



BERICHT ÜBER DIE WALDINVENTUR IM SCHUTZWALD FOKPO

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.....	4
2 Zusammensetzung des Waldbestands	4
2.1 Bilanz zu den Familien der inventarisierten Arten.....	5
2.2 Relative Häufigkeit der Arten	8
2.3 Dichte, Bodenfläche, Dominanz und relative Bedeutung der Arten.....	9
3 Struktur nach Durchmesserklassen und Höhe der inventarisierten Bäume.....	11
4 Art der Waldbildung.....	12
5 Geschätzte Biomasse.....	14
6 Floristische Bilanz der Verjüngung.....	16
6.1 Relative Häufigkeit und Dichte von Familien	16
6.2 Relative Vielfalt der Familien.....	17
6.3 Relative Häufigkeit und Dichte der Arten	18
7 Horizontale Struktur der Arten	19
Schlussfolgerung	20
Bibliografie.....	21
Anhänge	I
Anhang 1: Liste der Arten im Wald.....	I
Anhang 2: Waldinventurblatt	II
Anhang 3: Inventarblatt für die Regeneration	III
Anhang 4: Einige Fotos	IV

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Anordnung der Inventurflächen.....	2
Abbildung 2: Inventarisierungsvorrichtung.....	3
Abbildung 3: Relative Häufigkeit und Dichte von Familien.....	6
Abbildung 4: Dominanz und relative Vielfalt der Familien.....	7
Abbildung 5: Relative Bedeutung der Familien.....	7
Abbildung 6: Relative Häufigkeit der Arten.....	9
Abbildung 7: Diametrische Struktur.....	11
Abbildung 8: Horizontale Struktur.....	12
Abbildung 9: Bodenbedeckung.....	13
Abbildung 10: Relative Häufigkeit und Dichte von Familien.....	17
Abbildung 11: Relative Vielfalt der Familien.....	18
Abbildung 12: Relative Häufigkeit und Dichte der Arten.....	18
Abbildung 13: Höhenklassen der Arten.....	19

Liste der Tabellen

Tabelle 1: Materialien für die Inventur.....	4
Tabelle 2 Parameter für die Zusammensetzung der Familien im Bestand.....	8
Tabelle 3: Parameter der Artenzusammensetzung des Bestandes.....	10
Tabelle 4: Dendrometrische Parameter der Formationstypen.....	14
Tabelle 5: Verschiedene allometrische Gleichungen.....	15
Tabelle 6: Statistische Analyse der Genauigkeit.....	15
Tabelle 7: Schätzung der Biomasse und des Kohlenstoffspeichers.....	16

Siglen und Abkürzungen

BA	: Oberirdische Biomasse
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 hat sich die durchschnittliche Oberflächentemperatur unseres Planeten zwischen 1880 und 2012 um durchschnittlich 0,85°C erhöht (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 Klimaschutz 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 Fokpo Conservation Forest 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 Anordnung der 15 Probeflächen wurde unter Berücksichtigung der verschiedenen Bodenbedeckungseinheiten des Waldes mit Hilfe der Software QGIS Version 3.18 durch die Analyse von Google-Satellitenbildern ausgerichtet (Abbildung 1).

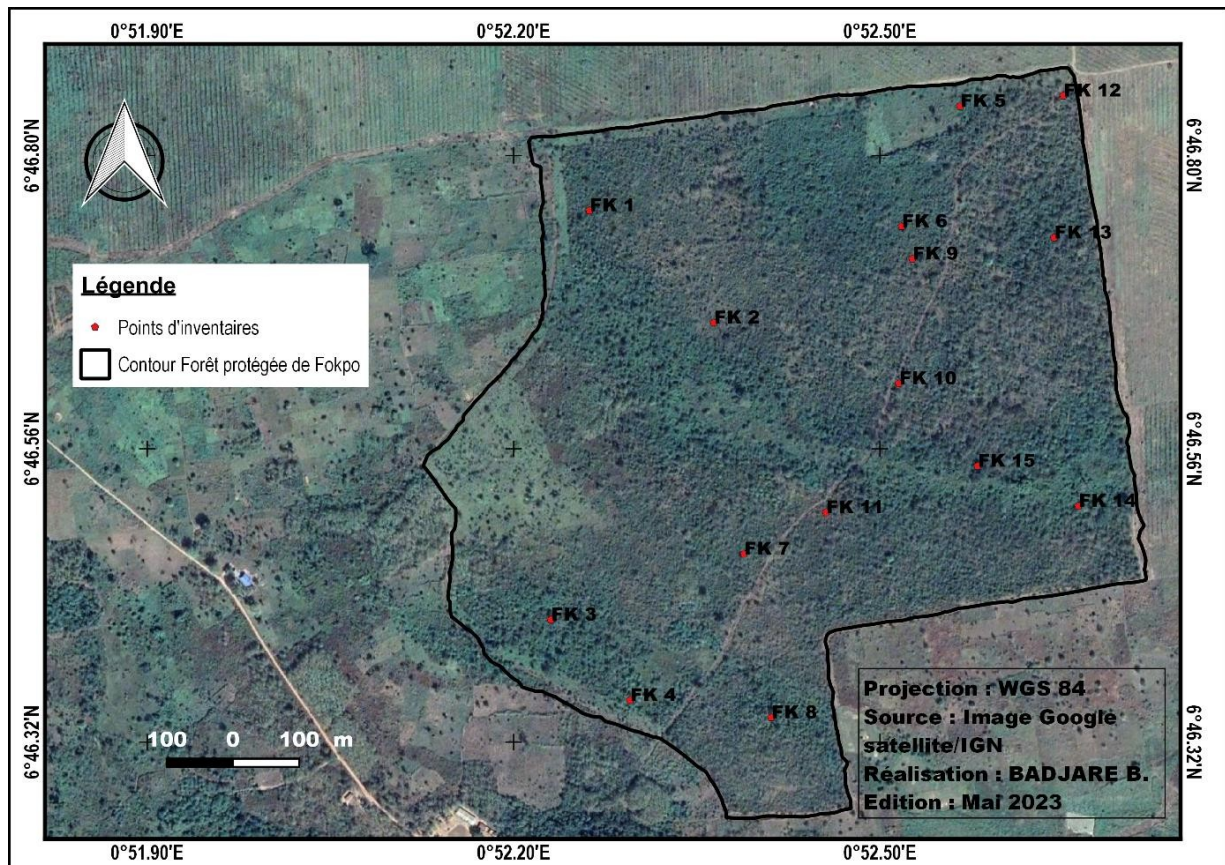


Abbildung 1: Anordnung der Inventurflächen

1.1 Probeflächen

Die Bestandsaufnahmen wurden in den kreisförmigen Flächen mit zwei ineinandergreifenden Kompartimenten durchgeführt (Abbildung 2). Laut Picard (2012) ist seine Anlage einfach und die Kreisform stellt ein minimales Verhältnis zwischen Umfang und Fläche dar. Außerdem ist das Risiko von Fehlern bei der Positionierung der Bäume innerhalb und außerhalb der Flächen geringer. Somit ist die Wahrscheinlichkeit, die Bäume auf der Grenze der Fläche zu finden, geringer. Jeder Kreis wird durch vier Markierungssteine markiert, die den vier Himmelsrichtungen (N, O, S, W) folgen.

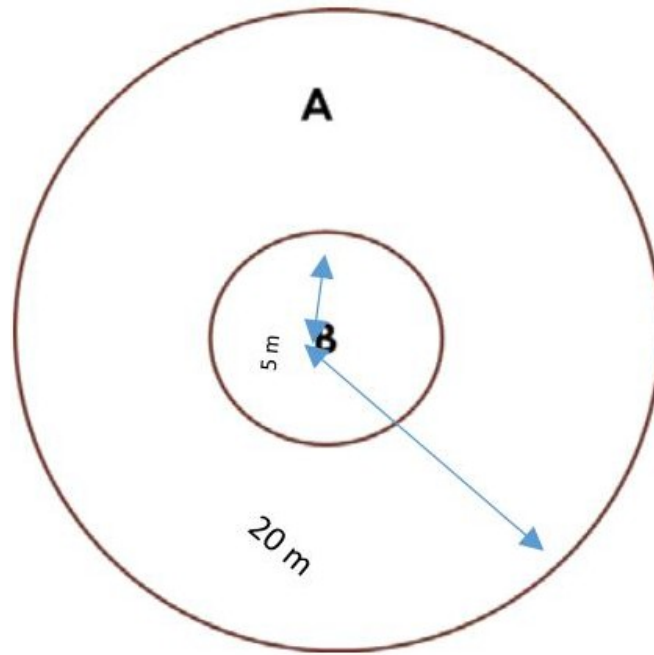


Abbildung 2:
Inventarisierungsvorrichtung

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

Eine Liste der für die Bestandsaufnahmen verwendeten Materialien ist in der folgenden Tabelle 1 enthalten:

Tabelle 1:
Inventarisierungsmaterialien

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 der folgenden Formeln (Lejoly, 1993).

- **Relative Dichte (RD):** Das Verhältnis zwischen der Anzahl (Effektivität) der Arten einer Familie und der Gesamtzahl der Arten, multipliziert mit 100.

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

- **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.

$$FRR = \frac{\text{Fréquence d' une espèce}}{\text{Total de fréquence de toutes les espèces}} \times 100$$

- **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 Bilanz zu den Familien der inventarisierten Arten

Insgesamt wurden auf den 15 Flächen 782 Stämme von Holzarten aus 35 Gattungen und 13 Familien gezählt.

In der folgenden Abbildung 3 sind die relativen Häufigkeiten und Dichten verschiedener botanischer Familien des Waldes dargestellt. Die Familie der Fabaceae ist in Bezug auf die relative Häufigkeit (14,02 %) und Dichte (43,48 %) am stärksten vertreten. Ihr folgen in Bezug auf die Häufigkeit die Combretaceae, Phyllanthaceae und Sapotaceae mit jeweils 12,15 %. Die Familie der Sapotaceae steht mit rund 15 % relativer Dichte an zweiter Stelle. Die Familie der Araliaceae hat die geringste relative Häufigkeit (0,93 %) und Dichte (0,13).

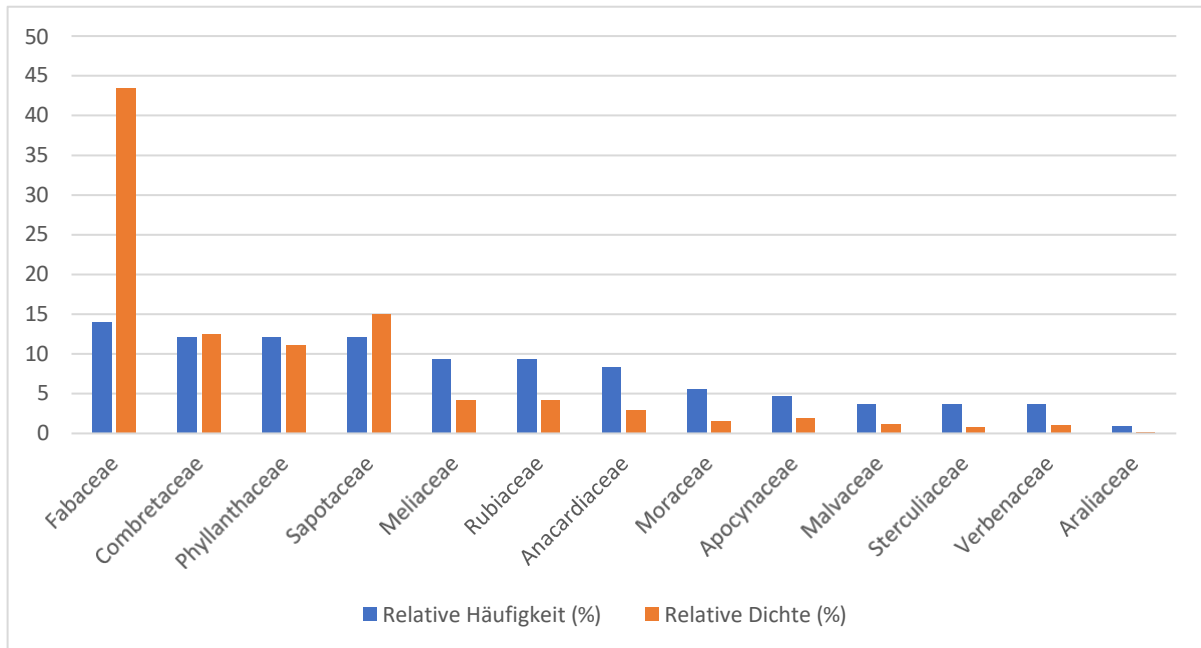


Abbildung 3: Relative Häufigkeit und Dichte von Familien

Die relative Dominanz nach Familien schwankt zwischen 4,14 % und 15,19 %. Die Familie der Combretaceae hat die höchste relative Dominanz (15,19 %). Es folgen die Familien Araliaceae, Verbenaceae und Fabaceae mit 12,67 %, 9,30 % bzw. 11,49 % relativer Dominanz. Die Familien Meliaceae, Phyllanthaceae und Apocynaceae sind mit Werten von 4,85 %, 4,85 % und 4,14 % weniger dominant.

Die relative Vielfalt variiert zwischen 2,86% und 34,29%. Die Familie der Fabaceae weist die größte relative Vielfalt auf (34,29 %). Dies bedeutet, dass diese Familie die größte Vielfalt an Arten im Wald aufweist. Mit einem Wert von 2,86 % weisen die Familien Apocynaceae, Araliaceae, Malvaceae, Meliaceae und Sterculiaceae die geringste relative Dichte auf (Abbildung 4).

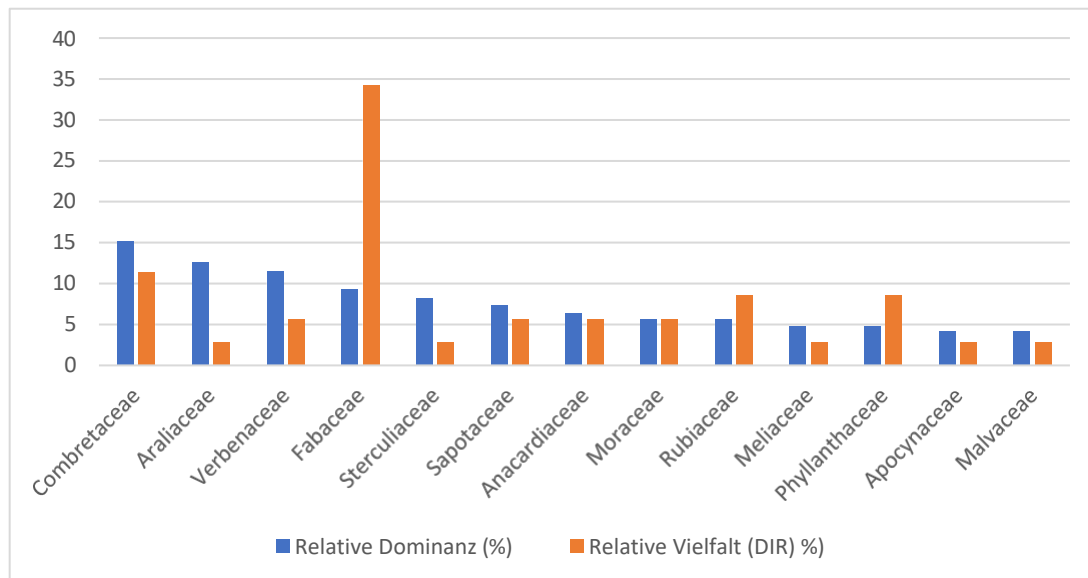


Abbildung 4: Dominanz und relative Vielfalt der Familien

Abbildung 5 zeigt die Kurve der relativen Bedeutung der einzelnen Baumfamilien. Die Familie der Fabaceae hat die größte relative Bedeutung (87,07%); dicht gefolgt von der Familie der Combretaceae (39,15%), den Sapotaceae (28,03%). Umgekehrt ist die Familie der Malvaceae mit 8,14% am unwichtigsten. Um eine Vorstellung von der Verteilung der relativen Wichtigkeiten der Familien zu erhalten, wurde die gezeichnete Trendkurve an eine logarithmische Funktion mit der Gleichung $y = -10,44\ln(x) + 41,188$ angepasst und weist einen abnehmenden Verlauf auf. Da der Wert des R-Koeffizienten² gering ist (0,14), ist die Verteilung der relativen Wichtigkeit der Familien sehr heterogen.

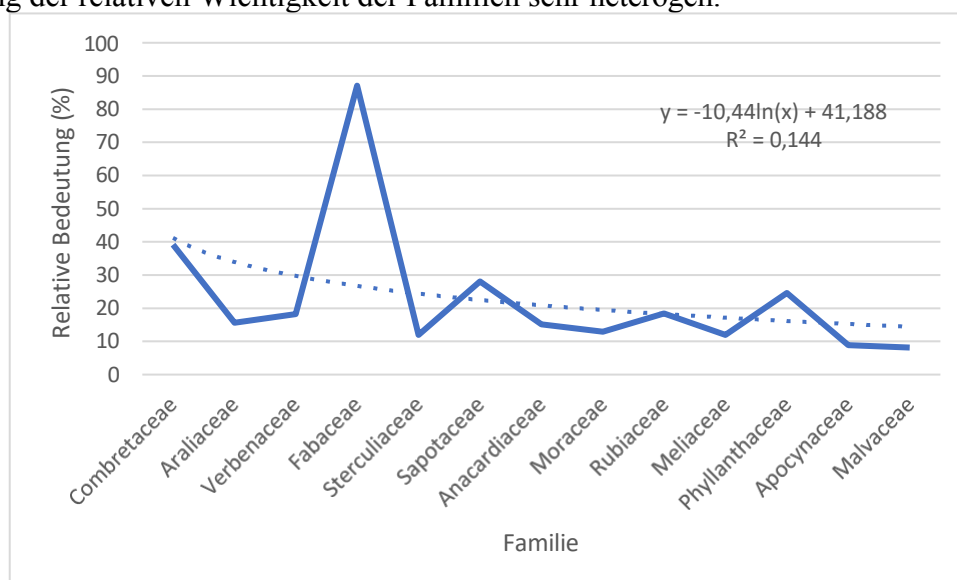


Abbildung 5: Relative Bedeutung der Familien

Tabelle 2 Parameter für die Zusammensetzung der Familien im Bestand

Familie	Relative Häufigkeit (%)	Relative Dichte (%)	Relative Dominanz (%)	Relative Vielfalt (DIR) (%)	Relative Bedeutung (%)
Anacardiaceae	8,41	2,94	6,46	5,71	15,12
Apocynaceae	4,67	1,92	4,14	2,86	8,91
Araliaceae	0,93	0,13	12,67	2,86	15,65
Combretaceae	12,15	12,53	15,19	11,43	39,15
Fabaceae	14,02	43,48	9,30	34,29	87,07
Malvaceae	3,74	1,15	4,14	2,86	8,14
Meliaceae	9,35	4,22	4,85	2,86	11,93
Moraceae	5,61	1,53	5,63	5,71	12,88
Phyllanthaceae	12,15	11,13	4,85	8,57	24,55
Rubiaceae	9,35	4,22	5,63	8,57	18,42
Sapotaceae	12,15	14,96	7,35	5,71	28,03
Sterculiaceae	3,74	0,77	8,30	2,86	11,92
Verbenaceae	3,74	1,02	11,49	5,71	18,22

2.2 Relative Häufigkeit der Arten

Abbildung 6 zeigt eine Klassifizierung der Arten nach absteigenden Werten der relativen Häufigkeiten (Abbildung 6). Die meisten Arten haben eine relative Häufigkeit zwischen 1 % und 5 %, aber einige haben deutlich höhere Werte, wie *Pterocarpus erinaceus* Poir (8,11 %), *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (7,03 %) und *Bridelia ferruginea* Benth.(5,41 %). Darüber hinaus haben mehrere Arten relative Häufigkeiten von weniger als 1 %; dies sind *Acacia polyacantha* Willd. ssp. *campylacantha* (Hochst. ex A.Rich.) Brenan, *Cussonia arborea* Hoehst. ex A. Rich. Rich., *Isoberlinia doka* Craib & Stapf und *Tectona grandis* L.f.. Arten wie *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr, *Bridelia ferruginea* , *Crossopteryx febrifuga*, *Daniellia oliveri*, *Gardenia ternifolia*, *Grewia venusta*, *Holarrhena floribunda*, *Lannea barteri*, *Lonchocarpus sericeus*, *Margaritaria discoidea*, *Terminalia laxiflora* und *Terminalia macroptera* haben relative Häufigkeiten zwischen 1,62 und 5,95 %.

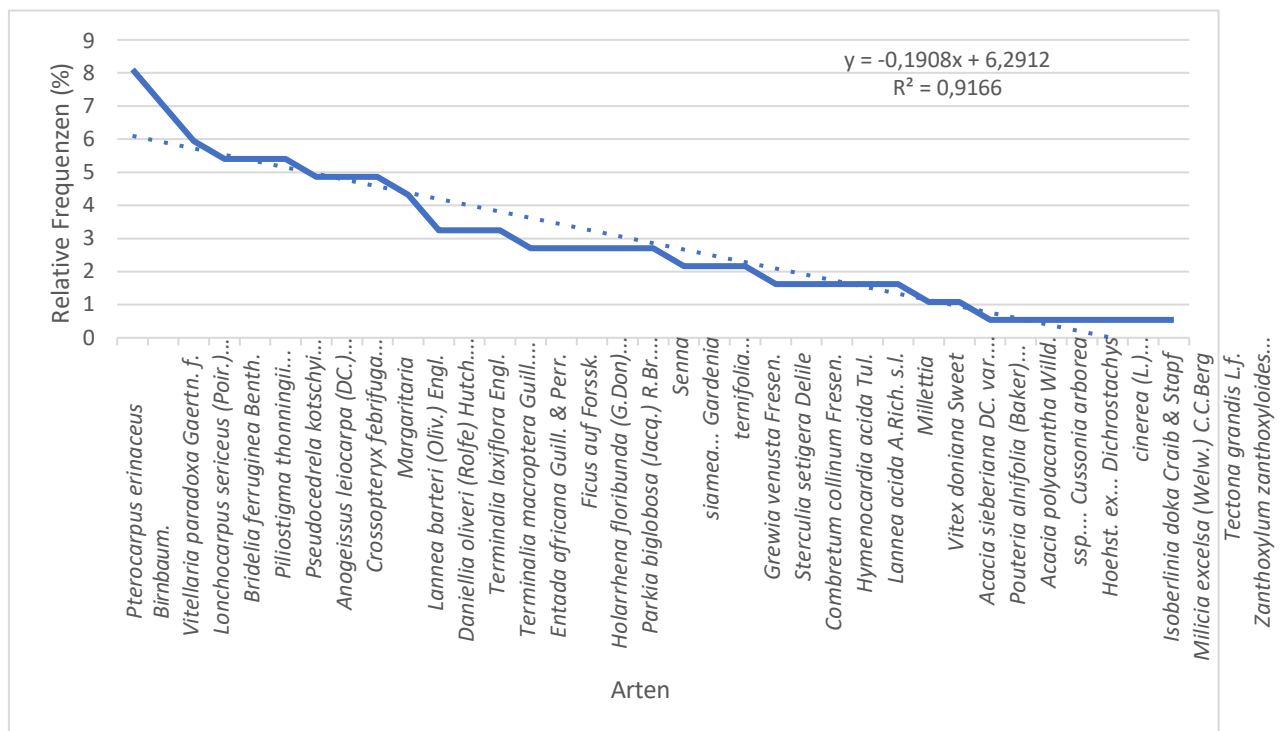


Abbildung 6: Relative Häufigkeit der Arten

2.3 Dichte, Bodenfläche, Dominanz und relative Bedeutung der Arten

Die Analyse der folgenden Tabelle 3 zeigt, dass die Arten *Pterocarpus erinaceus* Birnbaum, *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f., mit 16,50 bzw. 13,94 % die höchsten relativen Dichten aufweisen. Die mittlere relative Dichte haben *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. (7,80) und *Bridelia ferruginea* Benth. (7,16). Im Gegensatz dazu sind *Isoblerlinia doka* Craib & Stapf, *Tectona grandis* L.f. und *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepern. & Timler haben relative Dichten von weniger als 1 %.

Die Landflächen von *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Am., *Isoblerlinia doka* Craib & Stapf und *Tectona grandis* L.f. sind sehr klein (0,01 m²). Dagegen haben *Pterocarpus erinaceus* Poir (5,58 m²), *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr (4 m²) und *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f (2,74 m²) die höchsten Landflächen, was ihre starke Dominanz und relative Bedeutung in den Waldbeständen erklärt.

Die Arten *Pterocarpus erinaceus* Poir (1027,07 N/ha) und *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (867,83 N/ha) weisen bei weitem die höchsten Dichten auf. Gefolgt von *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr.(485,66 N/ha) und *Bridelia ferruginea* Benth (445,85 N/ha). Die Arten mit den geringsten Dichten sind *Cussonia arborea* Hoehst. ex A. Rich,

Dichrostachys cinerea (L.) Wight & A m . , *Isobertia doka* Craib & Stapf, *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepern. & Timler mit jeweils 7,96 N/ha

Tabelle 3: Parameter der Artenzusammensetzung des Bestandes

Spezies	Dichte (N/ha)	Relative Häufigkeit (%)	Relative Dichte (%)	Bodenfl äche (m ²)	Relative Dominanz (%)	Relative Bedeutung (%)
<i>A. polyacantha</i> Willd.	15,92	0,54	0,26	0,15	0,65	1,45
<i>A. sieberiana</i>	23,89	1,08	0,38	0,09	0,38	1,85
<i>A. leiocarpa</i>	485,67	4,86	7,80	4,00	17,92	30,59
<i>B. ferruginea</i>	445,86	5,41	7,16	0,85	3,83	16,39
<i>C. collinum</i>	47,77	1,62	0,77	0,13	0,57	2,96
<i>C. febrifuga</i>	167,20	4,86	2,69	0,27	1,22	8,77
<i>C. arborea</i>	7,96	0,54	0,13	0,03	0,16	0,82
<i>D. oliveri</i>	294,59	3,24	4,73	1,11	4,96	12,93
<i>D. cinerea</i>	7,96	0,54	0,13	0,01	0,06	0,73
<i>E. africana</i>	95,54	2,70	1,53	0,37	1,66	5,90
<i>F. auf</i>	79,62	2,70	1,28	0,18	0,80	4,78
<i>G.a ternifolia</i>	87,58	2,16	1,41	0,29	1,28	4,85
<i>G. venusta</i>	71,66	2,16	1,15	0,12	0,54	3,85
<i>H. floribunda</i>	119,43	2,70	1,92	0,17	0,77	5,40
<i>H. acida</i>	47,77	1,62	0,77	0,08	0,35	2,74
<i>I. doka</i>	7,96	0,54	0,13	0,01	0,06	0,73
<i>L. acida</i>	55,73	1,62	0,90	0,11	0,49	3,01
<i>L. barteri</i>	127,39	4,32	2,05	0,34	1,55	7,92
<i>L. sericeus</i>	238,85	5,95	3,84	0,46	2,08	11,86
<i>M. discoidea</i>	199,04	4,86	3,20	0,41	1,84	9,90
<i>M. excelsa</i>	15,92	0,54	0,26	0,03	0,14	0,93
<i>M. thonningii</i>	294,59	1,62	4,73	0,52	2,34	8,69
<i>P. biglobosa.</i>	63,69	2,70	1,02	0,61	2,74	6,47
<i>P. thonningii</i>	358,28	5,41	5,75	0,62	2,77	13,93
<i>P. alnifolia</i>	63,69	1,08	1,02	0,20	0,89	2,99
<i>P. kotschy</i>	262,74	5,41	4,22	0,49	2,21	11,83
<i>P. erinaceus</i>	1027,07	8,11	16,50	5,58	25,01	49,62
<i>S. siamea</i>	278,66	2,70	4,48	0,71	3,18	10,36
<i>S. setigera</i>	47,77	2,16	0,77	0,18	0,81	3,74
<i>T. grandis</i>	7,96	0,54	0,13	0,01	0,04	0,71
<i>T. laxiflora.</i>	127,39	3,24	2,05	0,65	2,90	8,19
<i>T. macroptera</i>	119,43	3,24	1,92	0,42	1,86	7,02
<i>V. paradoxa</i>	867,83	7,03	13,94	2,74	12,27	33,24
<i>V. doniana</i>	55,73	1,62	0,90	0,28	1,27	3,79
<i>Z. zanthoxyloides</i>	7,96	0,54	0,13	0,09	0,38	1,05

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 vorherrschen. Arten mit einem Durchmesser zwischen den Klassen 10 - 20 cm und 30 - 40 cm sind gut vertreten. Füße mit einem Durchmesser zwischen 40 - 50 und 50 - 60 sind nur schwach vertreten (Abbildung 7). Die an eine logarithmische Funktion angepasste Trendkurve zeigt einen abnehmenden Verlauf mit der Gleichung $y = -51,24\ln(x) + 132,25$ und dem Koeffizienten $R^2 = 0,0701$.

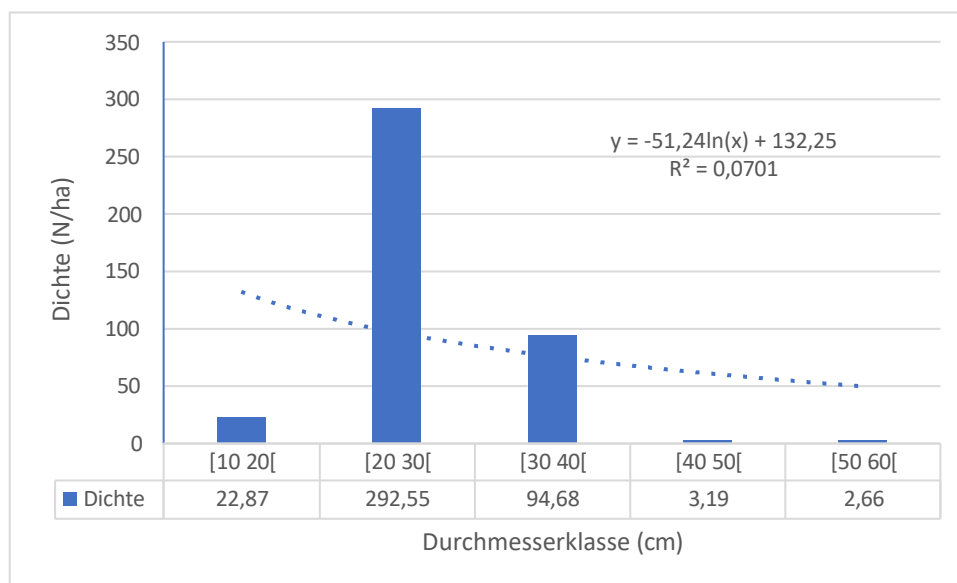


Abbildung 7: Diametrische Struktur

Die Verteilung der Bäume nach Höhenklassen zeigt einen "glockenförmigen" Verlauf mit einer starken Repräsentativität der Arten mit einer Höhenklasse von [6-8 m[, gefolgt von den Klassen [8-10 m[und [10-12 m[. Individuen mit einer Höhe von unter 2 m und über 16 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 8).

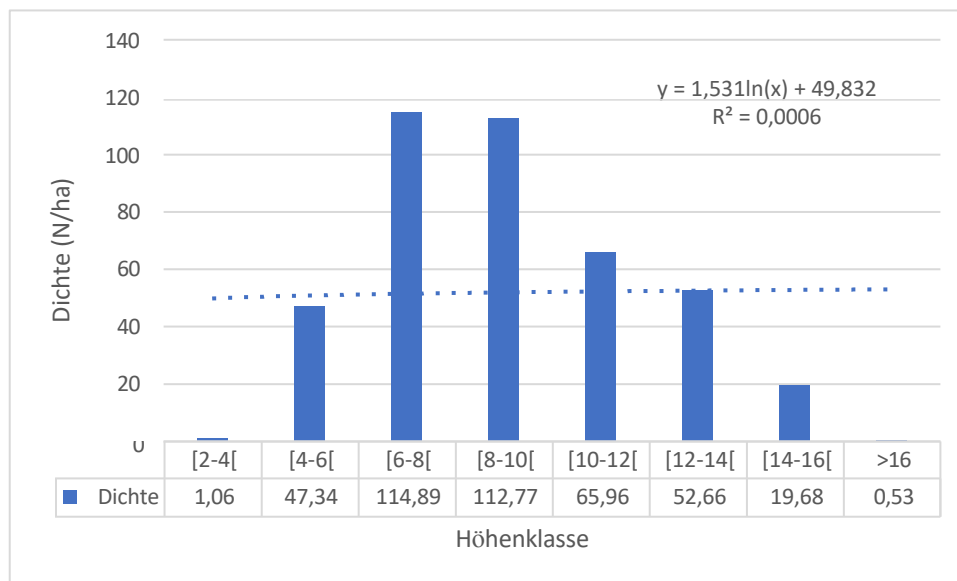


Abbildung 8: Horizontale Struktur

4 Art der Waldformation

Es wurde eine nicht überwachte Klassifizierung mit der Software Envi 4.7 anhand des normalisierten Differenz-Vegetationsindex (NDVI) durchgeführt, der aus dem Nahinfrarot-(NIR) und Rotlicht-Reflexionsgrad (RED) eines Aster-Bildes berechnet wurde. Die verschiedenen Waldformationen des Fokpo-Schutzwaldes nach dem Landklassifikationssystem von Togo, das sich nach der Nomenklatur der Walddaten richtet, sind u.a. Waldsavannen/lichte Wälder, Galeriewälder, Strauchsavannen/Baumsavannen, wie in Abbildung 9 unten dargestellt.

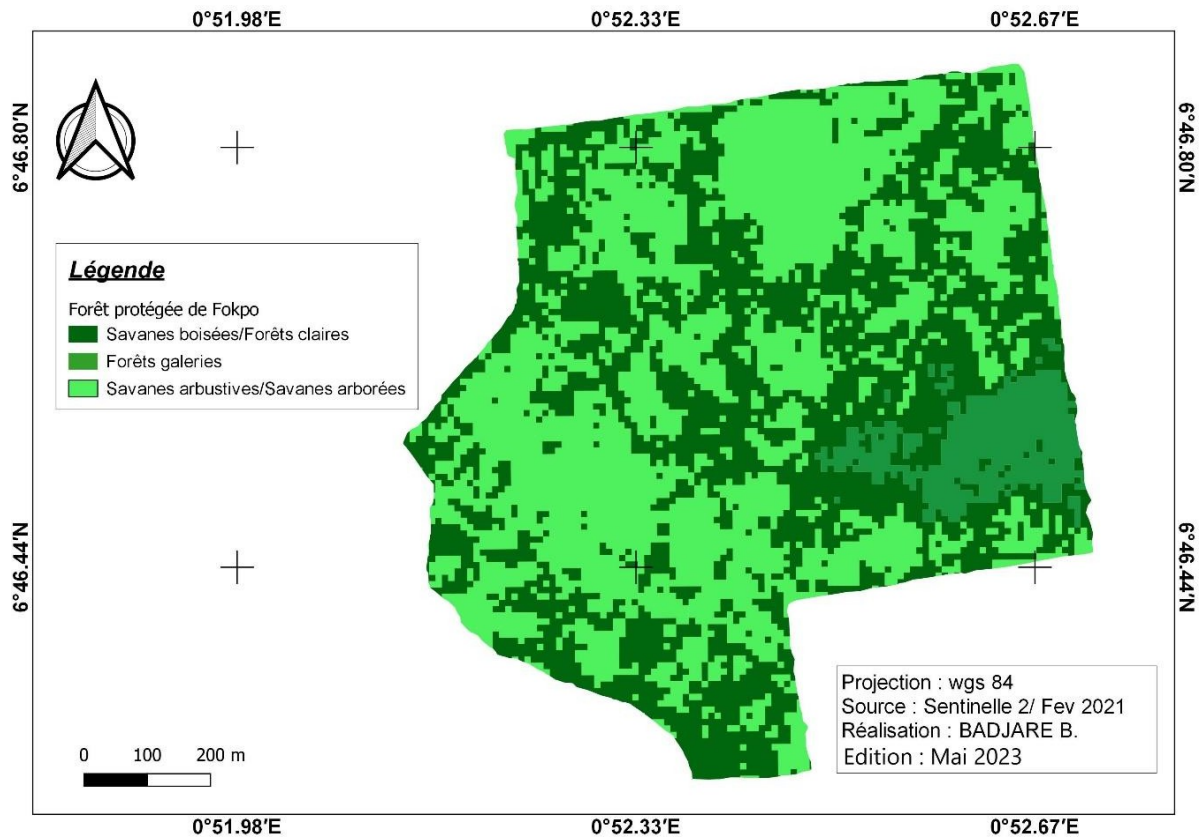


Abbildung 9: Bodenbedeckung

Die lichten Wälder werden von Arten wie *Pterocarpus erinaceus* Poir, *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f., *Millettia thonningii* (Schumach.& Thonn.)Baker, *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr., *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth, *Holarrhena floribunda* (G.Don) Durand & Schinz dominiert. Die dendrometrischen Parameter, insbesondere der durchschnittliche Durchmesser, die durchschnittliche Gesamthöhe und die durchschnittliche Stammdichte innerhalb dieser Formation betragen $17,00 \pm 7,00$ cm, $8,00 \pm 2,57$ m bzw. $460 \pm 13,00$ N/ha.

In Galeriewäldern *Senna siamea* (Lam)H.S.Irwin&Barneby, *Piliostigma thonningii* (Schumach.) Milne-Redh, *Pterocarpus erinaceus* Poir, *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f., *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr, *Terminalia laxiflora* Engl. Bei einer durchschnittlichen Dichte von $464 \pm 8,00$ Bäumen pro Hektar beträgt der durchschnittliche Durchmesser $18,00 \pm 7,00$ cm und die durchschnittliche Gesamthöhe $8,00 \pm 2,57$ m.

Die Bäume der Waldsavannen haben einen durchschnittlichen Durchmesser von 16 ± 7 cm, eine durchschnittliche Gesamthöhe von $7,81 \pm 2,81$ m und eine durchschnittliche Dichte von $83 \pm 1,00$ Bäumen pro Hektar. Die Baumsavannen bestehen aus Arten wie *Pterocarpus erinaceus* Poir., *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f., *Bridelia ferruginea* Benth, *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalz, *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr., *Pseudocedrela kotschy*

(Schweinf.) Harms., *Margaritaria discoidea*

(Baill.)Webster, *Piliostigma thonningii* (Schumach.) Milne-Redh., *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth (Tabelle 4)

Tabelle 4: Dendrometrische Parameter der Formationstypen

	Mittlerer Durchmesser (cm)	Durchschnittliche Gesamthöhe (m)	Durchschnittliche Dichte (N/ha)
Bewaldete Savannen	16 ± 7,00	7,81 ± 2,81	83 ± 1,00
Strauchsavanne/Baumsavanne	17,00 ± 7,00	7,08 ± 2,66	390 ± 16,00
Lichte Wälder	17,00 ± 7,00	8,00 ± 2,57	460 ± 13,00
Galeriewälder	18,00 ± 7,00	7,84 ± 3,18	464 ± 8,00

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

Durch die Entfernung von Ausreißern wurde für einige allometrische Gleichungen die Anzahl der Flächen auf 14 reduziert. Dabei handelt es sich um die Gleichung E3 von Brown et al. 1989 sowie die Gleichungen von Chave et al. 2005-2014 (E5, E6 und E7). Die Mittelwerte der höchsten (18768,94 Kg) und niedrigsten (5867,51 Kg) Biomasse wurden mit den Gleichungen E6 von Chave et al. 2005 und E2 von Brown et al. 1989 ermittelt. Der berechnete Genauigkeitsgrad liegt zwischen 19,4% und 23,2% für die allometrischen Gleichungen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Statistische Analyse der Genauigkeit

Größe der Stichprobe	15	15	14	15	14	14	14
Mittelwert	13765,80	5867,51	8484,89	12106,30	7217,99	18768,94	7772,57
Standardabweichung	6943,37	3201,01	4025,17	6141,70	3487,13	8265,15	3720,21
Vertrauensniveau	2297,53	1059,20	1378,66	2032,26	1194,37	2830,89	1274,21
20% des Mittelwerts	2753,16	1173,50	1696,98	2421,26	1443,60	3753,79	1554,51
z-Wert von 90%	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Oberer Anschluss	16714,91	7227,10	10254,54	14714,91	8751,09	22402,67	9408,14
Untere Klemme	10816,69	4507,92	6715,25	9497,69	5684,89	15135,21	6137,00
Vertrauensintervall	5898,22	2719,17	3539,29	5217,21	3066,20	7267,46	3271,14
Genauigkeit	21,4%	23,2%	20,9%	21,5%	21,2%	19,4%	21,0%
Doppelte Überprüfung	21,4%	23,2%	20,9%	21,5%	21,2%	19,4%	21,0%
Erforderliche Genauigkeit	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Anzuwendender Wert	10816,69	4507,92	6715,25	9497,69	5684,89	18768,94	6137,00
--------------------	----------	---------	---------	---------	---------	----------	---------

Bei allen allometrischen Gleichungen (außer einer) wird das Präzisionsniveau von 20 % nicht erreicht. Es wird daher der Wert der unteren Grenze des Konfidenzniveaus verwendet, um die Analyse und die Entfernung der Ausreißer bei allen allometrischen Gleichungen erneut zu beginnen. Durch diese erneute Analyse konnte Gleichung E6 bei der Schätzung der Biomasse und des Kohlenstoffbestands als Ausreißer entfernt werden. Tabelle 7 zeigt die gesamte Biomasse pro ha wie auch 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)	86120,16	35891,09	53465,33	75618,58	45261,88	–	48861,46
Verhältnis Wurzel zu Trieb	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	–	0,2
Biomassen Gesamt/ha (kg)	103344,19	43069,30	64158,39	90742,30	54314,25	–	58633,75
Verhältnis	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	–	0,47
Umrechnungs faktor	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	–	3,66
tCO₂/ha	178,09	74,22	110,56	156,37	93,60	–	101,04

Es wird vorgeschlagen, den Mittelwert aller allometrischen Gleichungen zu verwenden, d. h. einen Wert von 118,98 tCO₂/ha.

6 Floristische Bilanz der Verjüngung

6.1 Relative Häufigkeit und Dichte von Familien

Die Bestandsaufnahmen in den Nebenflächen ergaben 263 Pflanzen mit einer durchschnittlichen Höhe von $2,61 \pm 0,99$ m, die sich auf 28 Gattungen und 16 Familien verteilen. Sowohl bei der Häufigkeit als auch bei der relativen Dichte nimmt die Familie der Fabaceae mit 22,58 % bzw. 42,97 % den ersten Platz ein. Die Familien Phyllanthaceae und Sapotaceae haben höhere relative Häufigkeiten (20,97 % und 14,52 %) als die relative Dichte (19,01 % und 7,60 %).

Die Familien mit den geringsten relativen Häufigkeiten und Dichten sind Sapindaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae, Combretaceae, Loganiaceae und Verbenaceae mit weniger als 1 % relativer Dichte und weniger als 2 % relativer Häufigkeit (Abbildung 10).

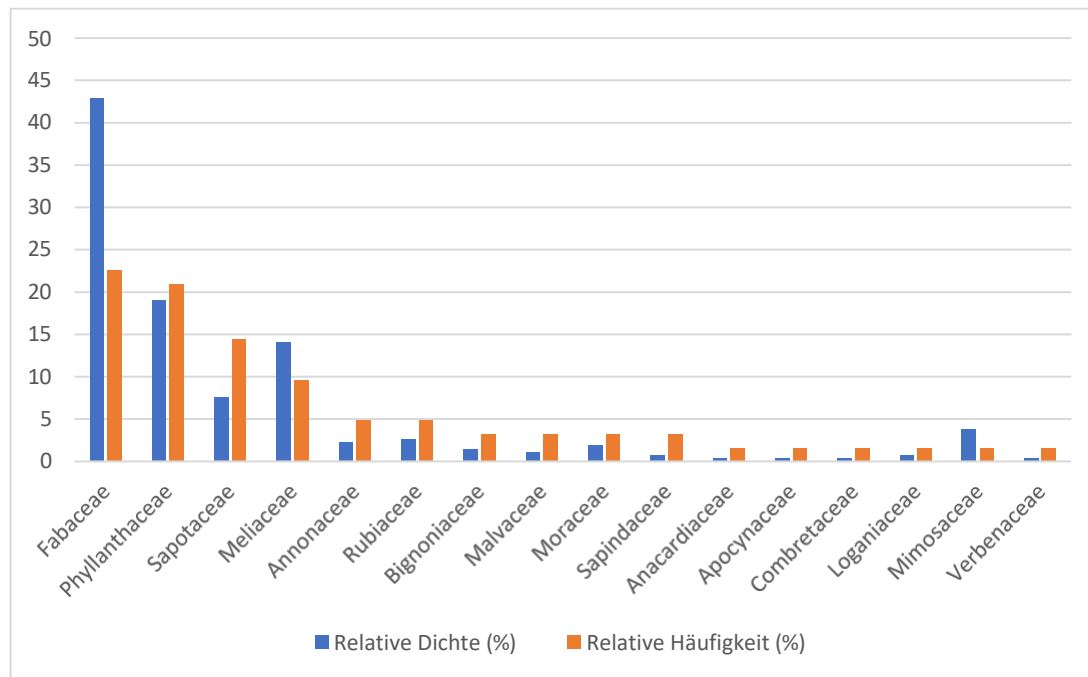


Abbildung 10: Relative Häufigkeit und Dichte von Familien

6.2 Relative Vielfalt der Familien

Die Familien Fabaceae (28,57 %), Phyllanthaceae (10,71 %), Sapotaceae und Rubiaceae mit jeweils 7,14 % relativer Vielfalt sind am vielfältigsten. Die meisten Familien enthalten die gleiche Anzahl an Gattungen (3,57 %). Die Trendkurve ist an eine logarithmische Funktion angepasst und zeigt einen abnehmenden Verlauf mit der Gleichung $y = 6,32\ln(x) + 18,365$ und dem Koeffizienten $R^2 = 0,6223$. Der R^2 -Wert, der etwas über 0,5 liegt, zeigt, dass es nicht genug Heterogenität innerhalb der Familien gibt (Abbildung 11).

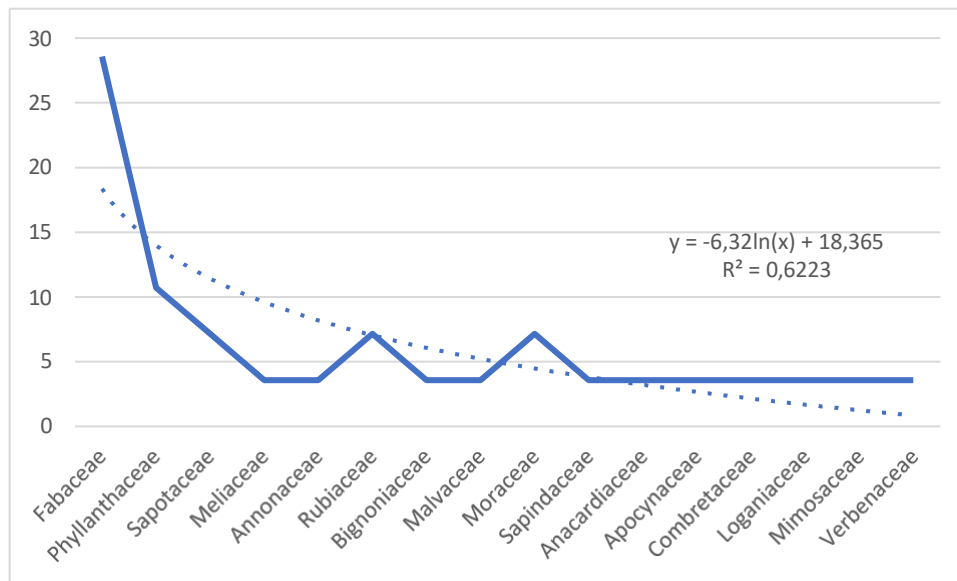


Abbildung 11: Relative Vielfalt der Familien

6.3 Relative Häufigkeit und Dichte der Arten

In Abbildung 12 sind die Häufigkeit und die relative Dichte der verschiedenen Familien dargestellt. Unter den Arten der Regeneration ist *Margaritaria discoidea* (Baill.) Webster die einzige, deren relative Häufigkeit und Dichte mit 14,47 und 14,83 % ungefähr gleich ist. *Millettia thonningii* (S chumach.& Thonn.) Baker hat die höchste relative Dichte (22,05 %). *Vitex doniana* Sweet, *Terminalia laxiflora* Engl, *Milicia excelsa* (Welw.) C.C.Berg haben die geringste relative Dichte (0,38 %) und die geringste relative Häufigkeit (1,32 %).

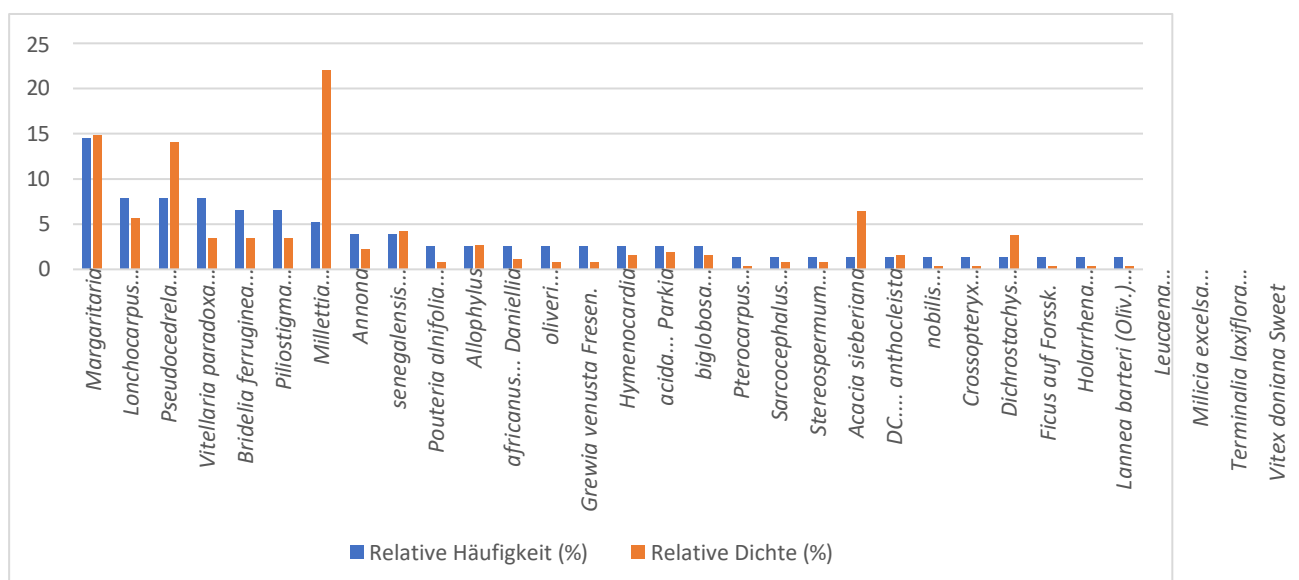


Abbildung 12: Relative Häufigkeit und Dichte der Arten

7 Horizontale Struktur der Arten

Zur Bewertung der Sämlingshöhen wurden 14 Klassen mit einer Amplitude von 0,5 m gebildet. Verjüngungsarten mit Höhen zwischen 1,8 - 2,3 m, 2,3 - 2,8 m und 2,8 - 3,3 m waren mit Häufigkeiten von 24,33 %, 18,25 % bzw. 15,97 % stark vertreten.

%. In der Höhenklasse 3,3 - 3,8 m fanden sich 15,21 % der Arten. Sechs Höhenklassen weisen relative Häufigkeiten von weniger als 1 % auf (Abbildung 13).

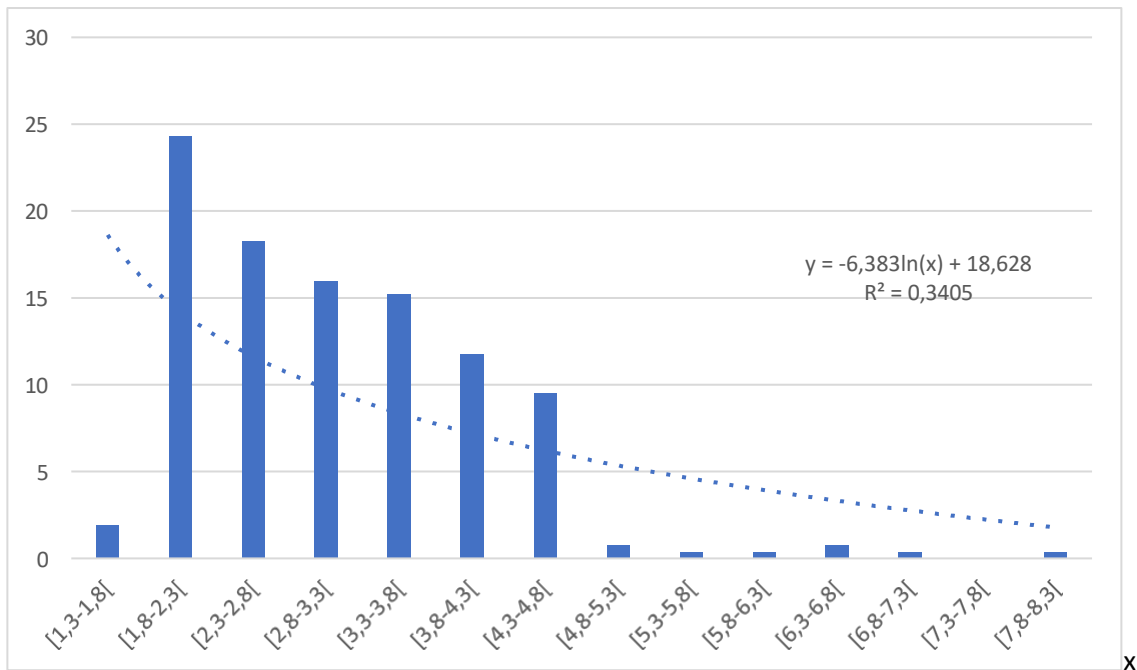


Abbildung 13: Höhenklassen der Arten

Schlussfolgerung

Die Waldinventur des Fokpo-Schutzwaldes ergab 782 Pflanzen von Holzarten, die 35 Gattungen in 13 Familien angehören. Die Berechnung der Parameter der floristischen Zusammensetzung ergab, dass der Wald weitgehend von der Familie der Fabaceae dominiert wird, die 14,02% der relativen Häufigkeit und 43,48% der relativen Dichte ausmacht. *Pterocarpus erinaceus* Birnbaum (8,11 %), und *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (7,03 %) sind die häufig vorkommenden Arten in den Flächen mit den höchsten Dichten (1027,07 N/ha und 867,83 N/ha). Größer ist die Bodenfläche von *Pterocarpus erinaceus* Poir (5,58 m²) und *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. (4 m²). Der Wald setzt sich aus vier verschiedenen Waldformationstypen zusammen, wobei die Baumsavanne/Strauchsavanne stark vertreten ist. 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 118,98 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

- Zerstört den Teakwald am Rande des Waldes
- 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.

Katherine M Goslee, Sandra Brown, Sarah M Walker, Lara Murray and Therese Tepe (2015). Review of aboveground biomass estimation techniques 31 pp.

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>Acacia sieberiana</i> DC. var. <i>villosa</i>	Fabaceae
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae
<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	Phyllanthaceae
<i>Combretum collinum</i> Fresen.	Combretaceae
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G.Don) Benth.	Rubiaceae
<i>Cussonia arborea</i> Hochst. ex A. Rich.	Araliaceae
<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalz.	Fabaceae
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Am.	Fabaceae
<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	Fabaceae
<i>Ficus auf</i> Forssk.	Moraceae
<i>Gardenia ternifolia</i> Sehumah. & Thonn.	Rubiaceae
<i>Grewia venusta</i> Fresen.	Malvaceae
<i>Holarrhena floribunda</i> (G.Don) Durand & Schinz	Apocynaceae
<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	Phyllanthaceae
<i>Isoberlinia doka</i> Craib & Stapf	Fabaceae
<i>Lannea acida</i> A.Rich. s.l.	Anacardiaceae
<i>Lannea barteri</i> (Oliv.) Engl.	Anacardiaceae
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth	Fabaceae
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Moraceae
<i>Millettia thonningii</i> (Schumacher & Thonn.) Baker	Fabaceae
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br. ex Benth.	Fabaceae
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumacher.) Milne-Redh.	Fabaceae
<i>Pouteria alnifolia</i> (Baker) Roberty var. <i>alnifolia</i>	Sapotaceae
<i>Pseudocedrela kotschyi</i> (Schweinf.) Harms.	Meliaceae
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Birnbaum.	Fabaceae
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae
<i>Sterculia setigera</i> Delile	Sterculiaceae
<i>Tectona grandis</i> L.f.	Verbenaceae
<i>Terminalia laxiflora</i> Engl.	Combretaceae
<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.	Combretaceae
<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn. f.	Sapotaceae
<i>Vitex doniana</i> Sweet	Verbenaceae
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	Rubiaceae

Anhang 2: Waldinventarblatt

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

Anhang 2: Waldinventarblatt

[illegible]

Anhang 3: Regenerationsinventarblatt

Nº Karteikarte :

Längengrad:.....

Ort:.....Datum

Code Placette :.....

Breitengrad

Topo

Boden:.....

Pflanzenbildung

Höhe.....

Textur des

Boden:.....

.....

[illegible]

Anhang 4: Einige Fotos

