 pET$ (%)
Kondoa	627	95	45	70
Mwada	666	99	33	81
Yambi	672	116	61	95
Dongobesh	699	138	64	100
Karatu	702	121	60	87
Mbulu	774	144	85	100
Gibb	862	163	90	100
Braunschweig	948	179	100	100

Die beiden Diagramme der Figur 15, 1 - 2 mögen am Beispiel von Mwada und Mbulu den regenzeitlichen Humiditätswechsel veranschaulichen, wie er in dem Zeitraum von 1940 - 1963 erfolgt ist.

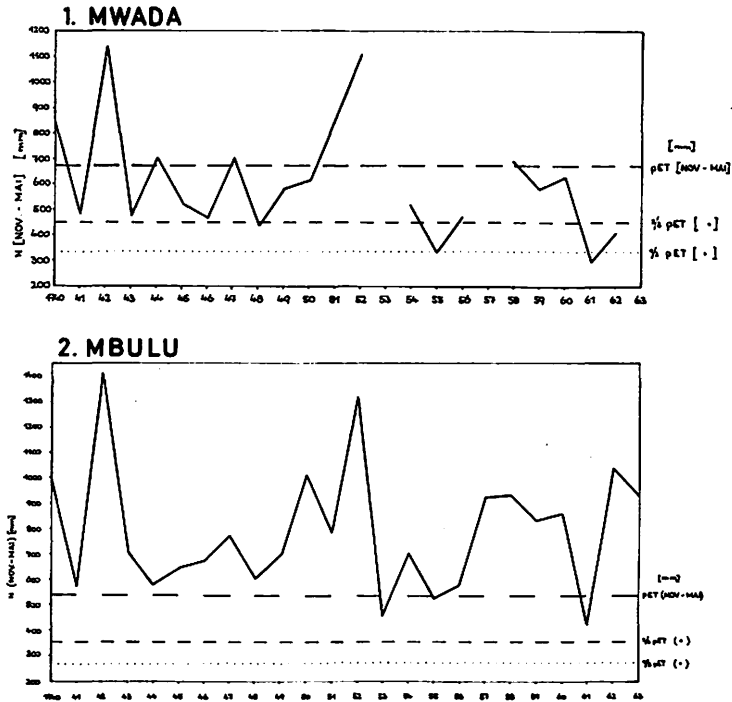


Fig. 15, 1 - 2: Regenzeitliche Niederschläge (n) der einzelnen Jahre von 1940 - 1963 im Vergleich zur Höhe der mittleren potentiellen Evapotranspiration (pET), für die beiden Stationen Mwada und Mbulu

E. Bodenwasserhaushalt und Pflanzenwachstum

Bei den bisherigen Überlegungen über die Länge der Vegetationsperiode wurde allein die "klimatische" Humidität berücksichtigt, d. i. der aus den wichtigsten Klimafaktoren (in unserem Falle Niederschlag und Temperatur) bestimmte Wasserhaushalt. Diese Methode entspricht den z. Zt. gebräuchlichsten Verfahren klimageographischer Arbeiten. Sie hat damit den Vorteil der Vergleichbarkeit. Zudem beschränkt sie die Zahl der Unsicherheitsfaktoren auf ein Minimum: N und T lassen sich exakt messen, allein ihr Abhängigkeitsverhältnis für die Humidität unterliegt subjektiver Beurteilung (die Thornthwaitesche Methode unterscheidet sich hierin prinzipiell nicht von den übrigen, sie verlagert das Problem lediglich auf das Verhältnis von T zu pET , das ebenfalls ausschließlich empirisch festgesetzt worden ist). Diese Gründe boten Anlaß genug, die klimatische Humidität an einen bevorzugten Platz bei der Diskussion über den Wasserhaushalt zu stellen. Die Bestimmung der Humiditätsdauer brachte eine mit der Gliederung der Vegetation übereinstimmende Abstufung (vgl. Tab. 14, 1), also zumindest gute Relativwerte für die den einzelnen Pflanzengemeinschaften eigenen Längen der Wachstumszeit.

Trotzdem vermag dieser Weg einer ausschließlich klimatischen Bestimmung der Humidität nicht voll zu befriedigen. Denn die Humidität an sich kann nicht mehr geben, als einen rein klimatischen Index für die räumlich abweichenden Bedingungen des Wasserhaushaltes. Ihre tatsächliche Bedeutung für das Pflanzenwachstum, den Abfluß, die Verwitterung und die Bodenbildung läßt sich dagegen aus ihrer Berechnung nicht unmittelbar ablesen. Weder ist die Wachstumszeit der Vegetation identisch mit der Anzahl der humiden (oder subhumiden) Monate, noch beinhaltet höherer Niederschlag als Verdunstung eo ipso einen oberflächlichen Abfluß. Vielmehr bedarf die Anwendung der Humiditätsbestimmungen auf außerklimatische Bereiche einer ergänzenden Betrachtung - zumindest - der Bodenwasserführung. Im folgenden soll versucht werden, auf diesem Wege die pro Jahr mögliche Wachstumsdauer der Vegetation zu bestimmen, im daran anschließenden Kapitel wird

der Frage des Abflusses nachgegangen werden.

Thornthwaite beschreibt einen Weg, wie aus seinen pET-Werten und dem Niederschlag die Wasserführung des Bodens errechnet werden kann. Im wesentlichen zwei zusätzliche (zu der pET-Bestimmung) Unsicherheitsmomente spielen hierbei hinein:

1. die Bestimmung der Feldkapazität im Wurzelbereich der Pflanzen,
2. der Aufbrauch des Bodenwassers durch die Verdunstung.

Thornthwaite und Mather (1957) haben zwei Tabellen veröffentlicht, aus denen sich die Feldkapazität nach Bodenart und Wurzeltiefe und der Aufbrauch des Bodenwassers (in etwa proportional der vorhandenen Wasserführung) annähernd bestimmen lassen. Nach dieser Methode wurde die Bodenwasserführung für die meisten Stationen berechnet.

Mit der Kenntnis der Bodenwasserführung allein ist jedoch für die Beurteilung der Wachstumsbedingungen zunächst nicht allzuviel gewonnen. Es gilt, die Reaktion der Pflanze auf den jeweiligen Wassergehalt zu bestimmen. Zwei Grenzwerte sind hier von entscheidender Bedeutung:

1. der minimale Bodenwassergehalt innerhalb der Wurzelzone, bis zu dem optimales Wachstum möglich ist ("Boden-Wurzelwert" = W_B , nach Mohrmann und Kessler 1959, zit. nach Keller 1961) und
2. derjenige, bei dem die Pflanze abstirbt ^{+) (Welkungspunkt = W_P).}

Die folgende gesetzmäßige Beziehung zwischen Pflanze und Boden liegt diesen Grenzwerten zugrunde:

Mit Abnahme der Wasserführung wächst die Saugspannung des Bodens (S), d.h. sein Bestreben, das bestehende Defizit zu seiner Feldkapazität auszugleichen. Die Pflanze muß entsprechend eine größere Anstrengung aufwenden, um ihren eigenen Wasserbedarf zu decken, d.h. sie muß ihren osmotischen Wert (O) erhöhen. Dieser möglichen Erhöhung (O max.) ist jedoch ein Ende gesetzt. Steigt S darüber hinaus, so stirbt die Pflanze aus Wassermangel ab, d.h. wird $S = O \text{ max.}$, so ist ihr Welkungspunkt erreicht. Vorher jedoch wird

+) bei mehrjährigen Arten: Vegetationsruhe

das Wachstum bereits eingeschränkt, und zwar nach Überschreiten einer bestimmten Höhe von O , dem sog. optimalen osmotischen Wert der Pflanze ($O_{opt.}$), d.h. $S = O_{opt.} = W_B$. Beide Schwellenwerte, $O_{opt.}$ wie $O_{max.}$, sind arteigene Größen.

In diesem Zusammenhang von besonderem Interesse ist die durch zahlreiche Bestimmungen des osmotischen Wertes erhärtete Erscheinung, daß insbesondere $O_{max.}$ bei Pflanzenarten trockener Standorte meist relativ hoch liegt. Das heißt, die Fähigkeit der Pflanzenarten, Wasser aus dem Boden aufzunehmen, entspricht in gewissen Grenzen den Erschwerungen, die sich aus der geringeren Wasserführung ihres Standortes ergeben. Daraus folgt, daß die theoretisch aus den räumlichen Abweichungen in der Bodenwasserführung zu erwartende Differenzierung der Vegetationsperiode durch die jeweils natürlich vorkommende Pflanzengemeinschaft aufgehoben oder doch zumindest abgeschwächt sein kann ⁺⁾ . Damit erhält die in Abhängigkeit von der Wasserführung des Bodens (wie auch aller Klimafaktoren) bestimmte Dauer der Vegetationszeit einen rein theoretischen Wert: Sie vermag die räumlich abweichenden Bedingungen - vergleichbar - aufzuzeigen, ohne aber etwas über die tatsächliche Dauer der Vegetationsperiode der in diesen Räumen in Beziehung zu ihren standörtlichen Hydraturbedingungen ausgebildeten Pflanzendecke auszusagen.

Dies gilt nicht für den Pflanzbau. Zwar können sich auch die Kulturpflanzen durch Ausbildung eines intensiveren Wurzelsystems (u.a.) an größere Trockenheit anpassen, doch sind diese standörtlichen Modifikationen für ihre allgemeine, d.h. durch die Lage von $O_{opt.}$ und $O_{max.}$ festgelegte Abhängigkeit vom Wasserhaushalt des Bodens sicher von untergeordneter Bedeutung. Der Pflanzbau erfüllt daher bei der Bestimmung der Vegetationsdauer mittels edaphisch-klimatischer Gegebenheiten die ideale Bedingung, den variierenden Faktor "Pflanzengesellschaft" auszuschalten. Die folgende Beurteilung der sich aus der jeweiligen Art der Bodenwasserführung ergeben-

⁺⁾ Vgl. Walter 1960, S. 202; den gegenteiligen Standpunkt vertreten Schaffer, F., und Schachtschabel, P., 1960, S. 157

den Vegetationsdauer wird daher im wesentlichen von ihm ausgehen (i. e. S. von den Kulturgräsern Weizen, Mais und Hirse).

Untersuchungen von Mohrmann und Kessler (1959, nach Keller 1961) in der europäischen Landwirtschaft haben ergeben, daß der Boden-Wurzelwert bei 50 % der von der Pflanze maximal ausschöpfbaren Bodenwassermenge liegt (d. i. die Differenz von Feldkapazität und Welkungspunkt = "nutzbare Regenkapazität"). Die von Laatsch (1940) im Schwarzerdebereich der Magdeburger Börde genannte nutzbare Regenkapazität beträgt wenigstens $\frac{2}{3}$ der Feldkapazität. Bei sandigen Böden erhöht sich dieser Wert (Walter 1960) auf etwa $\frac{4}{5}$. Zugunsten einer rechnerischen Vereinfachung und der besseren Vergleichbarkeit soll im folgenden einheitlich der Welkungspunkt (W_P) = $\frac{1}{3}$ Feldkapazität zugrundegelegt werden. Für den Boden-Wurzelwert soll die von Mohrmann und Kessler gefundene Beziehung W_B = 50 % der nutzbaren Regenkapazität übernommen werden.

Zur Erläuterung folgendes Beispiel:

Feldkapazität	- 100 mm
Boden-Wurzelwert	- 66,7 mm
Welkungspunkt	- 33,3 mm
nutzbare Regenkapazität	- 66,7 mm
Defizit	- 66,7 mm

Die aus den Tabellen von Thornthwaite und Mather (1957) entnommenen Werte der Feldkapazität beziehen sich auf eine obere Bodenschicht von etwa 1 m Mächtigkeit. Der tatsächliche Durchwurzelungsbereich liegt aber zu Beginn der Wachstumszeit wesentlich flacher, d. h. für die jungen Pflanzen genügt eine Durchfeuchtung oberflächennaher Bodenschichten bis zu einer Tiefe von sicher nur wenigen Dezimetern. Dieser Durchfeuchtungsgrad ist vermutlich bereits in jenen Monaten vorhanden, deren Niederschläge zwei Drittel ihrer pET erreichen. Zwar bringt die theoretische monatliche "Endabrechnung" der Wasserbilanz in diesem Falle eine weitere Abnahme der Bodenwasserführung, was den Anschein erwecken mag, als hätte sich das Wasserangebot für die Pflanzen verringert. Tatsächlich steht ihnen jedoch eine ansehnliche Wassermenge zur Verfügung, die sicher eine selbst für die Stoffproduktion

ausreichende Transpiration zuläßt. Dies ist um so wahrscheinlicher, als - wie beschrieben wurde - die nach Thornthwaite berechnete pET sicherlich die Transpirationsintensität der natürlich vorkommenden Pflanzengesellschaft bzw. Pflanzenkultur übersteigt, die aktuelle Differenz zwischen möglicher Pflanzenverdunstung und klimatischer Verdunstungskraft also weniger als ein Drittel beträgt. Es soll daher angenommen werden, daß das Defizit der Bodenwasserführung erst dann für den Pflanzenwuchs bedeutsam wird, wenn die monatlichen Niederschläge unter $2/3$ der pET sinken. Solange dieses Defizit jedoch über dem Welkungspunkt bleibt, dürfte nur das vegetative Wachstum eingeschränkt werden, die Fruchtreife aber - im Anschluß an die Regenzeit - fortgesetzt werden. Entsprechend diesen Überlegungen lassen sich neue Berechnungen der Vegetationsperiode anstellen (s. Tab. 17 und Karte VII).

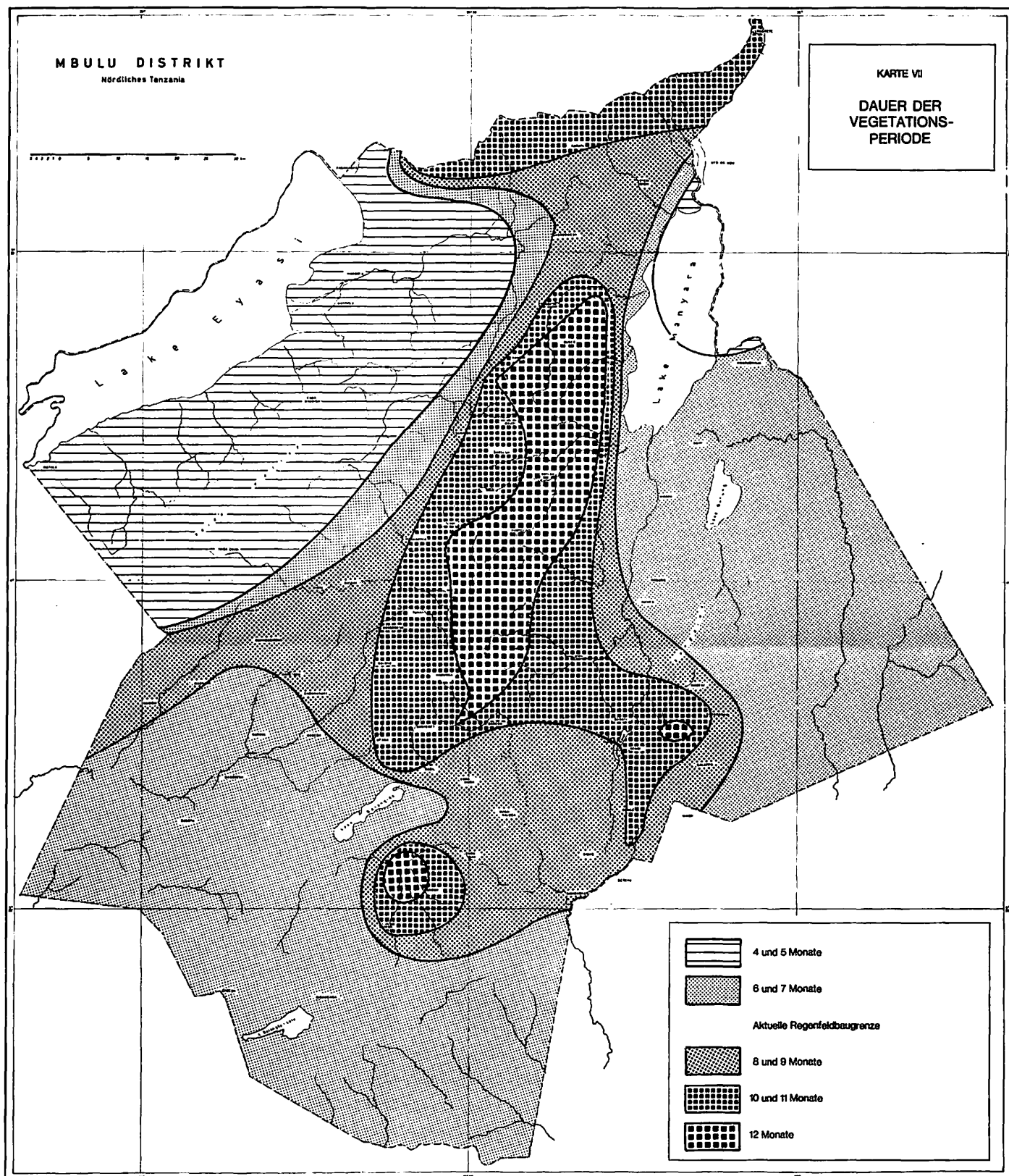
Die Länge der Vegetationsperiode wird wesentlich beeinflusst durch die Höhe der die pET übersteigenden Niederschlagsmengen in den regenreichen Monaten, weniger durch die Länge der Regenzeit, die - wie beschrieben - gebietsweise nur geringfügig variiert (Mittel: Nov. - Mai = 7 Monate). Ein großer Teil dieser Niederschlagsüberschüsse steht den Pflanzen in den ersten trockenen Monaten nach der Regenzeit als Bodenwasser zur Verfügung.

Die gegenwärtige Regenfeldbaugrenze fällt ziemlich genau mit der Isolinie von 8 Monaten Vegetationsdauer zusammen. Tatsächlich überschreitet die längste Wachstumszeit der im Mbulu Distrikt angebauten einjährigen Kulturpflanzen kaum 6 Monate. Die Spanne von zusätzlich 2 Monaten erklärt sich daraus, daß die Gefahr des vorzeitigen Verdorrens der Ackerkulturen mit Verlängerung der Vegetationsperiode abnimmt. Erst innerhalb der Isolinie von 8 Monaten scheint das Risiko eines Ernteausfalls durch Trockenheit annehmbar zu sein.

Das Risiko des Regenfeldbaus steigt, wenn er tatsächlich auf Regen angewiesen ist: Die kürzere Vegetationsperiode zwingt zu frühzeitiger Aussaat, zu einem Zeitpunkt also, wo das Bodenwasserdefizit noch sehr groß ist, möglicherweise sogar noch ansteigt. Bereits kürzere Unterbrechungen des Re-

MBULU DISTRIKT
Nördliches Tansania

KARTE VII
DAUER DER
VEGETATIONS-
PERIODE



Tab. 17: Länge der Vegetationsperiode

(berechnet aus einer Addition der Monate mit einem mittleren Niederschlag (N) $\geq 2/3$ pET plus derjenigen mit einer Bodenwasserführung $\geq 1/3$ Feldkapazität)

Station	Feldkapazität	N ≥ 2/3 pET		N < 2/3 pET, aber				Länge der Vegetationsperiode
		Monate	Zahl	Bodenwasserf. ≥ 2/3 Feldk.		Bodenwasserf. ≥ 1/3 Feldk.		
				Monate	Zahl	Monate	Zahl	
Mto-wa-Mbu	250	Dez. -Jan., März-April	4	-	-	-	-	4
Yaida Chini	300	Dez. -April	5	-	-	-	-	5
Mwada	300	Nov. -Jan., März-Mai	6	-	-	-	-	6
Loiborsoit	150	Dez. -Mai	6	-	-	-	-	6
Kondoa	150	Dez. -April	5	-	-	Mai-Juni	2	7
Ugenini	200	Nov. -Mai	7	-	-	Juni	1	8
Yambi	150	Nov. -April	6	Mai	1	Juni-Juli	2	9
Mbulu	150	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Aug.	2	10
Karatu	200	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Aug.	2	10
Dareda	150	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Aug.	2	10
Singu	200	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Aug.	2	10
Gendi	200	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Aug.	2	10
Galappo	200	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Aug.	2	10
Dongobesh	200	Dez. -April	5	Mai-Juni	2	Juli-Sept.	3	10
Katesh	200	Dez. -Mai	6	Juni	1	Juli-Sept.	3	10
Tlawi	200	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Sept.	3	11
Kongoni	200	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Sept.	3	11
Ndamakai	200	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Sept.	3	11
Gibb	200	Nov. -Mai	7	Juni	1	Juli-Sept.	3	11
Braunschweig	200	Nov. -Mai	7	Juni-Juli	2	Aug. -Sept.	2	11
Mbulumbulu	200	Nov. -Mai	7	Juni-Juli	2	Aug. -Sept.	2	11
Kainam	200	Okt. -Juni	9	Juli	1	Aug. -Sept.	2	12

genfalls müssen unter diesen Umständen einer ungenügenden Wasserreserve im Boden zum Verdorren führen. In den Gebieten mit einer längeren Vegetationsperiode kann demgegenüber mit der Aussaat gewartet werden, bis die Feldkapazität erreicht ist.

Diese Überlegungen führen zu einer Bestimmung der "Idealen Pflanzzeit", d.h. desjenigen Zeitpunktes im Jahr, zu dem im Mittel eine Aussaat die besten Aussichten auf einen guten Ernteertrag, d.i. geringste Gefährdung durch Trockenschäden besitzt. Der Zeitraum zwischen Keimung und Reife (Wachstumszeit) umfaßt beim Mais etwa 6, oberhalb einer Höhe von 1500 m ü. NN etwa 7 Monate. Die vegetative Phase dieser Entwicklung sollte zusammenfallen mit dem maximalen Bodenwassergehalt (E_H), andererseits muß die Reife mit dem letzten nachregenzeitlichen Monat mit $E_H > W_P$ abgeschlossen sein. Da erstere Bedingung im Mittel überall erst in der Großen Regenzeit (mit Ausnahme von Kainam) in den Monaten März bis Mai erfüllt wird, so ergibt sich die ideale Pflanzzeit in allen Fällen als Differenz aus: letzter Monat mit $E_H > W_P$ minus Wachstumszeit vom Mais. Daraus folgt eine eindeutige Abhängigkeit zwischen idealer Pflanzzeit und Länge der Vegetationsperiode: Die erstere liegt umso später, je länger die letztere dauert (s. Tab. 18).

Tab. 18: Die Abhängigkeit der idealen Mais-"Pflanzzeit" von der Länge der Vegetationsperiode

Vegetationsperiode (Monate)	ideale "Pflanzzeit" von Mais
6 - 9	Dezember/Januar
10 - 11	Februar/März
12	April

Dieses Ergebnis steht mit den beobachteten Anbauzeiten weitgehend in Einklang. Eine sinnvolle Vorverlegung ergibt sich dann, wenn sich infolge überdurchschnittlich starker Niederschläge während der Kleinen Regen- oder/und Kleinen Trockenzeit ein vorzeitiger Höchststand des Wassergehaltes im Boden einstellt. Die europäischen Farmer variieren dementsprechend den Zeitpunkt der Aussaat (des Weizens) um einige Wochen. Die auf der Grundlage der Selbstversorgung wirtschaftenden Afrikaner sind dagegen -

sicher unter dem Druck eines sich im Frühjahr immer wieder einstellen- den Nahrungsengpasses - allzuleicht geneigt, mit der Aussaat nach den ersten starken Regenfällen zu beginnen. Die Schäden durch Trockenheit sind daher bei ihnen oftmals besonders groß. In Gebieten mit längerer Vegetationsperiode (10 - 11 Monate) werden diese Einbußen dadurch gemildert, daß die Möglichkeit zu einer zweiten Aussaat besteht.

Die Verteilung der Niederschläge auf einen Zeitraum von im Mittel 7 Monaten des Jahres ist an sich günstig für den Ackerbau (gleiche Regenmengen auf das ganze Jahr verteilt würden den Pflanzbau wesentlich erschweren, in den jetzigen Grenzgebieten des Regenfeldbaues sicher unmöglich machen). Andererseits engt diese zeitliche Niederschlagsbeschränkung die Wahl der Kulturpflanzen auf einjährige Arten mit entsprechend kurzer Wachstumszeit ein (vgl. Tab. 19). Nur in Bereichen mit einer mindestens 11-monatigen Vegetationsperiode können plurienne Arten kultiviert werden. Dies ist gegeben - wie beschrieben - in solchen Gebieten, in denen die Niederschläge während der Regenzeit die pET hoch übersteigen. Es gilt aber auch für zahlreiche Senken, in denen ein permanenter Zufluß die Wasserführung des Bodens gegenüber der vom Niederschlagsverhalten her zu erwartenden wesentlich erhöht. Hier lassen sich Kaffee ^{+) (Oldeani, Ngorongoro, Chem Chem, Magara, Shauri Moyo, Kiru, Dareda, E-Kwarakh, Pinaar Heights), Sisal (Magara, N-Gorowa), Papaya (Gorden River, Mto-wa-Mbu, Magara, Shauri Moyo, Kiru, Dareda), Pyrethrum (Oldeani, Kainam) und Bananen (Mto-wa-Mbu, Babati, Boay) anbauen. Papaya und Bananen gedeihen besser unter höheren Temperaturen. Mit Ausnahme eines kleinen Papaya-Anbaugebietes am Gorden River finden sich diese beiden Kulturpflanzen daher nur in den tiefer gelegenen Arealen unterhalb der Gr. Bruchstufe.}

In Bereichen einer mindestens 10-monatigen Vegetationsperiode besteht die Möglichkeit, zwei Ernten annueller Arten im Jahr zu erhalten. Im Dezember/ Januar können Bohnen (Wachstumszeit etwa 2 1/2 Monate) gesät werden, im

^{+) In Klammern werden jeweils die heutigen Anbaugebiete (mit Ausnahme von Bananen und Pyrethrum meist europäische und indische Farmen) genannt.}

März/April Mais bzw. Weizen. Auf den in der Zone periodischen oberflächlichen Zuflusses (s.u.) gelegenen Mbugas können sich Zwiebelkulturen an die Getreideernte (Mais, häufig Mischkulturen aus Mais und Bohnen) anschließen.

Tab. 19: Die Wahl der Kulturpflanzen in Abhängigkeit von der Länge der Vegetationsperiode

Vegetationsperiode (Monate)	Kulturpflanzen
6 - 7	1 Ernte: Hirse, Knollenfrüchte
8 - 9	1 Ernte: bevorzugt Mais, auch Hirse
10 - 11	2 Ernten: 1. Frucht Bohnen, 2. Frucht Mais oder Weizen; auf Mbugas mit periodischem Zufluß: 1. Frucht Mais (und Bohnen), 2. Frucht Zwiebeln
11 - 12	2 Ernten: s.o., mehrjährige Arten: Kaffee, Papaya, Bananen, Pyrethrum

Nur eine einzige Ernte ist innerhalb des Bereiches einer 8 - 9-monatigen Vegetationsperiode möglich. Darunter hört der Regenfeldbau meistens auf oder dient lediglich als eine zusätzlich zu der im Vordergrund stehenden Viehzucht betriebene Nebenversorgungsquelle. Eine Ausnahme von dieser Regel machen allein die aufgrund geschichtlicher Kräfte in den ackerbaulich ungünstigen Raum südlich des Manyara Sees gedrängten Wambugwe. Als einziger der im Mbulu Distrikt lebenden Stämme bauen diese Bantus ausschließlich die gegenüber dem Mais trockenresistentere Hirse an, was sicherlich eine Folge der hier kürzeren und damit unzuverlässigeren Vegetationsperiode von im Mittel 6 - 7 Monaten ist. Trotzdem sind Mißernten nicht selten. In vergleichbaren Naturräumen von Singida und Kondoa wurde beobachtet, daß Knollenfrüchte oft einen erheblichen Anteil an den Feldfrüchten einnehmen. Der Weizen, der sich mit einer Wachstumszeit von nur etwa

4 Monaten möglicherweise für den Anbau in diesen trockeneren Gebieten eignen würde, wird von den noch heute überwiegend auf Selbstversorgung eingestellten afrikanischen Betrieben nicht kultiviert. Er eignet sich nicht für die Zubereitung der den Afrikanern gewohnten Kost (Hirse- oder Maisbrei).

Die natürliche Vegetationsgliederung zeigt im wesentlichen die in Tabelle 20 genannten Übereinstimmungen mit den auf dem Wege über klimatische plus edaphische Humidität berechneten Vegetationsperioden für Kulturgräser.

Tab. 20: Die Abhängigkeit der Vegetationsgliederung von der Länge der Vegetationsperiode

Vegetationsperiode (Monate)	Vegetationseinheit
4 - 7	Acacia tortilis ssp. spirocarpa/Commiphora Baumsteppe, Brachystegia Trockenwald
8 - 11	Combretum Savanne, Submontaner Miombo
10 - 11	Grashochland mit immergrünen Hartlaub- straucharten
12	Montaner Regenwald

Die tatsächliche Wachstumszeit der in den Pflanzengesellschaften vereinigten Arten liegt zum Teil unter der durch die Lage der Vegetationsperiode ermöglichten Dauer. Das Entlauben vieler tropophytischer Sträucher und Bäume und das Absterben des Grases erfolgen recht bald im Anschluß an die Regenzeit, wohl unabhängig von den in dieser Zeit oftmals noch beträchtlichen Wasserreserven im Boden. Dies, sowie das Ergrünen und Erblühen vieler Arten noch vor Beginn der ersten Regenfälle legt die Vermutung nahe, daß die Periodizität von Wachstum und Vegetationsruhe zeitlich unabhängig von der mittleren Wasserführung festgelegt ist durch einen wahrscheinlich in Anpassung an Minimalbedingungen im Laufe größerer Zeiträume gewordenen artspezifischen Rhythmus. Insofern müssen die in Tabelle 20 genannten

Längen der Vegetationsperioden als "mögliche Wachstumsdauer" verstanden werden.

Die Dauer von mindestens 10 - 11 Monaten möglicher Wachstumsdauer für Kulturgräser entspricht der Untergrenze immergrüner Arten der natürlichen Vegetation. Dieser Wert dürfte ihren tatsächlichen Wachstumsbedingungen ziemlich nahekommen: Für den Regenwald ist schon theoretisch eine ununterbrochene Vegetationsdauer zu fordern; die gegen lebensgefährdende Transpirationsverluste geschützteren immergrünen Hartlaubsträucher können wahrscheinlich 1 - 2 Monate mit ungenügendem Wasserangebot überstehen. Steigt die Zahl der Trockenmonate darüber hinaus, so schützt nur vorübergehende Entlaubung vor dem Austrocknen; die Baum- und Straucharten sind daher in diesem Bereich ausnahmslos Tropicophyten (dies gilt selbstverständlich nicht für grundwasserbegünstigte Standorte).

Diese Entsprechung erhebt die für Kulturgräser in den verschiedenen Naturräumen berechneten Längen der Vegetationsperiode über den Stand, nur Relativwerte für die räumliche Vegetationsgliederung zu geben, d.h. die auf dem Wege über klimatische plus edaphische Humidität erhaltenen Beziehungen (Tab. 20) geben eine präzisere Antwort auf die Frage nach den Vegetationszeiten als dies durch eine rein klimatische Humiditätsberechnung möglich ist (vgl. Tab. 14, 1 - 2).

F. Bodenwasserhaushalt und Abfluß

a. Jahresabflußmenge

Der Abfluß wird wesentlich durch das Verhältnis von Niederschlag zu potentieller Evapotranspiration bestimmt. Seine Menge läßt sich daher in Annäherung (unter Vernachlässigung eines möglicherweise aus dem Wasserkreislauf ausscheidenden Sickerwassers) aus diesen beiden Klimatelementen berechnen, und zwar nach der Wasserbilanzgleichung:

$$A = N - V - (R - B)$$

Darin bedeuten: A Abfluß, N Niederschlag, V Verdunstung, R Rücklage und

B Aufbrauch des Bodenwassers.

Thornthwaite (1957 u. a.) beschreibt eine Methode, die es gestattet, unter Einschluß der Bodenwasserführung ($R - B$) die Verdunstung (aktuelle Evapotranspiration) zu berechnen und damit zu einer Bestimmung des Abflusses zu kommen.

Allgemein gilt, daß ein Abfluß dort erfolgt, wo die jährliche Niederschlagsmenge (N_j) die jährliche Verdunstung (pET_j) übersteigt. Andererseits ist auch dann ein Abfluß möglich, wenn $N_j < pET_j$, und zwar unter der Bedingung, daß für eine gewisse Zeit des Jahres N die pET in einem solchen Maße übersteigt, daß die Wasserführung des Bodens die Feldkapazität überschreitet. Dies gilt für die in Frage kommenden Stationen des Mbulu Distriktes nur unter der Bedingung, daß der Aufbrauch des Bodenwassers (d. i. die aET) während der trockenen Zeit zunehmend unter dem Defizit von N minus pET bleibt (so nach der Thornthwaiteschen Methode der Berechnung).

Die wichtigsten Unsicherheitsmomente der Thornthwaiteschen Abflußberechnungen liegen in der Bestimmung der Feldkapazität und der zeitlichen Verteilung des Abflusses.

Thornthwaite legt auch bei seinen Abflußberechnungen die Feldkapazität des Wurzelbereiches der Pflanzen zugrunde, also nur die Wasserführung bis zu 1 m Bodentiefe. Die tatsächliche Mächtigkeit der Bodendecke liegt aber in den weitaus meisten Gebieten wesentlich darüber, und es steht außer Frage, daß das Bodenwasser hier über eine Tiefe von 1 m einsickert; ebenso sicher ist es, daß von dort ein trockenzeitlicher Aufbrauch erfolgt. Das heißt, die nach Thornthwaite berechneten Werte der aET sind während der Trockenzeit größer, der oberflächliche Abfluß (während der Regenzeit) geringer einzuschätzen. Diese Überlegung wurde an einigen Beispielen nachgeprüft (Tab. 21).

Das Ergebnis scheint der vorgenannten Überlegung recht zu geben. Es ist jedoch zu bedenken, daß die Fehlerquellen sowohl der aus den Messungen wie auch der nach Thornthwaite berechneten jährlichen Abflusssummen groß sind.

Tab. 21: Bestimmung der Abflußmengen von drei Flüssen für das Jahr 1962, nach Messungen (WD & ID, Arusha) und Berechnungen (nach Methode von Thornthwaite, 1957); jeweils an den Meßpunkten "M", vgl. Kt. VIII.

Fluß	Niederschlagsgebiet (qkm)	Abflußmenge (in 10^6 cbm/Jahr)	
		gemessen	berechnet
Big Eir	127	42	65
Yaida River	134	13	28
Dongobesh R.	65	5	16

Die Messungen wurden von dem Water Development & Irrigation Department (WD & ID), Arusha, bestenfalls monatlich vorgenommen, und zwar überwiegend an verschiedenen Monatstagen, d.h. in unterschiedlichen zeitlichen Abständen (20 - 45 Tage). Infolgedessen wird die ohnehin unzulängliche Jahresabflußbestimmung aus einmaligen Monatsmessungen zusätzlich unsicher.

Die Berechnungen nach Thornthwaite werden dadurch erschwert, daß die Einzugsbereiche der drei Flußsysteme jeweils Areale unterschiedlicher Niederschlagsmengen umfassen und die Höhendifferenz zwischen Quelle und Meßpunkt bei 450 m (Yaida und Dongobesh) bzw. 1300 m (Big Eir) liegt, also stark abweichende Verdunstungsbeträge auftreten. Während sich die in Abhängigkeit von der Erhebung verändernde pET mit annähernder Sicherheit bestimmen läßt (vgl. Tab. 10, 1), ist es nicht möglich, die über das Einzugsgebiet hin abweichenden Niederschlagssummen mit genügender Zuverlässigkeit zu interpolieren. Für die angeführten drei Flüsse liegen im Jahr 1962 jeweils Regenfallmessungen für das regenwaldbedeckte hochgelegene Teilareal und eine zweite nahe dem Meßpunkt vor. In allen anderen Jahren, sowie bei allen übrigen vom WD & ID erfaßten Flüssen fehlen entweder ausreichende Niederschlagswerte oder die Abflußmengenmessungen sind zu lückenhaft bzw. entbehren, da die Meßpunkte gewechselt wurden, der Vergleichbarkeit. Der Vergleich zwischen der Thornthwaiteschen Methode und Messungen muß

daher auf die drei angeführten Beispiele beschränkt bleiben. Das aus ihnen gewonnene Resultat läßt sich - unter Berücksichtigung der genannten Fehlerquellen - folgendermaßen formulieren: Die Berechnung des Jahresabflusses liefert eine in der Größenordnung mit der Messung übereinstimmende jährliche Abflußmenge. Sie ist daher geeignet, an die Stelle fehlender oder unzureichender Messungen zu treten. Es ist wahrscheinlich, daß sie etwas zu hohe Werte ergibt.

Die Größe der Niederschlagsgebiete bezieht sich auf ihre horizontale Ausdehnung. Bei stärker reliefiertem Gelände liegt ihre wahre Oberfläche aber deutlich darüber, d.h., N ist bei ihnen geringer, pET höher einzusetzen, entsprechend erniedrigt sich die berechnete Abflußmenge. Nimmt man für das eng-räumige tief zerschnittene Nou-Regenwaldgebiet einen mittleren Neigungswinkel von 25° an, so bedeutet dies eine Zunahme der Flächengröße um etwa 10 % gegenüber dem horizontalen Umfang. Diese Korrektur, angewendet auf das Niederschlagsgebiet des Big Eir (i. e. S. nur auf das oberhalb der Gr. Bruchstufe gelegene Teilareal), vermindert die errechnete Jahresabflußmenge von 65 auf 58 Mill. m^3 , also um rd. 11 % (im Regenwaldareal um 13,6 %). Sie bringt also eine Annäherung an die gemessenen Werte, doch bleibt immer noch ein beträchtliches Plus bestehen. Das gleiche Ergebnis ergibt sich bei einer Reduktion der Niederschlagsgebiete von Yaida und Dongobesh.

Die Abflußmengenmessungen des WD & ID, Arusha, wurden etwa ab 1956 an knapp 30 der wichtigsten perennierenden Flüsse des Mbulu Distriktes durchgeführt. Die Meßpunkte liegen ungefähr dort, wo durchschnittlich die höchste Wasserführung dieser Flüsse zu erwarten ist. Ihre Lage wurde auf der Abflußkarte (Karte VIII) mit dem Buchstaben "M" gekennzeichnet. Eine genauere Fixierung war nicht möglich, da die Messungen im Laufe der Zeit an bis zu etwa 1 Meile voneinander abweichenden Stellen vorgenommen wurden. Aus diesen lückenhaften Unterlagen wurden die in Tabelle 22 genannten mittleren Abflußmengen berechnet.

Tab. 22: Mittlere Abflußmengen, berechnet aus Einzelmessungen des WD & ID, Arusha

Fluß	Abflußmenge (cbm/sec)	Fluß	Abflußmenge (cbm/sec)
Cau	2,45	Marera	0,32
Dudumera	2,19	Seay	0,29
Big Eir	1,76	Dagaa	0,26
Magara	1,22	Small Eir	0,25
Mangola	1,15	Mbulumbulu	0,22
Kiraruma	0,74	Endenahai	0,21
Mto-wa-Mbu	0,67	Wiskim	0,18
Bubu	0,57	Sata	0,14
Simba	0,42	Dongobesh	0,13
Gorden	0,40	Kitete	0,12
Giheri	0,40	Kirangozi	0,12
Yambi	0,39	Lositete	0,07
Yaïda	0,37	Bashenet	0,02
Endabash	0,35	Endanak	0,02

c. Verteilung des Abflusses über das Jahr

Die Verteilung des Abflusses über das Jahr läßt sich anhand der sporadisch vorliegenden Messungen nur sehr unsicher beurteilen. Als mittlere monatliche Abflußschwankung ergibt sich danach für die wasserreicheren Flüsse ein Max./Min. - Verhältnis von 5 : 1, gegenüber einer absoluten Differenz von rd. 180 : 1. Für die kleineren Wasserläufe können sich diese Verhältnisse beträchtlich erhöhen, doch sind bei ihnen die Messungen noch seltener und daher Aussagen über die Schwankungsamplitude vollends unmöglich.

Der mittlere Jahresgang des Abflusses zeigt folgenden regelhaften Verlauf: Das mittlere Minimum wird um die Wende Trockenzeit/Regenzeit erreicht. Die ersten stärkeren Niederschläge führen bereits zu einem Anstieg der Abflußmenge, noch bevor die Bodenwasserführung die Feldkapazität erreicht hat. Einige niederschlagslose oder -arme Tage/Wochen führen infolgedessen zu einem schnellen Rückgang der Abflußmenge bis auf Minimalwerte. Dieser Zeitraum ist daher gekennzeichnet durch beträchtliche Abflußschwankungen der

meisten Flüsse. Entsprechend ist die Verwendung der in dieser Zeit erfolgten Messungen für die Mittelbildung sehr unsicher. Mit fortschreitender Regenzeit pendelt sich die Wasserführung auf einen der Größe und dem Regenreichtum des Einzugsgebietes entsprechenden Mindestwert ein. Allerdings sind Abflußspitzen nach kürzeren schweren Regenperioden weiterhin charakteristisch. Sie lassen die Flüsse gelegentlich über die Ufer treten und gefährden die wenigen und deshalb umso wichtigeren Brücken. In der (Großen) Trockenzeit nimmt der Abfluß langsam kontinuierlich ab, und zwar sowohl die Durchflußmenge eines bestimmten Querschnittes wie auch die Wasserführung mit zunehmender Länge des Flußlaufes (außerhalb der "perennierenden Abflußzone", s.u.).

Nach dem Berechnungsschema von Thornthwaite beginnt der Abfluß, sobald die Wasserführung in der obersten (bis zu 1 m Tiefe reichenden) Bodenschicht die Feldkapazität überschreitet. Diese "Überschüsse" sollen zu jeweils 50 % pro Monat abfließen ("on a moderate to a large water shed" - Thornthwaite and Mather 1955, S. 48). Die auf diesem Wege berechneten Abflußhöhen und ihre Verteilung über das Jahr lassen sich mit dem tatsächlichen Abflußgang nicht in Einklang bringen. Einerseits ist sicher die den Thornthwaiteschen Verzögerungsfaktor übersteigende, abflußregulierende Wirkung des Regenwaldes (aus deren Verbreitungsgebiet alle perennierenden Flüsse kommen) zu berücksichtigen, andererseits kann eine kurzfristige, rein niederschlagsbedingte Abflußerhöhung bereits vor Erreichen der maximalen Haftwassermenge des Bodens erfolgen.

Die Gründe hierfür liegen einmal in der mit zunehmender Austrocknung geringer werdenden Benetzbarkeit des Bodens, die besonders zu Beginn der Regenzeit bewirkt, daß bei ausreichender Neigung ein Teil des Niederschlagswassers oberflächlich abrinnt. Der gleiche, das Einsickern des Regenwassers hemmende Effekt kann zum anderen ausgehen von der Permeabilität des Bodens: Wird die Niederschlagsstärke größer als die in der gleichen Zeiteinheit mögliche vertikale Bodenwasserbewegung (im wesentlichen abhängig von der Bodentextur), so kommt es zur Staunässe, d.h. am Hang zum Abfluß.

Die Wirksamkeit beider das Einsickern des Regenwassers hemmenden Faktoren konnte im Untersuchungsgebiet häufig beobachtet werden. Die Messungen bestätigen, daß ihr eine beträchtliche Bedeutung zukommt. Man wird daher die Thornthwaitesche Abflußberechnung in der Weise modifizieren müssen, daß eine Auffüllung der Bodenwasserführung verlangsamt erfolgt (ähnlich dem verzögerten Aufbrauch durch die Verdunstung bei niedrigem Wassergehalt). Der Abfluß erfolgt bzw. steigt zu Beginn der Regenzeit bereits bei einem monatlichen Niederschlagsbetrag, der unter der betreffenden pET bleibt und erweist sich daher in diesem Zeitraum als vorrangig regenabhängig. Dieser frühe Abflußbeginn bzw. -anstieg wird von Thornthwaite nicht erfaßt; seine Werte liegen daher zu Beginn der Regenzeit (mit ihren zudem ergiebigen Niederschlagsereignissen) zu tief, später aber zu hoch, da die Feldkapazität für eine zu flache Bodentiefe eingesetzt wird. Beide Fehler heben sich bei der Bestimmung der jährlichen Abflußmenge weitgehend auf, und daher vermögen seine Berechnungen hierfür - wie beschrieben - zufriedenstellende Ergebnisse zu liefern. Für eine Berechnung des Jahresabflußganges und - bei periodischen Flüssen - der Abflußdauer erweisen sie sich aber als ungeeignet.

c. Zonen des perennierenden, periodischen und episodischen Abflusses

Eine Zonierung nach Gebieten gleicher Abflußdauer pro Jahr, die die räumlich abweichenden Bedingungen der Bodenwasserführung eindrucksvoll aufzeigen könnte, ist daher nicht möglich. Dagegen läßt sich mit der Thornthwaiteschen Methode diejenige Grenze erfassen, bei der ein "grundwassergespeicher" Abfluß einem "regenbedingten" (perkulationsunabhängigen) weicht. Letzterer soll als episodischer, ersterer - wenn er ganzjährig erfolgt - als perennierender, sonst als periodischer Abfluß bezeichnet werden. Die Grenze zwischen beiden liegt dort, wo die Wasserführung des Bodens nicht mehr die Feldkapazität erreicht. Da - wie beschrieben - nach Thornthwaite eine zu flache Bodenschicht berücksichtigt wird, so fällt der Beginn des nach jener Methode berechneten grundwassergespeisten Abflusses theoretisch noch in den Zeitraum des episodischen. Da jedoch die Permeabilität eines nur oberflächlich durchfeuchteten Bodens seitlich (innerhalb der Haftwasserzone)

größer ist als in die Tiefe, so kann angenommen werden, daß bei einer 1 m tiefen Durchfeuchtung ein ansehnlicher, für die Entstehung eines wasserführenden Flusses ausreichender Bodenwasserabfluß erfolgt. Es sollen daher die nach der Methode von Thornthwaite errechneten Daten der Bodenwasserführung für die Grenzziehung zwischen episodischem und periodisch/perennierendem Bereich übernommen werden, zumal sie mit den Beobachtungen und Auskünften im Gelände übereinzustimmen scheinen.

Für den Mbulu Distrikt gilt die Regel, daß die Bodenwasserführung dort die Feldkapazität wenigstens kurzfristig überschreitet, wo die jährliche Niederschlagsmenge (N) auf mindestens 150 mm an die jährliche potentielle Evapotranspiration (pET) heranreicht, d.h.

$N + 150 > pET$: (mindestens) periodischer Abfluß.

Faßt man die Begriffe "humid" und "arid" hydrologisch auf und setzt humid = periodisch/perennierender Abfluß, so ergibt sich als Grenzwert ("Ariditätsindex") zwischen beiden:

$$\frac{N + 150}{pET} = 1$$

Diese Abhängigkeit ⁺⁾ zwischen N/pET und Abfluß ermöglicht es, die Grenze zwischen episodischem und periodisch/perennierendem Bereich auf dem relativ einfachen Wege eines Vergleiches zwischen den beiden Karten für N und pET (V und VI) zu ziehen. Schwieriger wird demgegenüber die Trennung von perennierendem und periodischem Abfluß. Da nur eine einzige Regenfallstation mit langjährigen Messungen im ganzjährigen Abflußbereich liegt (Kainam), so läßt sich ein einfacher Indexwert nicht bilden. Es wurden daher, fußend auf Geländeerfahrungen, generell die montanen Regenwaldgebiete (einschließlich von Kainam) als perennierende Abflußzone ausgeklammert (s. Karte VIII).

Diese Einteilung strebt eine mittlere Gliederung des Abflußganges an. In Jah-

+) Sie wird bestimmt durch den Jahresgang von N und pET und gilt daher nur für das Untersuchungsgebiet, für das sie empirisch entwickelt wurde.

ren mit vom Mittel stark abweichenden Niederschlagsmengen können selbstverständlich erhebliche Verschiebungen in beiden Richtungen eintreten. Aber auch in "normalen" Jahren gelten die genannten Abflußunterschiede nur für die Entwässerung von Einzugsgebieten, deren Fläche oberhalb einer Mindestgröße liegt. Zahlreiche kleinere Tälchen führen auch im Regenwald oftmals nur episodisch Wasser, bzw. haben niemals einen linienhaften oberflächlichen Abfluß.

Allochthone Flußabschnitte, d.h. perennierende Wasserführung im periodischen Bereich bzw. perennierende und periodische Wasserführung im episodischen Bereich, wurden auf der Abflußkarte besonders hervorgehoben. Diese Eintragungen bedürfen sicher in vielen Fällen einer Korrektur. Mein eigener Aufenthalt fiel, wie bereits erwähnt, in ein sehr regenreiches Jahr und konnte daher keine repräsentativen Abflußbeobachtungen liefern. Vielmehr mußten wesentlich die Auskünfte der einheimischen Bevölkerung übernommen werden (was die Zuverlässigkeit meiner Angaben aber sicher nicht erheblich vermindert). Die größten Unsicherheiten bestehen darin, die mittleren Punkte des trockenzeitlichen Versickerns der im Oberlauf perennierenden Flüsse und die Wasserführung mancher ihrer Quellflüsse zu bestimmen. Kürzere perennierende Rinnsale können von Quellen im periodischen und episodischen Bereich ausgehen. Sie wurden bei der Darstellung auf der Abflußkarte nicht berücksichtigt.

Von den 19 künstlichen Stauseen (Aufstauung meist durch Erdwall, beim Simba und Barai durch Mauer) enthalten wahrscheinlich nur die folgenden 10 ganzjährig Wasser (über die Lage dieser Stauseen vgl. Karte VIII):

	Fassungsvermögen (in m ³) +)
Lake Michlur	3 - 4 Mill. ++)
Setchet	1 150 000
Yaida	
Gidagamwod	1 000 000
Moyad	

+) nach Unterlagen des WD & ID, Arusha

++) nach eigener Schätzung

	Fassungsvermögen (in m ³)
Endabash	
Simba	
Gijedakuram	150 000
Nagawhog	
Maklaus	

Von den übrigen 8 enthalten periodisch Wasser:

Bashai	950 000
Ghalosorbit	94 000
Manid	
Mudida	
Nyabad	150 000

Die beiden Dämme Marera II und Barai sind aufsedimentiert, Marera I hält kein Wasser und Ghatabalangda ist 1962 gebrochen.

Alle Dämme wurden von der Regierung geplant und unter ihrer Aufsicht gebaut; die ersten entstanden kurz vor 1950.

Der Stausee mit dem bei weitem größten Fassungsvermögen ist der Lake Muchlur. Er bekommt sein Wasser durch einen Kanal vom Yaida River. An zweiter Stelle dürfte der Setchet Damm südlich von Ufana stehen. Das Fassungsvermögen der übrigen liegt vermutlich unter 1 Mill. m³.

Perennierende Quellen gibt es auch im gesamten episodischen Abflußgebiet häufig. Sie liegen überwiegend auf den unteren Hangzonen von steilen, felsigen Erhebungen (oft am Fuß von Bruchstufen) und geben dadurch ihren Ursprung als Kluftwasser deutlich zu erkennen. Eine besonders dichte Folge von Quellen erstreckt sich nahe dem NE-Ufer des Lake Eyasi: Das in vielen kleinen Bächen von der regenwaldbedeckten Gipfelregion des Oldeani abfließende Wasser versickert in dem durchlässigen Schuttsaum der mittleren Hangzone und tritt, gestaut durch die gering permeablen, tonreichen Schwemm-⁺⁾ böden an ihrem Fuß, in Form von kleinen Quellsümpfen nahe dem Seeufer

⁺⁾ Diese durch den Wechsel der Bodentextur bedingte Stauwirkung ist auch am Rande anderer Alluvialgebiete häufig zu beobachten und wird von der einheimischen Bevölkerung für die Anlage von Brunnen ausgenutzt. Ich fand derartige Brunnengrabungen beiderseits des Lake Balangida, am NE-
(Fortsetzung S. 199)

wieder aus. Die Wasserschüttung ist hier so stark, daß eine für das Gedeihen von Flußpferden ausreichende Aussüßung des sumpfigen Uferbereiches vom sonst sehr salzigen und daher jedem höher organisierten Leben feindlichen Lake Eyasi erfolgt. Eine Besonderheit bildet die etwas weiter südlich gelegene Mangola-Quelle. Mit einer ziemlich gleichbleibenden Schüttung von $0,8 - 1 \text{ m}^3/\text{sec}$ (nach Unterlagen des WD & ID) ist sie die bei weitem ergiebigste Quelle des Mbulu Distriktes und nur durch ein günstiges Kluftsystem zu erklären. Sie ermöglicht ganzjährig Bewässerungskulturen in einem ausgedehnten Bereich, wobei sie nur unwesentlich unterstützt wird durch die vom Gorden/Barai River herbeigeführten Wassermengen. Die Hochwasser dieses Flusses sind im Gegenteil sehr nachteilig für die Erhaltung der Bewässerungskanäle. Es bestehen Pläne, den Barai abzuleiten, bzw. seinen Abfluß durch einen Dammbau zu regulieren.

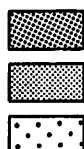
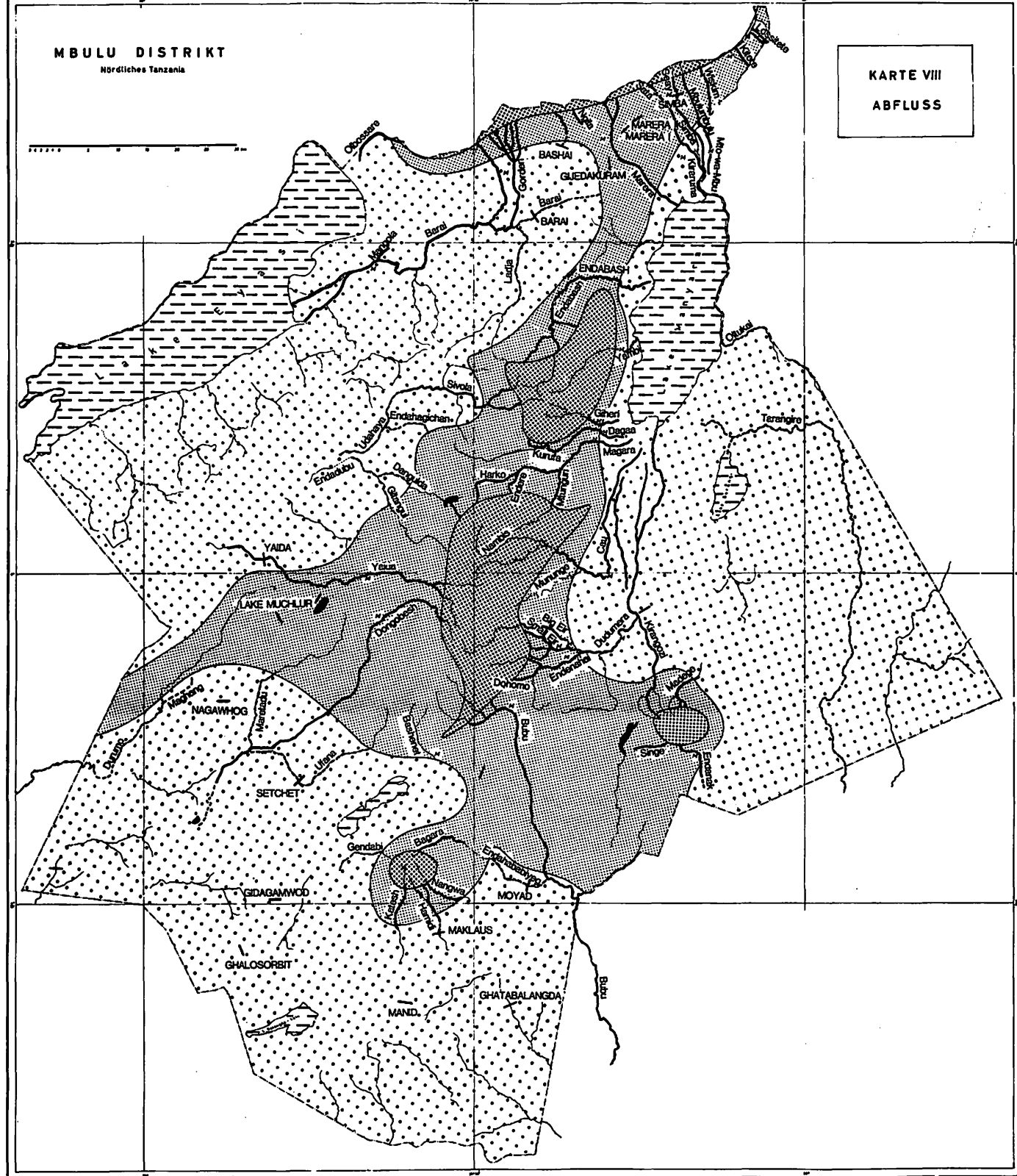
d. Bedeutung der Abflußzonen für die landschaftliche Gliederung

Die Abflußkarte (VIII) ist über ihre hydrologische Zielsetzung hinaus geeignet, als Grundlage für die landschaftliche Gliederung zu dienen: Sowohl die naturräumlichen Differenzierungen als auch diejenigen der kulturgeographischen Gegebenheiten folgen in ihren wesentlichsten Merkmalen den drei Abflußzonen:

Zone des perennierenden Abflusses: Sie nimmt die höchsten Erhebungen ein und ist mit Ausnahme von Kainam/Datlaa mit üppigem Montanen Regenwald bedeckt. Ihre Oberfläche ist extrem eng zertalt und weist eine hohe Flußdichte auf. Die wichtigsten Böden sind "Rote Latosole auf altkristallinem Gestein" und "Rotbraune Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein". Beide sind tiefgründig entwickelt und besitzen einen mächtigen schwarzen humosen Oberboden. In den Rodungsgebieten haben Abtragungen zu "Juvenilen Bodenbildungen auf B/C-Material" geführt.

Fortsetzung von S. 198:

Ende des Lake Balangda-Lalu, oberhalb der Bruchstufe bei Endesh, im südlichen Yaida Graben und am Lake Eyasi bei Matala. In der Trockenzeit werden zudem vielerorts in den ausgetrockneten Flußbetten Löcher gegraben, durch die es möglich wird, den unterirdisch andauernden Abfluß anzuzapfen.



Zone des perennierenden Abflusses
Zone des periodischen Abflusses
Zone des episodischen Abflusses

Allochthoner Fußabschnitt:



Yaida Flüsse

M

Meßpunkt

LAKE MUCHLUR

Staudamm



Dauernde Seen (Süßwasser)



Trockenseen (Satzpfannen)

Die Zone des perennierenden Abflusses ist mit Ausnahme von Kainam/Datlaa unbesiedelt und wird wirtschaftlich nicht genutzt (Forest Reserve). Auch der Verkehr meidet sie. Demgegenüber gewinnt sie eine überragende Bedeutung für die Wasserversorgung der unterhalb anschließenden Räume: Nicht nur alle perennierenden Flüsse nehmen ihren Ausgang in ihr, sondern auch zahlreiche Wasserleitungen für die gemauerten Viehtränken (SE-Kwarakh, Karatu, Mbulumbulu), für die Trinkwasserversorgung einiger "minor settlements" (Mbulu, Babati, Karatu) und kleinerer Siedlungszentren, Verwaltungssitzen und Missionen (Mbulumbulu, Rhotia, Karatu, Madege, Endamaghai, Galappo, Singe, Bonga), sowie zahlreiche Kanäle und Wasserleitungen für die Bewässerung der europäischen und indischen Farmen.

Zone des periodischen Abflusses: Sie liegt in der Höhenlage zwischen den Zonen des perennierenden und episodischen Abflusses. Zusammen mit der ersteren nimmt sie die zu Bergländern umgestalteten höheren Rumpfflächen ein, doch ist sie im Vergleich zu jener geringer zertalt, besitzt aber trotzdem ein ähnlich gut ausgebildetes Gewässernetz: Abflußbehinderte Standorte kommen zwar vor, doch sind sie jeweils von geringer Ausdehnung. Ein dunkler Humushorizont ist höchstens schwach ausgebildet, die rote Farbe der "Roten Latosole auf altkristallinem Gestein" bzw. die rotbraune Farbe der "Rotbraunen Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein" dominiert eindeutig. Nur auf der Haidom-Endalat Scholle und auf der Dongobesh Rumpffläche überwiegen blaßgefärbte Böden (wenigstens teilweise Plateau Soils). Die natürliche Vegetation besteht aus den Einheiten: Grashochland mit immergrünen Hartlaubstraucharten, Combretum Baumsavanne und Submontaner Miombo.

Die Bedingungen für den Regenfeldbau (betrieben von den beiden hamitischen Stämmen, Iraqw und Gorowa) und den Verkehr sind günstig. Die Wasserversorgung für Mensch und Tier bereitet infolge der Nachbarschaft zur Zone des perennierenden Abflusses auch in der Trockenzeit relativ nur geringe Schwierigkeiten. Die Zone des periodischen Abflusses konnte daher zum eigentlichen Kulturbereich des Mbulu Distriktes werden. Entsprechend groß ist die anthropogene Zerstörung der natürlichen Vegetation.

Zone des episodischen Abflusses: Sie nimmt die tiefstgelegenen Bereiche ein. Hier liegen die Endpunkte der Entwässerung, die großen Salzpfannen und ausgedehnten Mbugas. Die kleineren Erhebungen und Höhenzüge sind infolge vorwiegend mechanischer Verwitterung steinig und schroff ausgebildet und tragen, wie auch die schwächer geböschten Hänge, meist nur flachgründige, blaßgefärbte Böden. In den Senken finden sich trockenzeitlich verhärtende, regenzeitlich dagegen grundlos aufweichende und daher für jeden Motorverkehr unpassierbare, graue bis schwarze, meist tiefgründige Vertisole, Plains Soils bzw. Salzböden. Die Vegetation ist eine dornige Baum- bis Sukkulentensteppe, auf den staunassen Senken ein Grasland oder Akazientrockenwald. An den perennierenden Fremdlingsflüssen sind einige wenige Bewässerungskulturen angelegt worden; sonst wird nur vereinzelt ein Pflanzbau betrieben (mit Ausnahme von Umbugwe), und zwar bevorzugt in den edaphisch feuchten Räumen. Im Vordergrund steht eindeutig die Hirtennomaden-Wirtschaft (der nilo-hamitischen Barabaig). Im ständig sehr wasserarmen Gebiet zwischen Yaida Graben und Lake Eyasi, in dem einige Kluftquellen nur noch die Trinkwasserversorgung weniger Menschen sichern können, finden nur die auf der Stufe einer Wildbeute-Wirtschaft stehenden Tindiga ihr Auskommen. In den tsetseverseuchten Bereichen der Swagaswaga und Masai Rumpffläche fehlt eine Besiedlung völlig.

4. Abschnitt: Naturräumliche Gliederung

=====

A. Vorbemerkungen

Die in den Abschnitten 1 - 3 beschriebenen Geoelemente stimmen in ihrer chorologischen Differenzierung - worauf bereits mehrfach hingewiesen wurde - in weitem Maße überein. Dies läßt die Abtrennung von Räumen zu, in denen alle ökologisch bedeutsamen Naturfaktoren gleichbleiben oder nur geringfügig variieren, während außerhalb von ihnen alle jene Faktoren abweichend ausgebildet sind. Es erklärt zum anderen, daß die kartographischen Darstellungen, die von einigen der Geoelemente angefertigt wurden (i. e. S. Kt. III: Veg. und Kt. VIII: Abfluß), über ihre engere, der Gliederung und Verbreitung eines einzigen Geoelementes gewidmeten Zielsetzung hinaus geeignet sind, weitere natürliche Zusammenhänge aufzuzeigen, bzw. viele ihrer Grenzen zugleich Scheiden einer höheren, naturräumlichen Ordnung darstellen.

Am Schluß des 3. Abschnittes (s. d. F, d.) wurde bereits auf die Bedeutung der Abflußzonen für die landschaftliche Gliederung hingewiesen: Die Grenzen der Zonen eines perennierenden, periodischen bzw. episodischen Abflußanges (vgl. Kt. VIII, Abfluß) vermögen zugleich eine oberste naturräumliche Gliederung zu geben und zwar in die Einheiten:

- I. Die regenwaldbedeckten Hochregionen
- II. Die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsgebiete im submontanen Bereich
- III. Die Rumpfflächen und vulkanischen Akkumulationsplateaus

Diese Naturräume sind weitgehend identisch mit den Vorkommen folgender klimatisch bedingter Vegetationseinheiten (vgl. Kt. III, Veg.):

- I - Montaner Regenwald
- II - Busch-/Grashochland mit überwiegend immergrünen Hartlaubsträuchern, Submontaner Miombo, Combretum Baumsavanne

III - Brachystegia Trockenwald, Dornbusch-/Baumsteppe

Über diese räumlich ziemlich geschlossenen Einheiten legen sich, insbesondere bei II und III, zwei weitere Naturgefüge, denen der gleiche Ordnungsrang zuerkannt werden soll, nämlich:

IV - Die edaphisch trockenen Standorte

V - Die Alluvialebenen

Im Gegensatz zu den Einheiten I - III ist die Verbreitung der Einheiten IV und V vielfältig verzweigt und aufgelöst in - oft sehr kleine - Einzelvorkommen. Sie ist identisch mit derjenigen der edaphisch bedingten Vegetationseinheiten (vgl. Kt. III, Veg.). Dabei entspricht die Verbreitung der edaphisch trockenen Standorte (IV) der des "Dichten Busches auf steinigten Hängen" (einzuschließen sind die im 2. Abschnitt: Vegetation und Böden, genannten weiteren Lithosolvorkommen), während diejenige der Alluvialebenen (V) den "edaphisch feuchten Standorten" auf der Vegetationskarte folgt.

Beide "edaphisch bedingten" Einheiten treten auch in größerer geschlossener Ausdehnung auf: Kiderohorst, Sipunga, Durgeda-Umbao Scholle und nordöstlicher Abschnitt der Yaida Stufe bzw. Manyara Alluvialebene und die Sohlen des Yaida- und Eyasi Graben. Dies rechtfertigt ihre selbständige Fassung. Ihre kleinen, isolierten Vorkommen haben demgegenüber den Charakter von räumlichen Teilgliedern der II. und III. Einheit. Insbesondere in dem Naturraum III bilden sie gesetzmäßige Bestandteile, so daß hier gerade die mosaikartige Gruppierung von III, IV und V die räumliche Eigenart kennzeichnet.

Alle 5 Naturräume haben ein grundlegend abweichendes Wirkungsgefüge (s. u.), das eine Zusammenfassung ausschließt. In den Grenzen des Mbulu Distriktes haben sie daher die Stellung von idiographischen Einheiten. Die von ihnen eingeschlossenen Areale sind in sich weiter differenziert, doch bewegen sich diese Abweichungen innerhalb des Rahmens, der von den Wirkungsgefügen der "Naturräume" her gesetzt wird (über Ausnahmen - "Varianten" - hiervon, bedingt durch örtliche Aktivierung primärer Wirkkräfte - Tektonik und Gestein - vgl. unten). Diese Rahmenstellung der 5 idiographischen Naturräume

ermöglicht es, in ihren Wirkungsgefügen aufzuzeigen, welche Veränderungen die Aktivierung, Schwächung oder der Ausfall eines oder weniger Faktoren nach sich zieht. Soweit derartige Veränderungen, die immer nur Teile des Gefüges in Mitleidenschaft ziehen, als tatsächlich vorhanden oder - bei labilen Gefügen - als potentiell aktuell erkannt wurden, werden sie im speziellen Teil dieses Abschnittes beschrieben. Die Verbreitung dieser weiter differenzierten und demzufolge weniger heterogenen Einheiten läßt sich aus der Vegetationskarte (Kt. III) entnehmen. Es ist wahrscheinlich, daß höchstens einige von ihnen in sich homogene Grundeinheiten (= "topische Einheiten", vgl. Neef, 1963, S. 250) darstellen. Meine Untersuchungen reichen nicht aus, dies sicher nachzuweisen. Trotzdem lassen sich auf dieser Ebene der naturräumlichen Untergliederung vage Typisierungen durchführen.

Die heutige Gliederung des Mbulu Distriktes in die genannten 5 idiographischen naturräumlichen Einheiten ist jungkretazisch-tertiären Ursprungs. Damals führten Tektonik und Vulkanismus zu einer weitreichenden Umgestaltung des Reliefs (vgl. 1. Abschnitt: Oberflächengestalt, insbesondere A. Einleitung). Damit konnten neue exogene Kräfte wirksam werden und als Folge hiervon veränderte Wirkungsgefüge entstehen.

Es ist selbstverständlich, daß dieser Einschnitt weder einen absoluten Neubeginn bedeutete, noch daß er Wirkungsgefüge in der heutigen Ausbildungsform entstehen ließ. Zum ersten: nicht alle Bereiche wurden in gleichem Maße von endogenen Kräften verändert, weithin blieben die alten Verebnungsflächen unangetastet und mit ihnen bewahrte sich die kontinuierliche Entwicklung des Bodens und wahrscheinlich weiterer Geoelemente. Es ist wahrscheinlich, daß die gegenwärtigen Vorkommen des III. Wirkungsgefüges (nur die Rumpfflächen, nicht die vulkanischen Akkumulationsplateaus) erhaltengebliebene Reste einer früher den ganzen Raum umschließenden Verbreitung darstellen, wobei die Einheiten V (Die Alluvialebenen) und - flächenmäßig von weit geringerem Anteil - IV (Die edaphisch trockenen Standorte) als regelmäßige Komponenten mosaikartig vertreten waren. Zum zweiten: Klimaänderungen (wenigstens im Pleistozän) haben eo ipso zu ei-

nem vorübergehend wechselnden Naturhaushalt geführt.

Die Bedeutung des endogenen Eingriffes für die naturräumliche Differenzierung beruht daher nicht auf einer Neubildung und Fixierung bestimmter Wirkungsgefüge. Vielmehr liegt sie in einer Neugliederung des Raumes in natürliche Einheiten, deren Inhalt (Art des Wirkungsgefüges) sich zwar gewandelt haben mag, deren Gegensätzlichkeit aber bereits damals festgelegt wurde. Die Ausdehnung dieser Einheiten hat sich seitdem erheblich verändert. Insbesondere der flächenmäßige Anteil der Alluvialebenen (V) und - im semi-ariden Klimabereich - der edaphisch trockenen Standorte (IV) hat stark zugenommen. Die Entwicklung tendiert auf eine Beseitigung von I (die regenwaldbedeckten Hochregionen) und II (die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsgebiete im submontanen Bereich).

Die Wirkungsgefüge der 5 selbständigen (idiographischen) Naturräume werden jeweils anhand von Schemata aufgezeigt (vgl. Fig. 17 - 21). Diese wurden in Anlehnung an Darstellungen von Beckmann (1965, Abb. 10 - 12) entworfen, weichen jedoch darin prinzipiell von jenen ab, daß sie die einzelnen Faktoren oder Faktorengruppen nach ihrer Wirkkraft (wobei die Reichweite höher bewertet wird als die Intensität) und ihren Abhängigkeitsbeziehungen in ein Rangsystem einordnen, d. h. anstelle des Kreisschemas tritt ein hierarchisches.

Die primären Faktoren oder Faktorengruppen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie unabhängig von anderen entstanden sind und keiner zeitlich relevanten Einwirkung von jenen unterliegen; dementsprechend sind sie die stabilsten Komponenten des Wirkungsgefüges. Hierzu gehören die Höhenlage über NN, das durch endogene Kräfte bestimmte Relief und das Gestein. Von diesen erweist sich die Höhenlage über NN als gleichzeitig dominierend in den Wirkungsgefügen von I - III.

Die beiden anderen primären Faktoren, das Gestein und die tektonisch bestimmten Großformen, haben in allen 5 Naturräumen nur eine variierende Bedeutung für einzelne Glieder jener Gefüge und zwar bevorzugt für die Ent-

wicklung der Böden bzw. den Wasserhaushalt und die Oberflächengestalt. Niemals werden alle Komponenten des Gefüges von ihrer Einwirkung erfaßt. Dies rechtfertigt, die durch sie bedingten Abweichungen jeweils als Varianten jener 5 "obersten" Naturraumgefüge aufzufassen.

Unter den sekundären Faktoren nimmt das (Makro-)Klima eine Sonderstellung ein. Sein ökologisch differenzierender Einfluß ist eindeutig höhen- bzw. luv-abhängig, sein primärer, d.h. planetarisch bedingter Anteil ist für die naturräumliche Gliederung innerhalb des Mbulu Distriktes bedeutungslos. Andererseits stimmt das Klima mit den primären Faktoren darin überein, daß es - wiederum auf die Gegenwart bezogen - keinen rückwirkenden Einflüssen der übrigen sekundären Gefügekomponenten unterliegt. Diese einseitige Abhängigkeit nach "oben" weist dem Klima den 2. Platz in der Hierarchie des Gefügesystems zu.

Die Wirkungsgefüge der Naturräume I - III werden - wie beschrieben - durch die Höhenlage über NN beherrscht, d.h. hierdurch werden die Unterschiede zwischen ihnen bestimmt. Da die Höhenlage vorrangig über das Klima auf den Naturhaushalt einwirkt (neben ihrem in seiner Wirkkraft geringer anzusetzenden Einfluß auf die Abtragung bzw. Akkumulation), so lassen sich diese 3 Naturräume - im Gegensatz zu den "edaphisch bedingten Gefügen" von IV und V - auch als "klimatisch bedingte Gefüge" bezeichnen.

Der Einfluß des Klimas auf die Bodenbildung, die Entfaltung der Pflanzenwelt, den Abfluß und die Oberflächengestalt erfolgt vorrangig über den Bodenwasserhaushalt. Im Gegensatz zum Klima wird dieser jedoch bis zu einem gewissen, für sein Gesamtverhalten aber minder bedeutsamen Grad einbezogen in das "unterhalb" folgende auf allseitiger Wechselwirkung beruhende Kräftegefüge. Doch sind diese Abhängigkeiten sekundär. Indem der Bodenwasserhaushalt die übrigen sekundären Faktoren in weitem Maße formt, schafft er selbst die Voraussetzung und bestimmt die Wirkungsweise seiner eigenen Beeinflussung durch jene.

Der Bodenwasserhaushalt ist in den klimatisch bedingten Wirkungsgefügen direkt abhängig vom Klima und damit von der Höhen- (Luv-)lage, bildet hier also

die dritte Stufe in der Rangordnung der Wirkkräfte. Als vierte Stufe folgt hier schließlich der nicht mehr hierarchisch geordnete Gefügeteil der übrigen sekundären Faktoren. Zwar fehlen auch hier nicht Dominanzerscheinungen, doch sind sie niemals von weitreichender, das gesamte Gefüge dieser Faktorenebene beeinflussender oder gar entwicklungsbestimmender Bedeutung. Im Vordergrund steht vielmehr eine allseitige mehr oder weniger ausgeglichene Wechselwirkung, die sich am besten in Form eines Kreisschemas wiedergeben läßt (vgl. Fig. 17 - 19).

Zusammengefaßt ergibt sich folgende Rangordnung der an den klimatisch bedingten Gefügen beteiligten Faktoren:

1. primäre Kräfte: unabhängig von den übrigen Kräften des Gefüges entstanden und in ihrer Wirkung unbeeinflusst von jenen
2. sekundäre Kräfte:
 - 2.1 unterliegen der Beeinflussung durch die primären Kräfte, nicht aber einer durch die übrigen sekundären Faktoren
 - 2.2 einbezogen in die Wechselwirkung der sekundären Faktoren
 - 2.21 dominante sekundäre Faktoren:
entwicklungsbestimmende Einwirkungen auf die Mehrzahl der übrigen sekundären Faktoren
 - 2.22 Faktoren mit ausgeglichener Wechselwirkung oder richtungsbestimmenden Einwirkungen von geringer Reichweite

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den naturräumlichen Einheiten IV - V. Hier wird die extreme Reliefgestaltung (extrem flach oder extrem steil) zum dominierenden Faktor für den Bodenwasserhaushalt: Die primären Faktoren und das Klima, deren räumliche Differenzierungen zur Abgrenzung von drei großen Naturräumen (I - III) geführt haben, denen also grundsätzlich eine bedeutende ökologische Stellung im Naturhaushalt zuerkannt werden muß, bleiben hier ohne nachhaltigen Einfluß, werden also in eine passive Rolle ge-

drängt. Dies wird deutlich aus ihrer großen Schwankungsamplitude, die bis zu den Grenzwerten von II und III reicht. Es liegt also eine Dominanz vor, die nicht allein in der richtungsweisenden Beherrschung der "unterhalb" folgenden Gefügekomponenten (so bei I - III) liegt, sondern darüberhinaus die Einwirkung der übergeordneten Faktoren weitgehend eliminiert (eine direkte Beeinflussung, Umformung ist nicht möglich). Die Gefüge von IV und V sollen daher als "azonal" bezeichnet und den "zonalen" Gefügen von I - III gegenübergestellt werden.

B. Die naturräumlichen Einheiten

a. Die klimatisch bedingten naturräumlichen Einheiten (zonale Gefüge)

Während die Schemata 17 - 19 für jede der drei klimatisch bedingten naturräumlichen Einheiten einzeln zeigen, welche Faktoren in ihnen bedeutsam sind und wie sie aufeinander einwirkend ein Gefüge aufbauen, bringt die Fig. 16 eine vergleichende Darstellung, aus der zu entnehmen ist, wie sich die Ausbildung der einzelnen Faktoren zwischen diesen drei zonalen Gefügen unterscheidet. In allen vier Figuren bleiben differenzierende Einflüsse des Gesteins und der Tektonik, die zu kleinräumigen Abweichungen, und zwar insbesondere bei der Bodenbildung, führen können, unberücksichtigt (vgl. hierzu die Erläuterungen im Text).

Die Fig. 16 zeigt, in welchem umfassendem Maße sich die drei zonalen Gefüge unterscheiden. Zu beachten ist, daß die Keilbreite den Anstieg der betreffenden Faktoren nur relativ wiedergibt, d.h., um ein Beispiel zu geben, der durch eine gleichförmige Zunahme der Keilbreite dargestellte Anstieg der Austauschkapazität (A) bei I und III gegenüber II bedeutet nicht, daß A in I und III die gleiche Höhe aufweist. Angaben über das Ausmaß der Zu- bzw. Abnahme lassen sich allein aus den Fig. 17 - 19 (oder direkt aus den Abschnitten 1 - 3) entnehmen. Aus ihnen wird deutlich, daß auch in den Fällen, wo gleiche Keilbreiten Übereinstimmungen zwischen zwei der zonalen Gefüge vortäuschen können, meist Gegensätze vorliegen.

Fig. 16: Die Veränderungen der Faktoren in den zonalen Naturraumgefügen des Mbulu Distriktes (bei den Bodenfaktoren wurden die neovulkanischen Akkumulationsgebiete nicht berücksichtigt).

Zunahme der Keilbreite = Anstieg der betreffenden Faktoren, über sein Ausmaß vgl. Fig. 17 - 19, bzw. die Abschnitte 1 - 3. I. = Die regenwaldbedeckten Hochregionen; II. = Die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsgebiete im submontanen Bereich; III. = Die intakten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsplateaus.

Faktoren		I.	II.	III.
Hydrogeographie Klima	Höhe ü. NN			
	mittl. Jahresniederschlag (N)			
	Tiefstwert von N			
	Dauer der Regenzeit			
	Temperatur			
	pot. Evapotranspiration			
	Dauer der humid/subh. Zeit			
	Dauer der Bodenwasserführung > 1/3 der Feldkapazität			
	Abflußdauer			
	Taltiefe : Talbreite			
Morphologie	Abtragung			
	Akkumulationen			
	chem. Verwitterung			
	mech. Verwitterung			
	Mächtigkeit der Verwitterungsschicht	?		
	Dauer der Veg.-Periode			
	Wachstumsgefährdung durch Trockenheit			
	Transpirationsschutz			
	pflanzl. Stoffproduktion			
	Uppigkeit der Pflanzenentwicklung (Höhe, Deckungsgrad)			
Vegetation	trockenzeitl. Abbrennen			
	Rodungen			
	Schwankungen der Bodentemp.			
	Humusgehalt			
	Nährstoffgehalt in A-Horiz.		?	
	Austauschkapazität			
	Sättigungsgrad			
	Bodenreaktion	?		
	ackerbauliche Nutzung			
	Bevölkerungsdichte			
Wirtschaftl.	weidewirtschaftl. Nutzung			

I. Die regenwaldbedeckten Hochregionen

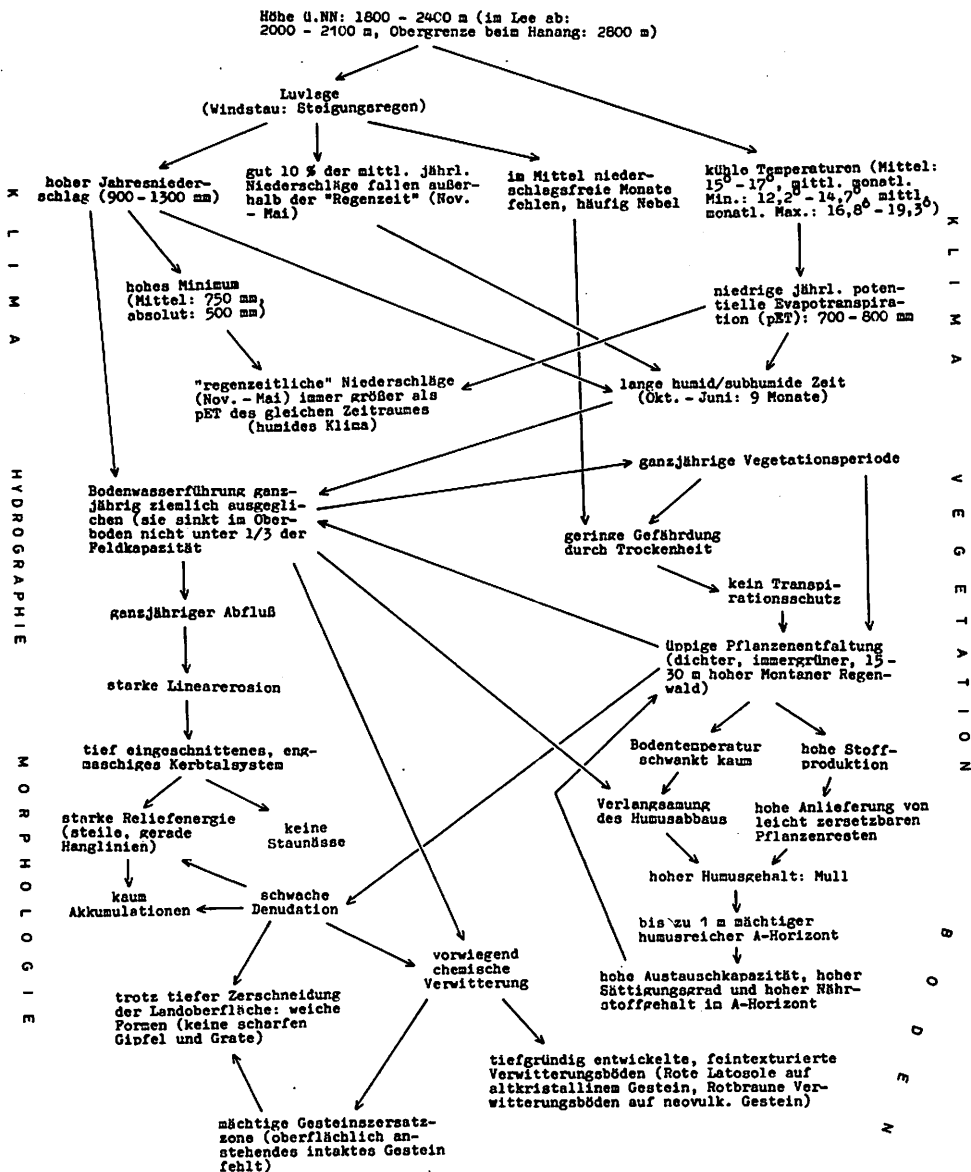
Die Verbreitung der regenwaldbedeckten Hochregionen ist, mit Ausnahme des afro-alpinen Bereiches auf dem Hanang ⁺) (vgl. Vegetationskarte, III) identisch mit der Zone des perennierenden Abflusses (vgl. Kt. VIII). Sie umfaßt die größten Teile der Nou und Marang Rumpfflächen, kleinere Flächen der Mbulu Rumpffläche (Kainam und (?) Datlaa) und die höheren Hangzonen der Hassama Berggruppe, des Kwarakh und des Hanang. Ein schmaler, unterbrochener Saum folgt der nördlichen Distriktgrenze. Bei allen diesen Vorkommen handelt es sich um die am stärksten gehobenen Teile von Rumpfflächen oder die höchsten Aufzungen vulkanischer Aufschüttungen. Ihr Gesamtanteil an der Fläche des Mbulu Distriktes beträgt 5,5 %.

Die regenwaldbedeckten Hochregionen i. e. S.: Fig. 17 veranschaulicht das Wirkungsgefüge, wie es im Bereich der heutigen Vorkommen des Montanen Regenwaldes herrscht. Einige, für den Gesamthaushalt dieser Einheit weniger bedeutungsvolle Abweichungen gelten für die neovulkanischen Akkumulationsgebiete: Während im altkristallinen Gesteinsbereich vorrangig der Humusgehalt die relativ hohen Werte der Austauschkapazität, des Sättigungsgrades und des Nährstoffgehaltes (in A) bewirkt, erhält dort die mineralische Fraktion einen bedeutenden Anteil hieran, d. h. diese Bodeneigenschaften sind auf neovulkanischem Gestein stabiler, die Gefahr der Bodenerschöpfung bei Rodungen geringer. Weitere Unterschiede liegen in anderen Bodenmerkmalen (z. B. höhere Bodenreaktion, feinere Körnung u. a.) und der Oberflächengestaltung (mehr riedelartige Zerschneidung gegenüber Kämmen im altkristallinen Gesteinsbereich). Unterschiede der Vegetation wurden nicht festgestellt.

Das in der Fig. 17 dargestellte Gefüge zeigt in der vierten Ebene der Fakto-

+) Der afro-alpine Bereich bildet vermutlich ein idiographisches Naturraumgefüge gleicher Rangordnung wie die Gefüge der fünf genannten selbständigen chorischen Einheiten. Die vorliegenden Unterlagen reichen jedoch nicht aus, Genaueres über seinen Naturhaushalt auszusagen. Dies, sowie seine geringe Ausdehnung mögen es rechtfertigen, wenn er bei den Überlegungen dieses Abschnittes ausgeklammert bleibt.

Fig. 17: 1.1 Die regenwaldbedeckten Hochregionen



renhierarchie die überragende Bedeutung des Montanen Regenwaldes für die Bodenwasserführung (Abflußverzögerung), die Oberflächengestaltung (Hemmung der Hangabtragung) und die Bodenbildung (Humusanreicherung). Diese zentrale Stellung der relativ leicht zerstörbaren Waldvegetation - eine Dominanz, die zwar der des Bodenwasserhaushaltes (s.o.) untergeordnet ist, aber sonst in ihrer Reichweite und Intensität durchaus jener entspricht - verleiht der untersten (deshalb aber keinesfalls minder bedeutsamen) Ebene dieses Wirkungsgefüges eine bedrohlich wirkende Anfälligkeit (Labilität). Dies hat Anlaß gegeben, die Regenwaldareale gesetzlich zu schützen. Zu spät kam dieser Schutz für das Gebiet von Kainam (und (?) Datlaa).

Kainam: Hier führte die Vernichtung des Waldbestandes (vor etwa 250 Jahren) zu einem beschleunigten Regenwasserabfluß und einer dementsprechend mächtigen Abtragung des tiefreichenden Verwitterungsmaterials. Als Folge ergab sich eine Abflachung der Kämme zu Rücken, auf denen ursprünglich tiefelegene Gesteinszersatzhorizonte an die Oberfläche treten, und eine teilweise Aufschüttung der Kerbtäler, deren hierdurch verbreiterte Sohlen meist versumpft sind.

II. Die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsgebiete im submontanen Bereich

Die Verbreitung dieser Einheit stimmt mit der des periodischen Abflusses (vgl. Karte VIII) weitgehend überein. Sie umfaßt die regenwaldfreien Teile der Nou Rumpffläche, die Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche (mit Ausnahme von Kainam und (?) Datlaa), die Haidom-Endalat Scholle, das Ufiome Bergland und die unterhalb des Montanen Regenwaldes anschließenden submontanen Hangzonen der drei Vulkanzentren, Hanang, Kwarakh und Riesenkraterhochland. Ebenfalls soll das Verbindungsstück zwischen dem Riesenkraterhochland und der Endabash Rumpffläche hierzu gerechnet werden, obwohl in diesem Gebiet der periodische Abfluß nicht überall zweifelsfrei feststeht: Der Flächenanteil der Landschaftszone II an der Gesamtausdehnung des Mbulu Distriktes beträgt knapp 25 %. Die Haidom-Endalat Scholle und der nördliche Teil des Ufiome Berglandes bilden tektonisch, die Vulkangebiete petrographisch bedingte Varianten.

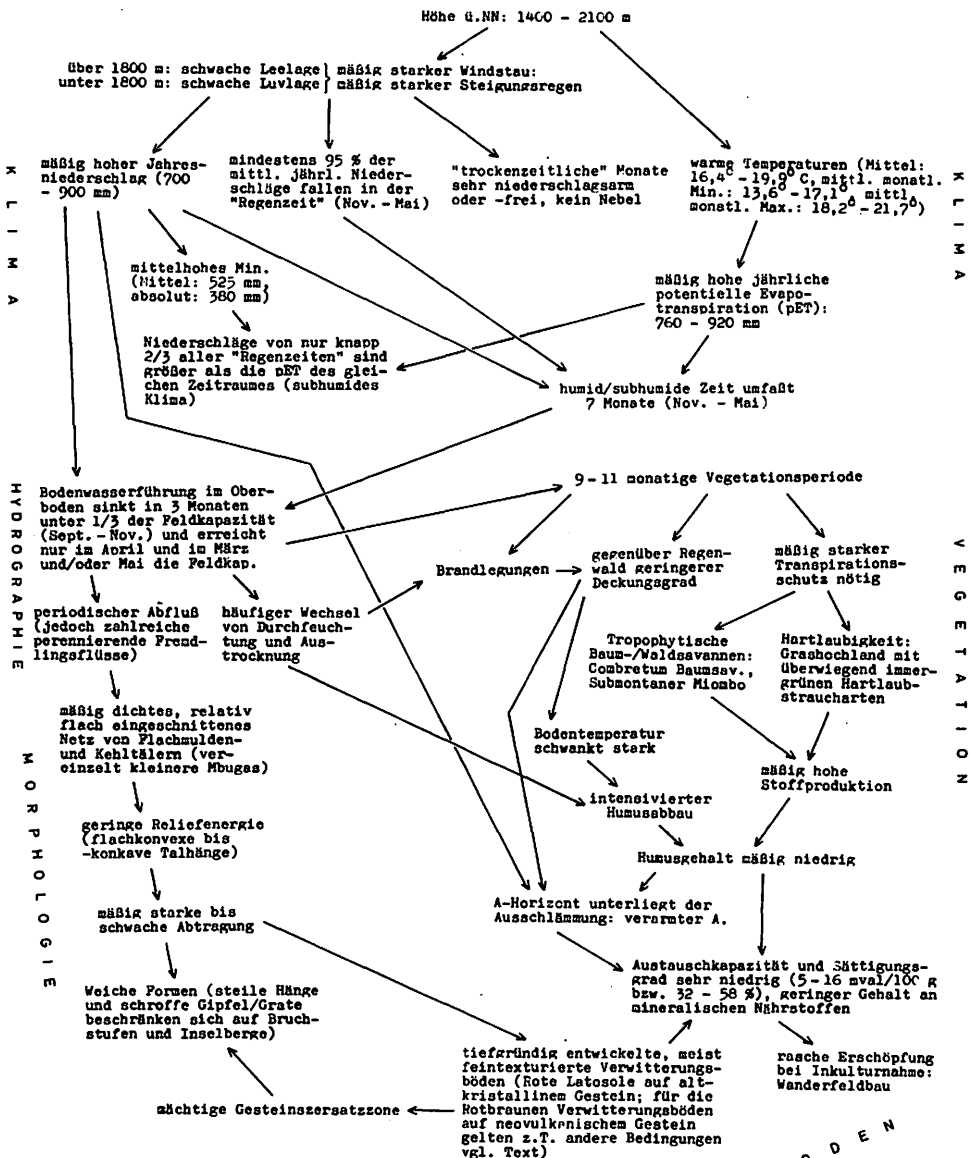
Haidom-Endalat Scholle: Die rückwärtigen Abdachungen zweier mit der Stirn nach außen weisender Bruchstufen geben dieser Scholle die Gestalt einer flachtrogartigen Hohlform. Dies verhindert, trotz der relativen und absoluten Höhenlage und dem ansehnlichen Niederschlagsbetrag, die Zerschneidung und bewahrt dieser Scholle den Charakter einer Fastebene. Es mag der hiermit verbundenen leichten Abflußbehinderung zuzuschreiben sein, daß die Bodenbildung ebenfalls eine abweichende Richtung eingeschlagen hat (Plateau Soils statt Roter Latosole) und auch die Vegetation eine Variante der Combretum Baumsavanne bildet (Combretum-Acacia gerrardii Baumsavanne).

Nördliches Ufiome Bergland: Es gehört der Höhenlage nach zum Naturraum III, erhält jedoch, begünstigt durch die enge Nachbarschaft zu der hier um 1000 - 1200 m aufragenden Gr. Bruchstufe und der offenen Lage nach E zur tiefergelegenen Masai Steppe, höhere Steigungsregen, als es allein aus der Höhe ü. NN zu erwarten ist. Dies, sowie zahlreiche relativ wasserreiche, perennierende Zuflüsse aus dem Iraqw Hochland und dem südlichen Ufiome Bergland (einschließlich Kwarakh) mögen erklären, daß dieser Raum zu einem Bergland mit einem gut ausgebildeten Gewässernetz umgestaltet wurde, das auch in seinen meisten übrigen ökologischen Bedingungen (Bodenbildungen, Vegetation) durchaus zur Einheit II gehört.

Vulkanische Akkumulationsgebiete: Hier ist es insbesondere die Bodenbildung, die eine Sonderentwicklung zeigt: An die Stelle der Roten Latosole treten die Rotbraunen Verwitterungsböden auf neovulkanischem Gestein mit höheren Werten der Austauschkapazität und des Sättigungsgrades und einer besseren nachschaffenden Kraft (weitere Merkmale vgl. 2. Abschnitt: Vegetation und Böden).

Das Wirkungsgefüge, wie es in den übrigen Bereichen dieses Naturraumes (Bashenet Hochland, Endabash-Mbulu-Dongobesh Rumpffläche ohne Kainam und südliches Ufiome Bergland ohne Kwarakh) und den größten Teil des Gefüges umfassend auch in den Varianten besteht, zeigt Fig. 18. Ein Vergleich mit den Gefügen von I und III (vgl. Fig. 17 und 19, insbesondere auch 16)

Fig. 18: II. Die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsgebiete im submontanen Bereich



macht deutlich, daß diese Einheit in vielen Merkmalen zwischen jenen liegt.

Untergliederungen dieses Naturraumes folgen teils den klimatischen Abstufungen, teils dem meist kleinräumigen Wechsel der Bodengüte (oft catenartiger Wechsel von jüngerem fruchtbaren und älterem nährstoffarmen Bodenmaterial). Die Bodenfruchtbarkeit ist außer vom Bodenalter - wie auch bei I - vorrangig abhängig vom Humusgehalt (vgl. S.45f). Die Rodung der natürlichen Pflanzendecke führt daher zu einer Fruchtbarkeitsminderung, die ackerbauliche Nutzung bereits nach wenigen Jahren zu einer Erschöpfung. Die menschlichen Eingriffe verursachen daher eine empfindliche, wenn auch wohl nur kurzfristige Störung des Naturhaushaltes.

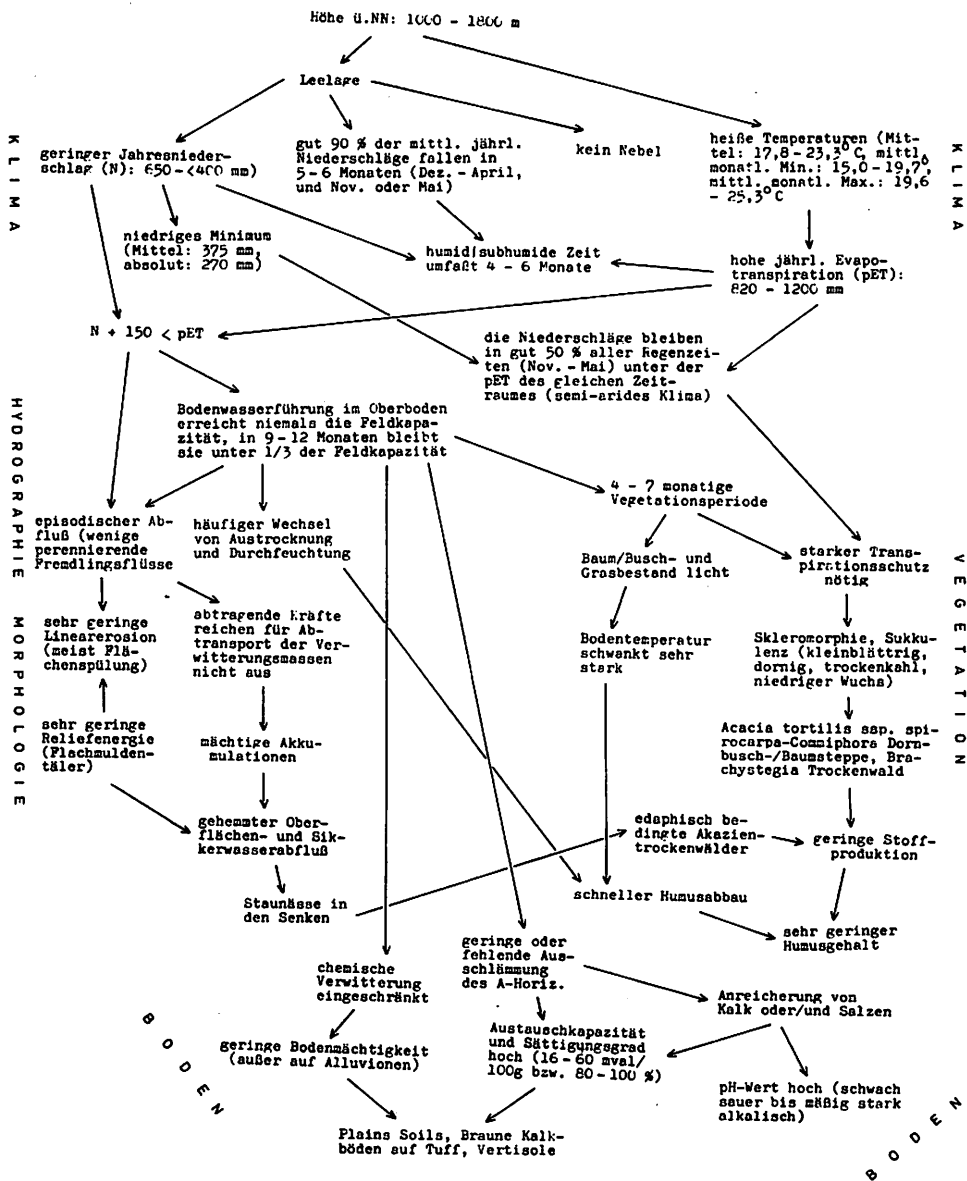
Die naturräumlichen Einheiten IV und V kommen in geringer Ausdehnung und Zahl vor, sind aber kein wesentlicher (gesetzmäßiger) Bestandteil dieses Gefüges.

III. Die intakten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsplateaus

Die Verbreitung der intakten Rumpfflächen und der vulkanischen Akkumulationsplateaus stimmt mit der Zone des episodischen Abflusses (vgl. Kt. VIII) überein. Sie umfaßt die Masai-, Swagaswaga- und Basotu- (ohne Haidom-Endalat Scholle) Rumpfflächen, den Fußhang der Yaida Stufe, das Vorland des Kiderohorstes, die Mangati Plains und die südliche und südwestliche Randzone des Nördlichen vulkanischen Aufschüttungsgebietes (Riesenkraterhochland). Alle diese Vorkommen sind relativ tief, zumindest aber im Lee gelegene vulkanische Akkumulationsgebiete oder alte, von der jüngeren Bruchtektonik in ihrer Höhenlage wenig veränderte Rumpfflächen.

Im Gegensatz zum Naturraum II bilden hier die Wirkungsgefüge IV und V gesetzmäßige Komponenten (in mosaikartiger Anordnung), doch wurde davon nur V in die schematische Darstellung der Fig. 19 aufgenommen.

Fig. 19: III. Die intakten Kumpflischen und die vulkanischen Akkumulationsplateaus



b. Die edaphisch bedingten naturräumlichen Einheiten (azonale Gefüge)

IV. Die edaphisch trockenen Standorte

Die Verbreitung der edaphisch trockenen Standorte umfaßt zahlreiche isolierte und meist kleinere Vorkommen im Bereich der Naturräume II und III. Es handelt sich hierbei um Inselberge, Aschen- bzw. Lavenkegel, die steilen Hänge von Bruchstufen und die Talflanken von tief eingeschnittenen Kerbtälern. Die größeren dieser Vorkommen sind auf der Vegetationskarte dargestellt (= Dichter Busch auf steinigten Hängen).

Die Verbreitung der edaphisch trockenen Standorte ist auf die ausgesprochen wechselfeuchten Bereiche beschränkt. Bei abnehmender klimatischer Humidität setzt sich ihr Wirkungsgefüge zunehmend auf flacheren Hängen durch.

Zwei Vorkommen der edaphisch trockenen Standorte sind aufgrund anderer als der genannten Bedingungen entstanden, nämlich die Guang-Gara-Kandami Berggruppe und der Kiderohorst.

Guang-Gara-Kandami Berggruppe: Sie liegt im Verbreitungsgebiet der regenwaldbedeckten Hochregionen (I), in einem Klimabereich also, der an sich die Bildung von edaphisch trockenen Standorten nicht zuläßt. Die Erklärung für diese Anomalie liegt zu einem Teil im primär steilen Relief begründet: Die Guang-Gara-Kandami Berggruppe ist als ein fossiler Inselberg der Mbulu Rumpffläche zu deuten, der erst sekundär durch Hebung dieser Scholle im Zuge der Großen Ostafrikanischen Bruchbildung unter die Einwirkungen eines montanen Regenwaldklimas geriet. Trotz der orographischen Erschwerungen vermochten sich diese gegenüber dem ursprünglichen Wirkungsgefüge IV durchzusetzen: Wenn auch die chemische Verwitterung sicher nicht die Tiefe erreichte wie im Bereich der umliegenden fossilen Verebnungsflächen der I. Einheit, so gelang doch dem Montanen Regenwald, sich wenigstens auf größeren Partien der steilen Hänge auszubreiten (noch Jaeger - 1913, S. 52 - sah 1906/07 Reste hiervon). Diese Entwicklung zum völligen Einschluß in das I. Wirkungsgefüge wurde durch Rodungen zunächst unterbrochen und dann - durch die hierdurch ausgelöste plötzliche Abtragungssteigerung - rückgängig gemacht. Heute

verhüllen lithosolische Böden nur flach und unvollständig die intakte Gesteinsoberfläche dieses granitischen Massivs. Auch die übrigen Komponenten seines Wirkungsgefüges entsprechen denen der edaphisch trockenen Standorte im wechselfeuchten Klimagebiet. Es gehört also eindeutig (wieder) zur IV. naturräumlichen Einheit, muß jedoch als ein labiles Gefüge angesehen werden, da eine potentielle Tendenz zur Rückkehr zu I, die durch den Schutz der Vegetation sofort - wenn auch mit nur zögerndem Erfolg - in Aktion treten könnte, weiterhin besteht.

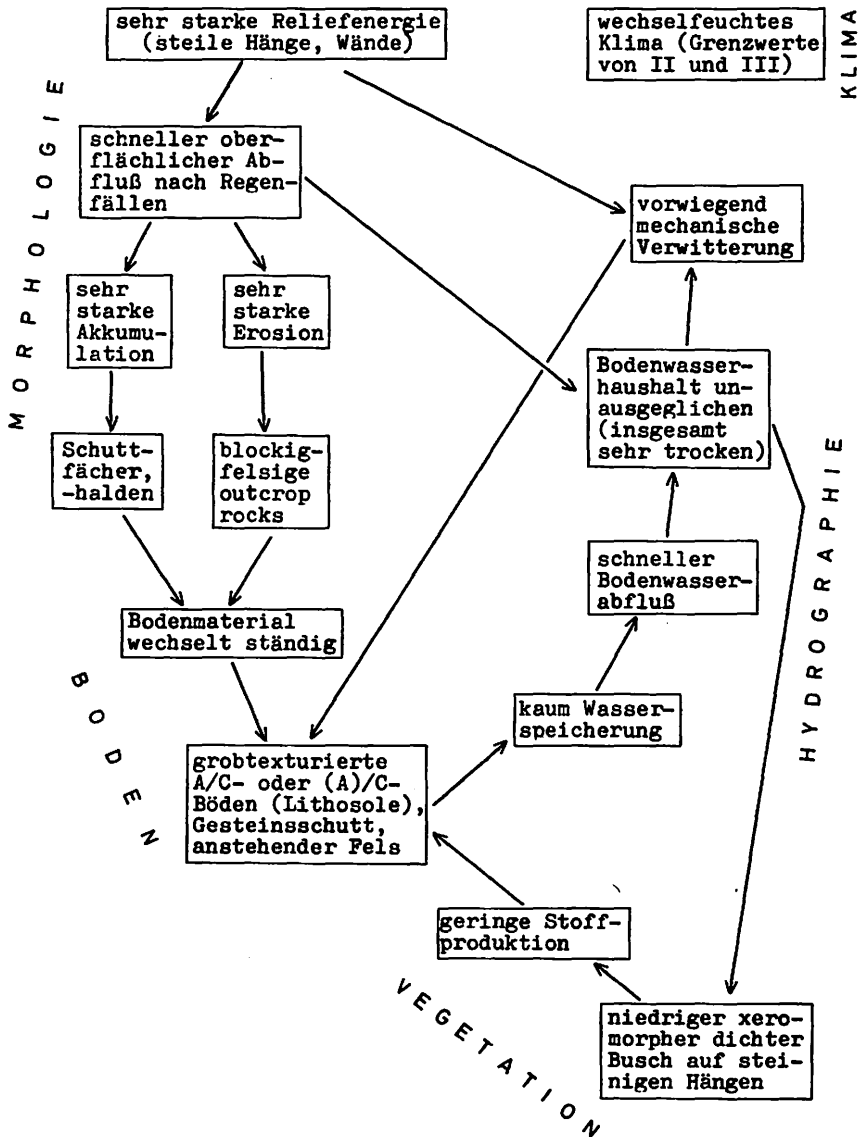
Kiderohorst: Er ist ursprünglich Teil einer Verebnungsfläche, die heute in einem semi-ariden Klimabereich liegt. Theoretisch müßte daher erwartet werden, daß sein Naturhaushalt ein gleiches Wirkungsgefüge zeigt, wie es für die III. naturräumliche Einheit beschrieben wurde. Daß dies nicht der Fall ist, liegt an seiner weit stärkeren bruchtektonischen Kippung (die rückwärtigen Abdachungen der Gr. Bruchstufe ⁺) und der Kidero Stufe summieren sich hier), wodurch - gefördert durch die Nähe einer um mehrere hundert Meter tiefer gelegenen Erosionsbasis - die Zerschneidung intensiviert und die Reliefenergie erhöht wurde. Begünstigt durch das extrem semi-aride Klima, das die Bodenentwicklung hemmt, konnte sich hier daher großräumig ein Wirkungsgefüge herausbilden, das jenem mehr punkt- oder linienförmigen der Inselberge etc. (s.o.) gleicht.

In allen Vorkommen der edaphisch trockenen Standorte finden sich, jeweils und auch insgesamt von geringer Ausdehnung, tiefgründige, feinkörnige Aufschüttungen, die ein günstigeres Wasserhaltevermögen aufweisen und - sogar perennierenden - Quellen den Ursprung geben können. Diese Alluvionen werden in dem Schema der Fig. 20, das das Wirkungsgefüge der edaphisch trockenen Standorte zeigt, nicht berücksichtigt.

Die edaphisch trockenen Standorte sind, mit Ausnahme der von ihnen eingeschlossenen Alluvionen, für die landwirtschaftliche Nutzung ungeeignet, ebenso scheiden sie als Siedlungsräume aus.

⁺) Die rückwärtige Abdachung der Gr. Bruchstufe ist hier, jenseits ihrer maximalen Sprunghöhe stärker geböschet als im Bereich der Basotu Rumpffläche.

Fig. 20: IV. Die edaphisch trockenen Standorte



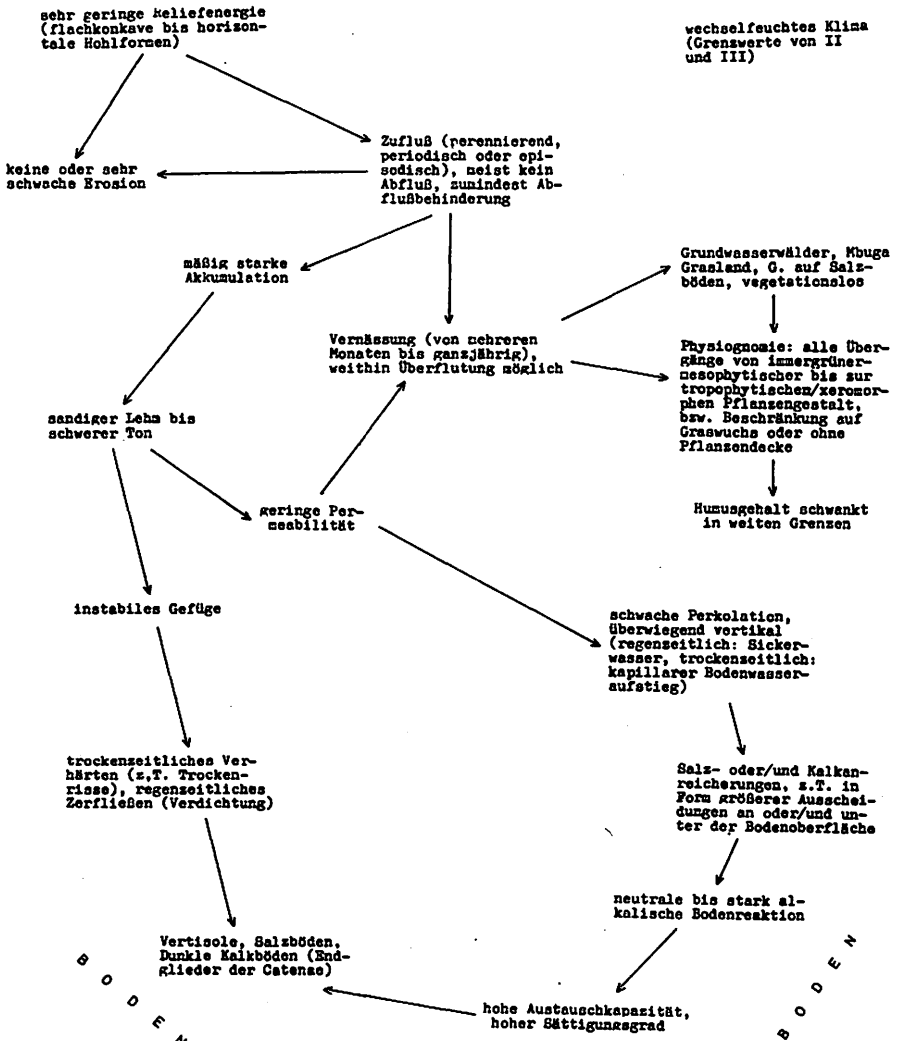
V. Die Alluvialebenen

Die Verbreitung der Alluvialebenen umfaßt wie jene der IV. Einheit zahlreiche kleinere und größere isolierte Vorkommen im Bereich der Naturräume II und III. Sie folgt bevorzugt dem Fuß von Bruchstufen. Dies gilt in besonderem Maße für die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen (Gefüge II), auf denen der relativ beträchtliche Abfluß klare Entwässerungsbahnen in die alte Verebnungsfläche hineinzuarbeiten vermochte, jedoch an den meist quer zur Abdachung verlaufenden Bruchstufen gestaut wurde. Auf den intakten Rumpfflächen (insbesondere Basotu- und Masai Rumpfflächen) förderten das insgesamt flache Relief und die geringen Abdachungen die Ausbildung von weitläufigen Alluvionen, zwar ebenfalls häufig am Fuß von Bruchstufen, doch auch unabhängig hiervon. In den vulkanischen Akkumulationsgebieten übt demgegenüber das vulkanisch geschaffene Relief einen stärkeren Einfluß auf die Entstehung von - meist kleinräumigen - Alluvialebenen aus.

Die in der naturräumlichen Einheit "Alluvialebenen" zusammengefaßten Wirkungsgefüge (vgl. Fig. 21) sind sehr heterogen: Die Abweichungen sind insbesondere bedingt durch die stark wechselnden Abflußmengen der oberirdischen Zuflüsse und die Menge des Grundwassereinflusses, woraus ein sehr unterschiedlicher Bodenwasserhaushalt resultiert; zum geringeren erklären sie sich aus der Art und Menge des zugeführten Materials. Soweit diese Abweichungen erkannt wurden, fanden sie ihre graphische Darstellung auf der Vegetationskarte (edaphisch bedingte Vegetationseinheiten: 15 - 25, außerdem Süßwasserseen und Salzpflanzen) und ihre Beschreibung im 2. Abschnitt: Vegetation und Böden.

Fig. 21: V. Die Alluvialebenen

M O R P H O L O G I E



KLIMA

VEGETATION

B O D E N

Zusammenfassung

=====

Der Mbulu Distrikt liegt im Bereich des abflußlosen Rumpfschollenlandes von Nord-Tanzania. Seine Fläche umfaßt ca. 17 400 qkm. Zahlreiche Brüche sehr unterschiedlicher Sprunghöhe (maximal gut 1000 m), überwiegend SW - NE verlaufend (im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes: SSW - NNE) haben die alte zu Fastebenen abgetragene Landoberfläche in Schollen zerlegt. Durch Hebungen und Kippungen dieser Rumpfschollen wurde ein teilweise sehr bewegtes Relief mit großen Höhenunterschieden (960 - 2400 m ü. NN) geschaffen. Als Regel selbst für die kleinsten Bruchstufen gilt, daß auf den Steilhang jenseits des oberen Stufenrandes eine gleitende Abdachung (rückwärtige A.) folgt. In der mehrfach parallel von Verwerfungen zerlegten Landoberfläche des Mbulu Distriktes liegen daher die tiefsten Regionen jeweils am Fuß der Stufen (hier erstrecken sich daher oft Seen, Salzpflanzen, Sümpfe oder Mbugas) und die höchsten Erhebungen werden vom oberen Stufenrand gebildet.

In dieses vorgegebene morphologische Muster fügt sich die räumliche Gliederung weiterer Geoelemente ein. Die steilen Stufenhänge, von kurzen, meist nur wenig jenseits des Stufenoberrandes einsetzenden Erosionstälern mehr oder weniger tief zerschartet, tragen einen lithosolischen Boden oder sind felsig-blockig ausgebildet. Entsprechend der edaphischen Trockenheit besteht die Pflanzendecke aus einem dichten xerophytischen Busch ("Dichter Busch auf steinigen Hängen").

Das weniger stark, nach "rückwärts" geneigte Gelände jenseits des Stufenoberrandes ist meist nur schwach von breiteren, flacheren Einschnitten der langen Abdachungsflüsse gegliedert. Die Böden sind feinkörnig und tiefgründig entwickelt. Je nach Niederschlagshöhe variieren die Bodentypen, Pflanzengemeinschaften, hydrographischen Verhältnisse und auch die Oberflächenformen. Unabhängig hiervon ist in jedem Falle eine naturräumliche Zweigliederung auf dem Hochflügel durchzuführen: in das obere, den Hochflügel i. e. S. einnehmende Abtragungsgebiet und in das untere, zugleich den Tief-

flügel der nächst folgenden Stufe darstellende Aufschüttungsgebiet. Ersteres besitzt in den regenreicheren, letzteres in den regenärmeren Gebieten den größeren Flächenanteil.

In Richtung abnehmender Niederschlagsmenge ergeben sich für die beiden naturräumlichen Einheiten der Hochflügel (Abtragungsgebiet - Aufschüttungsgebiet) folgende Merkmalskombinationen (in Klammern jeweils die Abweichungen in den vulkanischen Akkumulationsgebieten):

1. Montaner Regenwald, Kerbtalrelief, perennierende Flüsse, humusreicher Roter Latosol (humusreicher Verwitterungsboden auf neovulkanischem Gestein) - regengrüne bis immergrüne Grundwasserwälder, Sümpfe, Seen;
2. Montane Strauch-/Grasformationen oder tropophytische Baum-/Waldsavannen, Flachmuldentäler und Kehltdäler, periodischer Abfluß, Roter Latosol (Rotbrauner Verwitterungsboden auf neovulkanischem Gestein) - periodisch staunasses(r) Grasland/Trockenwald, Vertisol;
3. Dornbusch-/Baumsteppe, Flachmuldentäler, episodischer Abfluß, Plains Soil (Braune Kalkböden auf Tuff) - periodisch staunasses(r) Grasland/Trockenwald, Vertisol oder Grasland auf Salzböden, Salzpflanzen.

Die Höhe der Niederschläge ist abhängig von der Höhe ü. NN und der Luvlage. Erst oberhalb einer Höhe von 1800 m ü. NN erreichen die Regenfälle mit jährlich > 900 mm in der Luvlage (über 2100 m auch in der Leelage) eine Menge, die für die Ausbildung des Montanen Regenwaldes und der weiteren unter 1. genannten Merkmale ausreicht. Die Vorkommen der unter 1. für das Abtragungsgebiet angeführten Merkmalskombination beschränken sich daher auf die Hochgebiete, die Scheitelrumpfflächen des Iraqw Hochlandes und die oberen Hänge der Vulkanberge Hanang, Kwarakh und des Riesenkraterhochlandes. Die unter 1. für das Aufschüttungsgebiet aufgezählten typischen Erscheinungen kommen auch außerhalb der 900 mm-Jahresisohyete vor, sofern perennierende Zuflüsse das Niederschlagsdefizit ausgleichen.

Die an 2. Stelle für das Abtragungsgebiet genannte Merkmalskombination bedarf einer jährlichen Regenmenge von mindestens 600 mm. Diese Niederschlagshöhe wird in der Luvlage erst oberhalb von 1400 m ü. NN erreicht, im Lee etwa ab 1800 m ü. NN. Die Vorkommen der Savannen und montanen Strauch-/Grasformationen, nebst der für ihr Verbreitungsgebiet typischen Erscheinungen beschränken sich daher weitgehend auf die Bergländer (ohne "Große Grabenbrüche des Tindigalandes") und mittleren Hänge der Vulkanberge, jeweils unterhalb der Montanen Regenwälder.

Die 3. Merkmalskombination ist typisch für die Rumpfflächen und die Großen Grabenbrüche des Tindigalandes. In diesen Gebieten bleibt die jährliche Niederschlagsmenge aufgrund der geringen Höhe ü. NN oder ausgesprochenen Leelage meist unter 600 mm.

Eine ausführlichere Beschreibung der drei höhen- und niederschlagsabhängigen Merkmalskombinationen in den Abtragungsgebieten auf den Hochflügeln wird im 4. Abschnitt (Naturräumliche Gliederung) gegeben (klimatisch bedingte naturräumliche Gefüge), ebenfalls findet sich hier eine genaue Darstellung der Aufschüttungsgebiete (Alluvialebenen) und der steilen Hänge (edaphisch trockene Standorte). Es wird gezeigt (vgl. Fig. 16 - 21), daß es sich bei diesen Merkmalskombinationen um Teilglieder von umfassenden naturräumlichen Wirkungsgefügen handelt.

Die morphologischen Regionen, ihre Ausdehnung, ihr Gestein und ihre Oberflächengestalt, werden, geordnet nach Bergländern, vulkanischen Aufschüttungsgebieten, Rumpfflächen und Alluvialebenen, im 1. Abschnitt: Oberflächen-gestalt, beschrieben.

Der 2. Abschnitt: Vegetation und Böden enthält übergeordnet die Darstellung der Vegetationseinheiten. Die Gliederung in Pflanzengemeinschaften (Nummierung nach arabischen Zahlen) geht primär von den Artengefügen aus. Das ökologisch-physiognomische Ordnungsprinzip wurde bei der Gruppierung dieser Pflanzengemeinschaften in die höheren Einheiten, die Formationen (Nummierung mit römischen Zahlen) einbezogen. Die Beschreibung der Vegetationseinheiten enthält jeweils Angaben zu Physiognomie, Ökologie, Verbreitung, land-

wirtschaftliche Nutzung und Flora (alle hier genannten Arten wurden in alphabetischer Reihenfolge in der Tab. 4 zusammengestellt). Von den ökologischen Faktoren wird der Boden ausführlich behandelt, Klima und Bodenwasserhaushalt finden dagegen im folgenden 3. Abschnitt: Klima und Wasserhaushalt, eine zusammenhängende Darlegung. Als wichtigste Ergebnisse sind hier zu nennen:

Die mittleren jährlichen Niederschlagsmengen schwanken regional zwischen < 400 und > 1200 mm, davon fallen 98 % bis knapp 90 % in den Monaten November - Mai. Die mittleren jährlichen Niederschlagsminima liegen übereinstimmend für alle Teilgebiete des Untersuchungsgebietes bei 75 %, die absoluten Niederschlagsminima bei gut 50 % der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge.

Die nach der Methode von Thornthwaite berechnete mittlere jährliche potentielle Evapotranspiration (pET) schwankt regional, abgesehen von der flächenmäßig unbedeutenden Hanang-Gipfelregion, zwischen 1200 und 700 mm. Folgende Relationen gelten zwischen Höhe ü. NN und pET: 1900 m - 800 mm, 1500 m - 900 mm, 1200 m - 1000 mm (in Kessellagen: 1700 m - 900 mm, 1500 m - 1000 mm, 1200 m - 1100 mm).

Die aus dem Verhältnis der jeweils mittleren Monatswerte von Niederschlag (N) zu Verdunstung (pET) errechnete "Humiditätsdauer" (Monate mit $N \geq \text{pET}$, $\geq 2/3 \text{ pET}$ oder $\geq 1/2 \text{ pET}$) gibt lediglich ein relatives Maß für die Länge der Vegetationsperiode. Die beste Abstufung erhält man, wenn von der pET nur der Zweidrittel- oder halbe Wert eingesetzt wird; die sich hieraus errechnende Humiditätsdauer gleicht annähernd der, die sich nach der Formel von De Martonne/Lauer (Lauer 1952) errechnet. Da sich die auf diesen Wegen bestimmte Humiditätsdauer parallel mit den mittleren Jahreswerten der Niederschlagshöhe, dessen negativer Variabilitätsamplitude und der pET wandelt, so liegt in ihrer Berechnung kein größerer Aussagewert für die Vegetationsgliederung, als ihn jene Klimaelemente aufweisen.

Genauere Aussagen über die Längen der Vegetationsperiode und damit über die Ausbreitungsgrenzen der klimatisch bedingten Pflanzengemeinschaften lassen sich gewinnen, wenn der Bodenwasserhaushalt in die Berechnung ein-

bezogen wird. Fußend auf den im 4. Abschnitt, E. Bodenwasserhaushalt und Pflanzenwachstum, ausgeführten Überlegungen wurden die Monate, deren mittlere Niederschläge gleich oder größer als zwei Drittel ihrer potentiellen Evapotranspiration bzw. deren mittlere Bodenwasserführung mindestens ein Drittel der Feldkapazität übersteigt, addiert. Die diese Bedingungen erfüllenden Monate und die sich aus ihrer Addition ergebende Zahl von Monaten entsprechen dem Zeitraum und der Länge der Vegetationsperiode.

Die natürliche Vegetation wandelt sich in folgender Weise in Abhängigkeit von der Länge der Vegetationsperiode (Monate): 4 - 7 = Steppe, 8 - 11 = Savanne, 10 - 11 = Grashochland mit immergrünen Hartlaubstraucharten, 12 = Immergrüner Montaner Regenwald.

Die "ideale Pflanzzeit" für die meisten der Kulturpflanzen liegt in tieferen Lagen 6, in höheren Lagen 7 Monate vor Ende der Vegetationsperiode.

Der "Ariditätsindex" $\frac{N_{(mm)} + 150}{PET_{(mm)}} = 1$ markiert die Grenze zwischen

Gebieten mit niederschlagsabhängigem (episodischem) Abfluß und solchen mit grundwassergespeistem (periodischem oder perennierendem) Abfluß. Diese Scheidelinie ist zugleich weitgehend identisch mit der Grenze des Regenfeldbaus und trennt daher die dicht besiedelten Anbauregionen von den vorwiegend durch nomadische oder halbnomadische Viehzucht genutzten dünn besiedelten Bereichen. Sie stimmt außerdem gut überein mit der Grenze zwischen den naturräumlichen Einheiten II (Die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsgebiete im submontanen Bereich; vgl. Fig. 18) und III (Die Rumpfflächen und vulkanischen Akkumulationsplateaus; vgl. Fig. 19).

In 8 Karten wurde die räumliche Gliederung der wichtigsten Geoelemente und der naturräumlichen Einheiten dargestellt. Für die thematischen Karten wurde eine eigene Grundkarte anhand von Photomosaiken und von nach Luftbildern gezeichneten entzerrten "Compilations", in einigen Teilgebieten nur nach Luftbildern, entworfen.

Summary

The Mbulu District is situated in the middle of Northern Tanzania. Its area is some 6700 sqm.

Numerous fault-scarps with widely varying degrees of displacement (maximum some 3300 ft. - Rift Wall), mostly extending SW-NE (in the north-eastern part of the area in question: SSW-NNE), dissected the ancient erosion surface. Uplifting and tilting, later erosion of the fault blocks have combined to produce a highly accidented topography in part with great differences in altitude (3150 - 7900 ft. above sea-level). The drainage is endoreic.

The fault blocks are usually tilted backwards. By this a sequence of parallel extending ranges and basins is produced: The lowest regions, often marked by lakes, salt pans, swamps or mbugas, lie at the foot of the escarpments (mostly fault angle depressions, less often troughs), the highest elevations just above the throws.

This geomorphological pattern, the "basin-range" structure, dominates the distribution of most of the other landscape features. The steep-sided escarpments more or less deeply eroded by short ephemeral rivers and "gullies", are characterized by shallow lithosolic soils or rock debris, rarely fresh rock. Corresponding to the water deficiency in the soil the plant cover consists of xerophytic dense scrub (Dichter Busch auf steinigem Hängen).

The characteristic topography of the fault blocks is mostly that of gently undulating plains from which isolated hills and minor mountain ranges rise occasionally. The water courses following the backward tilting are comparatively longer and have less deeply eroded beds. The soils have achieved a greater depth and have a less coarse ranging to fine texture; they vary as do the flora, hydrology and configuration according to the amount of rainfall. Irrespective of this, two natural regions have to be distinguished: The higher part joining the upper margin of the escarpment with mainly degradation (high side) and the lower part near the next following fault

scarp with deposition (low side). The first predominates in the wetter, the latter in the drier zones of Mbulu District.

The following features are typically combined on the high sides (a) and the low sides (b); exceptions in areas formed out of volcanic matter noted in brackets.

1. High rainfall: (a) montane evergreen forest, V-shaped valleys, perennial water courses, humusolic Red Latosol (humusolic soil on neo-volcanic parent material) - (b) deciduous to evergreen ground-water to riverine forests, permanent swamps, lakes.
2. Medium rainfall: (a) upland bush-/grassland or deciduous wooded grassland (tall grass savanna) or woodland, mostly wide open valleys (saucer shaped valleys) or "Kehltäler" ("groove shaped valleys"), seasonal streams, Red Latosol (redbrown soil on neo-volcanic parent material) - (b) mbuga grassland or Acacia woodland on seasonal water-logged or flooded valleys, Vertisol.
3. Low rainfall: (a) thorn steppe/scrub, extremely shallow valleys with sides flaring out, ephemeral run-off, Plains Soil (brown calcareous soil on tuff) - (b) mbuga grassland or Acacia woodland on seasonal water-logged or flooded valleys, Vertisol, or grassland on alkaline soil, salt pans.

The amount of rainfall depends on the altitude and exposure. Amounts of more than 35" per year are restricted to areas higher than 6000 ft. above sea-level (on leeward side above 7000 ft.). They are sufficient for growth of montane evergreen forest and the combined characteristics included under 1 (a). Such conditions are realized in the upper parts of the Iraqw Highlands, the higher slopes of the extinct volcanic mountains Hanang and Kwarakh and the Northern Crater Highlands. The typical features mentioned under 1 (b) are to be found as well in drier regions where inflowing streams compensate for the deficiency of rainfall.

The combination of characteristic landscape features given under 2(a) requires an annual rainfall of at least 24". On the exposed side this amount of precipitation is only reached at 4600 ft. above sea-level and on the leeward side at about 6000 ft. . The tall grass savannas and the upland bush-/grass-land as well as the other features typically combined with them are therefore rarely to be found outside the montaneous areas (except "Große Grabenbrüche des Tindigalandes") and the medium slopes of the volcanic mountains, fringing the montane evergreen forests.

The third combination of characteristic landscape features is typical for the peneplains and "Große Grabenbrüche des Tindigalandes". In these areas the annual amount of rainfall is generally less than 24" owing to low altitude or because they lie on the extreme leeward side.

The fourth section of this investigation (4. Abschnitt: Naturräumliche Gliederung) gives a more detailed description of the three landscape units of the high sides (1(a), 2(a), 3(a): climatically affected natural regions - klimatisch bedingte naturräumliche Gefüge) and the low sides (1(b), 2(b), 3(b): alluvial plains - Alluvialebenen) as well as the steep hillsides (edaphically affected dry natural regions - edaphisch trockene Standorte). It is demonstrated (cp. fig. 16-21), that these natural regions are distinct ecological systems.

The morphological regions, their expansion, their geology and their land-forms are described in the first section (1. Abschnitt: Oberflächengestalt), arranged under mountain areas (Bergländer), volcanoes (Vulkanische Akkumulationsgebiete), peneplains (Rumpfflächen) and alluvial plains (Alluvialebenen).

The second section (2. Abschnitt: Vegetation und Böden) consists basically of a description of the vegetation units. The vegetation has been classified into communities, numbered 1-25, based on the plant species. Sub-divisions of the vegetation types (Pflanzenformationen), based on ecological-physiological considerations, are shown under roman numerals I - XIV. Notes concerning physiognomy, ecology, extent, agriculture and the composition of the flora (all species mentioned are listed alphabetically in table 4) are

given in the description of the vegetational units. Among the ecological factors the soil is dealt with in detail, whereas climate and water balance are explained in the third section (3. Abschnitt: Klima und Wasserhaushalt). Among the observations and conclusions are the following:

The regional differences of mean annual precipitation are between 16" and 47", 98% and 90 % of which respectively fall during the months November to May. In all parts of the Mbulu District the mean minimal rainfall is 75 % and the extreme minimal 50 % of the average.

The mean annual amounts of potential evapotranspiration (pET; calculated by method of Thornthwaite) differ regionally between 47" and 27", apart from the highest region of Hanang representing an unimportant area. The relationship between altitude above sea-level (in feet) and pET (in inches) is as follows: 6200 - 31,5, 4900 - 35,5, 3900 - 39 (in basins: 5600 - 35,5, 4900 - 39, 3900 - 43,5).

A/calculation of the humidity by adding of months with $N = pET$, $N = 2/3 pET$ or $N = 1/2 pET$ (N and pET = mean monthly amounts of rainfall and potential evapotranspiration respectively) is only able to provide a relative index for the regionally differing period of plant growth. The best graduation is to be obtained by calculating only on a basis of two thirds or on half of the pET datas. The duration of humidity calculated in this way approximates to a calculation by the De Martonne/Lauer system (Lauer 1952). As the duration of humidity calculated by above-mentioned methods varies in direct relation to the mean annual amount of rainfall, the margin of rainfall on the negative side and the pET, the value of its calculation is not greater for the explanation of vegetation boundaries than that of these three climatic factors.

More detailed statements about the period of plant growth and thus about the boundaries of the climatically affected plant communities can be established when the soil moisture is taken into consideration. Based on the reflections contained in section 4, V. Soil moisture and plant growth (Bodenwasserhaushalt und Pflanzenwachstum), those months were added the mean rainfall of which equals or exceeds two thirds of their potential

evapotranspiration respectively the mean soil moisture of which exceeds one third of the water capacity. The months complying with these conditions and the number of months attained by their addition correspond to the season and length of the period of plant growth.

The vegetation types change, depending on the length of the period of plant growth, as follows: 4 - 7 months = wooded steppes, 8 - 11 months = tall grass savannas, 10 - 11 months = upland bush-/grassland, 12 months = montane evergreen forest.

The best planting time for most crops is 6 or 7 months (in lower or higher regions respectively) before the end of the period of plant growth.

The index of aridity

$$\frac{N + 150}{N_{(mm)}} = 1$$

marks the limit between the areas with a run-off dependent on rainfall (episodical) and those with a run-off fed by groundwater (periodical or perennial). This limit is at the same time almost identical with the boundary of rainfall cultivation and thus separates the densely-populated cultivation regions from those sparsely inhabited predominantly by nomadic or half-nomadic cattle-breeders. Moreover this limit corresponds well with that one between the landscape units II (Die zu Bergländern umgestalteten Rumpfflächen und die vulkanischen Akkumulationsgebiete im submontanen Bereich; cp. fig. 18) and III (Die Rumpfflächen und vulkanischen Akkumulationsplateaus; cp. fig. 19).

The distribution of the more important geo-elements and of the natural regions are illustrated by 8 maps. The topographical basis for these thematical maps was constructed from photo-mosaics and rectified "compilations" mapped from air photographs; in some areas air photographs only were at my disposal.

Literatur-Verzeichnis

I. Bücher und Aufsätze

ANDERSON, B. (1963a)

Agricultural Chemist's Report on the Soils of Upper Kitete Mbulu. Tengeru (Tanzania) 1963. (Northern Research Centre, unveröff.)

ANDERSON, B. (1963b)

Agricultural Chemist's Report on the Soils of Mangola Irrigation Scheme. Tengeru (Tanzania) 1963. (Northern Research Centre, unveröff.)

AUBERT, G. (1963)

Soil with Ferruginous or Ferrallitic Crusts of Tropical Regions. ✓
New Brunswick 1963. (Soil Sci. 95, S. 235 - 242)

BALDOCK, W. F. (1925)

Nou Forest. Arusha 1925. (Forest Dept., unveröff.)

BAUMANN, O. (1894)

Durch Massailand zur Nilquelle. Berlin 1894, 385 S.

BECKMANN, W. (1965)

Untersuchungen zum Landschaftshaushalt in Auen der Hauensteiner Murg. Hamburg 1965. (Hamburger geogr. St. H. 19.)

BELL, G. T. (1951)

Report of the Development of Mbulu District. Dar es Salaam 1951, 13 S.

BENNEMA, J. (1963)

The Red and Yellow Soils of the Tropical and Subtropical Uplands. ✓
New Brunswick 1963. (Soil Sci. 95, S. 250 - 257)

BIRCH, H. F. (1958)

Soil Analyses of Heights Estate (Francke)-Ngorongoro. Kikuyu (Kenya) 1958. (East African Agriculture and Forestry Research Organization, Ref. No. Soil Science 2303, unveröff.)

BIRCH, H. F. und FRIEND, M. T. (1956)

Humus Decomposition in East African Soils. London 1956. ✓
(Nature 178, S. 500 - 501)

BIRCH, H. F. und FRIEND, M. T. (1956)

The Organic-Matter and Nitrogen Status of East African Soils. ✓
Oxford 1956. (J. Soil Sci. 7, S. 156-167)

BORCHERT, G. (1963)

Südost-Angola. Landschaft, Landschaftshaushalt und Entwicklungsmöglichkeiten im Vergleich zum zentralen Hochland von Mittel-Angola. Hamburg 1963. (Hamburger geogr. St. H. 17.)

BURTT, B. D. (1942)

Some East African Vegetation Communities. London 1942 x
(J. Ecol. 30, S. 67 - 146)

BURTT, B. D. (1957)

A Field Key to the Savanna Genera and Species of Trees, Shrubs and Climbing Plants of Tanganyika. 2nd Ed. rev. Dar es Salaam 1957.
(East African Trypanosomiasis Research Organisation)

CALTON, W. E. (1954)

Experimental Pedological Map of Tanganyika. Leopoldville 1954.
(Proc. 2nd Inter-African Soils Conf., Leopoldville, S. 237 - 240) ✓

CALTON, W. E. (1959)

Generalizations on Some Tanganyika Soil Data. Oxford 1959 ~
(J. Soil Sci. 10, S. 169 - 176)

CLAUSEN, G. (1959)

Tsetse Report für Shauri Moyo und Magara. Arusha 1959.
(Ministry of Agriculture, Tsetse Control, Development Division, Arusha, unveröff.)

COBLEY, L. S. (1962)

An Introduction to the Botany of Tropical Crops. London 1962, 357 S.

COCHEME, J. (1960)

Some Streamlines and Contours over the Equator. Nairobi 1960.
(Tropical Meteorology in Africa, Proc. Symposium W.M.O. and Munitalp Foundation 1959, S. 181 - 211)

DALE, J. R. und GREENWAY, P. J. (1961)

Kenya Trees and Shrubs. Nairobi 1961, 654 S.

DUDAL, R. (1963)

Dark Clay Soils of Tropical and Subtropical Regions. New Brunswick 1963. ✓
(Soil Sci. 95, S. 264 - 270)

EADES, N. W. und REEVE, W. H. (1938)

Explanation on the Geology of Degree Sheet No. 29 (Singida).
Dar es Salaam 1938, 62 S. (Dept. of Lands and Mines, Geol. Division, Bull. No. 11)

EDELMAN, C. H. und VAN DER VOORDE, P. K. J. (1963)

Important Characteristics of Alluvial Soils in the Tropics. ✓
New Brunswick 1963, (Soil Sci. 95, S. 258 - 263)

FINCK, A. (1963)

Tropische Böden. Hamburg und Berlin 1963, 188 S.

GILLMAN, C. (1949)

A Vegetation Types-Map of Tanganyika Territory. New York 1949.

(Geogr. Rw 39, S. 7 - 37)

GREENWAY, P. J. (1955)

Ecological Observations on an Extinct East African Volcanic Mountain.

London 1955. (J. Ecol. 43, S. 544 - 563)

HARRIS, J. H. (1951)

Lake Manyara. Dar es Salaam 1951. (Tanganyika Notes and Records 30, S. 6 - 14)

HEERING, H. R. (1930)

Report on the Edge of the Mbulu Escarpment between the Marang Forest and Nou Forest Reserve. Arusha 1930.

(Forest Department Arusha, unveröff.)

HEERING, H. R. (1930)

Report on the Marang Forest Reserve. Arusha 1930.

(Forest Department Arusha, unveröff.)

HILL, J. F. R. und MOFFET, J. P. (1955)

Tanganyika - A Review of its Resources and their Development.

Dar es Salaam 1955, 924 S.

IGNATIEFF, V. und PETEZVAL LEMOS (1963)

Some Management Aspects of More Important Tropical Soils.

New Brunswick 1963. (Soil Sci. 95, S. 243 - 249)

JACKSON, C. H. N. (1933)

On Advance of Tsetse Fly in Central Tanganyika. London 1933.

(Trans. Royal Ent. Soc. London Vol. 81, S. 205 - 221)

JACKSON, C. H. N. (1942)

The Mangati. Dar es Salaam 1942. (Tanganyika Notes and Records 13, S. 6 - 13)

JAEGER, F. (1911)

Das Hochland der Riesenkrater und die umliegenden Hochländer Deutsch-Ostafrikas. Teil I: Aufgaben und Verlauf - Die Karte - Ergebnisse der Sammlungen - Ethnographisches.

Berlin 1911, 133 S. (Mitt. Dt. Schutzgebiete, Erg. H. Nr. 4)

JAEGER, F. (1911)

Meteorologische Beobachtungen der Expedition von Fritz Jaeger und Ed. Oehler ins abflußlose Gebiet von Deutsch-Ostafrika 1906/07.

Berlin 1911, 56 S. (hektographiert)

JAEGER, F. (1913)

Das Hochland der Riesenkrater und die umliegenden Hochländer Deutsch-Ostafrikas. Teil II: Länderkundliche Beschreibung. Berlin 1913, 213 S.
(Mitt. Dt. Schutzgebiete, Erg. H. 8)

KELLER, R. (1961)

Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. Berlin 1961, 520 S.

KELLOGG, C. E. (1950)

Tropical Soils. Amsterdam 1950. (Transact. 4th Internat. Congr. Soil Sci. 1, S. 266 - 276) ✓

KENT, P. E. (1942)

A Note on Pleistocene Deposits near Lake Manyara, Tanganyika.
Hertford, Herts 1942 (Geol. Mag. 79, S. 72 - 77)

KOHL-LARSEN, L. (1958)

Wildbeuter in Ostafrika - Die Tindiga. Berlin 1958, 165 S.

KRENKEL, E. (1957)

Geologie und Bodenschätze Afrikas. 2. Aufl. Berlin 1957, 597 S.

KUBIENA, W. L. (1943)

Gefügeuntersuchungen an tropischen und subtropischen Rotlehmen.
Berlin 1943. (Beitr. Kolonialf. 3, S. 48 - 58)

KUBIENA, W. L. (1956)

Rubefizierung und Laterisierung. Paris 1956.
(Extrait des Rapports présentés au Congrès. VI^e Congrès International de la Science du Sol., S. 247 - 249)

KUBIENA, W. L. (1962)

Die taxonomische Bedeutung der Art und Ausbildung von Eisenoxydratminerale in Tropenböden. Weinheim 1962.
(Z. Pflanzenernährung Düngung Bodenkunde 98 (143), S. 205 - 213)

LAATSCH, W. (1940)

Der Wasserhaushalt der mitteldeutschen Schwarzerde. Weinheim 1940.
(Bodenkunde und Pflanzenernährung 21/22, S. 95 - 111)

LAMP^eRAY, H. F. (1963)

The Tarangire Game Reserve. Dar es Salaam 1963.
(Tanganyika Notes and Records 60, S. 10 - 22)

LAUER, W. (1952)

Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln. Bonn 1952.
(Bonner geogr. Abh. 9, S. 15 - 98)

- LIND, E. M. und TALLANTIRE, A. C. (1962)
Some Common Flowering Plants of Uganda. London 1962, 275 S.
- LOUIS, H. (1960)
Allgemeine Geomorphologie. Berlin 1960. (Bd. I aus Obst, E.,
Lehrbuch der Allgemeinen Geographie)
- LOUIS, H. (1964)
Über Rumpfflächen und Talbildung in den wechselfeuchten Tropen besonders nach Studien in Tanganyika. Göttingen 1964.
(Z. Geomorph. N.F. 8, Sonderheft, S. 43 - 70)
- MALCOLM, D. W. (1953)
Sukumaland, an African People and their Country. London 1953, 224 S.
- MANSHARD, W. (1960/61)
Ein Vorschlag zur Gliederung und Benennung von Vegetationsformen in Afrika südlich der Sahara. Wiesbaden 1960/61.
(Geogr. Taschenb. 1960/61, S. 454 - 463)
- MILNE, G. (1936)
A Provisional Soil Map of East Africa (Kenya, Uganda, Tanganyika and ✓
Zansibar) with Explanatory Memoir. Amani (Tanzania) 1936, 34 S.
(Amani Memoirs)
- MILNE, G. (1947)
A Soil Reconnaissance Journey through Parts of Tanganyika Territory ✓
December 1935 to February 1936. Cambridge 1947.
(J. Ecol. 35, S. 192 - 265)
- MOFFET, J. P. (1958)
Handbook of Tanganyika. 2nd Ed. Dar es Salaam 1958, 703 S.
- MOHR, E. C. J. und VAN BAREN, F. A. (1954) ✓
Tropical Soils. Den Haag 1954, 498 S.
- MOHRMANN, J. C. J. und KESSLER, J. (1959)
Waterdeficiencies in European Agriculture. Wageningen 1959.
(Intern. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Publs 5)
- MORISON, C. G. T., HOYLE, A. C., HOPE-SIMPSON, J. F. (1948)
Tropical Soil-Vegetation Catenas and Mosaics. Cambridge 1948.
(J. Ecol. 36, S. 1 - 84)
- MUIR, A., ANDERSON, B., STEPHEN, J. (1957) ✓
Characteristics of some Tanganyika Soils. Oxford 1957 ✓
(J. Soil Sci. 8, S. 1 - 18)
- NEEF, E. (1963)
Topologische und chorologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung.
Gotha 1963. (Peterm. geogr. Mitt. 107, S. 249 - 259)

OBST, E. (1915)

Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen Deutsch-Ostafrika.
Teil I: Aufgaben, Reise, topographische Arbeiten, Sammlungen.
Hamburg 1915, 268 S. (Mitt. geogr. Ges. Hamburg. Bd. 29)

OBST, E. (1923)

Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen Deutsch-Ostafrika.
Teil II: Grundzüge einer geographischen Landeskunde.
Hamburg 1923, 330 S. (Mitt. geogr. Ges. Hamburg. Bd. 35)

OLLIER, C. D. (1959)

A Two-Cycle Theory of Tropical Pedology. Oxford 1959. ✓
(J. Soil Sci. 10, S. 137 - 148)

ORR, D. und GRANTHAM, D. R. (1931)

Some Salt Lakes of the Northern Rift Zone. Dar es Salaam 1931, 23 S.
(Tanganyika Territory Geol. Survey Dept., Short Paper No. 8)

PARRY, M. S. und WILLAN, R. L. (1957)

Exotic Forest Trees in the British Commonwealth - Tanganyika.
Dar es Salaam 1957, 29 S. (Statement Prepared for the 7th British
Commonw. Forestry Conf.)

PEARSALL, W. H. (o.J., 1957 ?)

Report on an Ecological Survey of the Serengeti National Park Tanganyika.
London 1957, 64 S. (Fauna Preservation Society)

PHILLIPS, J. (1930)

Some Important Vegetation Communities in the Central Province of ✓
Tanganyika Territory (formerly German East Africa).
London 1930. (J. Ecol. 18, S. 193 - 234)

QUENNELL, A. M., MCKINLAY, A. C. M. und AITKEN, W. G. (1956)

Summary of the Geology of Tanganyika. Part I: Introduction and Stratigraphy.
Dar es Salaam 1956, 264 S. (Mem. geol. Surv. Tanganyika 1, Part I)

QUENNELL, A. M. (1960)

Summary of the Geology of Tanganyika. Part II: Geological Map. Dar es
Salaam 1960, 6 S. (Mem. geol. Surv. Tanganyika 1, Part II)

SANSOM, H. W. (1954)

The Climate of East Africa (Based on Thornthwaite's Classification).
Nairobi 1954, 49 S. (East African Met. Dept., Mem. III, No. 2)

SCHEFFER, F., SUNKEL, R. und WELTE, E. (1958)

Über Humuseigenschaften in Böden der wechselfeuchten Tropen.
Berlin, Heidelberg, New York 1958.
(Naturwissenschaften 45, S. 274 - 275)

SCOTT, J. D. (1934)

Ecology of certain Plant Communities of the Central Province, Tanganyika ✓
Territory. London 1934. (J. Ecol. 22, S. 177 - 229)

SCOTT, R. M. (1962 a)

The Soils of East Africa. Nairobi 1962. (In: The Natural Resources of East
Africa. Ed. E. W. Russell, S. 67 - 76) ✓

SCOTT, R. M. (1962 b)
Exchangeable Bases of Mature, Well-Drained Soils in Relation to Rainfall ✓
in East Africa. Oxford 1962. (J. Soil Sci. 13, S. 1 - 9)

STURDY, B. (1936)
Agricultural Notes (Mbulu). Dar es Salaam 1936. (Tanganyika Notes and
Records 1, S. 52 - 56)

THOMPSON, B. W. (1957)
Summary Reflections on Equatorial and Tropical Forecasting.
Nairobi 1957. (East African Met. Dept., Techn. Mem. No. 7, 14 S.)

THORNTON, C. W. (1948)
An Approach toward a Rational Classification of Climate
New York 1948. (Geogr. Rev. 38, S. 55 - 94)

THORNTON, C. W. und MATHER, J. R. (1955)
The Water Balance. Centerton, New Jersey 1955, 104 S.
(Publ. in Climatology. Vol. VIII, No. 1)

THORNTON, C. W. und MATHER, J. R. (1957)
Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and
the Water Balance. Centerton, New Jersey 1957.
(Publ. in Climatology. Vol. X, No. 3, S. 181 - 311)

TRAPNELL, C. G. und CLOTHIER, J. N. (1937)
The Soils, Vegetation, etc. of North Western Rhodesia. Lusaka 1937.

TRAPNELL, C. G., MARTIN, J. D. und ALLAN, W. (1950)
Vegetation-Soil Map of Northern Rhodesia. Lusaka 1950

TROLL, C. und WIEN, K. (1935)
Oldeani-Ngorongoro. Eine neue deutsche Pflanzungskolonie im inneren
Ostafrika. Leipzig 1935. (Wiss. Veröff. Mus. Ldkde Leipzig. N.F. 3,
S. 95 - 116)

TROLL, C. (1936)
Termitensavannen. Studien zur Vegetations- und Landschaftskunde der
Tropen, II. Stuttgart 1936. (Länderkundl. Forschg. Festschrift Norbert
Krebs, S. 275 - 312)

UHLIG, C. und JAEGER, F. (1942)
Die Ostafrikanische Bruchstufe und die angrenzenden Gebiete zwischen den
Seen Magad und Lawa ja Mweri sowie dem Westfluß des Meru. Teil II:
Bodengestalt und Landschaft. Leipzig 1942, 204 S.
(Wiss. Veröff. Dt. Inst. Ldkde. N.F. 10)

VAGELER, P. (1952)
Die agrogeologische Aufnahme jungfräulicher Großräume als Grundlage
der Wirtschaftsplanung. Basel 1952. (Acta tropica 9, S. 52 - 68)

WALTER, H. (1960)

Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Teil: Standortslehre. Stuttgart 1960, 566 S. (Einführung in die Phytologie. Bd. III)

WALTER, H. (1962)

Die Vegetation der Erde in ökologischer Betrachtung. Bd. I: Die tropischen und subtropischen Zonen. Jena 1962, 538 S.

WAMBEKE, A. R. van (1962)

Criteria for Classifying tropical soils by age. Oxford 1962. ✓
(J. Soil Sci. 13, S. 124 - 132)

WATERMEYER, A. M. und ELLIOTT, H. F. I. (1942)

Lake Manyara. Dar es Salaam 1942. (Tanganyika Notes and Records 15, S. 58 - 71)

WERTHER, C. W. (1898)

Die mittleren Hochländer des nördlichen Deutsch-Ost-Afrika. Berlin 1898, 493 S.

WINKLER, H. (1921/22)

Ostafrika. Jena 1921/22. (Vegetationsbilder, 14. Reihe, H. 8, Hrsg. Karsten, G. und Schenck, H.)

Verfasserlose Schriften

FLORA of Tropical East Africa. London, ab 1952.

(Editors: Turrill, W. B. und Milne-Redhead, E.; seit Herbst 1958: Hubbard, C. E. und Milne-Redhead, E.)

The Economic DEVELOPMENT of Tanganyika. Baltimore 1961, 548 S.

(Report of a Mission organized by the Intern. Bank of Reconstruction and Development)

MBULU District Book. Mbulu, nach 1918. (lose Folge von handschriftlichen Eintragungen, unveröff.)

MBULU District. Dar es Salaam 1931, 14 S. (Tanganyika Territory: Land Development Survey. 4th Report)

METHODES de la cartographie de la végétation. Paris 1961, 322 S.

(Colloques internationaux du Centre national de la recherche scientifique. XCVII. Toulouse 16 - 21 mai 1960)

MINJINGU Phosphat Deposit, Tanganyika. Dar es Salaam 1962.

(Ministry of Commerce and Industry, Mines Division. Publicity Summary, hektographiert)

Monthly RAINFALL Records. Nairobi 1932 - 1938, 1948 - 1963.
(East African Met. Dept.)

REPORT on Central African Rail Link Development Survey.
Vol. 1 - 2 New York und London 1952.

REPORTS of: Nou Forest Reserve, Marang F.R., Hassama F.R.,
Kwarakh Mountain F.R., Investigations and Assessment of Hanang F.R.,
Arusha 1963. (Ministry of Lands, Forest and Wildlife, Forest Division
Arusha, unveröff.)

The Natural RESOURCES of East Africa. Nairobi 1962, 144 S.
(Editor: Russell, E.W.)

SOIL Classification. A Comprehensive System. Washington 1960,
265 S. (US Dept. of Agriculture, 7th Approx.)

The WEATHER of East Africa. Nairobi 1958 - 1963.
(East Afr. Met. Dept.)

II. Karten, Atlanten, Photomosaiken und Luftbilder

A. Topographische Karten und Photomosaiken

1. Kartenwerke

EAST AFRICA 1 : 500 000. o.O., 1946/47.
(published by War Office, Ref. No. G.S.G.S. 4355)
Sheet SA 36/6 Ngorongoro. 3rd Ed. 1947
Sheet SA 37/4 Arusha. 3rd Ed. 1946
Sheet SB 36/3 Singida. 2nd Ed. 1946
Sheet SB 37/1 Same. 1st Ed. 1947

AFRICA 1 : 250 000. Singida. Central Province Series Sheet 1.
Dar es Salaam 1947. (Dept. of Lands and Mines, Survey Division)

AFRICA 1 : 125 000. Dar es Salaam (Dept. of Lands and Surveys)
Sheet SB 36/E II Mkalama. 1954
Sheet SB 36/E IV Singida. 1948
Sheet SB 36/F I Dongobesh. 2nd Ed. 1957
Sheet SB 36/F II Babati. 2nd Ed. 1953
Sheet SB 36/F III Balangida Lelu. 2nd Ed. 1957
Sheet SB 36/F IV Kondoa-Irangi. 2nd Ed. 1957

TANGANYIKA 1 : 50 000. Tolworth. Surbiton, Surrey 1962
(Directorate of Overseas Surveys. Kopien von "Compilations",
z. Zt. noch unveröff.)

83	IV	--	85	II	--
84	I	Haidom	85	III	--
84	II	Dongobesh	85	IV	Galappo
84	III	Basodesh (Basotu)	103	I	Balangida Lelu
84	IV	Hanang	103	II	Salimu
85	I	--	103	III	Katesh
104	I	Berabera	103	IV	--
104	III	--			

TANGANYIKA Photomosaics ca. 1 : 50 000. Boreham Wood. Herts 1959/60.
(Hunting Surveys Ltd.)

Sheets: 52 IV, 53 II, 53 III, 53 IV, 68 I. (published by Ministry of Lands,
Surveys and Water, Dar es Salaam 1960)

Sheets: 68 B, 68 C, 68 D, 69 A, 69 B, 69 C, 69 D. (published by William-
son Diamond Ltd. o.O., o.J.)

2. Einzelkarten

Das HOCHLAND der Riesenkrater und die südlich anschließenden Gegenden
bis zum Hanang. 1 : 150 000. Berlin 1911.

(s. Jaeger, F., 1911, Kt. 1)

Das abflußlose RUMPFSCHOLLENLAND zwischen Iramba, Njarasasee,
Umbugwe und Ufiome. 1 : 300 000. Berlin 1911.

(s. Jaeger, F., 1911, Kt. 2)

Das abflußlose RUMPFSCHOLLENLAND im nordöstlichen Deutsch-Ostafrika.
1 : 300 000. Hamburg 1915. (s. Obst, E., 1915, Kt. 1 und 2)

MASAILAND. Provisional Sheet I. 1 : 250 000. Dar es Salaam 1955
(Survey Division)

MBULU District. 1 : 250 000. 2nd Ed. Dar es Salaam 1961.
(Ministry of Lands and Surveys)

TARANGIRE Game Reserve. ca. 1 : 150 000 (irrtümlich mit "1 : 95 000
(Approx.)" angegeben). Dar es Salaam 1963. (Survey Division)

B. Thematische Karten, Atlanten

ATLAS of Tanganyika. 3rd Ed. Dar es Salaam 1956. (Dept. of Lands and
Surveys)

CLIMATOLOGICAL Atlas of Africa. Lagos-Nairobi 1961. (CCTA/CSA)

GEOLOGICAL Map of Lake Eyasi. 1 : 200 000. Grantham, R. L., 1929, Dar-es Salaam 1931. (s. Orr, D. und Grantham, R. L., 1931)

GEOLOGICAL Map of Tanganyika. 1 : 2 Mill. Dar es Salaam 1960. (s. Quennell, A. M., 1960)

GEOLOGICAL Survey of Tanganyika. Dodoma (Geological Survey Division): Degree Sheet No. 29 Singida. 1 : 250 000. Dodoma 1937.

(s. Eades, N.W. und Reeve, W.H., 1938)

Quarter Degree Sheet No. 52 Endulen. 1 : 125 000. Dodoma 1964. (noch ungedruckt)

Quarter Degree Sheets Nos. 69 Mbulu, 84 Hanang und 85 Babati. 1 : 100 000. Dodoma (noch ungedruckt).

GEOLOGISCHE Karte: Das abflußlose Gebiet des nördlichen Deutsch-Ostafrika. 1 : 1 Mill. Berlin 1913. (s. Jaeger, F., 1913, Kt. 5)

GEOLOGY. East Africa. 1 : 4 Mill. Saggerson, E. P., 1962.

Directorate of Overseas Surveys, Tolworth, Surbiton, Surrey 1961. (s. The Natural Resources of East Africa)

MBULU District: Land Development Survey. 1 : 300 000. Dar es Salaam 1930. (s. Mbulu District. Dar es Salaam 1931)

MORPHOLOGISCHE Gliederung: Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen Deutsch-Ostafrika. 1 : 2 Mill. Hamburg 1923 (s. Obst, E., 1923, Kt. III)

SOILS. East Africa. 1 : 4 Mill. Scott, R. M., 1962. Directorate of Overseas Surveys. Tolworth, Surbiton, Surrey 1961.

(s. The Natural Resources of East Africa)

SOILS Map of Africa. Blatt 3: East Africa. 1 : 5 Mill. Lagos 1964

(Inter-African Pedological Service, Joint Soil Project CCTA/CSA No. 11, Editor: D'Hoore, J.)

VEGETATION Map of Africa south of the Tropic of Cancer.

1 : 10 Mill. Oxford 1959. (Explanatory Notes by R. W. J. Keay).

Ass. pour l'Etude Taxonomique de la Flore d'Afrique Tropicale.

C. Luftbilder

Directorate of Overseas Surveys, Tolworth, Surbiton, Surrey, 1957 - 1960.
(Größe: 22,8 x 22,8 cm, Maßstab: ca. 1 : 34 000 bis ca. 1 : 43 500):

Contract 29

TN 1 051 - 090
TN 2 057 - 067, 075 - 086
TN 3 050 - 069

Contract 35

TN 1 073 - 077
TN 2 045 - 056, 065 - 075, 094 - 101, 118 - 128, 133 - 140
TN 3 033 - 043, 054 - 065, 072 - 097
TN 4 057 - 071, 084 - 097
TN 5 044 - 045
TN 6 055 - 064, 089 - 095
TN 7 048 - 056, 060 - 074
TN 8 002 - 026
TN 11 081 - 105
TN 13 053 - 109
TN 14 027 - 042, 044 - 073, 095 - 109
TN 15 052 - 055, 164 - 184
TN 16 018 - 035

Contract 49

TN 9 008 - 065, 082 - 099
TN 10 001 - 022
TN 11 014 - 035, 037 - 051, 092 - 105, 108 - 119, 165 - 175
TN 12 001 - 011, 056 - 080, 125 - 145
TN 13 001 - 028, 044 - 069, 072 - 097, 117 - 142, 148 - 170
TN 15 003 - 023, 053 - 069, 074 - 086, 117 - 126, 144 - 148
TN 17 025 - 032, 038 - 044
TN 18 013 - 027