

## Sonderdruck

aus „FORSTARCHIV“, 64. Jahrgang, Heft Nr. 6, November/Dezember 1993, Seiten 264–274  
Verlag M. & H. Schaper, Kalandstraße 4, 31061 Alfeld (Leine) – Druck: Dobler-Druck GmbH & Co KG, Alfeld (Leine)

Regengrüne *Baikiaea*-Trockenwälder in Ost-Caprivi, Namibia

R. MITLÖHNER

Institut für Waldbau der Universität Göttingen

**Kurzfassung:** Regengrüne *Baikiaea*-Trockenwälder dominieren weite Teile Ost-Caprivis in Namibia. Bei zwei hier untersuchten benachbarten, natürlichen *Baikiaea*-Rein- und -Mischbeständen sind Differenzen der Artenzusammensetzung und Bestandesstruktur auf edaphische Unterschiede zurückzuführen. Während die Reinbestände ausschließlich auf weitreichenden Uferwällen meist fossiler Flußrinnen stocken, sind die Mischbestände grundsätzlich außerhalb dieses Landschaftsteils abundant. Der Vergleich physikalischer und chemischer Bodenparameter erklärt die ackerbauliche Nutzung ausschließlich der entwaldeten Reinbestands-Flächen, weil hier die K-Vorräte viermal höher als im Mischbestand sind.

Dry deciduous *Baikiaea* forests of Eastern Caprivi, Namibia

**Abstract:** Dry deciduous *Baikiaea* forests cover large parts of Eastern Caprivi in Namibia. Natural pure and mixed *Baikiaea* stands in close neighbourhood are analysed. Differences between species composition and structure are due to soil conditions. While pure stands are confined to levees of fossil river-beds mixed stands always occur on other sites. The comparison of physical and chemical soil properties explains the agricultural land use exclusively on the pure stand sites. Here the potassium storage exceeds the mixed stand sites four times.

## Einleitung und Grundlagen

## Problemstellung

Trockengebiete, die nach GANSEN (1968) etwa ein Drittel der Landoberfläche einnehmen, sind bevorzugter Standort regengrüner Trockenwälder und verwandter Vegetationsformen. Entsprechend der Klassifikation nach LAMPRECHT (1986) sind diese durch einen weitgehend unbelaubten Zustand während der niederschlagsarmen bzw. -freien Jahreszeit gekennzeichnet. Häufig ist hier Wasser ein Minimumfaktor, so daß Unterschiede der Artenzusammensetzung, Struktur und auch Dynamik bei differierender Wasserversorgung (Niederschlagsmenge und -verteilung, Bodenwassersituation u. a.) erkennbar und mitunter meßbar werden (MITLÖHNER 1990).

Den höchsten Trockenwaldanteil hat der afrikanische Kontinent mit ca. 64 % (LANLY 1982). Gegenstand dieser Arbeit sind die afrikanischen von *Baikiaea plurijuga* Harms (Caesal-

pinioide) dominierten Wälder und Waldformen innerhalb der Sambesischen Florenregion, dem „Zambezi region centre of endemism“ (nach WHITE 1983) (Abb. 1). Mit einer Nordsüd-Ausdehnung von etwa 3°S bis 26°S, die in West-Ost-Richtung vom Atlantischen Ozean fast bis zum Indischen Ozean reicht, ist die Sambesische Florenregion mit ca. 3 770 000 km<sup>2</sup> die größte Afrikas. Sie umfaßt das gesamte Sambia, Malawi und Simbabwe, große Teile Angolas, Tansanias und Mosambiks, kleine Anteile Zaires, Namibias, Botswanas sowie den nördlichen Teil der Südafrikanischen Republik (Transvaal).

Innerhalb der Sambesischen Florenregion wird die nördliche Verbreitung der regengrünen *Baikiaea*-Trockenwälder durch die von *Cryptosepalum pseudotaxus* Bak. f. (Caesalpinioide) geprägten Regengrünen Feuchtwälder entlang 13°S bei 1080 mm mittleren Jahresniederschlägen (Nj) begrenzt. Der südliche Verbreitungsrand bei ca. 20°S folgt etwa der 500 mm-Isohyete im nördlichen Botswana und benachbarten südwestlichen Simbabwe als Niederschlagsgrenze. Die Westausdehnung in Angola und Namibia sowie die Ostgrenze in Sambia und Simbabwe laufen parallel mit den letzten Ausläufern der Kalaharisande. Folglich scheint dieses homogene, überwiegend äolisch abgelagerte Bodenausgangssubstrat für die Existenz der *Baikiaea*-Wälder sehr bedeutend zu sein und belegt eine feste edaphische Bindung dieser Wälder (HUCKABAY 1986). Unter sehr verschiedenen Niederschlagsverhältnissen (ca. 500–1080 mm Nj) und auffallend homogenem Bodenausgangsmaterial könnte der Ansatz zum Verständnis der kleinräumig variierenden, leicht unterscheidbaren *Baikiaea*-Waldtypen in einer gezielten Untersuchung der orographischen und edaphischen Standortverhältnisse liegen.

Beim Vergleich der umfangreichen Bestandesinventuren VON BREITENBACHS (1968) und GELDENHUYS' (1977) im namibischen Ost-Caprivi-Zipfel mit den Beobachtungen von MARTIN (1940) in Sambia und Simbabwe, dem Vegetationskartennetzwerk von WILD und FERNANDES (1967) sowie den Vegetationsbeschreibungen von WHITE (1983) für die gesamte Sambesische Florenregion lassen sich *Baikiaea*-Wälder in zwei weitverbreitete Haupttypen unterteilen:

a) *Baikiaea*-Reinbestände mit mindestens ca. 75 % Dominanzanteil der Oberschichtbaumart *Baikiaea plurijuga*

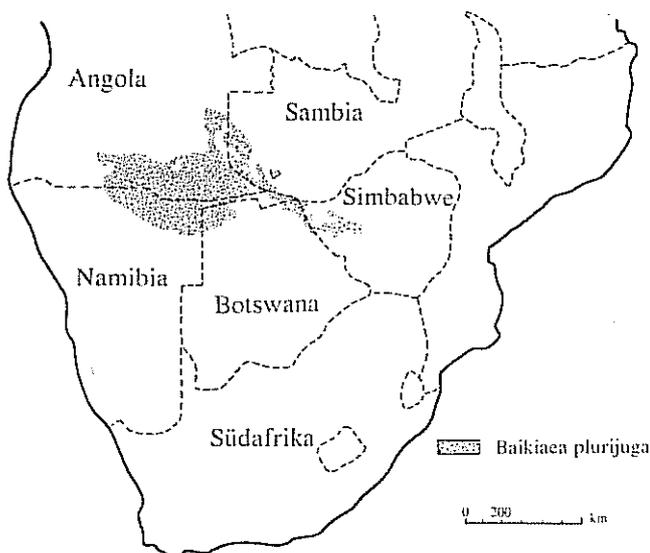


Abb. 1: Verbreitungsgebiet von *Baikiaea plurijuga*.  
Distribution of *Baikiaea plurijuga*.

unter Beteiligung von *Pterocarpus lucens* subsp. *autunesii* und *Combretum collinum*,

b) *Baikiaea*-Mischbestände, bei denen sich die ca. 75 % Dominanzanteil auf die Oberschichtbaumarten *Burkea africana*, *Pterocarpus angolensis*, *Erythrophloeum africanum* und *Baikiaea plurijuga* verteilen.

In der Literatur wird betont, daß bei ähnlicher Waldphysiognomie diese o. a. mitherrschenden, aber auch einige andere Baumarten der *Baikiaea*-Mischbestände in den Reinbeständen ausnahmslos fehlen. Andersherum sind Begleitbaumarten mit relativ hohem Dominanzanteil ausschließlich auf die *Baikiaea*-Reinbestände beschränkt (z. B. *Pterocarpus lucens* subsp. *autunesii*).

Weitverbreitet ist die Ansicht, daß menschlicher Einfluß auf diese Wälder, z. B. die unkontrollierte Feueranwendung der lokalen Bevölkerung, zu einer Degradation der *Baikiaea*-Reinbestände in Richtung *Baikiaea*-Mischbestände geführt hat (MBUGHI 1986) und weiterhin führt. VON BREITENBACH (1968) macht Feuer und anschließend einsetzenden Bodenabtrag – d. h. eine Bodenveränderung – für diese Entwicklung verantwortlich, vermutet aber nach langer Aussetzung von Störungen wieder eine progressive Sukzession in Richtung *Baikiaea*-Reinbestand, den er als Klimawald versteht.

In dieser Untersuchung werden jeweils ein *Baikiaea*-Rein- und ein -Mischbestand im nambischen Ost-Caprivi-Zipfel (OCZ) nach floristischen, bestandesstrukturellen und standörtlichen Merkmalen bearbeitet, wobei die Fragestellung lautet:

1. Wieweit unterscheiden sich die beiden in der Literatur differenzierten Waldtypen in floristischer, bestandesstruktureller und edaphischer Hinsicht?
2. Welche Gründe führen möglicherweise zur Existenz dieser verschiedenen Waldtypen?
3. Warum ist die Landnutzung auf den Standorten dieser Waldtypen so unterschiedlich?

Die Entfernung zwischen diesen Beständen beträgt nur ca. 2 km, so daß makroklimatische Unterschiede weitgehend ausgeklammert werden können. Entsprechend sind Unterschiede der Vegetation im Beziehungsdreieck Klima-Boden-Vegetation (WALTER 1973) wahrscheinlich überwiegend auf die Bodenverhältnisse zurückzuführen.

Der OCZ verbindet Namibia mit dem Sambesi und ragt in das *Baikiaea*-Verbreitungsgebiet hinein. Mit ca. 700 mm Nj und tiefen Kalaharisanden repräsentieren die Standorte dortiger Wälder weitgehend den mittleren Bereich des Standort-spektrums der Art.

TABELLE 1

Klimadaten von Katima Mulilo, Ost-Caprivi  
Climate of Katima Mulilo, Eastern Caprivi

		Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
<b>Temperatur</b>														
Mitteltemperatur	(° C)	25,5	24,6	23,8	21,9	18,5	16,9	15,1	18,2	23,5	25,6	25,0	24,3	21,9
Durch. Max.	(° C)	31,4	30,2	28,9	28,6	26,7	24,6	25,1	28,8	32,5	32,8	30,8	29,8	29,2
Durch. Min.	(° C)	19,6	19,0	18,7	15,2	10,3	9,3	5,1	7,6	14,5	18,4	19,2	18,8	14,6
<b>Evaporation</b>														
Rel. Luftf.	(%) *	47	39	72	66	64	89	89	81	68	65	79	79	76
<b>Niederschlag</b>														
Mittel	(mm)	177	161	98	23	4	1	0	0	2	20	75	146	707

Beobachtungsperioden (OPPERMAN et al. 1983): Niederschlag 1933–75; übrige Angaben 1976–79;

\* Relative Luftfeuchtigkeit, gemessen um 8.00 Uhr

## Klima

Der OCZ verfügt über eine Fläche von 11 877 km<sup>2</sup> und liegt zwischen 17° 28' S und 18° 30' S sowie 23° 18' O und 25° 22' O. Das Klima dieses Gebietes wird von VON BREITENBACH (1968), OPPERMAN et al. (1983) sowie GELDENHUYS (1977) beschrieben. Klimatische Angaben jenseits des namibischen Verwaltungszentrums Katima Mulilo auf dem anderen Sambesiufer, dem sambischen Sesheke, finden sich bei HUCKABAY (1986).

Das semiaride Klima des OCZ mit scharfer Trennung in Regen- und Trockenzeit läßt sich in die Reihe der wechselfeuchten Tropenklimate einordnen. Bei durchschnittlich 5,5 humiden und 6,5 ariden Monaten ist die Vegetation zeitweise Wassermangel ausgesetzt, was in fortgeschrittenem Stadium der Trockenzeit zum Laubfall aller Arten führt.

Der mittlere Jahresniederschlag (Nj) von Katima Mulilo – ca. 12 bzw. 14 km von den Untersuchungsflächen entfernt – liegt bei 707 mm (OPPERMAN et al. 1983). Minimumwerte mit 380 mm/a (1932/33, 1937/38) und Maximumwerte mit 1015 mm/a (1938/39, 1939/40) werden von VON BREITENBACH (1968) angegeben. Ebenso wie die Niederschlagsverteilung in verschiedenen Jahren sehr variiert, können Niederschläge innerhalb einer Regenzeit sehr unterschiedlich ausfallen. Der Autor erwähnt in diesem Zusammenhang starke Stürme mit zehntägigem Dauerregen besonders zwischen Dezember und Ende März.

Die Jahresmitteltemperatur (Tj) für Katima Mulilo beträgt 21,9 °C (Beobachtungsperiode 1976–79; OPPERMAN et al. 1983). Die höchste gemessene Temperatur dieses Ortes gibt GELDENHUYS (1977) mit 49,9 °C an. Nach demselben Autor tritt in durchschnittlich einer Nacht pro Jahr Frost auf. Insgesamt decken sich diese Klimaangaben (Tabelle 1) weitgehend mit den von WHITE (1983) zusammengefaßten WALTERSchen Klimadiagrammen einiger ausgewählter Meßstationen in der Sambesischen Florenregion.

## Boden

Der OCZ liegt im oberen Sambesibecken in der nördlichen Kalahari, die sich von Südafrika, Westsambia, dem östlichen Namibia und Botswana bis zum mittleren Oranje erstreckt.

Nach NEEF (1978) ist dieses Gebiet durch eine kreidezeitliche bis quartäre Decke – hauptsächlich sandige Sedimente – und ein flaches Aufschüttungsrelief gekennzeichnet. Örtlich durchragt das Unterbaurelief die jüngere Aufschüttung. Als Folge ergibt sich innerhalb der Kalahari eine Gliederung in einzelne Becken, u. a. in das obere Sambesibecken. Hier

unter Beteiligung von *Pterocarpus lucens* subsp. *autunesii* und *Combretum collinum*,

b) *Baikiaea*-Mischbestände, bei denen sich die ca. 75 % Dominanzanteil auf die Oberschichtbaumarten *Burkea africana*, *Pterocarpus angolensis*, *Erythrophloeum africanum* und *Baikiaea plurijuga* verteilen.

In der Literatur wird betont, daß bei ähnlicher Waldphysiognomie diese o. a. mitherrschenden, aber auch einige andere Baumarten der *Baikiaea*-Mischbestände in den Reinbeständen ausnahmslos fehlen. Andersherum sind Begleitbaumarten mit relativ hohem Dominanzanteil ausschließlich auf die *Baikiaea*-Reinbestände beschränkt (z. B. *Pterocarpus lucens* subsp. *autunesii*).

Weitverbreitet ist die Ansicht, daß menschlicher Einfluß auf diese Wälder, z. B. die unkontrollierte Feueranwendung der lokalen Bevölkerung, zu einer Degradation der *Baikiaea*-Reinbestände in Richtung *Baikiaea*-Mischbestände geführt hat (MBUGHI 1986) und weiterhin führt. VON BREITENBACH (1968) macht Feuer und anschließend einsetzenden Bodenabtrag – d. h. eine Bodenveränderung – für diese Entwicklung verantwortlich, vermutet aber nach langer Aussetzung von Störungen wieder eine progressive Sukzession in Richtung *Baikiaea*-Reinbestand, den er als Klimawald versteht.

In dieser Untersuchung werden jeweils ein *Baikiaea*-Rein- und ein -Mischbestand im nambischen Ost-Caprivi-Zipfel (OCZ) nach floristischen, bestandesstrukturellen und standörtlichen Merkmalen bearbeitet, wobei die Fragestellung lautet:

1. Wieweit unterscheiden sich die beiden in der Literatur differenzierten Waldtypen in floristischer, bestandesstruktureller und edaphischer Hinsicht?
2. Welche Gründe führen möglicherweise zur Existenz dieser verschiedenen Waldtypen?
3. Warum ist die Landnutzung auf den Standorten dieser Waldtypen so unterschiedlich?

Die Entfernung zwischen diesen Beständen beträgt nur ca. 2 km, so daß makroklimatische Unterschiede weitgehend ausgeklammert werden können. Entsprechend sind Unterschiede der Vegetation im Beziehungsdreieck Klima-Boden-Vegetation (WALTER 1973) wahrscheinlich überwiegend auf die Bodenverhältnisse zurückzuführen.

Der OCZ verbindet Namibia mit dem Sambesi und ragt in das *Baikiaea*-Verbreitungsgebiet hinein. Mit ca. 700 mm Nj und tiefen Kalaharisanden repräsentieren die Standorte dortiger Wälder weitgehend den mittleren Bereich des Standort-spektrums der Art.

TABELLE 1

Klimadaten von Katima Mulilo, Ost-Caprivi  
Climate of Katima Mulilo, Eastern Caprivi

		Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
<b>Temperatur</b>														
Mitteltemperatur	(° C)	25,5	24,6	23,8	21,9	18,5	16,9	15,1	18,2	23,5	25,6	25,0	24,3	21,9
Durch. Max.	(° C)	31,4	30,2	28,9	28,6	26,7	24,6	25,1	28,8	32,5	32,8	30,8	29,8	29,2
Durch. Min.	(° C)	19,6	19,0	18,7	15,2	10,3	9,3	5,1	7,6	14,5	18,4	19,2	18,8	14,6
<b>Evaporation</b>														
Rel. Luftf.	(%) *	47	39	72	66	64	89	89	81	68	65	79	79	76
<b>Niederschlag</b>														
Mittel	(mm)	177	161	98	23	4	1	0	0	2	20	75	146	707

Beobachtungsperioden (OPPERMAN et al. 1983): Niederschlag 1933–75; übrige Angaben 1976–79;

\* Relative Luftfeuchtigkeit, gemessen um 8.00 Uhr

## Klima

Der OCZ verfügt über eine Fläche von 11 877 km<sup>2</sup> und liegt zwischen 17° 28' S und 18° 30' S sowie 23° 18' O und 25° 22' O. Das Klima dieses Gebietes wird von VON BREITENBACH (1968), OPPERMAN et al. (1983) sowie GELDENHUYS (1977) beschrieben. Klimatische Angaben jenseits des nambischen Verwaltungszentrums Katima Mulilo auf dem anderen Sambesiufer, dem sambischen Sesheke, finden sich bei HUCKABAY (1986).

Das semiaride Klima des OCZ mit scharfer Trennung in Regen- und Trockenzeit läßt sich in die Reihe der wechselfeuchten Tropenklimate einordnen. Bei durchschnittlich 5,5 humiden und 6,5 ariden Monaten ist die Vegetation zeitweise Wassermangel ausgesetzt, was in fortgeschrittenem Stadium der Trockenzeit zum Laubfall aller Arten führt.

Der mittlere Jahresniederschlag (Nj) von Katima Mulilo – ca. 12 bzw. 14 km von den Untersuchungsflächen entfernt – liegt bei 707 mm (OPPERMAN et al. 1983). Minimumwerte mit 380 mm/a (1932/33, 1937/38) und Maximumwerte mit 1015 mm/a (1938/39, 1939/40) werden von VON BREITENBACH (1968) angegeben. Ebenso wie die Niederschlagsverteilung in verschiedenen Jahren sehr variiert, können Niederschläge innerhalb einer Regenzeit sehr unterschiedlich ausfallen. Der Autor erwähnt in diesem Zusammenhang starke Stürme mit zehntägigem Dauerregen besonders zwischen Dezember und Ende März.

Die Jahresmitteltemperatur (Tj) für Katima Mulilo beträgt 21,9 °C (Beobachtungsperiode 1976–79; OPPERMAN et al. 1983). Die höchste gemessene Temperatur dieses Ortes gibt GELDENHUYS (1977) mit 49,9 °C an. Nach demselben Autor tritt in durchschnittlich einer Nacht pro Jahr Frost auf. Insgesamt decken sich diese Klimaangaben (Tabelle 1) weitgehend mit den von WHITE (1983) zusammengefaßten WALTERSchen Klimadiagrammen einiger ausgewählter Meßstationen in der Sambesischen Florenregion.

## Boden

Der OCZ liegt im oberen Sambesibecken in der nördlichen Kalahari, die sich von Südafrika, Westsambia, dem östlichen Namibia und Botswana bis zum mittleren Oranje erstreckt.

Nach NEEF (1978) ist dieses Gebiet durch eine kreidezeitliche bis quartäre Decke – hauptsächlich sandige Sedimente – und ein flaches Aufschüttungsrelief gekennzeichnet. Örtlich durchragt das Unterbaurelief die jüngere Aufschüttung. Als Folge ergibt sich innerhalb der Kalahari eine Gliederung in einzelne Becken, u. a. in das obere Sambesibecken. Hier

lagerten sich unter Wüstenbedingungen bis 150 m mächtige Sandsedimente auf einer kreidehaltigen Erosionsoberfläche ab (WHITE 1983), die lokal durch Wasser umverteilt sein können. Diese Landschaftseinheit hat eine Meereshöhe zwischen ca. 1000 und 1250 m NN. Nördlich ist das obere Sambesibecken vom höher liegenden (1200 bis 1500 m NN) zentralafrikanischen Plateau umgeben, das vom Sambesi und anderen kleineren Flüssen über das obere Sambesibecken Richtung Indischer Ozean entwässert wird (WHITE 1983).

HUCKABAY (1986) vermutet, daß die Einwanderung (s. o.) von *Baikiaea plurijuga* unter wärmeren und insgesamt feuchteren Klimaten innerhalb des Pleistozäns und jüngerer Perioden begünstigt wurde. Sedimentanalysen in fossilen Seen, insbesondere in der Makgadikgadi-Depression (21 °S), deuten auf ein viel humideres Klima vor 30 000 bis 20 000 Jahren hin (LANCASTER 1979, zit. n. HUCKABAY 1986). Am Ende dieser humiden Periode fiel der Wasserstand des Makgadikgadi-sees stark, auch sollen derzeit trockenkalte Bedingungen in Angola und im westlichen Zaire – mit äolischem Abtrag auf dem Kwango-Plateau in Angola (11 °S) – vorherrschend gewesen sein. In dem Zeitraum vor 16 000 bis 14 000 Jahren haben sich diese trockenkalten Bedingungen noch verstärkt. Das Pleistozän war nach diesem Autor insgesamt eine Periode mit großen Klimaschwankungen.

Gegenwärtig wird im südlichen Afrika aktive Dünenbildung bis zur 150 mm-Isohyete, etwa am Ostrand der Namib, beobachtet. HUCKABAY (1986) stellt diese aktuelle Bedingung für Dünenbildung einigen von *Baikiaea plurijuga* fixierten Dünen mitten im *Baikiaea*-Verbreitungsgebiet bei Senagal/Sambia mit 825 mm Nj gegenüber. Der Autor (loc. cit.) schließt aus diesen Beobachtungen, daß äolische Materialverlagerung bei Nj unter 150 mm vorherrschte, hingegen lokal unterschiedliche fluviatile Umlagerung dieses Materials in Phasen größerer Niederschläge dominierte. Ein weiterer Hinweis auf diese Klimawechsel innerhalb des heutigen *Baikiaea*-Verbreitungsgebietes sind einige fossile Wasserläufe im westlichen Simbabwe – ausgerichtet entlang von Sandrücken gesäumten Rinnen –, die anzeigen, daß die humide Periode jünger ist als die durch äolische Prozesse abgelagerten Längsdünen (HUCKABAY 1986).

Das heutige Bodenausgangsmaterial besteht aus quartären Sanden oder umgelagerten pleistozänen Sanden, jeweils vermutlich äolischer Provenienz. NYAMPFENE (1991) unterstützt diese Hypothese des Ursprungs mit dem Vorhandensein von matten Oberflächen der sehr abgerundeten Bodenpartikel sowie der stark vorherrschenden Mittel- und Feinsandfraktionen. Der Bodentyp wird nach diesem Autor dann zur Gruppe der „Regosole“ gerechnet, wenn in den oberen zwei Metern Tiefe der Volumenanteil von Schluff und Ton insgesamt unter 10 % liegt. Diese Voraussetzung ist auch bei den hier untersuchten Lokalitäten im OCZ erfüllt (s. u.).

Die Abwesenheit verwitterbarer Minerale im Ausgangssubstrat (Feldspatanteil ca. 3–4 %) führt zur fast alleinigen Präsenz von Quarz (NYAMPFENE loc. cit.), was sich auf die Ernährungssituation der Vegetation nachteilig auswirken muß.

Die Sandböden derjenigen Lokalitäten, die unmittelbar an fossile oder latente Wasserrinnen anschließen und in erster Linie mit *Baikiaea*-Reinbeständen bestockt sind, werden von WOOD (1986) „Transitional Sands“ genannt. Diese Bezeichnung deutet darauf hin, daß entsprechende Landschaftsbereiche als Übergangszone interpretiert werden. Im Unterschied dazu nennt der Autor (loc. cit.) die Sandböden außerhalb, und offensichtlich von den Rinnen unbeeinflusst, „Undifferentiated Kalahari Sands“. Diese Gliederung ist unglücklich, da

der ersten Benennung landschaftlich-orographische, der zweiten jedoch bodenstrukturelle Kriterien zugrunde liegen. Die „Transitional Sands“ sind in gleichem Maß undifferenziert, also ohne nachweisbare Horizontausbildung.

### Vegetation

Die Gattung *Baikiaea* hat den Schwerpunkt ihrer Verbreitung in der Guinea-Kongolesischen Florenregion. Neben *Baikiaea plurijuga* beschreibt BRUMMITT (1986) weitere Vertreter, die bis auf eine Ausnahme Bestandteil des äquatorialen Immergrünen Feuchtwaldes sind. Hierunter fallen *Baikiaea insignis* Benth. (Verbreitung von Nigeria entlang des Äquators bis Uganda), *Baikiaea zenkeri* Harms (lokale Verbreitung an der Westküste Kameruns), *Baikiaea robynii* Ghesq. (Westküste Kameruns und Zentral-Zaire) und *Baikiaea suzannae* Ghesq. (nordöstliches Zentral-Zaire). Neben *Baikiaea plurijuga* ist nur noch *Baikiaea ghesquiereana* J. Leonard Teil der Formation Regengrüner Trockenwald (BRUMMITT loc. cit.). Im Unterschied zur ersten besiedelt diese von *Brachystegia*-Arten geprägte „Miombo“-Wälder, erreicht darin jedoch nur eine vereinzelt, untergeordnete Position.

Der Hauptfaktor für die sehr südliche, tief in die sambesische Florenregion reichende Ausdehnung der *Baikiaea plurijuga* ist nach HUCKABAY (loc. cit.) weniger das Klima, sondern der günstige Wasserhaushalt der lockeren feinen und mittelkornreichen Kalaharisandböden. Daran schließt sich die Vermutung an, daß diese Einwanderung unter wärmeren und feuchteren Klimabedingungen im Pleistozän und jüngeren Klimaphasen gefördert wurde. Die Verbreitungsskizze von *Baikiaea*-Wäldern (MARTIN 1940) macht sehr deutlich, daß deren Vorkommen entlang der Flußsysteme (u. a. der Sambesi, mit den Nebenflüssen Kabompo, Lumbe und Njoko, sowie Kwando Mashi, Gwaai- und Shanganifluß) konzentriert ist. Das gilt insbesondere auch für die *Baikiaea*-Reinbestände (s. o.), die nach dieser Quelle fast ausschließlich im heute noch erkennbaren Flußbereich stocken.

MARTIN (1940) differenziert bei *Baikiaea*-Wäldern in „Forest“ mit geschlossenem Bestandeskronenschluß und „Woodland“ mit offenem Schluß, was später auch in der Vegetationsklassifizierung Afrikas in Anlehnung an die Konferenzergebnisse von Yangambi 1956 weitere Anwendung findet. „*Baikiaea* Forest“ ist nach MARTIN (loc. cit.) der vorratsreichere Typ mit geschlossenem Kronendach sowie mit weit überwiegendem Dominanzanteil der *Baikiaea plurijuga*, „*Baikiaea* Woodland“ hingegen der insgesamt vorratsärmere, von *Baikiaea* weit dominierte Typ mit relativ offenem Kronendach. Bei unterschiedlicher Physiognomie – offensichtlich als Folge besserer, respektive schlechterer Wasserversorgung bei unterschiedlicher Nj – sprechen der sehr hohe Dominanzanteil der *Baikiaea* und das gemeinsame Auftreten und zeitweilige Mitherrschen von *Pterocarpus lucens* subsp. *autunesii* (Taub.) Rojo (Papilionoideae) sowie einigen anderen „Ausschlußarten“ für denselben Typ. Darum werden bei der hier angewendeten Gliederung der Vegetation nach floristischen Gesichtspunkten „*Baikiaea* Forest“ und „*Baikiaea* Woodland“ zum Typ *Baikiaea*-Reinbestand zusammengefaßt.

Der hier als *Baikiaea*-Mischbestand bezeichnete Typ wird bei MARTIN (loc. cit.) als „Mixed Woodland“ ebenfalls nach dem Kriterium des Kronenschlußgrades eingeordnet. Hier sind neben einer relativ starken Präsenz von *Baikiaea plurijuga* die Arten *Pterocarpus angolensis* DC. (Papilionoideae), *Burkea africana* Hook. (Caesalpinioideae) und *Erythrophleum africanum* (Welw. ex Benth.) Harms (Caesalpinioideae) in sehr hohem Maße an der Gesamtdominanz beteiligt. Diese Arten sind nicht im *Baikiaea*-Reinbestand abundant, und

wichtige Begleitarten des Reinbestandes fehlen. Bei einiger Gemeinsamkeit rechtfertigt die hohe Dominanz von „Ausschlußarten“ das Ausscheiden der Typen *Baikiaea*-Reinbestand und *Baikiaea*-Mischbestand.

#### Menschliche Einwirkungen auf *Baikiaea*-Wälder

Die lokale Bevölkerung wirkt in den meisten Teilen des *Baikiaea*-Arealen mannigfaltig auf den Wald. Neben der Verwendung von Holz und anderen Waldprodukten (Heilmittel, Wild, Früchte, Honig) werden in zunehmendem Umfang Waldflächen in permanente bzw. semipermanente Ackerflächen umgewandelt. Zur indirekten Einwirkung zählt die Waldweide als relativ junge Nutzungsform, die mit der Einführung von Rindern und Ziegen einsetzte und mittel- bis langfristig zu lokalem Waldverlust führt. Die weitverbreitete und häufige Verwendung von Feuer dient in besonderem Maß der Bereitstellung von „ncuem“ Gras in den lichten Wäldern, was zum Absterben einzelner Bäume führt. Feuer war und ist jedoch auch ein natürlicher Standortfaktor, wie Holzkohlefunde in 80 cm Bodentiefe belegen (vgl. auch CALVERT 1986).

Die Nutzung der Wälder war so lange verträglich, wie die Bevölkerungszahl niedrig war. Durch zunehmende Bevölkerungskonzentration und Druck auf verbliebene Waldflächen wird der Lebensraum für die auch relativ hohen Elefantenpopulationen enger, was an höheren Schäden im Einstand besonders bevorzugter Waldgebiete erkennbar ist (z. B. Chobe-Nationalpark, Botswana). Seit dem zwanzigsten Jahrhundert kommt die selektive Exploitation einiger marktfähiger Baumarten (*Baikiaea plurijuga*, *Pterocarpus angolensis*) für industrielle Verwendung hinzu (Eisenbahnschwellen-, Parkett- und Möbelholz).

Ausschließlich Flächen, die mit *Baikiaea*-Reinbeständen bestockt sind oder waren, werden mit dem Anbau von Mais und Sorghum ackerbaulich genutzt. Damit unterscheidet sich die landwirtschaftliche Bewirtschaftung grundsätzlich von den Flächen im Bereich der *Baikiaea*-Mischbestände, wo – nach Aussage lokaler Bauern im OCZ – der Anbau von Feldfrüchten fehlschlägt und deshalb unterbleibt. Zu diesem Urteil kommt auch HUCKABAY (loc. cit.), der im südwestlichen Sambia eine ausgeprägte Konzentrierung der ländlichen Bevölkerung entlang der *Baikiaea*-Reinbestände feststellt. WOOD (1986) erklärt diese Präferenz mit gelegentlichem Zuschuß an Oberflächenwasser – am Rand fossiler oder latenter Wasserrinnen – und der Existenz sogenannter „Transitional Sands“, die eine höhere Wasserspeicherkapazität und geringere Versauerungsneigung aufweisen sollen. Entsprechend verringern sich die *Baikiaea*-Reinbestände als Resultat der Kultivierung. Das Ausmaß der Waldvernichtung schätzt WOOD (loc. cit.) in Anlehnung an TRAPNELL und CLOTHIER (1957) auf jährlich 0,2 ha/fünfköpfige Familie.

Im Gegensatz dazu werden die Böden unter *Baikiaea*-Mischbeständen nie ackerbaulich, dafür jedoch bevorzugt viehwirtschaftlich genutzt. VON BREITENBACH (1968) schätzt die Zahl der Nutztiere (Rinder, Ziegen) im OCZ auf 22 000, was etwa ein Tier je Einwohner und zwei Tiere pro 100 ha bedeutet. Wahrscheinlich hat die Nutztierpopulation parallel mit dem Bevölkerungswachstum zugenommen, ist aber entsprechend lokal sehr unterschiedlich konzentriert. Die vorwiegend praktizierte extensive Rinderhaltung erfolgt in den offenen *Baikiaea*-Mischbeständen, wo vielerorts die Verjüngung der Holzgewächse zugunsten der Gräser zurücktritt. Häufig wird das Graswachstum durch jährliches Abflämmen der Bodenvegetation stimuliert. In den *Baikiaea*-Reinbeständen hingegen ist Waldweide die Ausnahme, weil dort durch Abflämmen der Bodenvegetation in frühen Nutzungsstadien

offenbar das Stockausschlagsvermögen der Holzpflanzen gefördert wird. Je nach Nutzungintensität entsteht das schwerdurchdringbare „Mutemwa-thicket“, das für die Tierernährung weniger geeignet scheint. Grundsätzlich kann eine traditionelle und gültige Trennung der landwirtschaftlichen Nutzungsformen im Bereich der *Baikiaea*-Wälder festgestellt werden: ackerbauliche Nutzung ausschließlich auf *Baikiaea*-Reinbestandsflächen, ganz überwiegend viehwirtschaftliche Nutzung auf *Baikiaea*-Mischbestandsflächen.

Parallel mit landwirtschaftlicher Flächennutzung erfolgt die meist selektive Exploitation des Rohstoffes Holz. Die industrielle Verarbeitung und damit gezielte Nutzung setzte unterschiedlich spät und intensiv ein. Vermutlich ist das von MARTIN (loc. cit.) im sambischen Livingstone im Jahr 1911 genannte Sägewerk der Beginn langjähriger Exploitationen von *Baikiaea plurijuga* vornehmlich für den Bahnschwellenbedarf Simbabwe und Südafrikas sowie untergeordnet für den Parkettexport nach England. Die weiträumigen *Baikiaea*-Wälder im südwestlichen Sambia (*Baikiaea*-Waldfläche in Sambia insgesamt 700 000 ha) wurden ab 1918 mit Waldeisenbahnen erschlossen und genutzt. Der Autor nennt ein nutzbares *Baikiaea*-Volumen zwischen 2,8 und 6,2 m<sup>3</sup>, nur in Ausnahmefällen bis 10,4 m<sup>3</sup> pro Hektar. Bei geringem Hektarertrag schwankte die jährliche Nutzung in diesem Gebiet zwischen 31 400 m<sup>3</sup> (1931) und 96 000 m<sup>3</sup> (1933). In den dreißiger Jahren wurde die *Baikiaea*-Nutzung auch auf das heutige, damals britisch geführte Botswana ausgedehnt (MARTIN loc. cit.; MILLER 1939). Simbabwe war in dieser Zeit mit dem heutigen Sambia zu „Rhodesia“ vereint, insofern ist eine an aktuelle Ländergrenzen geknüpfte Nutzungsdifferenzierung nicht möglich. JUDGE (1986) faßt den bis 1933 bekannten Einschlag Sambias und Simbawwes auf 1,28 Mio. m<sup>3</sup> zusammen. Von 1933 bis heute schätzt dieser Autor für dieses Gebiet einen weiteren Einschlag von 2,14 Mio. m<sup>3</sup>.

Intensive Nutzung führte schon in den dreißiger Jahren zur Einsicht, daß Einschlagsbeschränkungen für künftige Exploitation notwendig sind. Danach galt, daß neben adäquaten Feuerschutzmaßnahmen (z. B. Brandschneisen) der Minimumumfang der Stämme auf 40 inches (102 cm) heraufgesetzt wurde (in Ausnahmefällen auf 47 inches (119 cm)). Für die Praxis wurde der Minimumumfang auf dieses Maß angehoben, damit Bäume mit mindestens 14 feet (4,3 m) entnommen wurden, deren oberer Stammeil ebenfalls die Mindestmaße für die Herstellung von Schwellen erfüllte. Darüber hinaus konnten verwendbare Bäume ausgezeichnet werden, um sie als Samenbäume auf der Fläche zu belassen, oder auch schlechtbestockte Flächen von der Nutzung ausgeschlossen werden (MARTIN loc. cit.). Wieweit sich diese forstgesetzlichen Ansätze auf die Waldkonstitution positiv auswirkten, ist nicht bekannt. Gegenwärtig sind diese Wälder jedoch stark und weiträumig in Mitleidenschaft geraten, und man bemüht sich um nachhaltige Waldwirtschaft zur Produktionssteigerung. In Sambia gibt es anscheinend keine unexploitierten *Baikiaea*-Wälder mehr, wie auf der „First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, Livingstone, Zambia, 18–24<sup>th</sup> March 1984“ deutlich wurde (PEARCE 1986).

Der OCZ ragt als Landzunge mitten in das *Baikiaea*-Verbreitungsgebiet hinein und war als ehemals deutsches Kolonialteil anderen politischen und wirtschaftlichen Bedingungen unterworfen als die ehemals britisch dominierten nördlichen, östlichen und südlichen Teile des *Baikiaea*-Arealen. Nach Versailles Bedingungen (rechtswirksam ab 1920) wurde der OCZ im Auftrag der Südafrikanischen Regierung vom

britischen Bechuanaland-Protectorat aus bis 1929 verwaltet. Danach erfolgte die treuhänderische Gebietsverwaltung der Südafrikanischen Republik bis 1989 direkt. GELDENHUYS (1977) unterstreicht, daß Südafrika Angebote von staatlichen und privaten Konzessionären benachbarter und überseeischer Länder grundsätzlich abgelehnt hat, weil man die Ressourcen für eine künftige günstige Regionalentwicklung Caprivi vorsah.

Auf der Grundlage von Großrauminventuren von von BREITENBACH (1968) und GELDENHUYS (1977) wurden Planungseinheiten im OCZ ausgeschieden, die, mit Bewirtschaftungsansätzen verknüpft, für eine nachhaltige Bewirtschaftung der *Baikiaea*-Wälder sorgen sollten. Durch einen relativ geringen Anteil an *Baikiaea*-Reinbeständen von ca. 1 % an der Waldfläche Ost-Caprivis (VON BREITENBACH loc. cit.) tritt die Exploitation von *Baikiaea plurijuga* (Handelsnamen: Rhodesian Teak, Zambezi Teak; Lokalname: Mukusi) in den Hintergrund. Hingegen wird fast ausschließlich *Pterocarpus angolensis* (Handelsnamen: Dolf, Kjaat; Lokalname: Mukwa) als Möbelholz aus den *Baikiaea*-Mischbeständen verwendet, die ihrerseits etwa ein Drittel der Gesamtwaldfläche Ost-Caprivis einnehmen.

Insgesamt sind die Wälder des OCZ durch eine relativ geringe Bevölkerungszahl (vgl. hohe Konzentration ländlicher Bevölkerung im Bereich der sambischen *Baikiaea*-Reinbestände) und eine erst vor kurzem geplante selektive Nutzung einer Baumart für industrielle Verwendung vergleichsweise naturnah. Auch deshalb ist es vorteilhaft, gerade hier die *Baikiaea*-Rein- und -Mischbestände zu untersuchen.

## Material und Methoden

### Vegetationsaufnahme

Der *Baikiaea*-Mischbestand liegt 12 km südwestlich vom Verwaltungszentrum Katima Mulilo, nördlich der Straße Katima Mulilo-Kongola. Zwei km entfernt, Richtung Kongola, unmittelbar an der Abzweigung Mpacha stockt der *Baikiaea*-Reinbestand. Diese Bestände wurden nach floristischen, strukturellen und edaphischen Merkmalen untersucht. Sehr wahrscheinlich repräsentieren diese relativ unbeeinflussten Wälder die häufig beschriebenen unterschiedlichen, von *Baikiaea plurijuga* mitbestimmten, Waldtypen des *Baikiaea*-Areal. Die Abbildungen 2a und 2b zeigen die Strukturprofile dieser Bestände.

Da geforderte Feinanalysen der Bestände nicht großflächig durchführbar sind, werden Stichprobenverfahren angewendet, die berechenbare Aussagen über die Gesamtfläche bzw. -vegetation ermöglichen. Die Verteilung der Probeflächen erfolgte gutachtlich, wobei die quadratischen Flächen mit 50 m Seitenlänge in verschiedener Richtung aneinander grenzten. Mit 15 Probeflächen pro Bestand wurden jeweils 3,75 ha aufgenommen, wobei der BHD, die Baumhöhe und die Art aller Pflanzen  $\geq 5$  cm BHD bestimmt und gemessen wurden.

### Bodenanalyse

Im Beziehungsgefüge Klima-Boden-Vegetation bestimmen die Standortsfaktoren den Vegetationstyp (WALTER 1973) und die Artenkonstellation (MITTLÖHNER 1990). Durch die geringe Entfernung der Untersuchungslokalitäten voneinander können klimatische Unterschiede weitgehend ausgeschlossen werden, so daß die Erklärung für die offensichtlich unterschied-

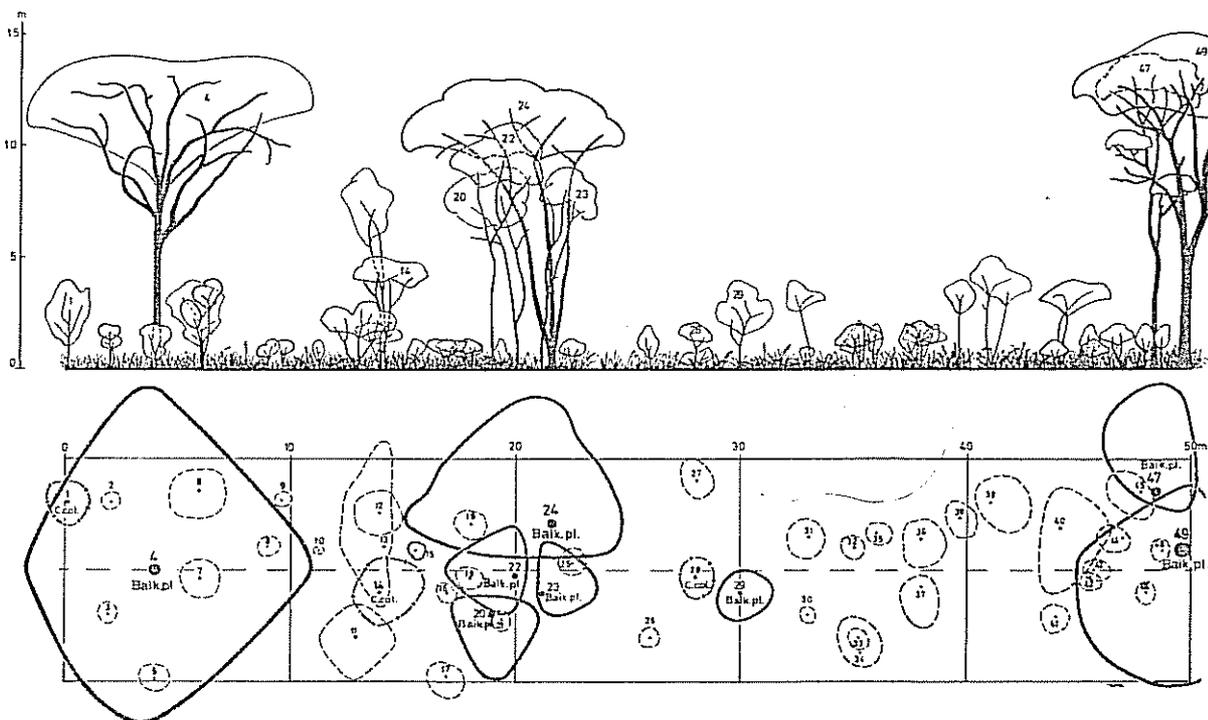


Abb. 2 a: *Baikiaea*-Reinbestand; dargestellt sind sämtliche Bäume  $>1,3$  m Höhe. Artenaufzählung entsprechend der Numerierung.

*Baikiaea* pure stand; recorded trees  $>1.3$  m height. Species according to tree numbers are as follows.

*Baikiaea plurijuga*: 4, 20, 22, 23, 24, 29, 47, 49; *Combretum collinum* subsp. *gazense*: 1, 14, 28; *Lonchocarpus nelsii*: 7, 36; *Combretum hereroense*: 5, 11, 12, 16, 17, 37, 41, 45, 48; *Combretum elaeagnoides*: 38, 44; *Baphia massaiensis* subsp. *obovata*: 2, 3, 6, 8, 9, 10, 15, 18, 19, 21, 25, 26, 30, 32, 33, 34, 35, 43, 46; „Muzu“: 13; *Markhamia obtusifolia*: 27, 31; *Acacia ataxacantha*: 39; unbekannte Art: 42; *Croton gratissimus*: 40.

lichen *Baikiaea*-Bestandestypen wahrscheinlich in edaphischen Differenzen liegt.

Auf jeder der beiden Lokalitäten wurden drei 2 m tiefe Bodeneinschläge zur Entnahme von Bodenproben angelegt, die jeweils etwa 50 m voneinander entfernt waren. Bei fehlender Horizontausbildung in allen Profilen erfolgte die Probenentnahme von jeweils sechs Proben schematisch in 30 cm-Tiefenintervallen.

Die Verfügbarkeit von Wasser als offensichtlichem Minimumfaktor im regengrünen Trockenwald wird in besonderem Maß vom Porenraum bzw. der Korngrößenverteilung bestimmt. Deshalb erfolgte eine kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse in Anlehnung an die Vorgaben von SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1984). Die bodenchemischen Parameter zur Ansprache der Pflanzenernährung wurden wie folgt bestimmt und gemessen:

- der C- und der N-Gehalt wurden mit dem Elementaranalysator CN-Rapid gaschromatographisch ermittelt
- die Bestimmung der effektiven Austauschkapazität  $A_k$  erfolgte in Anlehnung an ULRICH (1966). Die Perkolationslösung wurde unter Zugabe von  $NH_4Cl$ -Lösung mittels Flammenabsorptionsspektrometrie (AAS) bearbeitet. Al und Fe wurden photometrisch gemessen.

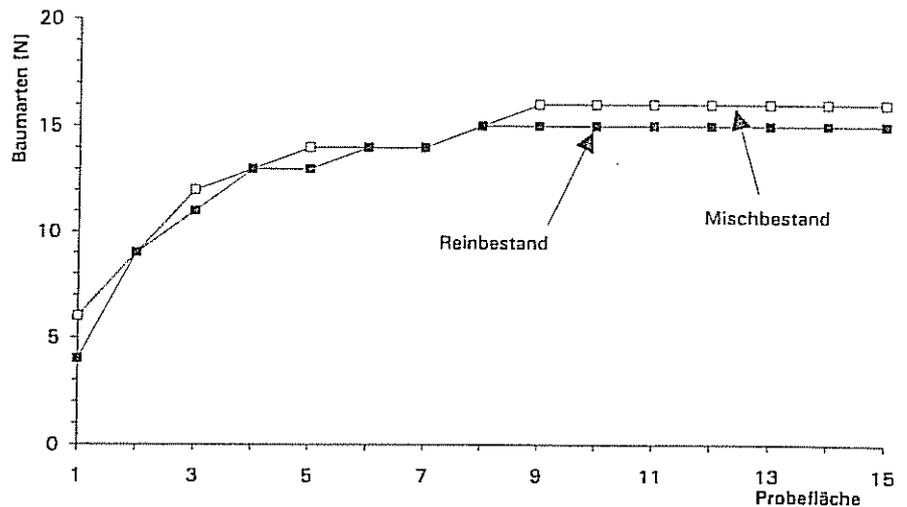


Abb. 3: Artenarealkurve des Rein- und Mischbestandes.  
Species/area curve of pure and mixed stand.

## Ergebnisse

### Vegetation

#### Fehler der Vegetationsaufnahme

Die Größe des repräsentativen Minimumareals hinsichtlich der Artenzusammensetzung läßt sich über die Artenarealkurve ermitteln (LAMPRECHT 1986). Parzellen gleicher Fläche werden getrennt aufgenommen. Die Aufnahmen werden so lange fortgesetzt, bis kaum neue Arten mehr erfaßt werden, was dann der Flächensumme entspricht, die alle Arten reprä-

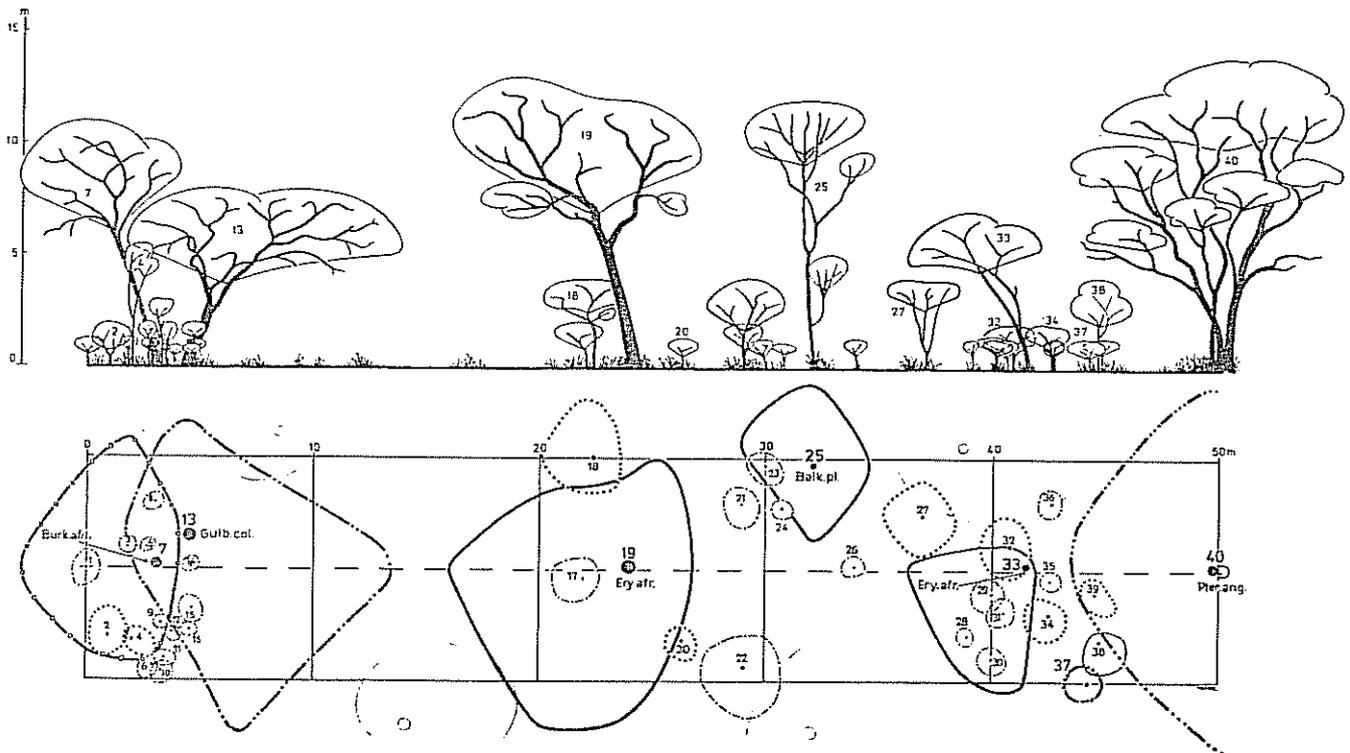


Abb. 2 b: *Baikiaea*-Mischbestand; dargestellt sind sämtliche Bäume >1,3 m Höhe. Artenaufzählung entsprechend der Numerierung.

*Baikiaea mixed stand*; recorded trees >1.3 m height. Species according to tree numbers are as follows.  
*Baikiaea plurijuga*: 25; *Burkea africana*: 7; *Erythrophleum africanum*: 19, 33, 38; *Guibourtia coleosperma*: 13; *Pterocarpus angolensis*: 37, 40; *Terminalia sericea*: 2, 4, 18, 20, 27, 32, 34, 39; *Ochna pulchra*: 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 26, 36; *Bauhinia macrantha*: 3, 5, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 35; *Combretum spec.*: 22; *Combretum psidioides* subsp. *dinteri*: 1, 15, 17, 21.

sentiert. Die Artenarealkurven der beiden Bestände zeigt Abbildung 3. Auffallend sind die fast gleiche Artenzahl und die gleiche Größe des repräsentativen Minimumareals mit ca. 2 ha ( $8 \cdot 2500 \text{ m}^2$ ).

Der Stichprobenfehler resultiert nach ZÖHRER (1980) aus der Teilaufnahme einer Gesamtpopulation. Bei weitgehender Ausschaltung von Nicht-Stichprobenfehlern ist der Standardfehler ein Maß für die Genauigkeit der Vegetationserfassung, da so der Stichprobenumfang und die Probeflächengröße bewertet werden können. Tabelle 2 zeigt die Grundflächen und Stammzahlen der Bestände sowie den Standardfehler der Grundfläche.

Die Schätzung des Mittelwertes der Grundfläche ist trotz der hohen Streuung der Einzelwerte durch die Anzahl (15) der Wiederholungen ausreichend:  $S \% < 10 \%$ .

Die beiden Bestände unterscheiden sich hinsichtlich des Grundflächen-Mittelwertes, der beim Mischbestand ca. 35 % höher ausfällt. Gleichzeitig ist die Stammzahl auf 3,75 Hektar mit 517 hier etwa 21 % höher als im Reinbestand mit 426. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß die Wasserverfügbarkeit des Reinbestandes ungünstiger ist. Durch die gegenseitige Nähe der *Baikiaea*-Bestände können jedoch unterschiedliche Niederschlagsregime weitgehend ausgeschlossen werden.

#### Bedeutung der Arten

Ein Importanzwert verdeutlicht die Bedeutung der Arten eines Bestandes und erlaubt somit eine Gliederung dieser Arten (KREB 1983). Der Bedeutungswert-Index (Importance-Value-Index, IVI) nach CURTIS und MCINTOSH (1951) ermöglicht diese Rangbildung unter den Arten einer Untersuchungseinheit. Der Rang ist dabei um so höher je größer der Summenwert aus relativer Dominanz (G/ha), relativer Abundanz (N/ha) und relativer Frequenz (100 % = Vorkommen in

allen Unterflächen) ist. Die gleiche Gewichtung dieser horizontalen Bestandesstrukturparameter ist jedoch häufig unbefriedigend und kann zu Verzerrungen bei Strukturvergleichen führen (LAMPRECHT 1986). Die Tabellen 3a und 3b geben die absoluten Dominanzen, absoluten Abundanzen, absoluten Frequenzen und den IVI wieder.

Hier wird sehr deutlich, daß der *Baikiaea*-Reinbestand von *Baikiaea plurijuga* mit einem Dominanzanteil von 74 %

TABELLE 3 a

Dominanz, Abundanz, Frequenz und Bedeutungswert-Index (IVI) der Arten  $\geq 5 \text{ cm BHD}$  im Reinbestand; bezogen auf 10 ha  
Dominance, abundance, frequency and importance value index (IVI) of species  $\geq 5 \text{ cm dbh}$  in pure stand; referred to 10 ha

Art	Dominanz m <sup>2</sup> /10 ha	Abundanz N/10 ha	Frequenz %	IVI %
<i>Baikiaea plurijuga</i>	35,96	515	100	142,3
<i>Combretum collinum</i>	5,28	299	86,7	56,5
<i>Pterocarpus lucens</i>	5,00	157	33,3	31,7
<i>Afromosia angolensis</i>	0,29	27	40	11,6
Unbekannte Art	0,30	29	33,3	10,4
<i>Acacia fleckii</i>	0,18	16	33,3	9,0
<i>Boscia albitrunca</i>	0,41	8	33,3	8,7
<i>Baphia massaiensis</i>	0,05	13	33,3	8,5
<i>Terminalia sericea</i>	0,19	13	26,7	7,3
<i>Dicrostachys cinerea</i>	0,10	11	13,3	4,0
<i>Lonchocarpus nelsii</i>	0,14	5	6,7	2,2
<i>Schreberia trichoclada</i>	0,24	3	6,7	2,2
<i>Acacia erioloba</i>	0,20	3	6,7	2,1
<i>Combretum elaeagnoides</i>	0,03	5	6,7	2,0
<i>Combretum hereroense</i>	0,01	3	6,7	1,7
Summe	48,38	1111		300

TABELLE 2

Grundfläche (G) und Stammzahl (N) pro ha von Reinbestand und Mischbestand; Probeflächengröße jeweils 2500 m<sup>2</sup>, alle Arten  $\geq 5 \text{ cm BHD}$

Basal area (G) and density (N) per ha of pure and mixed stand; sample plots of 2500 m<sup>2</sup>, all species  $\geq 5 \text{ cm dbh}$

Fläche	Reinbestand		Mischbestand	
	G	N	G	N
1	7,6	192	7,3	56
2	8,1	344	5,4	168
3	5,1	141	5,4	416
4	4,8	112	9,8	184
5	5,2	80	9,8	84
6	7,7	172	2,4	132
7	4,5	96	7,6	144
8	5,4	128	2,3	112
9	3,0	72	6,9	140
10	5,5	72	7,8	128
11	3,3	52	9,4	88
12	2,6	76	5,4	116
13	3,8	44	7,9	112
14	2,1	60	6,0	52
15	3,7	60	3,6	136
Mittelwerte	G :	4,8	6,5	
Standardabw.	s :	1,9	2,4	
Variationskoeff.	c% :	38,4	37,2	
Standardfehler	S :	0,5	0,6	
Standardfehler	S% :	9,9	9,6	

TABELLE 3 b

Dominanz, Abundanz, Frequenz und Bedeutungswert-Index (IVI) der Arten  $\geq 5 \text{ cm BHD}$  im Mischbestand; bezogen auf 10 ha  
Dominance, abundance, frequency and importance value index (IVI) of species  $\geq 5 \text{ cm dbh}$  in mixed stand; referred to 10 ha

Art	Dominanz m <sup>2</sup> /10 ha	Abundanz N/10 ha	Frequenz %	IVI %
<i>Burkea africana</i>	19,31	347	93,3	71,7
<i>Erythrophleum africanum</i>	11,70	320	86,7	55,0
<i>Baikiaea plurijuga</i>	10,79	155	67	38,5
<i>Pterocarpus angolensis</i>	6,31	75	67	25,7
<i>Ochna pulchra</i>	2,73	91	86,7	24,5
<i>Terminalia sericea</i>	2,67	85	67	20,9
<i>Lonchocarpus capassa</i>	4,10	85	13,3	14,6
<i>Combretum zeyheri</i>	1,17	77	60	16,9
Unbekannte Art	0,39	43	20	6,9
<i>Combretum hereroense</i>	1,82	16	20	7,1
<i>Combretum elaeagnoides</i>	0,33	48	6,7	5,1
<i>Guibourtia coleosperma</i>	1,30	8	13,3	4,7
<i>Acacia nigrescens</i>	1,11	3	6,7	3,0
„Muchalo“	0,13	8	13,3	2,9
<i>Acacia erioloba</i>	0,78	3	6,7	2,5
<i>Combretum collinum</i>	0,33	8	6,7	2,1
Summe	64,97	1372		300

beherrscht wird, etwa doppelt so viele Individuen pro ha aufweist wie der nächste Rang und *Baikiaea* als einzige Art auf allen Probeständen vertreten ist. Die Benennung „Reinbestand“ erfolgt also zu Recht. Zusammen mit *Combretum collinum* und *Pterocarpus lucens* haben diese drei führenden Arten einen Dominanzanteil von über 95 %. Während *Combretum collinum* noch fast flächendeckend abundant ist (Frequenz 86,7 %), kommt *Pterocarpus lucens* nur auf einem Drittel der Reinbestandsflächen vor. Die auf den 3,75 ha gefundenen acht Individuen von *Pterocarpus lucens* haben ein sehr charakteristisches ausgeprägtes Stockausschlagsvermögen. Durchschnittlich sieben, an der Stammbasis ansetzende kräftige Ausschläge wurden zur Bestimmung des Abundanzwertes einzeln aufgenommen. Die zwölf Nebenbestandsarten haben nur einen Dominanzanteil von insgesamt 4,4 %, einen Abundanzanteil von 12 % und sind jeweils auf weniger als einem Drittel der Probestände abundant (Ausnahme: *Afromosia angolensis* 40 %). Außer *Baikiaea plurijuga* ist in diesem Waldtyp keine weitere Baumart nutzbar, weil keine ausreichenden Stammdimensionen erreicht und/oder industrielle Verwendung bekannt ist. GELDENHUYS (1977) empfiehlt für diesen Typ die Maßnahme „*Baikiaea* Improvement“ als waldbaulichen Eingriff zur Verbesserung der Qualität und Quantität der Hauptbaumart *Baikiaea plurijuga*.

Im 2 km entfernten Mischbestand gehört *Baikiaea* auch noch zu den dominanten Arten, hat aber nur noch einen Dominanzanteil von 16,6 %. Hier sind *Burkea africana*, *Erythrophleum africanum* und *Pterocarpus angolensis* mitherrschend, die im Reinbestand vollkommen – Verjüngung eingeschlossen – fehlen. Diese vier Arten zusammen haben im Mischbestand einen Dominanzanteil von 74 %, einen Anteil, den *Baikiaea* im Reinbestand allein einnimmt. Gemeinsam mit *Guibourtia coleosperma*, die hier nur sporadisch vertreten ist, sind die genannten vier bedeutendsten Baumarten holzwirtschaftlich interessant, weil sie starke Dimensionen erreichen und marktfähig sind. Im OCZ hat man sich auf die Exploitation von *Pterocarpus angolensis* – einem sehr begehrten, leicht bearbeitbarem Möbelholz – konzentriert, das ausschließlich im Mischbestand vorkommt. Von seiten der Holzindustrie und der Forstverwaltung wird eindringlich auf das vermehrte Absterben gerade dieser ökonomisch wichtigen Art hingewiesen (Persönliche Mittlg. B. SIYAMBANGO). Das sogenannte „mukwa decline“ bereitet auch in anderen Zonen, z. B. in Sambia und Simbabwe, ernsthafte Sorgen. Für die Gegend um Livingstone wird das jährliche Absterben mit 2 % bis 4 % angegeben (PEARCE 1986).

#### Durchmesserverteilung der Arten

Die BHD-Verteilungen in beiden Beständen zeigen insgesamt eine deutliche Stammzahlabnahme bei größerem Stammdurchmesser, wobei jedoch nach Arten differenziert werden muß. *Baikiaea plurijuga* hat im Reinbestand zwei relative Stammzahlmaxima in den Durchmesserklassen 20 cm und 40 cm, während dieselbe Art im Mischbestand eine abnehmende Verteilung aufweist. MALAYA (1986) kommt zu einem sehr ähnlichen Ergebnis bei der Untersuchung der *Baikiaea*-Reinbestände im sambischen Malawwe und Kataba mit relativen Stammzahlmaxima in den Durchmesserklassen zwischen 20 cm und 40 cm. Diese Kurvenform deckt sich mit Durchmesserverteilungen, die für Lichtbaumarten typisch sind (BRUN 1969; ROLLER 1979). Auch die Wirtschaftsbaumarten *Burkea africana* und *Pterocarpus angolensis* im Mischbestand zeigen diese Verteilungsform (Tab. 4 a, b). Mitverantwortlich für die hohe Abundanz in der Klasse 10 cm ist das gehäufte Auftreten von Stockausschlägen.

TABELLE 4a

BHD-Verteilung nach Arten  $\geq 5$  cm auf 3,75 ha und Grundflächenmittelstamm (dg) in cm; *Reinbestand*  
dbh distribution of species  $\geq 5$  cm for 3,75 ha and mean dbh (dg) in cm; *pure stand*

Durchmesserklassen	10	20	30	40	50	60	70+	dg
<i>Baikiaea plurijuga</i>	10	56	38	41	20	14	14	29,8
<i>Combretum collinum</i>	72	34	2	2	1	1	-	15,0
<i>Pterocarpus lucens</i>	19	25	9	6	-	-	-	20,1
<i>Afromosia angolensis</i>	8	2	-	-	-	-	-	11,7
Unbekannte Art	10	1	-	-	-	-	-	11,5
<i>Acacia fleckii</i>	5	1	-	-	-	-	-	12,0
<i>Boscia albitrunca</i>	-	2	-	1	-	-	-	25,5
<i>Baphia massaiensis</i>	5	-	-	-	-	-	-	7,0
<i>Terminalia sericea</i>	4	-	1	-	-	-	-	13,6
<i>Dicrostachys cinerea</i>	4	-	-	-	-	-	-	10,8
<i>Lonchocarpus nelsii</i>	-	2	-	-	-	-	-	18,9
<i>Schrebera trichoclada</i>	-	-	-	-	1	-	-	45,0
<i>Acacia erioloba</i>	-	-	-	1	-	-	-	37,0
<i>Combretum elaeagnoides</i>	2	-	-	-	-	-	-	8,7
<i>Combretum hereroense</i>	1	-	-	-	-	-	-	6,5
Summe	140	123	50	51	22	15	14	

TABELLE 4b

BHD-Verteilung nach Arten  $\geq 5$  cm auf 3,75 ha und Grundflächenmittelstamm (dg) in cm; *Mischbestand*  
dbh distribution of species  $\geq 5$  cm for 3,75 ha and mean dbh (dg) in cm; *mixed stand*

Durchmesserklassen	10	20	30	40	50	60	70+	dg
<i>Burkea africana</i>	39	35	42	10	4	-	-	26,6
<i>Erythrophleum africanum</i>	73	22	16	9	4	2	-	21,6
<i>Baikiaea plurijuga</i>	28	11	8	4	-	3	4	29,8
<i>Pterocarpus angolensis</i>	12	2	2	3	5	3	1	32,7
<i>Ochna pulchra</i>	18	9	6	1	-	-	-	19,5
<i>Terminalia sericea</i>	13	10	5	-	-	-	-	20,0
<i>Lonchocarpus capassa</i>	25	1	2	2	-	2	-	24,8
<i>Combretum zeyheri</i>	23	6	-	-	-	-	-	13,9
Unbekannte Art	15	1	-	-	-	-	-	10,8
<i>Combretum hereroense</i>	4	2	-	-	-	-	-	14,7
<i>Combretum elaeagnoides</i>	18	-	-	-	-	-	-	9,4
<i>Guibourtia coleosperma</i>	-	-	-	-	1	2	-	57,6
<i>Acacia nigrescens</i>	-	-	-	-	-	-	1	68,6
„Muchalo“	2	1	-	-	-	-	-	14,4
<i>Acacia erioloba</i>	-	-	-	-	-	1	-	57,5
<i>Combretum collinum</i>	2	-	1	-	-	-	-	22,9
Gesamt	272	100	82	29	14	13	6	

Der Grundflächen-Mitteldurchmesser (dg) von *Baikiaea plurijuga* ist im Rein- und im Mischbestand mit 29,8 cm identisch. Die wirtschaftlich interessanten Arten des Mischbestandes haben ebenfalls größere Dimensionen, die nur von einigen sehr sporadisch vorkommenden Arten übertroffen werden (z. B. *Acacia erioloba*, *Combretum hereroense*).

Die maximalen Baumhöhen von *Baikiaea plurijuga* im Reinbestand betragen 15 m, im Mischbestand 17 m. *Pterocarpus lucens* (16 m), *Pterocarpus angolensis* (17 m), *Burkea africana* (17 m), *Erythrophleum africanum* (17 m) haben ebenfalls Anteil an der oberen Kronenschicht.

TABELLE 5

Korngrößenanteile in % nach Entnahmetiefe in cm für jeweils 3 Bodenprofile im Reinbestand und Mischbestand (Korngrößen in mm)  
Particle size distribution in % and depth in cm for 3 soil profiles each in pure and mixed stand (particle size in mm)

Entnahmetiefe (cm)	Grobsand 2-0,63	Mittelsand 0,63-0,2	Feinsand 0,2-0,063	Gesamtschluff 0,063-0,002	Ton < 0,002
<b>Reinbestand</b>					
30	1,9 ± 0,2	57,0 ± 2,6	33,8 ± 2,5	3,0 ± 1,2	4,3 ± 1,1
60	2,1 ± 0,7	54,6 ± 11,5	35,8 ± 9,7	3,0 ± 1,3	4,3 ± 1,1
90	1,3 ± 0,3	45,7 ± 1,0	43,6 ± 1,8	5,1 ± 1,6	4,3 ± 1,1
120	1,9 ± 0,4	51,9 ± 5,4	37,3 ± 6,3	4,3 ± 1,5	4,6 ± 1,6
150	2,1 ± 0,2	51,2 ± 2,1	38,4 ± 1,0	2,8 ± 0,9	5,7 ± 2,2
180	2,2 ± 0,1	54,3 ± 1,8	35,8 ± 4,3	2,6 ± 1,6	5,0 ± 2,2
<b>Mischbestand</b>					
30	1,4 ± 0,5	57,7 ± 3,1	31,2 ± 4,3	4,1 ± 1,3	5,6 ± 1,1
60	1,5 ± 0,2	51,6 ± 3,6	37,2 ± 1,6	3,9 ± 1,9	5,8 ± 1,7
90	2,2 ± 0,4	49,0 ± 7,5	38,2 ± 4,5	3,7 ± 2,1	6,9 ± 1,4
120	1,8 ± 0,4	46,1 ± 1,9	40,5 ± 0,7	4,4 ± 1,4	7,1 ± 0,8
150	1,9 ± 0,8	50,7 ± 1,9	37,6 ± 2,9	3,7 ± 1,1	6,1 ± 1,2
180	2,2 ± 1,0	56,6 ± 5,4	32,4 ± 6,7	2,9 ± 1,9	6,0 ± 2,5

Bei offensichtlich gleichem Klima kann das Auftreten von *Baikiaea* in Rein- und Mischbeständen wahrscheinlich auf die Anpassung an die edaphische Situation zurückzuführen sein.

#### Korngrößen und Bodentyp

WOOD (1986) charakterisiert die edaphischen Verhältnisse der Reinbestände – die „Transitional Sands“ – insbesondere mit einer höheren Wasserspeicherkapazität und geringeren Versauerungsneigung. Er erklärt damit die ausschließliche und ackerbauliche Nutzung dieser Lokalitäten.

Beim Vergleich der Korngrößenverteilung von drei jeweils 2 m tiefen Bodeneinschlägen im Rein- und im Mischbestand (Tab. 5) fällt sowohl die sehr homogene Verteilung mit der Tiefe als auch zwischen den Beständen auf. Die weit überwiegenden Mittel- und Feinsandfraktionen sowie die sehr geringe Variation in der vertikalen Verteilung bekräftigen den äolischen Ursprung des Bodenausgangsmaterials. Das sehr lockere Substrat erleichtert die Infiltration der Niederschläge und

TABELLE 6

Vorräte in kg/ha von 3 Bodenprofilen im Rein- und Mischbestand  
Storage in kg/ha of 3 soil profiles in pure and mixed stand

Entnahmetiefe (cm)	Reinbestand			Mischbestand		
	0-60	60-120	120-180	0-60	60-120	120-180
C	24 000 ± 4 957	12 600 ± 3 600	8550 ± 2 381	27 900 ± 4 000	9 750 ± 687	5 850 ± 2 062
N	1 650 ± 520	900 ± 450	750 ± 260	1 950 ± 520	600 ± 687	600 ± 1 039
K	192 ± 89	197 ± 143	132 ± 127	54 ± 18	36 ± 18	30 ± 27
Na	84 ± 52	42 ± 10	30 ± 37	30 ± 10	42 ± 27	42 ± 10
Ca	730 ± 613	478 ± 209	526 ± 515	443 ± 487	186 ± 73	628 ± 435
Mg	101 ± 62	80 ± 38	75 ± 76	48 ± 28	37 ± 10	72 ± 51
Mn	30 ± 21	0	0	42 ± 10	24 ± 10	42 ± 27
Fe	0	0	0	0	0	0
Al	226 ± 102	352 ± 253	361 ± 312	137 ± 42	144 ± 29	127 ± 41
Ak <sub>e</sub> (kmol IE/ha)	82 ± 38	77 ± 38	79 ± 72	49 ± 19	32 ± 3	54 ± 28
pH (H <sub>2</sub> O)	5,1 ± 0,3	5,1 ± 0,2	5,1 ± 0,3	5,0 ± 0,2	5,1 ± 0,3	5,4 ± 0,1

vermindert offensichtlich durch das oberflächennahe Abtrocknen mit Unterbrechung des Kapillarsaumes Wasserverluste durch Evaporation. Die Böden können – wie schon erwähnt – als Regosole ausgewiesen werden, da der Volumenanteil von Schluff und Ton in den oberen zwei Metern insgesamt unter 10 % liegt (vgl. NYAMPFENE 1991).

#### Nährstoffvorräte

Die Kationen Na, K, Ca, Mg, Mn, Al und Fe aus jeweils drei Bodenprofilen pro Bestand wurden gemessen und ebenso wie C und N in Vorräten pro 60 cm Tiefenintervall als Mittelwert mit Standardabweichung (Tab. 6) angegeben. Insgesamt sind diese Vorräte sehr gering. Auffällig ist die hohe Variation der Werte innerhalb des Reinbestandes, was auf eine größere Heterogenität des Standortes hinweist.

Deutlich unterscheiden sich die Al-Vorräte, die im Reinbestand etwa doppelt so hoch liegen. Al erfüllt für die Pflanzenernährung keine direkte Funktion, sondern wirkt eher indirekt – z. B. über die

starke Belegung der Austauscher – auf das Pflanzenwachstum ein. Hingegen ist K ein wichtiger Nährstoff, der im Reinbestand-Standort hochsignifikant mit etwa viermal höheren Vorräten erscheint als im Mischbestand-Standort, was die generelle und ausschließlich (temporäre) ackerbauliche Nutzung der *Baikiaea*-Reinbestandsflächen erklärt. C- und N-Vorräte unterscheiden sich im Rein- und im Mischbestand nicht wesentlich; mit zunehmender Bodentiefe nehmen diese Vorräte erwartungsgemäß ab.

Bei ähnlichen pH-Werten (H<sub>2</sub>O) sind die Werte der effektiven Kationenaustauschkapazität Ak<sub>e</sub> (in kmol Ionenäquivalent, kmol IE/ha), die hier sowohl die austauschbaren Kationen als auch die pflanzenverfügbaren „freien“ Kationen in der Bodentlösung angibt, sehr unterschiedlich und im Reinbestand etwa ein- bis zweimal höher als im Mischbestand. Diese Kationen entfallen insbesondere auf das Al. Die Ak<sub>e</sub> dieser Böden liegt allgemein etwa um eine Zehnerpotenz unter dem Wert vieler mitteleuropäischer Böden.

## Diskussion

Nur mit Hilfe von Luftbildern lassen sich leichte orographische Unterschiede hinsichtlich der Abundanz der Bestandestypen erkennen. Wie die maßstäblich stark überhöhte Abbildung 4 unterstreicht, sind die Reinbestände auf die meist ca. 2 m höheren, weitstreichenden Uferwälle (Breitenausdehnung bis ca. 1 km) beschränkt, die fossile und rezente Flußbrinnen säumen. Außerhalb dieser Flächen stocken die Mischbestände, die vom Flächenumfang im Caprivi wesentlich höheren Anteil haben (s. o.). Diesen Sachverhalt beschreibt auch HUCKABAY (loc. cit.) für das westliche Simbabwe mit Niveauunterschieden von 2 bis 4 m.

Die temporäre ackerbauliche Nutzung ausschließlich der entwaldeten Reinbestandsflächen führt WOOD (1986) auf eine höhere Wasserspeicherkapazität und geringere Versauerungsneigung der mit *Baikiaea*-Reinbeständen bestockten „Transitional Sands“ zurück. Jedoch unterscheiden sich weder die Bodenartenverteilungen mit entsprechendem Porenvolumen noch die pH-Werte des Rein- und des Mischbestandes. Sehr verschieden zwischen beiden Bestandestypen sind jedoch die hier bei der Bodenanalyse ermittelten K-Vorräte, die im Reinbestand etwa viermal so hoch sind (vgl. Tab. 6). Nach WHITE (1989) beträgt der Jahresbedarf landwirtschaftlicher Kulturen pro ha etwa 5–25 kg Magnesium (max. 60 kg), 10–100 kg Kalzium und 100–300 kg Kalium. Während Mg und Ca demnach auf beiden Standorten ausreichen, ist K nur auf der Reinbestandsfläche für eine Jahreskultur vorhanden, nicht jedoch auf der Mischbestandsfläche. Das erklärt die ausschließliche Nutzung der Reinbestandsflächen und auch die meist nur einjährige ackerbauliche Nutzung für den Mais- und Sorghumanbau. Eine Erweiterung der ackerbaulichen Nutzung auch auf Mischbestandsflächen ist möglicherweise durch K-Düngung erreichbar.

Obwohl der Reinbestand zumindest für landwirtschaftliche Kulturen günstiger ausfällt, ist die Baumartenzahl der dominanten Schicht im Mischbestand höher. Diese Angaben decken sich mit den Ergebnissen von ASHTON (1977) nach der Auswertung von TILMAN (1982), der im immergrünen Feuchtwald Malaysias größeren Reichtum an Holzgewächsen bei ziemlich geringer P- und K-Versorgung fand, während die Artenzahl auf diesbezüglich reicheren Böden rückläufig war (vgl. WEIDELT 1987).

## Danksagung

Diese Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Die Herren R. Orr, J. Tagg und M. Grobler von der Forstverwaltung und Naturschutzverwaltung Caprivis haben mich bei den Feldaufnahmen unterstützt, wofür ich mich sehr bedanke.

## Literatur

- Ashton, P. S. 1977. A contribution of rainforest research to evolutionary theory. *Ann. Missouri Bot. Garden* 64, 694–705.
- Von Breitenbach, F. 1968. *Long-Term Plan of Forestry Development in the Eastern Caprivi Zipfel*. George, South Africa. Unpublished.
- Brummitt, R. K. 1986. *A taxonomic perspective of the genus *Baikiaea**. In: Pearce, G. D. (ed.). *The Zambezi Teak Forests. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, 18–24th March 1984*. Livingstone, Zambia.
- Brun, R. 1969. *Strukturstudien im gemäßigten Regenwald Südchiles als Grundlage für Zustandserhebungen und Forstbetriebsplanung*. Dissertation Univ. Freiburg i. Br.
- Calvert, G. M. 1986. *Fire effects in *Baikiaea* woodland, Gwaai Forest*. In: Pearce, G. D. (ed.). *The Zambezi Teak Forests. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, 18–24th March 1984*, Livingstone, Zambia.
- Curtis, J. T.; McIntosh, R. P. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32, 2.
- Ganssen, R. 1968. *Trockengebiete*. Mannheim und Zürich.
- Geldenhuis, C. J. 1977. *Woodland Management Plan for Nakabunze Reserve, Eastern Caprivi*. George, South Africa. Unpublished.
- Huckabay, J. D. 1986. *The Geography of Zambezi Teak*. In: Pearce, G. D. (ed.). *The Zambezi Teak Forests. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, 18–24th March 1984*, Livingstone, Zambia.
- Judge, J. G. 1986. *The Teak Forests of Zimbabwe*. In: Pearce, G. D. (ed.). *The Zambezi Teak Forests. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, 18–24th March 1984*, Livingstone, Zambia.
- Kreeb, K. 1983. *Vegetationskunde*. Stuttgart.
- Lamprecht, H. 1986. *Waldbau in den Tropen*. Hamburg und Berlin.
- Lanly, J.-P. 1982. *Tropical forest resources*. FAO, Rome.
- Malaya, F. M. 1986. *Mukusi diameter size-class enumeration in Malawwe und Kataba Botanical Reserves*. In: Pearce, G. D. (ed.). *The Zambezi Teak Forests. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, 18–24th March 1984*, Livingstone, Zambia.
- Martin, J. D. 1940. The *Baikiaea* Forests of Northern Rhodesia. *Empire Forestry Journal* 19, 8–18.
- Mbughi, R. J. 1986. *The Habitat and Regeneration of Zambezi Teak in Zambia*. In: Pearce, G. D. (ed.). *The Zambezi Teak Forests. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, 18–24th March 1984*, Livingstone, Zambia.
- Miller, O. B. 1939. The Mukusi Forests of the Bechuanaland Protectorate. *Empire Forestry Journal* 18, 193–201.
- Mitlöchner, R. 1990. Die Konkurrenz der Holzgewächse im regenrühnen Trockenwald des Chaco Boreal, Paraguay. *Göttinger Beitr. zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen* 56, 1–177.

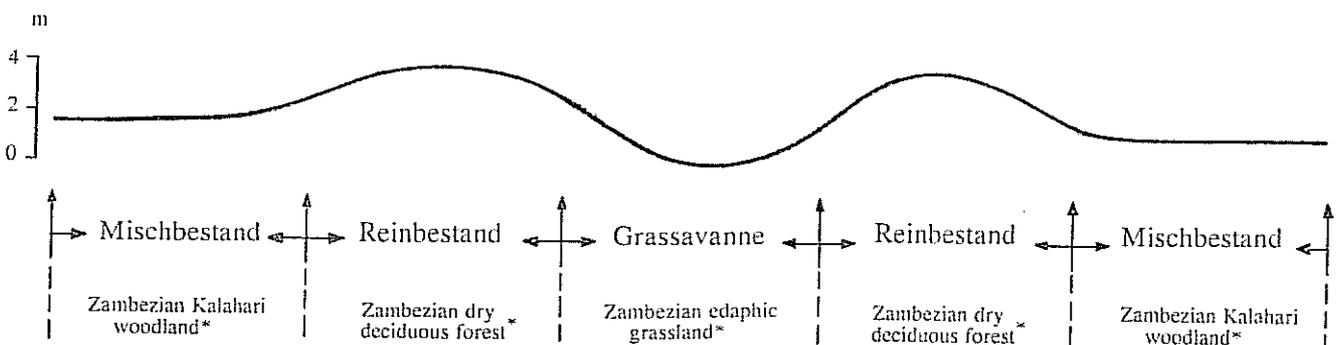


Abb. 4: Geländeform und Waldtyp in Ost-Caprivi (\*Vegetationsklassifizierung in Anlehnung an WHITE 1983). Landform and type of forest in Eastern Caprivi (\*classification according to WHITE 1983).

- Neef, E. (Hrsg.) 1978. *Das Gesicht der Erde – physische Geographie*. Leipzig.
- Nyamafene, K. 1991. *The Soils of Zimbabwe*. Harare, Zimbabwe.
- Oppermann, D. P. J.; Viljoen, M. F.; Du Toit, D.; Witke, P. I. 1983. *Landbou-ontwikkelingsplan vir die Oos-Caprivi*. Windhoek. Unpublished report.
- Pearce, G. D. 1986. *Tree diseases and disorders in the Zambezi Teak Forests*. In: Pearce, G. D. (ed.). *The Zambezi Teak Forests. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, 18–24th March 1984, Livingstone, Zambia*.
- Rollet, B. 1979. Application de diverses méthodes d'analyse de données à des inventaires forestiers détaillés levés en forêt tropicale. *Oecologia plantarum* 14 (3), 319–344.
- Scheffer, F.; Schachtschabel, P. 1984: *Lehrbuch der Bodenkunde*. Stuttgart.
- Tilman, D. 1982. *Resource competition and community structure*. Princeton Univ. Press. New Jersey.
- Trapnell, C. G.; Clothier, J. N. 1957. *The Soils, Vegetation and agricultural Systems of North-Western Rhodesia*. Lusaka.
- Ulrich, B. 1966. Kationenaustauschgleichgewichte in Böden. *Z. Pflanzenernährung. Bodenk.* 113. 141–159.
- Walter, H. 1973. *Die Vegetation der Erde*. Bd. 1. Jena.
- Weidelt, H.-J. 1987. Zur Baumartendiversität in tropischen Feuchtwald-Ökosystemen. *Forstarchiv* 5. 179–183.
- White, F. 1983. *The Vegetation of Africa*. Unesco, Paris.
- White, R. S. 1989. *Introduction to the principles and practice of soil science*. Cambridge.
- Wild, H.; Fernandes, A. (eds.). 1967. *Vegetation Map of the Flora Zambesiaca Area*. Salisbury, Rhodesia.
- Wood, A. P. 1986. Man's Impact upon the Mukusi Forests of Zambia, with special referene to Sesheke District. In: Pearce, G. D. (ed.). *The Zambezi Teak Forests. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, 18–24th March 1984, Livingstone, Zambia*.
- Zöhrer, F. 1980. *Forstinventur*. Hamburg und Berlin.
- Verfasser: Dr. R. Mitlöhner, Institut für Waldbau der Universität Göttingen, Abt. II: Waldbau der Tropen und Naturwaldforschung, Büsingenweg 1, D 37077 Göttingen

# Georg-August-Universität Göttingen

INSTITUT FÜR WALDBAU



Dr. Ralph Mitlöhner  
Abt. II: Waldbau der Tropen  
und Naturwaldforschung  
PROF. DR. H.-J. WEIDELT

D-3400 Göttingen-Weende, den 02.02.94  
Büsgenweg 1  
Telefon (0551) 393652  
Telefax 049551399629  
Telex UNIGOE 96703

Mr. Antti Erkkilä  
c/o Ministry of Agriculture, Water and  
Rural Development  
Directorate of Forestry  
Private Bag 13184  
Windhoek 9000  
Namibia

Dear Mr. Erkkilä,

enclosed you find the first results of the nine month research trip in Southern Africa. The eco-physiological measurements will be published later in the foreseeable future.

I hope the paper can support your work.

Yours sincerely

*Ralph Mitlöhner*