



BERICHT ÜBER DIE FORSTINVENTUR IM ABOUDJOKOPE-SCHUTZWALD

Realisiert durch :
SOUONDJA Sinandja
Forstingenieurin
Fachrichtung: Planung (+228)
90 27 49 12

September 2023

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen.....	ii
Liste der Tabellen.....	ii
Abkürzungen und Siglen	iii
Hintergrund und Begründung.....	1
1 Sammeln von Daten	1
1.1 Flächen für die Probenahme	2
1.2 Wald- und Regenerationsinventuren	3
1.3 Materialien zur Datenerhebung.....	3
2 Zusammensetzung des Waldbestands	4
2.1 Floristische Bilanz.....	5
2.2 Relative Häufigkeit der Arten	6
2.3 Dichte, Bodenfläche, Dominanz und relative Bedeutung der Arten.....	7
3 Struktur nach Durchmesserklassen und Höhe der inventarisierten Bäume.....	9
4 Arten von Pflanzenformationen.....	10
5 Geschätzte Biomasse.....	12
6 Floristische Bilanz der Verjüngung.....	15
6.1 Relative Häufigkeit und Dichte von Familien	15
6.2 Relative Vielfalt der verschiedenen Familien	16
6.3 Relative Häufigkeit und Dichte der Arten	16
7 Horizontale Struktur der Arten der Verjüngung	17
Schlussfolgerung	18
Bibliografie.....	19
Anhänge	I
Anhang 1: Liste der Arten im Wald.....	I
Anhang 2: Waldinventurblatt.	III
Anhang 3: Inventarblatt zur Regeneration.	IV
Anhang 4: Einige Fotos	V

Liste der Abbildungen

Abbildung 1: Probeflächen.....	2
Abbildung 2: Inventarfläche.....	3
Abbildung 3: Relative Häufigkeit der Arten.....	7
Abbildung 4: Diametrische Struktur der inventarisierten Bäume.....	9
Abbildung 5: Horizontale Struktur der inventarisierten Bäume.....	10
Abbildung 6: Bodenbedeckung im Wald von Aboudjokopé.....	11
Abbildung 7: Relative Häufigkeit und Dichte von Familien.....	15
Abbildung 8: Relative Vielfalt verschiedener Familien.....	16
Abbildung 9: Häufigkeit und relative Dichte der erfassten Arten.....	17
Abbildung 10: Horizontale Struktur der Arten in der Regeneration.....	17

Liste der Tabellen

Tabelle 1: Werkzeuge für die Bestandsaufnahme.....	4
Tabelle 2: Relative Häufigkeit, relative Dichte, relative Dominanz, relative Vielfalt und relative Bedeutung von Familien.....	6
Tabelle 3: Dichte, relative Dichte, Bodenfläche, Dominanz und relative Bedeutung der verschiedenen erfassten Arten.....	8
Tabelle 4: Dendrometrische Parameter der Formationstypen.....	12
Tabelle 5: Verschiedene allometrische Gleichungen.....	13
Tabelle 6: Statistische Analyse der Genauigkeit.....	14
Tabelle 7: Geschätzte Biomasse und Kohlenstoffspeicher.....	14

Siglen und Abkürzungen

BA	: Biomasse aus der Luft
BS	: Unterirdische Biomasse
BT	: Gesamtbiomasse
CO ₂	: Kohlendioxid
DBH	: Durchmesser in Brusthöhe
DER	: Relative Dichte
DIR	: Relative Vielfalt
DOR	: Relative Dominanz
EqC	: Kohlenstoffäquivalent
FRR	: Relative Häufigkeit
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen)
GPS	: Global Positioning System
ICRAF	: International Centre for Research in Agroforestry
IMR	: Relative Bedeutung
NGO	: Nichtregierungsorganisation
SC	: Kohlenstoffbestand

Hintergrund und Begründung

Aufgrund des Anstiegs der weltweiten Treibhausgasemissionen ist die durchschnittliche Oberflächentemperatur unseres Planeten zwischen 1880 und 2012 um durchschnittlich 0,85°C gestiegen (IPCC, 2014). Der Klimawandel ist eine globale Herausforderung mit nicht unerheblichen Auswirkungen auf die Gesellschaft und die Ökosysteme. Angesichts dieser Herausforderung können die Auswirkungen des Klimawandels durch Abschwächung verringert werden, indem die Produktions- und Managementbereiche der Gesellschaft und der natürlichen Ressourcen schnell und radikal umgestellt werden. Indem sie etwa 80% des gesamten oberirdischen terrestrischen organischen Kohlenstoffs und 20% des gesamten unterirdischen terrestrischen Kohlenstoffs speichern (IPCC, 2011), tragen die Wälder somit zur Abschwächung des Klimawandels bei.

In diesem Sinne spielen die Wälder eine entscheidende Rolle bei der Regulierung des atmosphärischen CO₂-Niveaus. Die Dauer der Kohlenstoffsequestrierung ist sehr unterschiedlich und hängt von ökologischen und anthropogenen Faktoren ab, die den Kohlenstofflebenszyklus der verschiedenen Pflanzenkomponenten in einem Waldökosystem beeinflussen.

Um den Kohlenstoffbestand im Schutzwald von Aboudjokopé zu bewerten, hat die NGO Ecocent Togo, die diesen Wald verwaltet, beschlossen, Bestandsaufnahmen durchzuführen. Die Ergebnisse dieser Bestandsaufnahmen sollen als Datengrundlage für die Überwachung und Bewertung des Kohlenstoffbestands in diesen Wäldern nach jeweils fünf Jahren dienen.

1 Sammeln von Daten

Die Bestandsaufnahmen wurden in sechzig (60) gleichmäßig verteilten Stichprobenflächen mit einem Abstand von 360 m durchgeführt, die mithilfe der Vektordatei des Waldes und der Software QGIS Version 3.18 generiert wurden (Abbildung 1).

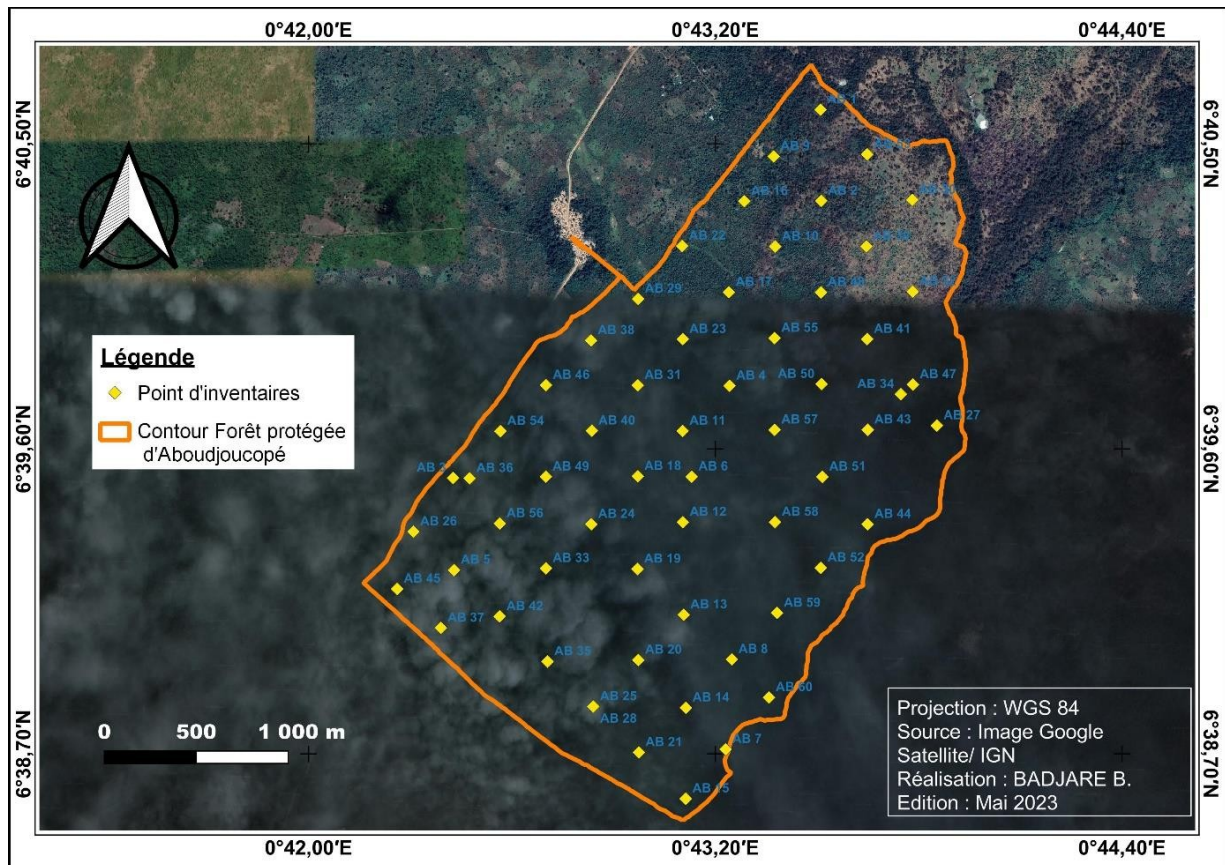


Abbildung 1: Probeflächen

1.1 Probeflächen

Die Bestandsaufnahmen wurden in kreisförmigen Flächen mit zwei ineinandergreifenden Kompartimenten durchgeführt (Abbildung 2). Laut Picard (2012) ist die Einrichtung dieser Art von Probeflächen einfach und die Kreisform stellt eine minimale Beziehung zwischen Umfang und Fläche dar. Außerdem weist sie ein geringeres Risiko auf, dass die Bäume innerhalb und außerhalb der Fläche falsch positioniert werden. Somit ist die Wahrscheinlichkeit, die Bäume auf der Grenze der Beobachtungsfläche zu finden, geringer. Jeder Kreis wird durch vier Markierungssteine markiert, die den vier Himmelsrichtungen (N, O, S, W) folgen.

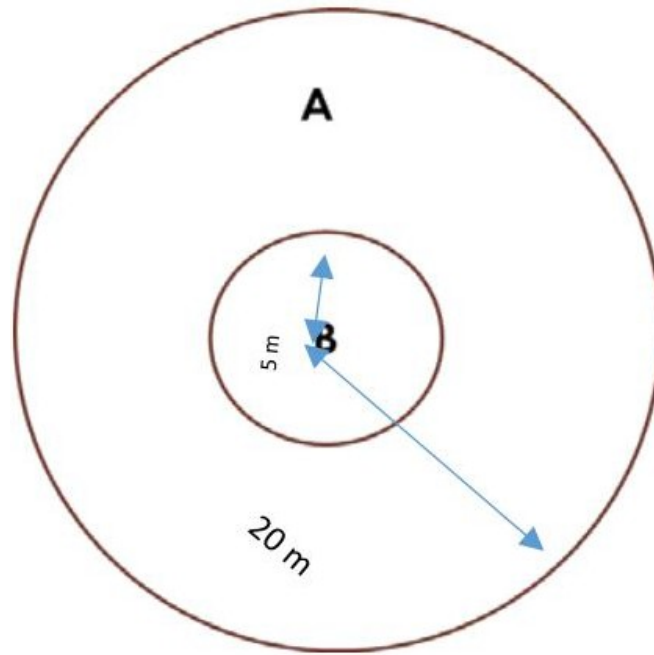


Abbildung 2: Inventarfläche

1.2 Wald- und Regenerationsinventuren

In Kompartiment A mit einem Radius von 20 m wurden die Brusthöhendurchmesser (BHD $\geq$ 10 cm), die Gesamthöhe und die Schafthöhe der Gehölze entlang der Nord-Ost- und Süd-Ost-Ausrichtung gemessen. Individuen (potenzielle Verjüngung) mit einem Durchmesser von weniger als 10 cm und einer Höhe von mehr als 1,3 m wurden in Kompartiment B gezählt.

1.3 Materialien zur Datenerhebung

Die Liste der für die Bestandsaufnahmen verwendeten Materialien ist in der folgenden Tabelle enthalten:

Tabelle 1: Hilfsmittel für die Bestandsaufnahme

Tools		Dienstprogramme
1	Ein (01) Kompass	Um Richtungen zu identifizieren und Winkel zu messen
2	Ein (01) Garmin GPS-Gerät	So speichern Sie die geografischen Koordinaten (UTM)
3	Zwei (02) dendrometrische Bänder	Um den Durchmesser von Bäumen zu messen
4	Ein (01) Band von 50 m Länge	Um Entfernungen zu messen
5	Ein (01) Laserhypsometer	Um die Höhe großer Bäume zu messen
6	Ein (01) Nylonseil von 100 m Länge	Um die Flächen abzugrenzen
7	Marker	Um Bäume zu markieren
8	Sieben (07) Meilensteine	Um die Grenzen der Flächen zu materialisieren
9	Eine (01) Aluminiumstange von 1,30 m Länge	Zur Angabe der Messstufe des Umfangs in 1,30 m Höhe
10	Eine (01) Gartenschere	Zum Schneiden von Probenstäben
11	12er Eisenstück, 30 cm hoch (gleiche Anzahl wie die Plättchen)	Um die Mitte des Platzes zu materialisieren
12	Ein (01) Hammer	Um die Eisenstücke zu pflanzen
13	Schreibtische	Für Notizen
14	Inventarkarten	Um die gesammelten Daten zu notieren
15	Zwei (02) Macheten	Für das Räumen von Pisten und für die Sicherheit
16	Ein (01) Verbandskasten	Um Erste Hilfe zu leisten
17	Eine (01) Aluminiumstange von 7 m Länge	Um die Höhe von Sträuchern und kleinen Bäumen zu messen
18	Eingabemedien (01)	A4-Tablets
19	Plastikmappen mit Klappe	Um die Sammelkarten zu sichern

2 Zusammensetzung des Waldbestands

Die Analyse der Zusammensetzung der Holzgewächse erfolgt durch die Verwendung folgender Formeln (Lejoly, 1993):

- **Relative Dichte (DER):** Dies ist das mit 100 multiplizierte Verhältnis zwischen der Anzahl (Effektivität) der Arten einer Familie und der Gesamtanzahl der Arten.

$$DER = \frac{\text{Nombre d'espèce d'une famille}}{\text{Nombre total des des de espèces}} \times 100$$

- **Die Häufigkeit** einer Art entspricht der Anzahl der Flächen, in denen sie vorkommt.
- **Die relative Häufigkeit (FRR)** ist das Verhältnis der Häufigkeit einer Art zur Gesamthäufigkeit aller Arten multipliziert mit 100.

$$FRR = \text{Fréquence d'une espèce}$$

Total de fréquence de
toutes les espèces

X 100

- **Die relative Vielfalt (RD)** wird bestimmt, indem man die Anzahl der Arten innerhalb einer Familie mit der Gesamtzahl der Arten multipliziert und mit 100 vergleicht.

$$DIR = \frac{\text{Nombre d'espèce dans une famille}}{\text{Nombre total total d'espèces}} \times 100$$

- **Die relative Dominanz (DOR)** einer Art oder Familie ist das mit 100 multiplizierte Verhältnis der Grundfläche einer Art oder Familie zur gesamten Grundfläche der Stichprobe.

$$DOR = \frac{\text{Surface terrière d'une espèce ou famille}}{\text{surface terrière totale de de l'échantillon}} \times 100$$

- **Die relative Bedeutung (RMI)** einer Art ist die Summe aus ihrer Dichte, Dominanz und relativen Häufigkeit. Die IMR einer Familie ist die Summe ihrer Dichte, Dominanz und relativen Vielfalt. Die relative Bedeutung einer Art variiert von 0 bis 300, im Gegensatz zu den anderen vorherigen Indizes.
- **Der Artenreichtum S** entspricht der Anzahl der erfassten Arten

2.1 Floristische Bilanz

Bei den Bestandsaufnahmen auf den 60 Probeflächen wurden insgesamt 3127 Stämme von holzigen Arten gezählt, die 58 Gattungen in 18 Familien angehören.

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, steht die Familie der Fabaceae mit 17,40 % relativer Häufigkeit, 38,09 % relativer Dichte, 38,63 % relativer Dominanz und 102,58 % relativer Bedeutung an erster Stelle und ist auch am vielfältigsten (25,86 %). Ihr folgen in absteigender Reihenfolge die Familien der Combretaceae, Sapotaceae und Phyllanthaceae. Die Familien mit der geringsten relativen Häufigkeit sind die Sterculiaceae (0,59 %), Sapindaceae (0,59 %) und Annonaceae (0,29 %).

Tabelle 2: Relative Häufigkeit, relative Dichte, relative Dominanz, relative Vielfalt und relative Bedeutung von Familien

Familie	Relative Häufigkeit (%)	Relative Dichte (%)	Relative Dominanz (%)	Relative Vielfalt (DIR) %	Relative Bedeutung (%)
Anacardiaceae	7,37	1,98	2,79	5,17	9,94
Annonaceae	0,29	0,03	0,02	1,72	1,77
Apocynaceae	3,54	1,44	0,86	1,72	4,03
Araliaceae	2,95	0,45	0,33	1,72	2,50
Bignoniaceae	1,18	0,35	0,49	3,45	4,29
Celastraceae	0,88	0,10	0,05	1,72	1,87
Combretaceae	15,34	13,56	19,92	15,52	49,00
Fabaceae	17,40	38,09	38,63	25,86	102,58
Malvaceae	1,77	0,90	0,75	3,45	5,09
Meliaceae	10,62	7,20	6,35	5,17	18,72
Moraceae	0,59	0,96	1,04	6,90	8,90
Phyllanthaceae	11,21	12,66	10,90	5,17	28,74
Rubiaceae	7,96	4,00	3,40	8,62	16,02
Rutaceae	1,18	0,58	0,40	1,72	2,70
Sapindaceae	0,59	0,13	0,08	1,72	1,93
Sapotaceae	14,16	16,82	12,76	3,45	33,03
Sterculiaceae	0,59	0,22	0,21	3,45	3,88
Verbenaceae	2,36	0,54	1,01	3,45	5,01

2.2 Relative Häufigkeit der Arten

Die folgende Abbildung 3 zeigt eine Klassifizierung der Arten nach absteigenden Werten der relativen Häufigkeiten. Die ersten beiden Arten mit den höchsten relativen Häufigkeiten von über 6 % sind *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (8,16 %) und *Bridelia ferruginea* Benth. (6,42 %). Drei Arten weisen relative Häufigkeiten zwischen 5 und 6 % auf. Es handelt sich um *Terminalia glaucescens* Planch. ex Benth. (5,73 %), *Entada africana* Guill. & Perr. (5,56 %), *Pterocarpus erinaceus* Poir. (5,21 %). Die anderen Arten haben relative Häufigkeiten von weniger als 1 % (Tabelle 3). Die Häufigkeitsverteilung der Arten, die durch die eingezeichnete Trendkurve verkörpert wird, ist an eine logarithmische Funktion mit der Gleichung $y = -2,13\ln(x) + 8,3495$ angepasst und weist einen abnehmenden Verlauf auf. Da der Wert des R-Koeffizienten² hoch ist (0,97), ist die Verteilung der Artenhäufigkeiten innerhalb der Flächen nahe beieinander.

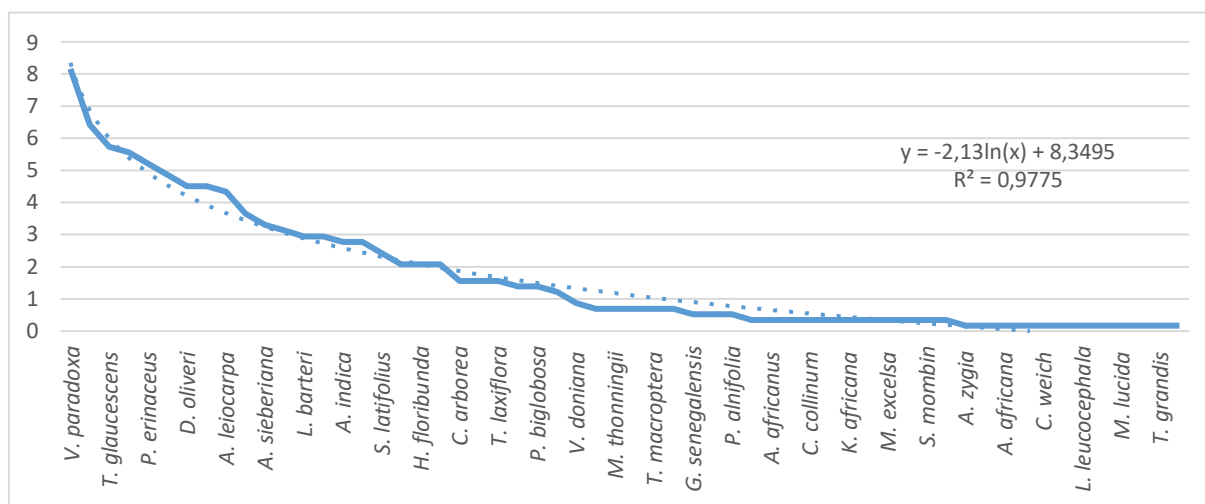


Abbildung 3: Relative Häufigkeit der Arten

2.3 Dichte, Bodenfläche, Dominanz und relative Bedeutung der Arten

Von den 58 inventarisierten Arten weist *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. mit 4140 Pflanzen pro Hektar die höchste Dichte auf. Danach folgen Arten wie *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp (3217 N/ha), *Bridelia ferruginea* Benth. (2269 N/ha). Holzgewächse wie *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. (1815 N/ha), *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalziel (1226 N/ha), *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) (1186 N/ha), *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms. (1122 N/ha) Haben Dichten von weniger als 2000 Füßen pro Hektar (Tabelle 3).

Drei Arten, nämlich *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. (7,73 m²), *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (7,46 m²) und *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp (7,23 m²) haben die höchsten Landflächen. Diese Arten sind mit 13,12 %, 12,65 % und 12,26 % die dominantesten und mit 37,44 %, 28,82 % und 24,75 % die wichtigsten Arten. Vierzig Arten haben eine Landfläche von weniger als 1 m² (*Kigelia africana* (Lam.) Benth. *Khaya senegalensis* (Desr.) A.Juss. *Hymenocardia acida* Tul., *Milicia excelsa* (Welw.) C.C.Berg).

Tabelle 3: Dichte, relative Dichte, Terrafläche, Dominanz und relative Bedeutung der verschiedenen erfassten Arten

Spezies	Relative Häufigkeit (FRR %)	Dichte (N/ha)	Relative Dichte (DER %)	Bodenfläche (m²)	Relative Dominanz (DOR %)	Relative Bedeutung (IMR %)
<i>A. polyacantha</i>	2,08	230,89	0,93	1,14	1,93	4,94
<i>A. sieberiana</i>	3,30	406,05	1,63	1,41	2,39	7,32
<i>A. africana</i>	0,35	31,85	0,13	0,05	0,08	0,56
<i>A. zygia</i>	0,17	63,69	0,26	0,13	0,22	0,65
<i>A. africanus</i>	0,35	31,85	0,13	0,05	0,08	0,56
<i>A. senegalensis</i>	0,17	7,96	0,03	0,01	0,02	0,22
<i>A. leiocarpa</i>	4,34	1815,29	7,29	7,73	13,12	24,75
<i>A. africana</i>	0,17	23,89	0,10	0,18	0,31	0,58
<i>A. indica</i>	2,78	517,52	2,08	1,25	2,12	6,98
<i>B. ferruginea</i>	6,42	2269,11	9,11	4,86	8,25	23,79
<i>C. pentandra</i>	0,35	23,89	0,10	0,11	0,19	0,64
<i>C. collinum</i>	0,35	23,89	0,10	0,05	0,08	0,53
<i>C. glutinosum</i>	0,17	7,96	0,03	0,01	0,02	0,22
<i>C. weich</i>	0,17	63,69	0,26	0,23	0,39	0,82
<i>C. paniculatum</i>	0,17	7,96	0,03	0,03	0,06	0,26
<i>C. febrifuga</i>	3,13	652,87	2,62	1,42	2,40	8,15
<i>C. arborea</i>	1,56	111,46	0,45	0,20	0,33	2,34
<i>D. oliveri</i>	4,51	1226,11	4,92	2,93	4,96	14,40
<i>D. cinerea</i>	1,56	294,59	1,18	0,40	0,67	3,42
<i>E. africana</i>	5,56	684,71	2,75	1,48	2,50	10,81
<i>F. asperifolia</i>	0,35	39,81	0,16	0,07	0,12	0,63
<i>F. auf</i>	1,39	143,31	0,58	0,22	0,37	2,33
<i>G. ternifolia</i>	0,69	55,73	0,22	0,12	0,21	1,12
<i>G. sepium</i>	3,65	3216,56	12,92	7,23	12,26	28,82
<i>G. venusta</i>	1,22	199,04	0,80	0,33	0,56	2,57
<i>G. senegalensis</i>	0,52	23,89	0,10	0,03	0,05	0,67
<i>H. floribunda</i>	2,08	358,28	1,44	0,51	0,86	4,38
<i>H. acida</i>	2,78	851,91	3,42	1,50	2,54	8,74
<i>K. senegalensis</i>	0,52	151,27	0,61	0,28	0,47	1,60
<i>K. africana</i>	0,35	71,66	0,29	0,27	0,46	1,10
<i>L. acida</i>	2,08	167,20	0,67	0,46	0,77	3,53
<i>L. barteri</i>	2,95	310,51	1,25	1,14	1,94	6,14
<i>L. leucocephala</i>	0,17	7,96	0,03	0,02	0,03	0,24
<i>L. sericeus</i>	2,95	1186,31	4,76	2,03	3,44	11,16
<i>M. discoidea</i>	0,35	31,85	0,13	0,07	0,11	0,59
<i>M. excelsa</i>	0,35	31,85	0,13	0,14	0,25	0,72
<i>M. thonningii</i>	0,69	63,69	0,26	0,10	0,18	1,13
<i>M. inermis</i>	0,17	31,85	0,13	0,04	0,07	0,37
<i>M. lucida</i>	0,17	15,92	0,06	0,03	0,05	0,28
<i>P. biglobosa</i>	1,39	143,31	0,58	0,53	0,89	2,86
<i>P. thonningii</i>	4,86	748,41	3,01	1,13	1,92	9,78

<i>P. alnifolia</i>	0,52	47,77	0,19	0,06	0,11	0,82
<i>P. kotschy</i>	4,51	1122,61	4,51	2,22	3,76	12,78
<i>P. erinaceus</i>	5,21	812,10	3,26	3,17	5,38	13,85
<i>S. latifolius</i>	2,43	238,85	0,96	0,40	0,68	4,07
<i>S. siamea</i>	0,35	366,24	1,47	1,04	1,76	3,58
<i>S. mombin</i>	0,35	15,92	0,06	0,04	0,08	0,49
<i>S. foetida</i>	0,17	7,96	0,03	0,02	0,04	0,24
<i>S. setigera</i>	0,69	47,77	0,19	0,10	0,17	1,06
<i>S. kunthianum</i>	0,35	15,92	0,06	0,02	0,03	0,44
<i>T. grandis</i>	0,17	71,66	0,29	0,28	0,48	0,94
<i>T. glaucescens</i>	5,73	931,53	3,74	2,32	3,94	13,41
<i>T. laxiflora</i>	1,56	374,20	1,50	0,97	1,64	4,71
<i>T. macroptera</i>	0,69	143,31	0,58	0,37	0,63	1,90
<i>T. mantaly</i>	0,17	7,96	0,03	0,03	0,04	0,25
<i>V. paradoxa</i>	8,16	4140,13	16,63	7,46	12,65	37,44
<i>V. doniana</i>	0,87	63,69	0,26	0,32	0,54	1,66
<i>Z. zanthoxyloides</i>	0,69	143,31	0,58	0,23	0,40	1,67

3 Struktur nach Durchmesserklassen und Höhe der inventarisierten Bäume

Die inventarisierten Bäume weisen eine horizontale "L"-förmige Struktur auf, wobei Arten mit einem Durchmesser von 20 - 30 cm stark vertreten sind. Arten mit einem Durchmesser zwischen 10-20 cm und 30-40 cm sind gut vertreten. Arten mit einem Durchmesser zwischen 40-70 sind nur sehr schwach vertreten (Abbildung 4). Die an eine logarithmische Funktion angepasste Trendkurve zeigt einen abnehmenden Verlauf mit der Gleichung $y = -84,89\ln(x) + 162,55$ $R^2 = 0,1983$.

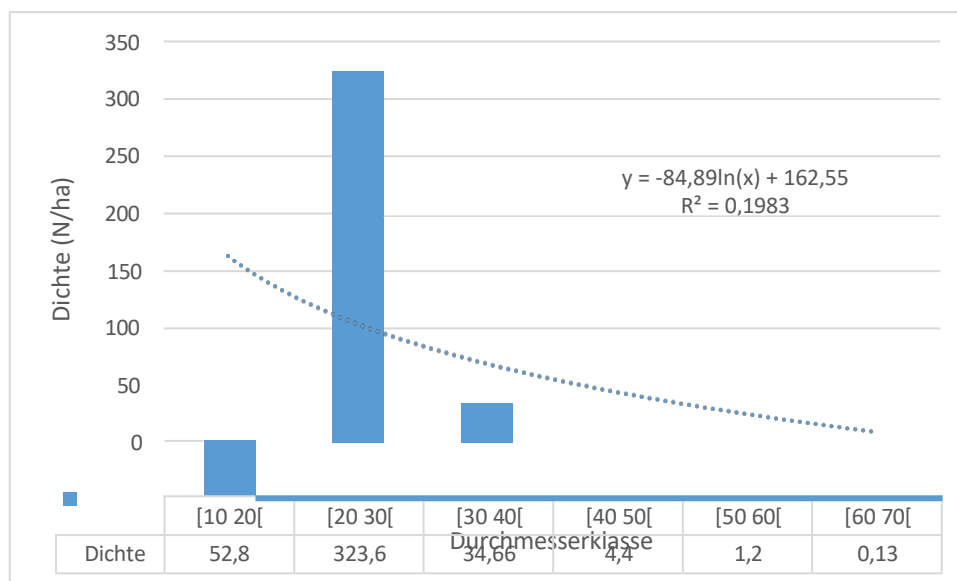


Abbildung 4: Vertikale Struktur der inventarisierten Bäume

Die Verteilung der Bäume nach Höhenklassen zeigt einen "glockenförmigen" Verlauf mit einer starken Repräsentativität der Arten, deren Höhenklasse [6-8 m[ist, gefolgt von den Klassen [4-6 m[und [8-10 m[. Individuen mit einer Höhe von weniger als 2 m und von 2-4 m sind weniger stark vertreten. Der Wert des R^2 -Koeffizienten $\leq 0,5$, es besteht also eine geringe Korrelation zwischen der Mittleren Höhe, der Terri-Fläche sowie der oberirdischen Biomasse und der Terri-Fläche (Abbildung 5).

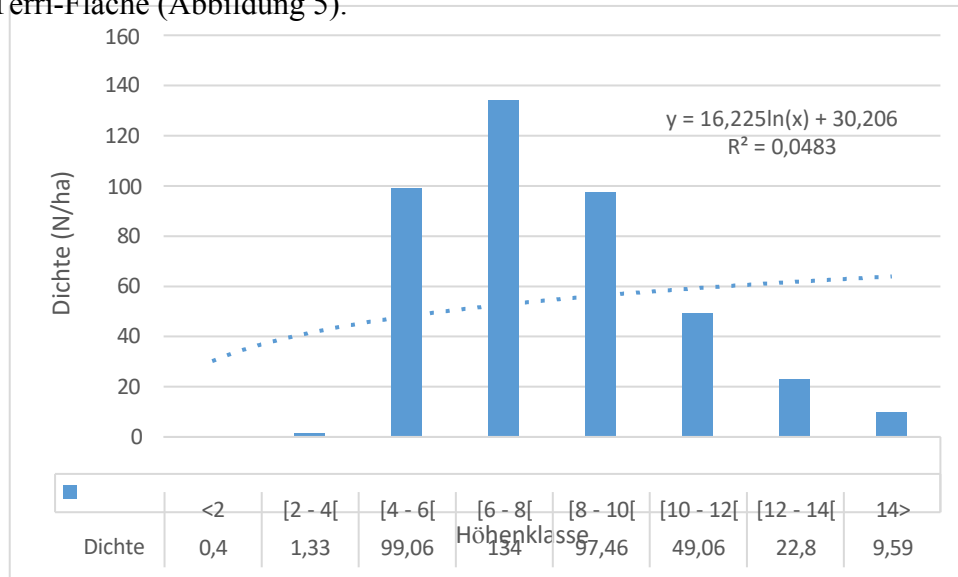


Abbildung 5: Horizontale Struktur der inventarisierten Bäume

4 Arten von Pflanzenformationen

Es wurde eine nicht überwachte Klassifizierung unter der Software Envi 4.7 anhand des normalisierten Differenz-Vegetationsindex (NDVI) durchgeführt, der aus dem Nah-Infrarot (NIR) und Rot-Reflexionsgrad (RED) eines Aster-Bildes berechnet wurde. Die verschiedenen Landnutzungseinheiten des Aboudjokopé-Waldes gemäß dem Landklassifikationssystem von Togo, das sich nach der Nomenklatur der Forstdaten richtet, sind Waldsavannen/lichte Wälder, Galeriewälder, Brachland, Strauchsavannen/Baumsavannen (Abbildung 6).

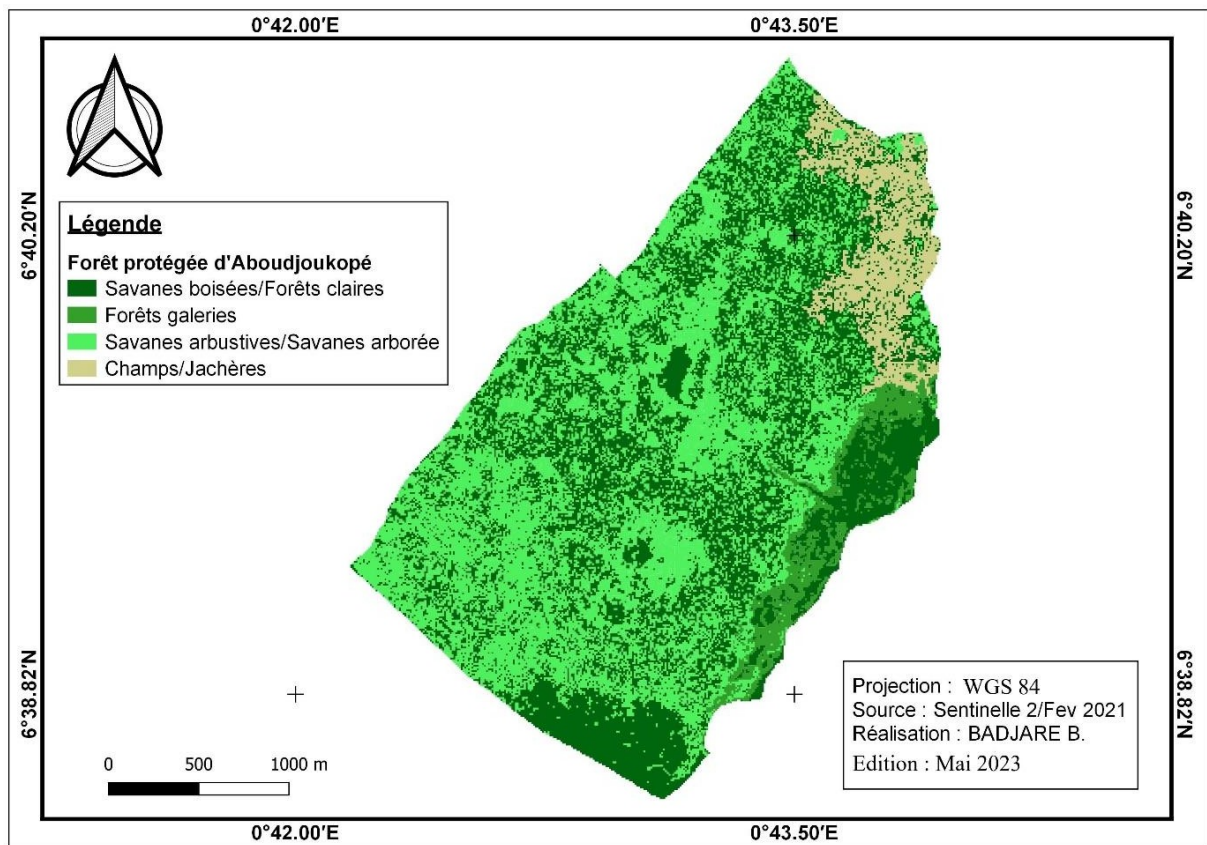


Abbildung 6: Bodenbedeckung des Aboudjokopé-Waldes

Waldsavanne: Sie weisen eine hohe Repräsentativität von Holzarten wie *Khaya senegalensis* (Desr.) A.Juss, *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. und *Acacia polyacantha* Willd. ssp. *campylacantha* (Hochst. ex A.Rich.) Brenan und eine durchschnittliche Dichte von 13 ± 11 Bäumen pro Hektar auf. In dieser Formation beträgt der durchschnittliche Durchmesser 16 ± 5 cm und die durchschnittliche Gesamthöhe $5,81 \pm 2,17$ m.

Baumsavannen/Strauch-Savannen: Sie werden von einer starken Präsenz von Holzarten wie *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. ssp. *paradoxa*, *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr., *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth, *Bridelia ferruginea* Benth *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalziel. und *Entada africana* Guill. & Perr. usw. Die durchschnittliche Dichte beträgt 403 ± 310 N/ha bei einem durchschnittlichen Durchmesser von 14 ± 5 cm und $7,6 \pm 0,00$ m² /ha Terrierfläche. Lichter Wald: Dominiert von Arten wie *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., *Terminalia glaucescens* Planch. ex Benth mit einer durchschnittlichen Dichte von 477 ± 136 Bäumen pro Hektar und einem durchschnittlichen Durchmesser von 14 ± 4 cm bei einer Bodenfläche von $14,25 \pm 0,16$ m/ha.²

Gliricidia-Pflanzung: In diesen Pflanzungen finden sich einige Stämme von *Lannea barteri* (Oliv.) Engl., *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. ssp. *Paradoxa*, *Azadirachta indica* A.Juss., *Bridelia ferruginea* Benth., *Entada africana* Guill. & Perr. mit einer Dichte von 514 ± 218 Bäumen pro Hektar. Der durchschnittliche Durchmesser, die Gesamthöhe und die durchschnittliche Bodenfläche der Bäume in dieser Formation betragen 13 ± 3 cm, $7,15 \pm 1,86$ m bzw. $7,77 \pm 0,02$ m /ha.²

Galeriewald: Er besteht aus Arten wie *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth, *Albizia zygia* (De.) J.F.Macbr, *Acacia polyacantha* Willd. ssp. *campylacantha* (Hochst. ex A.Rich.) Brenan, *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr., *Holarrhena floribunda* (G.Don) Durand & Schinz, *Kigelia africana* (Lam.) Benth. Die durchschnittliche Dichte der holzigen Arten innerhalb dieser Formation beträgt 366 ± 53 Bäume pro Hektar, der durchschnittliche Durchmesser 14 ± 4 cm und eine durchschnittliche Bodenfläche von $6,92 \pm 0,11$ m² /ha (Tabellen 4).

Tabelle 4: Dendrometrische Parameter der Formationstypen

	Mittlerer Durchmesser (cm)	Durchschnittliche Gesamthöhe (m)	Durchschnittliche Dichte (N/ha)	Durchschnittliche Terrierfläche (m ² /ha)
Bewaldete Savanne	16 ± 5	$5,81 \pm 2,17$	155 ± 11	$6,13 \pm 0,95$
Strauch-/Baumsavanne	14 ± 5	$6,08 \pm 2,4$	403 ± 310	$7,6 \pm 0,00$
Lichter Wald	18 ± 6	$10,93 \pm 2,61$	477 ± 136	$14,25 \pm 0,16$
Galeriewald	14 ± 4	$9,85 \pm 1,74$	366 ± 53	$6,92 \pm 0,11$
Gliricidia-Pflanzung	13 ± 3	$7,15 \pm 1,86$	514 ± 218	$7,77 \pm 0,02$

5 Schätzung der Biomasse

Die Berechnung der Biomasse erfolgte pro Fläche unter Verwendung von sieben (07) allometrischen Gleichungen (Tabelle 5). Durch die Analyse und Entfernung von Ausreißern aus jeder allometrischen Gleichung wurde die Stichprobengröße bereinigt. Anschließend wurde eine statistische Präzisionsanalyse durchgeführt, um für jede allometrische Gleichung die durchschnittliche Biomasse, die Standardabweichung, das Konfidenzniveau, das Konfidenzintervall und seine Grenzen sowie das Präzisionsniveau zu berechnen.

Die Holzdichte der verschiedenen Baumarten wurde den weltweiten Datenbanken von ICRAF und Dryad (Chave et al 2009; Zanne 2009) entnommen. Für Gattungen, für die keine Werte für die spezifische Dichte gefunden wurden, wurde eine Standarddichte von 0,58g/cm

verwendet .³

Der Kohlenstoffbestand wird nach der Formel (IPCC, 2006) bestimmt:

$$SC = \text{Biomasse Total} \times \text{Ratio} \times \text{Facteur de conversion}$$

Tabelle 5: Verschiedene allometrische Gleichungen

Autoren	Nº	Gleichungen
Brown et al. 1989	E ₁	$AGB = 38.4908 - 11.7883 * D + 1.1926 * D^2$
	E ₂	$AGB = \exp(-3.1141 + 0.9719 * \ln(D^2 * H))$
	E ₃	$AGB = \exp(-2.4090 + 0.9522 * \ln(D^2 * H * \rho))$
Brown 1997	E ₄	$AGB = \exp(-2.289 + 2.649 * \ln(D) - 0.021 * \ln(D)^2)$
Chave et al. 2005	E ₅	$AGB = \exp(-2.977 + \ln(\rho * D^2 * H))$
	E ₆	$AGB = \rho * \exp(-1.499 + 2.148 * \ln(D) + 0.207 * (\ln(D))^2 - 0.0281 * (\ln(D))^3)$
Chave et al 2014	E ₇	$AGB = 0.0673 * (\rho * D^2 * H)^{0.976}$

Mit BA = oberirdische Biomasse in Tonnen, D = Brusthöhendurchmesser (m), ρ = spezifische Dichte des Holzes (t/m³ getrocknet auf 103°) und H = Gesamthöhe des Baumes.

Durch das Entfernen von Ausreißern wurde bei einigen allometrischen Gleichungen die Anzahl der Flächen auf 56, 57 und 58 reduziert. Dabei handelt es sich um die Gleichung E4 von Brown et al. 1989 sowie die Gleichungen von Chave et al. 2005-2014 (E6 und E7). Die Mittelwerte der höchsten (9017,73 Kg) und niedrigsten (3041,30 Kg) Biomasse wurden mit den Gleichungen E6 von Chave et al. 2005 und E2 von Brown et al. 1989 ermittelt (Tabelle 6). Das berechnete Präzisionsniveau liegt zwischen 7,8% und 9,2% für die verschiedenen allometrischen Gleichungen. Die erforderliche Mindestgenauigkeit liegt gemäß den Anforderungen des Goldstandards bei 20%.

Tabelle 6: Statistische Analyse der Genauigkeit

Größe der Stichprobe	57	58	58	56	58	57	58
Durchschnittswert (AGB/kg)	7443,54	3041,30	4107,33	6842,40	3358,66	9017,73	3689,17
Standardabweichung	2699,81	1265,76	1678,01	2420,61	1425,85	3308,87	1534,87
Vertrauensniveau	458,28	213,00	282,37	414,54	239,94	561,67	258,28
20% des Mittelwerts	1488,71	608,26	821,47	1368,48	671,73	1803,55	737,83
z-Wert von 90%	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Oberer Anschluss	8031,79	3314,70	4469,78	7374,50	3666,64	9738,69	4020,70
Untere Klemme	6855,29	2767,89	3744,88	6310,29	3050,67	8296,78	3357,64
Vertrauensintervall	1176,50	546,81	724,90	1064,21	615,97	1441,91	663,06
Genauigkeit (%)	7,9	9,0	8,8	7,8	9,2	8,0	9,0
Doppelte Überprüfung (%)	7,9	9,0	8,8	7,8	9,2	8,0	9,0
Erforderliche Genauigkeit	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Anzuwendender Wert	7443,54	3041,30	4107,33	6842,40	3358,66	9017,73	3689,17

Für alle allometrischen Gleichungen wurde ein Genauigkeitsgrad von 20 % erreicht. Daher wird für alle allometrischen Gleichungen der berechnete Mittelwert verwendet. Tabelle 7 zeigt die Gesamtbiomasse pro ha sowie den Kohlenstoffbestand pro ha für alle allometrischen Gleichungen.

Tabelle 7: Schätzung der Biomasse und des Kohlenstoffspeichers

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
AGB/ha (kg)	59263,86	24214,13	32701,65	54477,70	26740,90	71797,22	29372,34
Verhältnis Wurzel zu Trieb	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Biomassen Gesamt/ha (kg)	71116,64	29056,96	39241,98	65373,24	32089,08	86156,67	35246,80
Verhältnis	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Faktor von Umwandlung (C zu CO₂)	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66
tCO₂/ha	122,55	50,07	67,62	112,65	55,30	148,47	60,74

Es wird vorgeschlagen, den Mittelwert aller allometrischen Gleichungen zu verwenden, d. h.

einen Wert von 88,21 tCO₂/ha.

6 Floristische Bilanz der Verjüngung

6.1 Relative Häufigkeit und Dichte von Familien

Die Bestandsaufnahme der Verjüngung wurde in 58 Flächen durchgeführt, weil es in den Erhebungen 1 und 6 keine messbaren Arten gab. Insgesamt wurden 748 Sämlinge mit einer durchschnittlichen Höhe von $2,95 \pm 1,34$ m erfasst, die sich auf 51 Gattungen und 22 Familien verteilten.

Abbildung 7 zeigt die Variation der Häufigkeit und der relativen Dichte in Abhängigkeit von den Familien der erfassten Arten. Die relative Häufigkeit variiert zwischen 0,42% für die Familie der Bombacaceae, die die geringste Häufigkeit aufweist, und 18,14% für die Familie der Fabaceae. Die Familien Meliaceae, Phyllanthaceae, Rubiaceae und Sapotaceae haben relative Häufigkeiten von 12,24 %.

%, 11,39 %, 10,97 % und 10,55 %, was ihre hohe Repräsentativität im Wald erklärt. Die relative Dichte reicht von 0,13% bis 28,88%. Die Familie der Fabaceae (28,88%) weist immer noch die höchste Dichte auf. Ihr folgen die Familien Phyllanthaceae, Sapotaceae und Meliaceae mit jeweils 14,97%, 12,30% und 10,55% relativer Dichte. Die Familien mit der geringsten Dichte sind die Bombacaceae (0,13%), Anacardiaceae, Boraginaceae, Ebenaceae und Sterculiaceae mit jeweils 0,53% relativer Dichte.

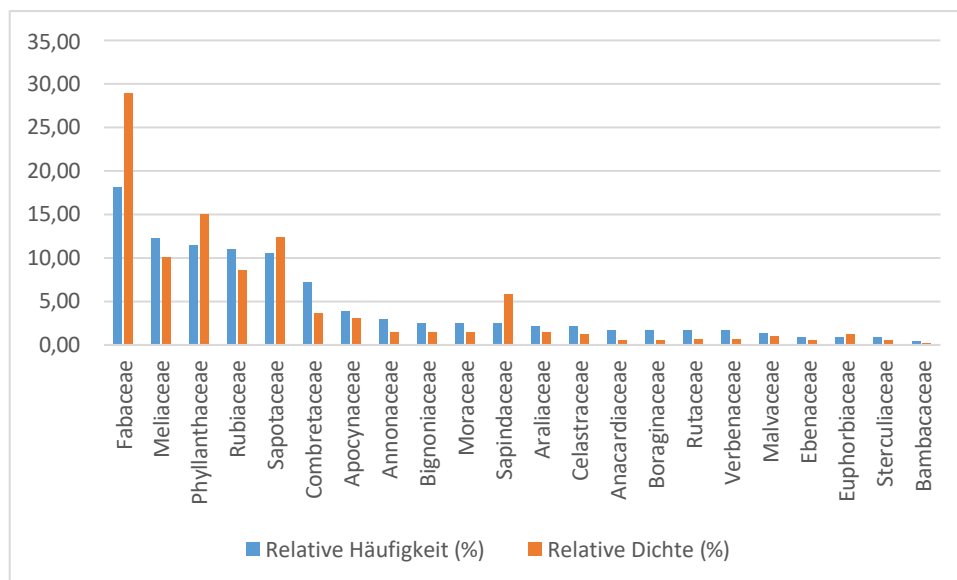


Abbildung 7: Relative Häufigkeit und Dichte von Familien

6.2 Relative Vielfalt der verschiedenen Familien

Die folgende Abbildung 8 zeigt eine Klassifizierung der Familien nach absteigenden Werten der relativen Vielfalt. Die Familie der Apocynaceae, Sapindaceae, Araliaceae, Celastraceae, Anacardiaceae, Boraginaceae, Rutaceae, Verbenaceae, Malvaceae, Ebenaceae, Euphorbiaceae, Sterculiaceae und Bombacaceae mit jeweils 2,04% relativer Dichte ist die schwächste. Die Familie der Fabaceae hat die höchste relative Dichte (26,54%), gefolgt von Rubiaceae (10,20%) und Combretaceae (8,16%). Um einen Eindruck von der Verteilung der Vielfalt innerhalb der Familien zu erhalten, wurde eine Trendkurve gezeichnet und an eine logarithmische Funktion mit der Gleichung $y = -0,4921x + 10,204$ angepasst. Sie weist einen abnehmenden Verlauf auf. Da der Wert des R-Koeffizienten² unter 0,5 liegt ($R^2 = 0,34$), ist die Verteilung der Arten innerhalb der Familien gering.

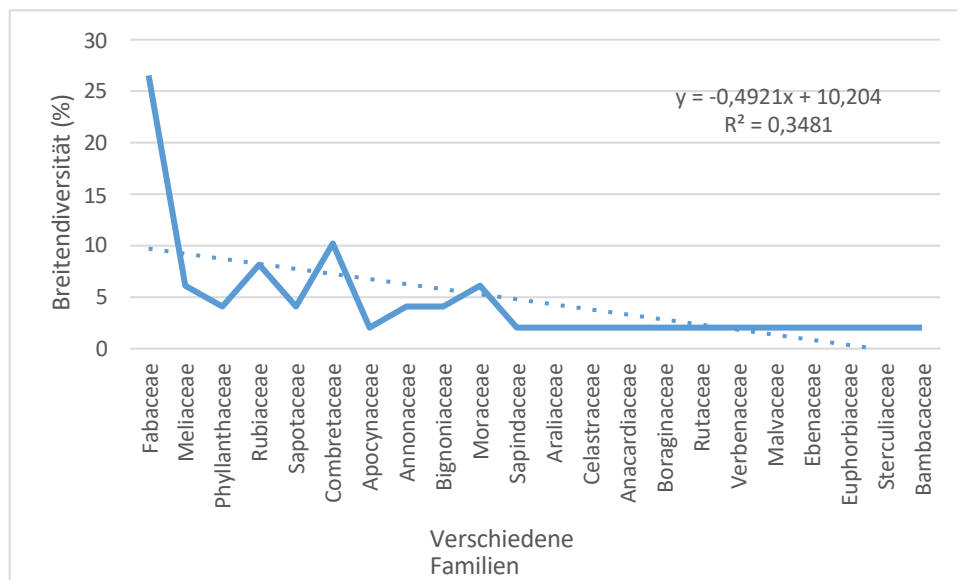


Abbildung 8: Relative Vielfalt verschiedener Familien

6.3 Relative Häufigkeit und Dichte der Arten

Die relative Häufigkeit und Dichte der Art *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. ssp. *Paradoxa* ist hoch (8,24 % und 10,70 %). Mit einer Häufigkeit von 0,36 % und einer Dichte von 0,13 % sind Arten wie *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet, *Combretum molle*, R.Br. ex G.Don, *Ficus exasperata* Vahl, *Gardenia ternifolia* Sehumach. & Thonn. ssp. *jovis-tonantis* (Welw.) Verde. var. *goetzei* (Stapf & Hutch.) Verde., *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze, *Tectona grandis* L.f. und *Terminalia macroptera* Guill. & Perr. sind nur schwach vertreten (Abbildung 9).

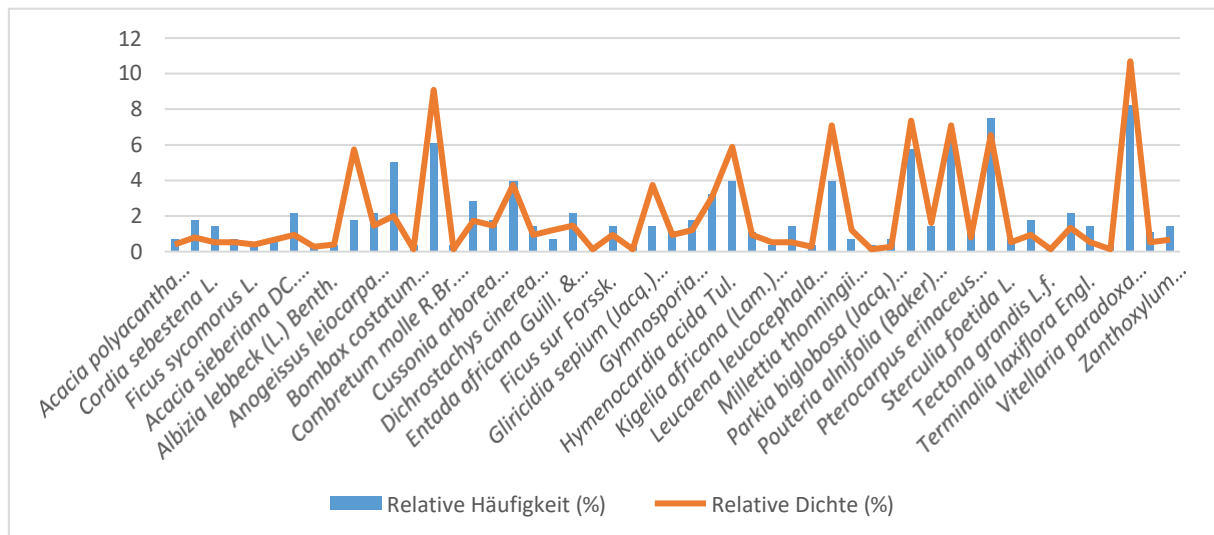


Abbildung 9: Häufigkeit und relative Dichte der erfassten Arten

7 Horizontale Struktur der Arten der Verjüngung

Zur Bewertung der Sämlingshöhen wurden 15 Klassen mit einer Amplitude von 0,5 m gebildet. Verjüngungsarten mit Höhen zwischen 3,3 - 3,8 m, 1,8 - 2,3 m und 2,3 - 2,8 m waren mit Häufigkeiten von 17,91 %, 17,78 % bzw. 16,71 % stark vertreten.

%. In der Höhenklasse 4,3 - 4,8 m fanden sich 11,36 % der Arten. Vier Höhenklassen wiesen relative Häufigkeiten von weniger als 1 % auf (Abbildung 10).

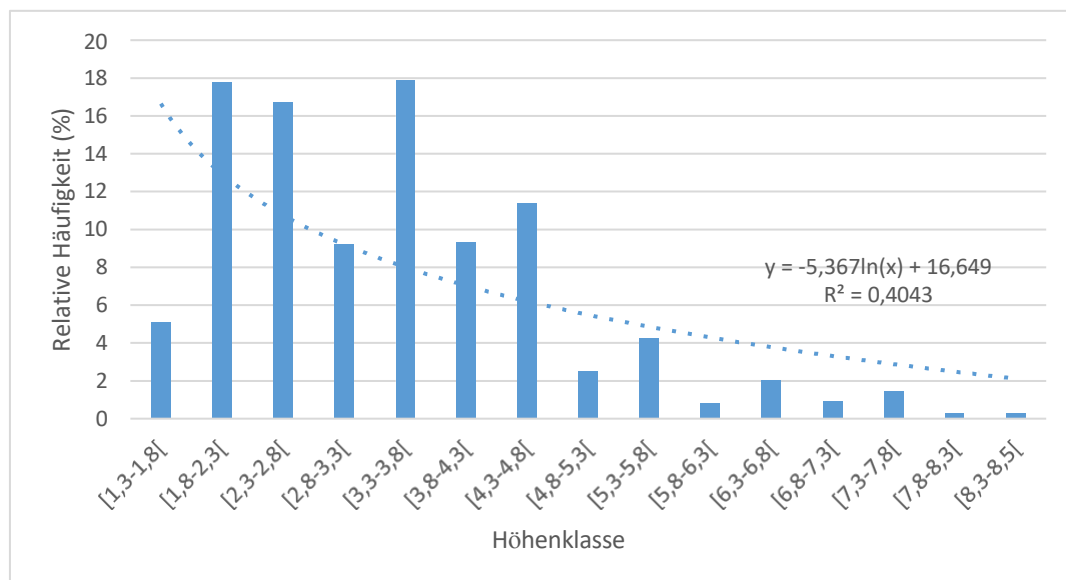


Abbildung 10: Horizontale Struktur der Arten in der Regeneration

Schlussfolgerung

Bei der Waldinventur im geschützten Wald von Aboudjokopé wurden 3127 Stämme von Holzarten aus 58 Gattungen in 18 Familien gezählt. Die Berechnung der Parameter der floristischen Zusammensetzung ergab, dass der Wald weitgehend von der Familie der Fabaceae dominiert wird. *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (8,16 %) ist häufig in den Flächen mit der höchsten Dichte (4140 N/ha) vertreten, im Gegensatz zu *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. mit der größten Oberfläche und somit der dominierenden Art (7,73 m²). Der Wald besteht aus vier Formationsarten mit einer starken Dominanz von Baumsavannen/Strauchsavannen. Die Verteilung der Stämme nach Durchmesserklassen zeigt eine Dominanz von Individuen mit einem Durchmesser zwischen 20 - 30 cm und einer Höhe zwischen 6 - 8 m. Der Kohlenstoffvorrat wird auf 88,21 tCO₂/ha geschätzt. Dieser Bestand könnte sich erhöhen, wenn alle Schutzmaßnahmen, insbesondere die Bekämpfung anthropogener Einflüsse, der Schutz vor Vegetationsbränden und die Anreicherung, beibehalten und verstärkt werden.

Zusätzlich zu den Erhaltungsmaßnahmen wäre es wünschenswert, dass die NGO ECocent

- Bevorzugt die Verwendung von Arten mit hoher Kohlenstoffsequestrierungskapazität wie *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. ssp, *Paradoxa*, *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr, *Pterocarpus erinaceus* Poir. *Grewia venusta* Fresen, *Acacia polyacantha* Willd. ssp. *campylacantha* (Hochst. ex A.Rich.) Brenan etc.....
- Zerstört alle Füße von *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. im Wald ;
- Verfasst den einfachen Bewirtschaftungsplan für den Wald ;
- Projekte/Aktivitäten zur nachhaltigen Entwicklung in den an den Wald angrenzenden Ortschaften umsetzen.

Bibliografie

IPCC. 2006. 'Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories'. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

Chave J., Réjou-Méchain M., Búrquez A., Chidumayo E., Colgan M., Delitti W., Duque A., Eid T., Fearnside P., Goodman R. (2014). 'Improved Allometric Models to Estimate the Aboveground Biomass of Tropical Trees'. *Global Change Biology* 20 (10): 3177-.

Zanne A., Coomes D., Ilic J., Jansen S., Lewis S., Miller R., Swenson N., Wiemann M., Chave J. 2009. Global Wood Density Database. Dryad Digital Repository. Abgerufen von: <http://hdl.handle.net/10255/dryad>.

Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., & Baumgardner, G. A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111(1), 1-11.

Lejoly J., 1993: Méthodologie pour les inventaires forestiers (partie flore et végétation) AGRECO-CTFT, Bruxelles 53 p.

Anhänge

Anhang 1: Liste der Arten im Wald

Spezies	Familie
<i>Acacia polyacantha</i> Willd. ssp. <i>campylacantha</i> (Hochst. ex A.Rich.) Brenan	Fabaceae
<i>Annona senegalensis</i> Pers. ssp. <i>Senegalensis</i>	Annonaceae
<i>Cordia sebestena</i> L.	Boraginaceae
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A.De.	Ebenaceae
<i>Ficus sycomorus</i> L.	Moraceae
<i>Uvaria chamae</i> P.Beauv.	Annonaceae
<i>Acacia sieberiana</i> DC. var. <i>villosa</i>	Fabaceae
<i>Afzelia africana</i> Sm	Fabaceae
<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.	Fabaceae
<i>Allophylus africanus</i> P.Beauv.	Sapindaceae
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae
<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	Meliaceae
<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	Bombacaceae
<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	Phyllanthaceae
<i>Combretum molle</i> R.Br. ex G.Don	Combretaceae
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G.Don) Benth.	Rubiaceae
<i>Cussonia arborea</i> Hoehst. ex A. Rich.	Araliaceae
<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalziel	Fabaceae
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Am.	Fabaceae
<i>Drypetes floribunda</i> (Müll.Arg.) Hutch.	Euphorbiaceae
<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	Fabaceae
<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae
<i>Ficus auf</i> Forssk.	Moraceae
<i>Gardenia ternifolia</i> Sehumaeh. & Thonn. ssp. <i>jovis-tonantis</i> (Welw.) Verde. var. <i>goetzei</i> (Stapf & Huth). Verde.	Rubiaceae
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Fabaceae
<i>Grewia venusta</i> Fresen.	Malvaceae
<i>Gymnosporia senegalensis</i> (Lam.) Loes.	Celastraceae
<i>Holarrhena floribunda</i> (G.Don) Durand & Schinz	Apocynaceae
<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	Phyllanthaceae
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A.Juss.	Meliaceae
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bignoniaceae
<i>Lannea acida</i> A.Rich. s.l.	Anacardiaceae
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	Fabaceae
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth	Fabaceae
<i>Millettia thonningii</i> (Schumach. & Thonn.) Baker	Fabaceae
<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) Kuntze,	Rubiaceae
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br. ex Benth.	Fabaceae

<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	Fabaceae
<i>Pouteria alnifolia</i> (Baker) Roberty var. <i>alnifolia</i>	Sapotaceae
<i>Pseudocedrela kotschy</i> (Schweinf.) Harms.	Meliaceae
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Birnbaum.	Fabaceae
<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Sm.) E.A.Bruce	Rubiaceae
<i>Sterculia foetida</i> L.	Sterculiaceae
<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	Bignoniaceae
<i>Tectona grandis</i> L.f.	Verbenaceae
<i>Terminalia glaucescens</i> Planch. ex Benth.	Combretaceae
<i>Terminalia laxiflora</i> Engl.	Combretaceae
<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.	Combretaceae
<i>Vitellaria paradoxa</i> C.F.Gaertn. ssp. <i>paradoxa</i>	Sapotaceae
<i>Vitex doniana</i> Sweet	Verbenaceae
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepernick & Timler	Rubiaceae
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster, J.	Phyllanthaceae
<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae
<i>Sterculia setigera</i> Delile	Sterculiaceae
<i>Terminalia mantaly</i> H.Perrier.	Combretaceae
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Moraceae

Anhang 2: Waldinventarblatt

NO Stecker	:	Längengrad:	Ort:	Datum:
Code Placette	:	Breitengrad	Bodentopografie:	
Ausbildung	:	Höhe	Bodentextur:	
pflanzlich	:			

[illegible]

Anhang 3: Regenerationsinventarblatt

Nº Karteikarte :

Längengrad:.....

Ort:.....Datum

Code Placette :

Breitengrad

Topo
Boden:.....

Pflanzenbildun

Höhe.....

Textur des Bodens:.....

[illegible]

Anhang 4: Einige Fotos



